

CODE DE PRATIQUES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION DES CHÈVRES : REVUE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES RELATIVES AUX QUESTIONS DE BIEN-ÊTRE PRIORITAIRES

Août 2020

Comité scientifique du code de pratiques pour les chèvres

Paula Menzies D.M.V., M.P.V.M., DipECSRHM (présidente)

Professeure émérite
Université de Guelph

Cathy Bauman D.M.V., M.A., Ph. D.

Professeure adjointe
Université de Guelph

Fabienne Uehlinger D.V.M., Ph. D., Dipl. ACVIM (médecine interne)

Professeure adjointe
Université de la Saskatchewan

Gosia Zobel M.Sc., Ph. D.

Scientifique
AgResearch Ltd., Nouvelle-Zélande

Melissa Moggy D.V.M., M.Sc.

Rédactrice de recherche

Peter Kerkvliet (*d'office*)

Fédération canadienne nationale de la chèvre
Président du comité de l'élaboration du code

REMERCIEMENTS

Ce rapport est une initiative menée avec le soutien et les conseils de nombreuses personnes. Nous remercions tout particulièrement Theresa Bergeron et Rob Schill pour leurs observations concrètes propres à chacune de leurs industries qui ont permis d'assurer la pertinence de la section sur le comportement naturel. Merci également à Jeffrey Spooner pour son soutien tout au long de ce processus.

Le financement du projet est assuré par le programme Agri-marketing dans le cadre du Partenariat canadien pour l'agriculture, une initiative fédérale-provinciale-territoriale.

Extrait du mandat du Comité scientifique

Contexte

Il est largement accepté que les codes, les lignes directrices, les normes et la législation au sujet du bien-être animal doivent s'appuyer sur les connaissances les plus à jour qui existent. Ce savoir provient souvent de la littérature scientifique.

En réinstaurant le processus d'élaboration des codes de pratiques, le Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage (CNSAE) a reconnu la nécessité de mettre en place des moyens plus officiels pour intégrer la participation scientifique au processus d'élaboration des codes de pratiques. L'examen par un comité scientifique des questions de bien-être animal prioritaires pour l'espèce à l'étude fournit de l'information très utile au Comité du code pour élaborer ou réviser le code de pratiques. Le fait que le rapport du Comité scientifique est accessible au public rehausse la transparence et la crédibilité du code.

Le CNSAE crée un Comité scientifique pour chaque code de pratiques en cours d'élaboration ou de révision. Ce comité est composé d'un nombre cible de 6 spécialistes de la recherche sur les soins et la gestion des animaux à l'étude. Le CNSAE sollicite des mises en candidature de la part : 1) de l'Association canadienne des médecins vétérinaires, 2) de la Société canadienne de science animale, et 3) de la section canadienne de la Société internationale d'éthologie appliquée. Au moins un représentant de chacun de ces organismes scientifiques professionnels est nommé au Comité scientifique. D'autres organismes scientifiques professionnels peuvent aussi siéger au Comité scientifique au besoin.

Objectifs et buts

Le Comité scientifique rédige un rapport-synthèse des résultats de la recherche sur les questions de bien-être animal prioritaires, déterminées par le Comité scientifique et par le Comité du code. Ce dernier se sert du rapport pour la rédaction du code de pratiques pour l'espèce visée.

Le rapport du Comité scientifique ne contient pas de recommandations découlant des résultats de recherche. Il vise à présenter une compilation non biaisée des constatations scientifiques.

Le mandat complet du Comité scientifique peut être consulté dans le document du CNSAE : Processus d'élaboration des codes de pratiques pour le soin et la manipulation des animaux d'élevage, disponible sur le site www.nfacc.ca/processus-delaboration-des-codes#appendixC

CODE DE PRATIQUES RECOMMANDÉES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION DES CHÈVRES : REVUE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES RELATIVES AUX QUESTIONS DE BIEN-ÊTRE PRIORITAIRES

Comité scientifique du code de pratiques pour les chèvres

Août 2020

Table des matières

Introduction : Les approches pour définir et évaluer le bien-être animal	1
1 Comportement naturel.....	2
1.1 Introduction.....	2
1.2 Préférences pour les espaces de vie et le comportement alimentaire	3
1.2.1 Préférence pour l'élévation	3
1.2.2 Comportement de dissimulation	3
1.2.3 Préférences relatives aux surfaces	4
1.2.4 Comportements	4
1.2.5 Comportement alimentaire.....	5
1.3 Comportements sociaux et cognitifs	6
1.3.1 Comportement maternel.....	6
1.3.2 Relations entre les mâles et les femelles.....	7
1.3.3 Importance des cornes.....	8
1.3.4 Taille et stabilité des groupes.....	8
1.3.5 Interaction avec les pairs.....	9
1.3.6 Interaction avec les humains	10
1.3.7 Capacités cognitives asociales	11
1.3.8 Promouvoir les comportements naturels.....	12
1.4 Avenues de recherche	12
1.5 Références.....	13
2 Boiterie due à un mauvais soin des sabots et à des maladies nutritionnelles	21
2.1 Introduction.....	21
2.2 Santé des sabots	24
2.2.1 Croissance normale des sabots et conséquences de la croissance excessive	24
2.2.2 Effet du parage sur la santé des pieds	24
2.2.3 Fréquence du parage	26
2.2.4 Méthodes de parage	27
2.3 Causes nutritionnelles de la boiterie	28
2.3.1 Fourbure.....	28
2.3.2 Ostéomalacie des petits (rachitisme)	29

2.3.3	Ostéomalacie chez les adultes.....	30
2.3.4	Ostéodystrophie fibreuse	30
2.3.5	Ostéopétrose nutritionnelle.....	30
2.3.6	Ataxie enzootique (Swayback).....	30
2.3.7	Toxicité du sélénium.....	31
2.3.8	Dystrophie musculaire nutritionnelle (maladie du muscle blanc)	31
2.4	Avenues de recherche	32
2.5	Références.....	32
3	Espace alloué.....	36
3.1	Introduction.....	36
3.2	Allocation d'espace d'hébergement.....	36
3.2.1	Espace alloué pour l'hébergement et comportements sociaux	37
3.2.2	Espace alloué pour l'hébergement et comportements de repos	37
3.2.3	L'espace alloué pour l'hébergement sur plusieurs niveaux	38
3.2.4	Espace alloué pour l'hébergement et accès à l'extérieur	38
3.2.5	Espace alloué pour l'hébergement et taille du groupe	38
3.3	Espace à allouer aux mangeoires et aux abreuvoirs.....	42
3.4	Avenues de recherche	46
3.5	Références.....	46
4	Gestion de la fin de vie	49
4.1	Introduction.....	49
4.2	Méthodes.....	50
4.2.1	Barbituriques.....	50
4.2.2	Électrocution	50
4.2.3	Dioxyde de carbone	50
4.2.4	Coup de fusil	51
4.2.5	Pistolet à tige pénétrante	51
4.2.6	Pistolet à cheville non pénétrante	52
4.2.7	Traumatisme contondant manuel.....	53
4.2.8	Exsanguination avec et sans étourdissement	53
4.2.9	Méthodes inacceptables	54
4.3	Méthodes supplémentaires.....	54
4.3.1	Chlorure de potassium ou sulfate de magnésium	54
4.3.2	Exsanguination.....	55
4.3.3	Second coup	55
4.3.4	Jonchage.....	55
4.4	Confirmation de la mort.....	55
4.5	Avenues de recherche	55
4.6	Références.....	55
5	Procédures douloureuses	58
5.1	Introduction.....	58
5.2	Castration.....	59
5.2.1	Castration à l'élastique.....	60
5.2.2	Castration à la pince.....	60

5.2.3	Castration chirurgicale	61
5.2.4	Stratégies d'atténuation de la douleur due à la castration	61
5.3	Ébourgeonnage/écornage	63
5.3.1	Écornage au fer chaud.....	64
5.3.2	Ébourgeonnage à la pâte caustique	66
5.3.3	Ébourgeonnage à l'huile de clou de girofle.....	66
5.3.4	Ébourgeonnage par cryochirurgie.....	67
5.3.5	Écornage chirurgical	67
5.4	Stratégies d'ébourgeonnage/d'écornage et d'atténuation de la douleur	68
5.5	Basculement des cornes	69
5.6	Autres méthodes d'ébourgeonnage et d'écornage	70
5.7	Avenues de recherches.....	70
5.8	Références.....	70
6	Gestion périnatale pour optimiser la santé des chevreaux	77
6.1	Introduction.....	78
6.2	Colostrum.....	78
6.2.1	Définition du défaut du transfert d'immunité passive	78
6.2.2	IgG sérique et croissance	82
6.2.3	Pathogènes préoccupants dans le colostrum	83
6.2.4	Différents types de colostrum	84
6.2.5	Stockage du colostrum.....	85
6.3	Autres facteurs ayant une influence sur la mortalité infantile	86
6.3.1	Facteurs liés aux mères	86
6.3.2	Taille de la portée.....	87
6.3.3	Poids à la naissance.....	87
6.3.4	Environnement.....	88
6.3.5	Qualité du lait pour la période d'alimentation avant le sevrage	88
6.4	Avenues de recherche	89
6.5	Références.....	89

TABLEAU ET FIGURE

Tableau 2.1	Description des systèmes de notation de l'état corporels des chèvres.....	23
Tableau 3.1	Sommaire des recommandations quant à l'espace alloué dans les études ou les services de vulgarisation	40
Tableau 3.2	Sommaire des recommandations quant à l'espace d'alimentation	44
Figure 2.1	Évaluation de la conformation des sabots de chèvre à l'aide d'un système de notation ordinaire	25
Figure 2.2	Évaluation de la forme de la fourchette de chèvre à l'aide d'un système de notation ordinaire	26
Figure 4.1	Vue latérale et dorsale du repère anatomique à viser pour l'euthanasie des chèvres adultes	51
Figure 4.2	Évaluation de l'efficacité d'un PCNP pour l'euthanasie de chevreaux nouveau-nés jusqu'à 48 heures.	Error! Bookmark not defined.

Introduction : Les approches pour définir et évaluer le bien-être animal

L'évaluation scientifique du bien-être animal implique l'utilisation de méthodes empiriques pour obtenir des informations sur les animaux qui peuvent être utilisées pour éclairer la prise de décisions éthiques concernant leur qualité de vie. Le défi majeur réside dans le fait que les personnes ont des opinions diverses sur ce qui constitue une bonne qualité de vie et elles expriment ainsi une variété de préoccupations éthiques et elles utilisent différents critères pour définir le bien-être animal. Ces critères ont été regroupés en trois perspectives générales : 1) le fonctionnement biologique; 2) les états affectifs; et 3) la vie naturelle, et constituent les bases de différentes approches de la recherche sur le bien-être animal (Fraser et coll., 1997). L'approche du fonctionnement biologique met l'accent sur la santé de base et le fonctionnement normal et comprend des mesures concernant la santé et la productivité, la réponse au stress et le comportement normal (ou l'absence de comportement anormal) (Broom, 1991). Le bien-être animal, défini en termes d'états affectifs, est souvent appelé l'approche fondée sur les sentiments et concerne les expériences subjectives des animaux en mettant l'accent sur les états de souffrance (douleur, peur, frustration), les états de plaisir (confort, contentement) et la notion que les animaux devraient être logés et manipulés de manière à minimiser la souffrance et à favoriser les expériences positives (Duncan, 1993). L'approche naturelle met l'accent sur le caractère naturel des circonstances vécues par l'animal et sur sa capacité à vivre selon sa nature (Fraser, 2008). Si l'approche de la vie naturelle offre un autre point de vue sur ce qui constitue une bonne qualité de vie pour les animaux, il est plus difficile d'en tirer des mesures spécifiques pouvant être utilisées pour évaluer le bien-être.

Le mandat du Comité scientifique était d'examiner les implications pour le bien-être des chèvres dans le cadre des thèmes identifiés. Peu, voire aucune, référence n'est faite aux considérations économiques ou aux préoccupations en matière de santé humaine et de bien-être, car celles-ci dépassaient le cadre du mandat du Comité et étaient rarement abordées dans les documents examinés. Le Comité d'élaboration des codes, pour lequel ce rapport a été préparé, représente une expertise considérable dans ces domaines et est chargé de prendre en compte ces facteurs dans ses discussions.

Références

Broom D.M. (1991). « Animal welfare: Concepts and measurement », *Journal of Animal Science*, vol. 69, p. 4167–4175.

Duncan I.J.H. (1993). « Welfare is to do with what animals feel », *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, vol. 6, n° 2, p. 8–14.

Fraser D. (2008). « *Understanding Animal Welfare: The Science in Its Cultural Context* », Ames IA: Wiley-Blackwell.

Fraser D., Weary D.M., Pajor E.A. et Milligan B.N. (1997). « A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns », *Animal Welfare*, vol. 6, p. 187–205.

1 Comportement naturel

Conclusions

Préférences relatives aux espaces de vie et comportement alimentaire :

1. Les chèvres préfèrent les environnements où elles peuvent grimper.
2. Les chèvres sont enclines à se cacher pendant la nuit, par mauvais temps, lorsqu'il y a un risque de prédation, et pour échapper à un comportement agressif.
3. Les chèvres préfèrent les sols plus durs, qui peuvent permettre l'usure naturelle des pattes ; toutefois, leur préférence pour la surface dépend de l'activité pratiquée.
4. Les chèvres sont des butineuses sélectives et lorsqu'on leur en donne l'occasion, elles broutent à la hauteur des yeux ou au-dessus ; elles sont capables de s'adapter à différents types et qualités d'aliments.

Le comportement social et les capacités cognitives :

5. Le lien maternel se crée en 4 heures et les mères utilisent plusieurs sens pour identifier leurs nouveau-nés.
6. Les cornes peuvent jouer un rôle dans le comportement d'accouplement, la position hiérarchique et l'auto-entretien.
7. Les chèvres préfèrent les petits groupes, dans lesquels elles forment de fortes hiérarchies ; les interactions entre les membres du troupeau contribuent à la formation d'une hiérarchie sociale et ont une grande influence sur le succès de l'accouplement.
8. L'isolement est un événement stressant.
9. Les chèvres sont portées à participer à des défis cognitifs ; elles sont capables de comprendre les signaux humains.
10. L'ennui est un problème de bien-être chez la chèvre, et l'enrichissement du milieu est encouragé.
11. L'enrichissement du milieu influence positivement l'état physique et mental des chèvres.

1.1 Introduction

Le caractère naturel est une composante fondamentale du bien-être animal (Fraser et coll., 1997). Les comportements naturels manifestés par les animaux féraux et sauvages, lorsqu'ils sont présents ou absents dans les élevages, sont des indicateurs utiles du bien-être de la même espèce (Friend, 1989 ; Yeates, 2018). Les environnements de production et les pratiques de gestion peuvent avoir un impact sur la capacité des animaux à exprimer des comportements naturels (Miranda-de la Lama et Mattiello, 2010). La volonté d'exécuter certains comportements naturels peut être puissante, et l'incapacité d'afficher ces comportements peut causer de la détresse (Friend, 1989). Cette section fait référence à de nombreuses études d'observation de chèvres férales et sauvages comme indicateurs du comportement naturel des chèvres.

Par rapport aux habitats naturels, la façon dont les animaux interagissent avec leur environnement change dans les systèmes d'élevage; les aspects qui sont modifiés comprennent l'espace, la disponibilité de nourriture et d'eau, les options d'abri, le risque de prédation et les interactions sociales (Miranda-de la Lama et Mattiello, 2010). Pour cette étude, deux aspects ont fait l'objet d'une analyse: les préférences relatives aux espaces de vie (y compris l'alimentation) et les comportements sociaux et cognitifs. Toutefois, les comportements et leurs facteurs sous-jacents doivent être considérés ensemble (Zobel et coll., 2019).

1.2 Préférences pour les espaces de vie et le comportement alimentaire

Les chèvres font preuve d'une grande souplesse et d'une grande adaptabilité dans les terrains difficiles, montagneux et changeants (Zobel et coll., 2019). Les chèvres élevées dans des systèmes d'élevage conservent ces capacités, quel que soit leur habitat (Zobel et Nawroth, 2020). Il convient donc de prévoir et de promouvoir des espaces surélevés, des surfaces dures, des endroits pour se cacher et bouger, ainsi qu'une variété de sources d'alimentation pour améliorer le bien-être des chèvres.

1.2.1 Préférence pour l'élévation

Les chèvres sauvages (*Capra* sp.) ont une préférence pour les terrains élevés et en pente (Geist, 1960; McTaggart, 1971; Shi et coll., 2003); de tels environnements offrent des possibilités uniques pour chercher de la nourriture ainsi que pour surveiller les prédateurs et leur échapper. Les installations commerciales offrent rarement ses avantages aux chèvres. Cependant, lorsqu'on leur en donne l'occasion, les chèvres recherchent l'altitude, avec comme résultat des bénéfices potentiels. Dans le cas des chèvres laitières logées dans des espaces clos, Andersen et Bøe (2007) ont constaté que la disponibilité de deux niveaux dans la zone de repos des chèvres diminuait de manière significative l'agressivité chez celles-ci par rapport à une aire de repos à un seul niveau dans un espace identique au précédent.

Lorsque Zobel et coll. (2017) ont proposé une plateforme surélevée à une douzaine de chèvres laitières inaccoutumées à l'escalade, celles-ci l'ont toutes utilisée, soit pour grimper, soit pour s'y cacher dessous. Aschwanden et coll. (2009a, 2009 b) ont rapporté que lorsque des surfaces surélevées et des cloisons ont été ajoutées à l'aire d'alimentation, les chèvres de rang inférieur ont utilisé la plateforme et une diminution des interactions agressives a été observée.

1.2.2 Comportement de dissimulation

Les chèvres férales préfèrent se cacher dans des espaces naturels tels que des grottes pendant la nuit, lorsque les conditions météorologiques sont défavorables (p. ex., par temps pluvieux ou venteux) et lorsqu'il y a un risque de prédation (Shi et coll., 2003; Shi et coll., 2005; Stachowicz et coll., 2019; Zobel et coll., 2019). Contrairement aux moutons, Lickliter (1984) a observé que peu après la naissance, la majorité des chevreaux se cachaient dans des boîtes lorsqu'ils en avaient à leur disposition et continuaient ce comportement pendant environ cinq jours. Il a également été observé que les chevreaux s'éloignaient du troupeau après leur naissance (p. ex., chez les chèvres de brousse australiennes, près de 50 % des chevreaux étaient mis bas à

60 mètres ou plus du troupeau, et y restaient en moyenne 14 heures; Allan et coll., 1991). Lorsque les broussailles sont disponibles, les chevreaux sauvages se cachent; sinon, ils suivent continuellement la chèvre (Kilgour et Ross, 1980). Ce comportement naturel d'isolement pendant la mise bas et de dissimulation du chevreau par la suite est rarement possible à la ferme.

Bøe et Ehrlenbruch (2013) ont démontré que les chèvres préféraient aller dans un espace intérieur lorsque les conditions météorologiques étaient défavorables et, dans l'ensemble, elles utilisaient davantage un espace extérieur lorsque celui-ci avait un toit que lorsqu'il n'était pas couvert. L'espace extérieur a de la valeur pour les chèvres, mais ne répond pas nécessairement à leurs « besoins d'autonomie » (Stachowicz et coll., 2018, 2019). Les espaces couverts ne sont généralement pas pris en compte dans les installations intérieures; cependant, comme le suggèrent Zobel et coll. (2019), les chèvres veulent se cacher même lorsque le climat et la prédation ne sont pas des préoccupations. Les abris peuvent servir de refuges contre les situations conflictuelles. Zobel et coll. (2017) ont constaté que si certaines chèvres grimpaient sur une plateforme lorsqu'on leur en donnait l'occasion, d'autres, en particulier celles qui ont une personnalité plus soumise et qui évitent de se faire remarquer, choisissaient d'utiliser l'espace situé en dessous pour se cacher et se reposer. La dissimulation peut être encore plus importante dans les systèmes où les groupes sont nombreux et où l'espace disponible est minimal, et où le niveau d'agressivité peut être élevé.

1.2.3 Préférences relatives aux surfaces

Les chèvres férales et sauvages sont souvent observées en terrain rocheux (Geist, 1960; McTaggart, 1971; Shi et coll., 2003). On pense que les surfaces dures font partie intégrante du maintien de la santé des pieds en permettant une usure naturelle de la paroi du sabot (Cottom Pinsent, 1988; Williams, 1990). Chez les bovins, le confort des vaches dépend de la possibilité qu'elles ont de se coucher sur des surfaces souples; il n'est donc pas surprenant que la majorité des installations intérieures pour les chèvres utilisent de la paille et des copeaux de bois (Zobel et coll., 2019). Cependant, il a été démontré que les chèvres préfèrent moins la paille, peu importe la température et le métal déployé à des températures modérées, tout en préférant les matelas en bois massif ou en caoutchouc (p. ex., les matelas des vaches laitières) à des températures basses (Bøe et coll., 2007). Dans un climat intérieur tempéré, lorsqu'on leur proposait 4 types de sols différents, les chèvres préféraient se coucher sur des tapis en caoutchouc et un sol en lattes de plastique plutôt que sur une pallisade de métal ou des copeaux de bois; les copeaux de bois étaient principalement utilisés pour déféquer et uriner (Sutherland et coll., 2017). Cette diversité dans le choix des revêtements de sol démontre une volonté innée de s'allonger sur une surface dure et sèche et d'uriner loin des surfaces de repos préférées.

1.2.4 Comportements

Les chèvres occupent des aires vitales qui changent pendant la saison de reproduction et varient en fonction des saisons (O'Brien, 1988). Dans les systèmes extensifs, les chèvres vont chercher leur nourriture loin d'un lieu central, et reviennent souvent dans une aire centrale pour trouver une autre ressource. Shrader et coll. (2008) ont découvert qu'il s'agissait de l'eau, tandis que Zobel et coll. (2018) ont suggéré que la ressource motrice était l'abri et peut-être la routine de la traite quotidienne. Selon l'endroit, le terrain et le système de gestion, les chèvres peuvent parcourir entre 3 et 12 km par jour (Ouédraogo-Koné et coll., 2006; Schlecht et coll., 2006;

Zobel et coll., 2018). À l'inverse, les chèvres laitières élevées dans un espace intérieur sont généralement gardées à proximité de la salle de traite et peuvent passer plus de 15 heures par jour couchées (Zobel et coll., 2015).

Si on leur donne la possibilité d'explorer une grande surface extérieure, les chèvres peuvent satisfaire leur besoin de fourrage en broutant différents types de végétation; ceci contraste avec les périodes d'alimentation homogènes généralement courtes des installations commerciales. Dans les grands espaces, les chèvres ont la possibilité de rechercher différentes surfaces au sol et différentes altitudes, ce qui n'est pas possible dans les étables. Les recherches comparant les impacts comportementaux des grands pâturages et des environnements commerciaux intérieurs font défaut; cependant, une conséquence reconnue de l'élevage de chèvres (à l'intérieur ou à l'extérieur) est la nécessité de parer fréquemment les sabots, la croissance excessive étant un problème important. Selon le système, on a constaté que la pousse excessive de la pince des sabots se situait entre 79 % (Anzuino et coll., 2010) et 100 % des animaux observés (Hill et coll., 1997). Il a été suggéré que le fait de permettre aux chèvres de marcher plus loin, en particulier sur des terrains variés et difficiles, pourrait contribuer à atténuer ces problèmes (Zobel et coll., 2019).

McGregor (2010) a également souligné que si les chèvres angoras, élevées en Australie, sont à l'extérieur, alors il faut également leur fournir un abri pour prévenir le stress dû au froid ainsi que la mort. Les chèvres ayant un abri pour la nuit dépensent moins d'énergie en raison de la protection contre le stress dû au froid (Tovar-Luna et coll., 2011).

1.2.5 Comportement alimentaire

On a observé que les chèvres férales broutent diverses verdurees (El Aich et coll., 2007; Geist, 1960; McTaggart, 1971), allant des plantes herbacées aux arbres et arbustes. Le type de verdure consommé est lié à la saison et à la disponibilité (Ferreira et coll., 2013; Sanchez-Rodriguez et coll., 1993; Shi et coll., 2003). Selon la saison, les chèvres sauvages passent la majorité de leurs journées à brouter (El Aich et coll., 2007; Leidy et coll., 2015; Shi et coll., 2003); ceci est pertinent pour savoir à quel point l'organisation du temps diffère de celui en installations commerciales. Sanchez-Rodriguez et coll. (1993) ont noté une relation linéaire entre la sélection de l'herbe par les chèvres laitières et sa croissance saisonnière : lorsque la qualité de l'herbe diminue, la consommation d'arbustes augmente. Lorsqu'on leur propose un choix d'aliments de différents niveaux de qualité, les chèvres préfèrent la qualité la plus élevée (Shrader et coll., 2008). Lorsque la qualité du fourrage diminue ou constitue une ressource limitée dans leur environnement naturel, les chèvres sont en concurrence pour l'alimentation (Shi et coll., 2003). Pendant la saison de reproduction, le temps consacré à l'alimentation diminue, car les mâles perturbent les routines d'alimentation habituelles (Shi et Dunbar, 2006).

Les chèvres ont un comportement alimentaire complexe : elles varient leur alimentation et le temps alloué pour s'alimenter, changent de compagnons lors du broutage, ses postures et le choix des lieux servant à l'alimentation est variable. Elles sont sensibles à la façon dont les aliments sont présentés et peuvent être agressives si la densité du cheptel est élevée et que les aliments sont présentés tous au même niveau (Andersen et Bøe, 2007). On les voit souvent dans une posture de broutage (p. ex., en se nourrissant à hauteur de tête ou au-dessus), et parfois sur leurs pattes arrière (Pfister et coll., 1988; Sanon et coll., 2007; Tolu et coll., 2012). Neave et coll.

(2018) ont démontré que les chèvres Saanen âgées de 13 mois étaient en compétition pour l'accès à une mangeoire favorisant une posture de broutage, même lorsqu'une mangeoire au niveau du sol contenant un aliment identique était disponible. Les caractéristiques anatomiques des chèvres peuvent également être un indicateur de leurs préférences alimentaires. Les chèvres Jamunapari, une grande race laitière de l'Inde, préfèrent brouter; cette préférence serait due à leur nez romain convexe et à leurs longues oreilles pendantes (Rout et coll., 2002). La mâchoire plus courte par rapport au nez favorise le broutage, et les longues oreilles alertent l'animal lorsqu'elles se trouvent trop près du sol; on suppose que cette dernière adaptation protège la race contre les infections parasitaires.

Zobel et coll. (2019) encouragent à repenser l'alimentation uniforme actuelle de la plupart des systèmes d'élevage commerciaux. Bien qu'elles ne soient pas bien étudiées, il est probable que la variabilité et la complexité minimales des régimes alimentaires habituellement fournis aient des conséquences négatives, notamment un comportement anormal ou destructeur résultant d'un temps d'inactivité trop long et d'un manque de stimulation (Zobel et Nawroth, 2020).

1.3 Comportements sociaux et cognitifs

1.3.1 Comportement maternel

La chèvre crée rapidement un lien avec son petit. Gubernick et coll. (1979) ont rapporté que si un chevreau était enlevé après seulement cinq minutes de contact post-partum, une heure plus tard, la mère ne pouvait pas faire la différence entre son propre petit et un petit étranger, et la majorité accepte les deux. Gubernick (1980) a mené une étude similaire dans laquelle certaines chèvres ont été autorisées à interagir avec leur propre petit pendant 5 minutes après la naissance et ont été autorisées à sentir et à lécher leur petit ou d'autres pas. En permettant à la chèvre de lécher le petit, on voulait vérifier si le « marquage maternel » se faisait par le transfert de sa propre microfaune du rumen. Après une heure de séparation, la majorité des chèvres ont accepté à la fois leur propre petit et un petit étranger, qu'elles aient pu ou non le lécher. Lorsqu'elles ont été autorisées à interagir avec leur petit pendant quatre heures, puis isolées de celui-ci pendant 15 minutes, elles ont toutes accepté leur propre petit et la majorité a rejeté les jeunes étrangers (qu'ils aient été « marqués » ou non; Romeyer et coll., 1993).

D'autres études ont soutenu que le lien maternel s'établit dans les quatre premières heures de vie des chevreaux (Bordi et coll., 1994; Poindron et coll., 2003). Malheureusement, ces études n'ont pas permis de réduire davantage le temps de contact. Il est donc possible de dire que 5 minutes ne suffisent pas pour former un lien, mais que quatre heures s'avèrent généralement un temps suffisant. D'autres travaux examinant l'importance du léchage et de l'allaitement dans la formation du lien maternel ont été invalidés par l'âge des petits (p. ex., certains jeunes étrangers avaient jusqu'à 36 h; Gubernick, 1981).

Lorsque les petits étaient séparés de leur mère immédiatement après la naissance, mais que celle-ci était autorisée à les entendre et à les sentir, la majorité d'entre elles acceptaient encore leurs propres petits quatre heures plus tard (Romeyer et coll., 1993). Briefer et coll. (2012) ont démontré qu'ils se souvenaient de la vocalisation de leurs petits jusqu'à un an après le sevrage.

Des études ont révélé qu'elles peuvent effectivement identifier leurs petits à leur odeur (Bordi et coll., 1994; Poindron et coll., 2003), mais cela doit être fait à proximité (Poindron et coll., 2003). Terrazas et coll. (2003) ont montré que la majorité des chèvres n'étaient capables d'identifier leurs petits de 48 heures que par leurs bêlements. Dans l'ensemble, l'empreinte maternelle est complexe : elle fait appel à une combinaison de sens et dépend du temps que la mère et le petit passent ensemble après la mise bas. De toute évidence, la mère reconnaît ses petits et fait preuve d'agressivité envers les jeunes étrangers inconnus qui se trouvent à moins de trois mètres de son ou ses propres petits (Allan et coll., 1991).

Il est important de noter que le comportement de la mère peut être influencé par le stress vécu pendant la grossesse; il faut donc s'efforcer de minimiser les événements stressants (p. ex., des manipulations négatives; Baxter et coll. (2016))

1.3.2 Relations entre les mâles et les femelles

Dans les troupeaux de chèvres sauvages, on observe souvent des mâles séparés du groupe, sauf pendant la saison de reproduction (Kilgour et Ross, 1980; McTaggart, 1971; O'Brien, 1988). Il existe une relation complexe entre le sexe, l'âge, les cornes, la disponibilité de la nourriture et la personnalité individuelle lorsqu'il s'agit de déterminer la hiérarchie (Miranda-de la Lama et Mattiello, 2010). La hiérarchie au sein du troupeau a un impact significatif sur la dynamique et la réussite de l'accouplement.

Le comportement d'accouplement à l'état sauvage a été bien documenté, et on considère généralement que le mâle dominant monopolise la reproduction avec les femelles réceptives (Kilgour et Ross, 1980). Le mâle dominant gardera les femelles et menacera les autres mâles qui s'approchent, mais il peut autoriser la présence de jeunes mâles (≤ 6 mois) à proximité (Kilgour et Ross, 1980).

La présence de mâles induit l'ovulation chez les femelles pendant la saison de reproduction, et la hiérarchie des chèvres a un impact sur le moment où elles ovulent. Alvarez et coll. (2003) ont signalé que les chèvres de rang supérieur étaient les premières à ovuler après avoir été exposées aux mâles. Cela peut s'expliquer par le fait que les chèvres de rang supérieur passent plus de temps avec les mâles que celles de rang inférieur.

L'observation des troupeaux d'*Oreamnos americanus* sauvages (appelés chèvres de montagne, mais non directement liées aux chèvres du genre *Capra*) suggère que la dominance est positivement associée à l'âge, et que le succès de l'accouplement est plus susceptible de se produire avec un mâle dominant plus âgé (Mainguy et coll., 2008). Par conséquent, dans les installations commerciales, la hiérarchie des mâles doit être prise en compte lors de l'introduction des mâles dans les groupes de chèvres. Dans les petits groupes, les mâles plus jeunes et plus petits peuvent être plus agressifs; dans les grands groupes, ces mâles peuvent avoir plus de succès d'accouplement, car il a été signalé que les interactions sociales diminuent à mesure que la taille du groupe augmente (Andersen et coll., 2011). Une amélioration des performances de reproduction a été signalée dans les rapports entre les mâles et les femelles entre 1:5 et 1:20 et une diminution des performances lorsque le rapport tombe à 1:30 (Zarazaga et coll., 2018). Malheureusement, les travaux se sont uniquement concentrés sur la reproduction,

et les effets du stress des différents ratios mâle et femelle (y compris le ratio 1:1, parfois utilisé pour des animaux de grande valeur) n'ont pas été mesurés.

1.3.3 Importance des cornes

Selon le système d'élevage, les cornes peuvent être laissées intactes (p. ex., l'élevage des chèvres angoras) ou être enlevées (p. ex., l'élevage des chèvres laitières). L'ablation des cornes est douloureuse (*voir Section 5 : Procédures douloureuses*) et peut être préjudiciable à la chèvre pour d'autres raisons, notamment une capacité de toilettage réduite (Zobel et coll., 2019) et un retard dans l'établissement de la hiérarchie (p. ex., les chèvres laitières à cornes s'adonnent moins à l'abattage de têtes et à la chasse que les chèvres sans cornes; Aschwanden et coll., 2008a). Une gestion réussie des chèvres à cornes inclut la prise en compte d'un espace plus important, en particulier à la mangeoire. En général, les grands animaux âgés à cornes occupent les positions hiérarchiques les plus élevées dans le troupeau (Barroso et coll., 2000; Rout et coll., 2002). Cependant, certaines études n'ont pas établi ce lien (Escós et coll., 1993; Stears et coll., 2014).

Les cornes jouent un rôle dans le comportement d'accouplement. On a vu des femelles frotter leurs cornes sur le cou et les épaules du mâle pendant la cour (Shank, 1972). Dans les populations férales et sauvages, les grands mâles à cornes ont plus de succès lors de l'accouplement que les jeunes mâles à petites cornes (Kilgour et Ross, 1980; Shank, 1972). De plus, les cornes peuvent influencer le comportement des chèvres envers des humains non familiers (Mersmann et coll., 2016).

1.3.4 Taille et stabilité des groupes

Lorsqu'elles y sont autorisées, les chèvres forment naturellement de petits groupes et ont la capacité de distinguer les individus; on sait peu de choses sur la façon dont les chèvres vivent en grands groupes dans des espaces confinés. Les chèvres sauvages vivent généralement en groupes libres de taille variable, allant de 2 à 100 individus, qui peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment les saisons, la disponibilité de la nourriture et la définition de la proximité utilisée (Kilgour et Ross, 1980; Leidy et coll., 2015; McDougall, 1975; O'Brien, 1988; Shank, 1972; Shi et coll., 2005; Stanley et Dunbar, 2013).

Les groupes plus importants peuvent être plus susceptibles de se dissoudre (Calhim et coll., 2006). Une étude portant sur les interactions sociales entre les chèvres dans des groupes de différentes tailles, avec une allocation d'espace constante, a révélé que les interactions positives et négatives par chèvre diminuaient avec l'augmentation de la taille du groupe (Andersen et coll., 2011). Van et coll. (2007) ont signalé une augmentation des comportements agressifs avec l'augmentation de la taille du groupe pour un espace individuel alloué de 0,73 m² dans une étude de 16 semaines sur les chèvres Bach Thao. Lorsque le système comprend de grands groupes, des enclos plats ouverts sans possibilité de ségrégation en groupes plus petits (Zobel et Nawroth, 2020) et une faible allocation d'espace, les installations commerciales ne favorisent pas la cohésion sociale ni le développement et le maintien des liens entre les individus (Zobel et coll., 2019).

Dans les systèmes commerciaux, le regroupement des animaux est courant (p. ex., pour la reproduction, l'entrée dans le troupeau laitier). Cependant, il a été signalé que le regroupement

entraîne une augmentation de l'agressivité et du stress, ce qui affecte la production (p. ex., une diminution du rendement laitier; Fernández et coll., 2007). Andersen et coll. (2011) ont choisi au hasard des paires de chèvres pour effectuer une rotation entre les groupes chaque semaine pendant sept semaines. Lorsqu'elles étaient regroupées, on a constaté une augmentation du comportement agressif qui a diminué après le premier jour. Une étude qui a évalué l'effet de la présence de chèvres familières lors d'une confrontation sociale avec un groupe inconnu a rapporté que la présence de pairs réduisait les interactions agonistiques et abaissait les niveaux de cortisol des animaux confrontés (Patt et coll., 2013a), ce qui suggère qu'il faut éviter de déplacer les chèvres individuellement. Les chèvres qui ont été introduites individuellement dans un groupe ont connu des interactions agonistiques et ont montré des signes de stress. Les groupes doivent être maintenus aussi stables que possible, les regroupements répétitifs doivent être évités et les animaux nouvellement introduits doivent être surveillés (Miranda-de la Lama et Mattiello, 2010).

L'isolement est une expérience stressante. Même de courtes périodes (cinq minutes) d'isolement favorisent les réactions de peur chez les petits (p. ex., augmentation de la vocalisation chez les petits isolés et au sein de l'élevage; Price et Thos, 1980). Le stress dû à l'isolement a également été signalé chez les chèvres adultes (Kanaan et coll., 2002; Aschwanden et coll., 2008b; Patt et coll., 2013b). Miranda-de la Lama et Mattiello (2010) ont recommandé que les chèvres ne soient jamais isolées, mais si nécessaire, elles doivent avoir un contact olfactif, auditif et visuel avec les autres.

1.3.5 Interaction avec les pairs

Keil et coll. (2012) ont montré que les chèvres faisaient la distinction entre les chèvres familières et celles qui ne le sont pas, même lorsque leur tête n'est pas visible. Pitcher et coll. (2017) ont suggéré que les chèvres utilisent à la fois les informations stockées (p. ex., la mémoire) et les indices sensoriels actuels (p. ex., voir une autre chèvre) pour déterminer la familiarité avec un individu.

Les études observationnelles des chèvres férales révèlent que les chèvres ont des interactions normales avec leurs pairs. Dans les groupes sociaux, la femelle dominante entreprend souvent une activité de groupe (Escós et coll., 1993; Kilgour et Ross, 1980). L'environnement physique dictera la manière dont les animaux interagissent entre eux (Kilgour et Ross, 1980). Dans les zones ouvertes, le troupeau maintiendra un contact visuel, mais dans les zones broussailleuses où la visibilité est limitée, les animaux bêleront pour maintenir le contact.

Les chèvres prennent des repères les unes des autres : elles regardent là où les autres chèvres regardent (Kaminski et coll., 2005). On a observé que les chèvres férales béguaient pour signaler un problème au groupe (Shank, 1972). Shrader et coll. (2007) ont rapporté que les chèvres s'appuyaient sur des indices sociaux pour sélectionner les aires d'alimentation : lorsque les chèvres pouvaient regarder les autres manger dans des mangeoires, elles étaient capables d'identifier celles qui avaient le plus de nourriture.

Les chèvres ayant des liens d'affinités les unes avec les autres sont des partenaires de repos privilégiés et elles entretiennent des distances individuelles plus courtes entre elles pour se nourrir (Aschwanden et coll., 2008a). L'expression des préférences relatives aux partenaires

varie en fonction de l'individu et de la taille du groupe; les préférences relatives aux partenaires ont été évaluées à partir des approches d'affiliation entre les chèvres et de tangibles preuves révèlent que les chèvres recherchent et restent proches de certaines autres chèvres (Stanley et Dunbar, 2013). Cette étude a révélé qu'un noyau de 12 à 13 individus formait une clique, et les auteurs ont suggéré que c'était la taille maximale stable du groupe.

La hiérarchie du troupeau est maintenue par des interactions continues. Lorsque la dynamique du groupe est perturbée, ces interactions seront physiques (p. ex., affrontements, coups de cornes); cependant, une fois la hiérarchie établie, les interactions non physiques domineront (p. ex., approches avec l'intention d'un déplacement). Les animaux s'approcheront les uns des autres pour se tester mutuellement : les animaux subordonnés se retireront souvent de la confrontation, et les animaux de rang supérieur interagiront (Escós et coll., 1993; Shank, 1972).

Le jeu existe chez la plupart des espèces, et plus encore chez les jeunes animaux, et sa présence peut être utilisée comme un indicateur des conditions environnementales (Oliveira et coll., 2010) et de l'état affectif (émotionnel) des animaux. Les animaux sont plus susceptibles de jouer lorsqu'ils sont bien soignés et qu'ils ne sont pas soumis à des conditions stressantes. On observe que les chèvres adultes jouent davantage en présence de chevreaux, et leur comportement de jeu comprend le fait de remuer ses cornes dans les arbustes et de courir et sauter (Kilgour et Ross, 1980). Le comportement de jeu des chèvres adultes a été décrit comme des combats simulés pendant une courte période (Patt et coll., 2012). Il convient de noter que le jeu n'est pas isolé des interactions entre pairs : des jeux solitaires ont été signalés (Ajuda et coll., 2020). Bien qu'il n'ait pas été signalé que le jeu des chèvres adultes occupe une grande partie de leur activité quotidienne, cela n'indique pas qu'il n'est pas valorisé.

La méthodologie utilisée pour observer le comportement des chèvres mène sans doute à une sous-représentation du jeu chez les adultes (Patt et coll., 2012a). Malgré l'absence d'études spécifiquement sur les chèvres, il est prouvé chez de nombreuses espèces que l'enrichissement en début de vie a un impact sur le répertoire comportemental des adultes et sa flexibilité. Par exemple, il a été signalé que les souris élevées dans un environnement enrichi sont plus souples sur le plan comportemental et ont une meilleure neurogenèse (Garthe et coll., 2016). Il est donc possible qu'un comportement de jeu accru se révèle chez les chèvres adultes s'il était encouragé et développé chez les petits. Zobel et Nawroth (2020) suggèrent que l'enrichissement devrait être introduit dès le plus jeune âge des chevreaux afin de promouvoir des jeux et des interactions sûrs à l'âge adulte.

1.3.6 Interaction avec les humains

Les chèvres sont sensibles aux humains, elles font usage de repères en leur présence et lisent leur langage corporel. Les chèvres réagissent à des gestes simples comme la façon dont une personne dirige sa tête (Nawroth et coll., 2016a) et préfèrent les indicateurs d'une émotion humaine positive (p. ex., un visage souriant; Nawroth et coll., 2018). Nawroth et coll. (2016b) ont démontré que les chèvres apprennent à contourner un obstacle plus rapidement lorsqu'un humain leur montrait comment s'y prendre. Les chèvres choisissent de se positionner là où elles sont le plus susceptibles d'être vues par les humains (Nawroth et McElligott, 2017), ce qui démontre qu'elles reconnaissent les avantages potentiels d'une interaction avec une personne.

Toutefois, cela peut être lié à la socialisation (p. ex., Mastellone et coll. (2020) ont rapporté que les interactions sociales des chèvres avec les humains étaient positivement liées à la fréquence des expositions humaines précédentes).

Les interactions positives entre l'être humain et l'animal procurent des avantages sur le plan de la productivité (p. ex. production de lait et performance de reproduction) et comportementaux (p. ex. des animaux plus calmes) chez un certain nombre d'espèces (p. ex. vaches laitières et les porcs; Ebinghaus et coll., 2018; Hemsworth et Barnett, 1991; Hemsworth et coll., 1989; 2000). Chez les chèvres, la qualité de la manipulation pendant la gestation a un impact sur les traits placentaires, la réussite de la gestation et les comportements maternels (Baxter et coll., 2016). Jackson et coll. (2007) ont rapporté que la manipulation en douceur des chèvres diminuait leur stress et avait un impact positif sur leur santé (c.-à-d. une augmentation de la circonférence du cœur) et les habituait plus rapidement à une présence humaine. Compte tenu de l'importance du lien entre les chèvres et l'être humain, il est important de manipuler les animaux et d'interagir avec ceux-ci positivement dans les systèmes d'élevage commercial.

1.3.7 Capacités cognitives asociales

Les chèvres ont développé des capacités cognitives pour s'épanouir. Ces capacités permettent aux chèvres de naviguer dans l'espace et d'identifier leurs pairs (Zobel et Nawroth, 2020), ainsi que d'éviter les prédateurs et d'aider à la recherche de nourriture (Zobel et coll., 2019). Pourtant, des stéréotypes (comportements non fonctionnels associés à l'ennui) sont observés dans les exploitations agricoles (Anzuino et coll., 2010), ce qui suggère que ces capacités cognitives ne sont pas satisfaites dans ces systèmes.

Les capacités cognitives des chèvres ont été largement démontrées. Langbein (2012) a démontré que les chèvres pouvaient apprendre avec succès un labyrinthe en Y et se rappeler comment compléter le labyrinthe trois mois plus tard. Watson et Binks (2019) ont suggéré que les ongulés qui possèdent des allongements du CA1 distal (composants hippocampiques liés à l'apprentissage spatial) ont une capacité accrue à intégrer des caractéristiques topographiques complexes dans leur navigation spatiale; les chèvres possèdent ces allongements. Les chèvres apprennent facilement à interagir avec des dispositifs en dehors de ce qu'elles rencontreraient dans la nature (p. ex., manipuler un écran; Briefer et coll., 2014). En utilisant un tel dispositif, Meyer et coll. (2012) ont démontré que les chèvres naines nigérianes ont appris que lorsqu'elles voyaient certains symboles et appuyaient sur un bouton, elles obtenaient une récompense; les chèvres étaient également capables de distinguer de nouveaux symboles.

Les chèvres sont capables d'utiliser l'inférence pour résoudre des problèmes. Lorsque Nawroth et coll. (2014) ont donné aux chèvres le choix entre deux mangeoires (dont une seule contenait des aliments), les chèvres ont pu déterminer où se trouvaient les aliments en voyant non seulement une mangeoire pleine, mais aussi une mangeoire vide. Des stades plus précoces d'aptitude à la permanence des objets ont également été observés chez les chevreaux (Vas et coll., 2019).

Lorsque les chèvres ont été formées à utiliser un appareil pour recevoir une récompense, elles ont continué à utiliser l'appareil même lorsque la récompense était offerte gratuitement (Langbein et coll., 2009). Cela démontre que les chèvres sont poussées à participer à des défis cognitifs.

L'ennui est un problème de bien-être et l'enrichissement sous forme de défis cognitifs est encouragé (Meagher, 2019).

1.3.8 *Promouvoir les comportements naturels*

La complexité croissante relative à l'hébergement des chèvres présente des avantages comportementaux et cognitifs. En enrichissant les systèmes de gestion intérieure et extérieure, la flexibilité comportementale sera favorisée (Zobel et Nawroth, 2020). Des environnements sans contraintes et non stimulants réduisent la mobilité (Kihslinger et Nevitt, 2006; Price, 1999), ce qui rend les animaux moins résistants et moins aptes à faire face aux défis et aux facteurs de stress liés à la gestion. L'enrichissement des premiers stades de la vie semble particulièrement important pour de nombreuses espèces (souris : Garthe et coll., 2016; faisans : Whiteside et coll., 2016; saumon : Salvanes et coll., 2013). Pour les chèvres, quel que soit l'âge au moment de l'exposition, l'enrichissement physique a été associé à des courbes d'apprentissage plus raides par rapport à celles élevées dans des environnements arides (Oesterwind et coll., 2016). Les chèvres élevées dans un parc d'engraissement avec des objets pour grimper et avec lesquels jouer (c.-à-d. des tuyaux et des récipients suspendus) ont grandi plus vite que celles qui n'ont pas été élevées avec un enrichissement (Flint et Murray, 2001; il faut toutefois noter que les deux groupes ont eu des taux de croissance médiocres). Il a été reporté que les comportements de combat et de compétition diminuent lorsque l'enrichissement est disponible (Gomes et coll., 2018). Par conséquent, le fait de fournir davantage d'enrichissements qui favorisent le comportement naturel dans les systèmes d'élevage caprin commerciaux peut contribuer à créer des individus plus résistants qui peuvent mieux faire face à la gestion (p. ex., regroupement, manipulation).

1.4 Avenues de recherche

1. La préférence des chèvres pour les surfaces élevées offre la possibilité d'utiliser des environnements à plusieurs niveaux; des recherches sont nécessaires pour déterminer comment ces environnements devraient être organisés.
2. Des recherches sont nécessaires sur la préférence des chèvres pour se cacher lors de la mise bas dans les systèmes commerciaux (p. ex., auto-isolation dans les enclos ou les lieux servant de cachettes).
3. Différentes combinaisons de revêtements de sol doivent être étudiées pour déterminer les avantages (comportementaux et économiques) de l'utilisation privilégiée de la litière/du revêtement de sol par les chèvres.
4. Les avantages physiques et cognitifs de la mise à disposition d'un espace extérieur dans un cadre commercial ne sont pas encore quantifiés.
5. Des recherches sont nécessaires pour étudier l'impact du ratio chevreaux/chèvres sur le comportement, les performances et le bien-être.
6. Des recherches sont nécessaires pour évaluer l'influence de la taille des petits groupes sur les mesures de comportement et de productivité, ainsi que des options pratiques pour mettre en œuvre le choix de séparer les chèvres en petits groupes.
7. L'enrichissement des chèvres doit être étudié, y compris l'impact d'une exposition précoce. Des tests de préférence sont nécessaires pour déterminer les enrichissements que

les chèvres préfèrent et quelles options utilisent et favorisent au mieux leurs capacités cognitives.

1.5 Références

Ajuda I., Battini M., Mattiello S., Arcuri C. et Stilwell G. (2020). « Evaluation of pain mitigation strategies in goat kids after cauterly disbudding », *Animals*, vol. 10, n° 2, p. 277.

Allan C.J., Holst P.J. et Hinch G.N. (1991). « Behaviour of parturient Australian bush goats. I. Doe behaviour and kid vigour », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 32, n° 1, p. 55–64.

Alvarez L., Martin G.B., Galindo F. et Zarco L.A. (2003). « Social dominance of female goats affects their response to the male effect », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 84, n° 2, p. 119–126.

Andersen I.L. et Boe K.E. (2007). « Resting pattern and social interactions in goats—the impact of size and organisation of lying space », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 108, n° 1, p. 89–103.

Andersen I.L., Tønnesen H., Estevez I., Cronin G.M. et Bøe K.E. (2011). « The relevance of group size on goats' social dynamics in a production environment », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 134, n° 3-4, p. 136–143.

Anzuino K., Bell N.J., Bazeley K.J. et Nicol C.J. (2010). « Assessment of welfare on 24 commercial UK dairy goat farms based on direct observations », *Veterinary Record*, vol. 13, p. 774–780.

Aschwanden J., Gygax L., Wechsler B. et Keil N.M. (2008a). « Social distances of goats at the feeding rack: Influence of the quality of social bonds, rank differences, grouping age and presence of horns », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 114, n° 1–2, p. 116–131.

Aschwanden J., Gygax L., Wechsler B. et Keil N.M. (2008b). « Cardiac activity in dairy goats whilst feeding side-by-side at two different distances and during social separation », *Physiology and Behavior*, vol. 95, n° 5, p. 641–648.

Aschwanden J., Gygax L., Wechsler B. et Keil N.M. (2009a). « Structural modifications at the feeding place: Effects of partitions and platforms on feeding and social behaviour of goats », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 119, n° 3-4, p. 180–192.

Aschwanden J., Gygax L., Wechsler B. et Keil N.M. (2009b). « Loose housing of small goat groups: Influence of visual cover and elevated levels on feeding, resting and agonistic behaviour », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 119, n° 3-4, p. 171–179.

Barroso F.G., Alados C.L. et Boza J. (2000). « Social hierarchy in the domestic goat: Effect on food habits and production », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 69, n°11, p. 35–53.

Baxter E.M., Mulligan J., Hall S.A., Donbavand J.E., Palme R., Aldujaili E., Zanella A.J. et Dwyer C.M. (2016). « Positive and negative gestational handling influences placental traits and mother-offspring behavior in dairy goats », *Physiology & Behavior*, vol.157, n°1, p. 129–138.

- Bøe K.E., Andersen I.L., Buisson L., Simensen E. et Jeksrud W.K. (2007). « Flooring preferences in dairy goats at moderate and low ambient temperature », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 108, n°1-2, p. 45–57.
- Bøe K.E. et Ehrlenbruch R. (2013). « Thermoregulatory behavior of dairy goats at low temperatures and the use of outdoor yards », *Canadian Journal of Animal Science*, vol. 93, n° 1, p. 35–41.
- Bordi A., De Rosa G., Napolitano F., Litterio M., Marino V. et Rubino R. (1994). « Postpartum development of the mother-young relationship in goats », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 42, n° 2, p. 145–152.
- Briefer E.F., de la Torre M.P. et McElligott A.G. (2012). « Mother goats do not forget their kids' calls », *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 279, p. 1743 et p. 3749–3755.
- Calhim S., Shi J. et Dunbar R.I.M. (2006). « Sexual segregation among feral goats: Testing between alternative hypotheses », *Animal Behaviour*, vol. 72, n° 1, p. 31–41.
- Cottom D.S. et Pinsent P.J.N. (1988). « Lameness in the goat », *Goat Veterinary Society Journal*, vol. 9, n° 1-2.
- Ebinghaus A., Ivemeyer S. et Knierim U. (2018). « Human and farm influences on dairy cows' responsiveness towards humans—a cross-sectional study », *PLoS ONE*, vol. 13, n° 12, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209817>
- El Aich A., El Assouli N., Fathi A., Morand-Fehr P. et Bourbouze A. (2007). « Ingestive behavior of goats grazing in the Southwestern Argan (*Argania spinosa*) forest of Morocco », *Small Ruminant Research*, vol. 70, n° 2–3, p. 248–256.
- Escós J., Alados C.L. et Boza J. (1993). « Leadership in a domestic goat herd », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 38, n° 1, p. 41–47.
- Fernández M.A., Alvarez L. et Zarco L. (2007). « Regrouping in lactating goats increases aggression and decreases milk production », *Small Ruminant Research*, vol. 70, n° 2-3, p. 228–232.
- Ferreira L.M.M., Celaya R., Benavides R., Jáuregui B.M., García U., Sofia Santos A., Rosa García R., Rodrigues M.A. et Osoro K. (2013). « Foraging behaviour of domestic herbivore species grazing on heathlands associated with improved pasture areas », *Livestock Science*, vol. 155, n° 2–3, p. 373–383.
- Flint M. et Murray P.J. (2001). « Lot-fed goats—The advantages of using an enriched environment », *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 41, n° 4, p. 473–476.
- Fraser D., Weary D.M., Pajor E.A. et Milligan B.N. (1997). « A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns *Animal Welfare* », vol. 6, n° 3, p. 187–206.
- Friend T. (1989). « Recognizing behavioural needs », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 22, n° 2, p. 151–158.

- Garthe A., Roeder I. et Kempermann G. (2016). « Mice in an enriched environment learn more flexibly because of adult hippocampal neurogenesis », *Hippocampus*, vol. 26, p.261–271.
- Geist V. (1960). « Feral goats in British Columbia », *Murrelet*, vol.41. n° 3, p. 34–40.
- Gomes K.A.R., Valentim J.K., Lemke S.S.R., Dallago G.M., Vargas R.C. et Paiva A.L.D.C. (2018). « Behavior of Saanen dairy goats in an enriched environment », *Acta Scientiarum Animal Sciences*, vol. 40, <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.42454>.
- Gubernick D.J. (1980). « Maternal 'imprinting' or maternal 'labelling' in goats? », *Animal Behaviour*, vol. 28, n° 1, p. 124–129.
- Gubernick D.J. (1981). « Mechanisms of maternal 'labelling' in goats », *Animal Behaviour*, vol. 1, p. 305–306.
- Gubernick D.J., Jones K.C. et Klopfer P.H. (1979). « Maternal 'imprinting' in goats? », *Animal Behaviour*, vol. 27, (partie 1), p. 314–315.
- Hemsworth H.P. et Barnett J.L. (1991). « The effects of aversively handling pigs, either individually or in groups, on their behaviour, growth and corticosteroids », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 30, n° 1-2, p. 61–72.
- Hemsworth H.P., Barnett J.L., Coleman G.J. et Hansen C. (1989). « A study of the relationships between the attitudinal and behavioural profiles of stockpersons and the level of fear of humans and reproductive performance of commercial pigs », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 23, n° 4, p. 301–314.
- Hemsworth P.H., Coleman G.J., Barnett J.L. et Borg S. (2000). « Relationships between human-animal interactions and productivity of commercial dairy cows », *Journal of Animal Science*, vol. 78, n° 11, p. 2821–2831.
- Hill N.P., Murphy P.E., Nelson A.J., Mouttotou L.E., Green L.E. et Morgan K.L. (1997). « Lameness and foot lesions in adult British dairy goats », *Veterinary Record*, vol. 141, n° 6, p. 412–416.
- Jackson K.M.A. et Hackett D. (2007). « A note: The effects of human handling on heart girth, behaviour and milk quality in dairy goats », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 108, n° 3–4, p.332–336.
- Kaminski J., Riedel J., Call J. et Tomasello M. (2005). « Domestic goats, *Capra hircus*, follow gaze direction and use social cues in an object choice task », *Animal Behaviour*, vol. 69, n° 1, p.11–18.
- Kannan G., Terrill T.H., Kouakou B., Gelaye S. et Amoah E.A. (2002). « Simulated preslaughter holding and isolation effects on stress responses and live weight shrinkage in meat goats », *Journal of Animal Science*, vol. 80, n° 7, p. 1771–1780.
- Keil N.M., Imfeld-Mueller S., Aschwanden J. et Wechsler B. (2012). « Are head cues necessary for goats (*Capra hircus*) in recognising group members? », *Animal Cognition*, vol. 15, n° 5, p. 913–921.

- Kihlslinger R.L. et Nevitt G.A. (2006). « Early rearing environment impacts cerebellar growth in juvenile salmon », *Journal of Experimental Biology*, vol. 209, n° 3, p. 504–509.
- Kilgour R. et Ross D.J. (1980). « Feral goat behaviour—a management guide », *New Zealand Journal of Agriculture*, vol. 141, n° 5, p. 20.
- Langbein J. (2012). « Investigations on training, recall and reversal learning of a Y-maze by dwarf goats (*Capra hircus*): The impact of lateralisation », *Behavioural Processes*, vol. 89, n° 3, p. 304–310.
- Langbein J., Siebert K. et Nürnberg G. (2009). « On the use of an automated learning device by group-housed dwarf goats: Do goats seek cognitive challenges? », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 120, n° 3–4, p. 150–158.
- Leidy R.S., Jorge C.R., Elena B.R. et Jordi B.F. (2015). « Comparative study of trophic behaviour and herd structure in wild and feral goats living in a mediterranean island: Management implications », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 165, p. 81–87.
- Lickliter R.E. (1984). « Hiding behavior in domestic goat kids », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 12, n° 3, p. 245–251.
- Mainguy J., Côté S.D., Cardinal E. et Houle M. (2008). « Mating tactics and mate choice in relation to age and social rank in male mountain goats », *Journal of Mammalogy*, vol. 89, n° 3, p. 626–635.
- Mastellone V., Scandurra A., D’Aniello B., Nawroth C., Saggese F., Silvestre P. et Lombardi P. (2020). « Long-term socialization with humans affects human-directed behavior in goats », *Animals*, vol. 10, n° 4.
- McDougall P. (1975). « The feral goats of Kielderhead Moor », *Journal of Zoology*, vol. 176, n° 2, p. 215–246.
- McGregor B.A. (2010). « Influence of stocking rate and mixed grazing of Angora goats and Merino sheep on animal and pasture production in southern Australia. 2: Liveweight, body condition score, carcass yield and mortality », *Animal Production Science*, vol. 50, n° 2, p. 149–157.
- McTaggart H.S. (1971). « Observations on the behaviour of an island community of feral goats », *British Veterinary Journal*, vol. 127, n° 8, p. 399–400.
- Meagher R.K. (2019). « Is boredom an animal welfare concern? », *Animal Welfare*, vol. 28, n° 1, p. 21–32.
- Mersmann D., Schmied-Wagner C., Nordmann E., Graml C. et Waiblinger S. (2016). « Influences on the avoidance and approach behaviour of dairy goats towards an unfamiliar human—An on-farm study », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 179, p. 60–73.
- Meyer S., Nürnberg G., Puppe B. et Langbein J. (2012). « The cognitive capabilities of farm animals: Categorisation learning in dwarf goats (*Capra hircus*) », *Animal Cognition*, vol. 15, n° 4, p. 567–576.

- Miranda-de la Lama G.C. et Mattiello S. (2010). « The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming », *Small Ruminant Research*, vol. 90, p. 1–10.
- Nawroth C., Albuquerque N., Savalli C., Single M.S. et McElligott A.G. (2018). « Goats prefer positive human emotional facial expressions », *Royal Society Open Science*, vol. 5, n° 8, <https://doi.org/10.1098/rsos.180491>
- Nawroth C., Baciadonna L. et McElligott A.G. (2016a). « Goats learn socially from humans in a spatial problem-solving task », *Animal Behaviour*, vol. 121, p. 123–129.
- Nawroth C. et McElligott A.G. (2017). « Human head orientation and eye visibility as indicators of attention for goats (*Capra hircus*) », *PeerJ* 2017, vol. 5, <https://doi.org/10.7717/peerj.3073>
- Nawroth C., von Borell E. et Langbein J. (2014). « Exclusion performance in dwarf goats (*Capra aegagrus hircus*) and sheep (*Ovis orientalis aries*) », *PLoS ONE*, vol. 9, n° 4, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093534>
- Nawroth C., von Borell E. et Langbein J. (2016b). « ‘Goats that stare at men’—revisited: Do dwarf goats alter their behaviour in response to eye visibility and head direction of a human? », *Animal Cognition*, vol. 19, n° 3, p. 667–672.
- Neave H.W., von Keyserlingk M.A.G., Weary D.M. et Zobel G. (2018). « Feed intake and behavior of dairy goats when offered an elevated feed bunk », *Journal of Dairy Science*, vol. 101, n° 4, p. 3303–3310.
- O'Brien P.H. (1988). « Feral goat social organization: A review and comparative analysis », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 21, n° 3, p. 209–221.
- Oesterwind S., Nürnberg G., Puppe B. et Langbein J. (2016). « Impact of structural and cognitive enrichment on the learning performance, behavior and physiology of dwarf goats (*Capra aegagrus hircus*) », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 177, p. 34–41.
- Oliveira A.F.S., Rossi A.O., Silva L.F.R., Lau M.C. et Barreto R.E. (2010). « Play behaviour in nonhuman animals and the animal welfare issue », *Journal of Ethology*, vol. 28, n° 1, p. 1–5.
- Ouédraogo-Koné S., Kaboré-Zoungana C.Y. et Ledin I.B. (2006). « Behaviour of goats, sheep and cattle on natural pasture in the sub-humid zone of West Africa », *Livestock Science*, vol. 105, n° 1, p. 244–252.
- Patt A., Gyax L., Wechsler B., Hillmann E., Palme R. et Keil N.M. (2012). « The introduction of individual goats into small established groups has serious negative effects on the introduced goat but not on resident goats », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 138, n° 1-2, p. 47–59.
- Patt A., Gyax L., Wechsler B., Hillmann E., Palme R. et Keil N.M. (2013a). « Behavioural and physiological reactions of goats confronted with an unfamiliar group either when alone or with two peers », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 146, n° 1-4, p. 56–65.
- Patt A., Gyax L., Wechsler B., Hillmann E., Palme R. et Keil N.M. (2013b). « Factors influencing the welfare of goats in small established groups during the separation and reintegration of individuals », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 144, n° 1-2, p. 63–72.

- Pfister J.A., Malechek J.C. et Balph D.F. (1988). « Foraging behaviour of goats and sheep in the Caatinga of Brazil », *Journal of Applied Ecology*, vol. 25, n° 2, p. 379–388.
- Pitcher B.J., Briefer E.F., Baciadonna L. et McElligott A.G. (2017). « Cross-modal recognition of familiar conspecifics in goats », *Royal Society Open Science*, vol. 4, n° 2, <https://doi.org/10.1098/rsos.160346>
- Poindron P., Gilling G., Hernandez H., Serafin N. et Terrazas A. (2003). « Early recognition of newborn goat kids by their mother: I. Nonolfactory discrimination », *Developmental Psychobiology*, vol. 43, n° 2, p. 82–89.
- Price E.O. (1999). « Behavioral development in animals undergoing domestication », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 65, n° 3, p. 245–271.
- Price E.O. et Thos J. (1980). « Behavioral responses to short-term social isolation in sheep and goats », *Applied Animal Ethology*, vol. 6, n° 4, p. 331–339.
- Romeyer A., Porter R.H., Levy F., Nowak R., Orgeur P. et Poindron P. (1993). « Maternal labelling is not necessary for the establishment of discrimination between kids by recently parturient goats », *Animal Behaviour*, vol. 46, n° 4, p. 705–712.
- Rout P.K., Mandal A., Singh L.B. et Roy R. (2002). « Studies on behavioral patterns in Jamunapari goats », *Small Ruminant Research*, vol. 43, n° 2, p. 185–188.
- Salvanes A.G.V., Moberg O., Ebbesson L.O.E., Nilsen T.O., Jensen K.H. et Braithwaite, V.A. (2013). « Environmental enrichment promotes neural plasticity and cognitive ability in fish », *Proceedings: Biological Sciences*, vol. 280, n° 1767, <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.1373>
- Sanchez-Rodriguez M., Gomez-Castro A.G., Peinado-Lucena E., Mata-Moreno M. et Domenech-Garcia V. (1993). « Seasonal variation in the selective behaviour of dairy goats on the Sierra area of Spain », *Journal of Animal and Feed Sciences*, vol. 2, n° 1-2, p. 43–50.
- Sanon H.O., Kaboré-Zoungrana C. et Ledin I. (2007). « Behaviour of goats, sheep and cattle and their selection of browse species on natural pasture in a Sahelian area », *Small Ruminant Research*, vol. 67, n° 1, p. 64–74.
- Schlecht E., Hiernaux P., Kadaouré I., Hülsebusch C. et Mahler F. (2006). « A spatio-temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behaviour of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger », *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 113, n° 1, p. 226–242.
- Shank C.C. (1972). « Some aspects of social behaviour in a population of feral goats (*Capra hircus* L.) », *Zeitschrift für Tierpsychologie*, vol. 30, n° 5, p. 488–528.
- Shi J. et Dunbar R.I.M. (2006). « Feeding competition within a feral goat population on the Isle of Rum, NW Scotland », *Journal of Ethology*, vol. 24, n° 2, p. 117–124.
- Shi J., Dunbar R.I.M., Buckland D. et Miller D. (2003). « Daytime activity budgets of feral goats (*Capra hircus*) on the Isle of Rum: Influence of season, age, and sex », *Canadian Journal of Zoology* 81(5):803–815.

- Shi J., Dunbar R.I.M., Buckland D. et Miller D. (2005). « Dynamics of grouping patterns and social segregation in feral goats (*Capra hircus*) on the Isle of Rum, NW Scotland », *Mammalia*, vol. 69, n° 2, p. 185–199.
- Shrader A., Kotler B.P., Brown J.S. et Kerley G.I.H. (2008). « Providing water for goats in arid landscapes: Effects on feeding effort with regard to time period, herd size and secondary compounds », *Oikos*, vol. 117, n° 3, p. 466–472.
- Shrader A.M., Kerley G.I.H., Kotler B.P. et Brown J.S. (2007). « Social information, social feeding, and competition in group-living goats (*Capra hircus*) », *Behavioral Ecology*, vol. 18, n° 1, p.103–107.
- Stachowicz J., Lanter A., Gygax L., Hillmann E., Wechsler B. et Keil N.M. (2019). « Under temperate weather conditions, dairy goats use an outdoor run more with increasing warmth and avoid light wind or rain », *Journal of Dairy Science*, vol. 102, n° 2, p. 1508–1521.
- Stachowicz J., Gygax L., Hillmann E., Wechsler B. et Keil N.M. (2018). « Dairy goats use outdoor runs of high quality more regardless of the quality of indoor housing », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 208, p. 22–30.
- Stanley C.R. et Dunbar R.I.M. (2013). « Consistent social structure and optimal clique size revealed by social network analysis of feral goats, *Capra hircus* », *Animal Behaviour*, vol. 85, n° 4, p. 771–779.
- Stears K., Kerley G.I.H. et Shrader A.M. (2014). « Group-living herbivores weigh up food availability and dominance status when making patch-joining decisions », *PLoS ONE*, vol. 9, n° 10, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109011>
- Sutherland M.A., Lowe G.L., Watson T.J., Ross C.M., Rapp D. et Zobel G.A. (2017). « Dairy goats prefer to use different flooring types to perform different behaviours », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 197, p. 24–31.
- Terrazas A., Serafin N., Hernández H., Nowak R. et Poindron P. (2003). « Early recognition of newborn goat kids by their mother: II. Auditory recognition and evidence of an individual acoustic signature in the neonate », *Developmental Psychobiology*, vol. 43, n° 4, p. 311–320.
- Tolu C., Yurtman I.Y., Baytekin H., Atasoglu C. et Savas T. (2012). « Foraging strategies of goats in a pasture of wheat and shrubland », *Animal Production Science*, vol. 52, n° 12, p.1069–1076.
- Tovar-Luna I., Puchala R., Gipson T.A., Detweiler G.D., Dawson L.J., Sahlu T., Keli A. et Goetsch A.L. (2011). « Effects of night-locking and stage of production on forage intake, digestion, behavior, and energy utilization by meat goat does grazing grass/legume pasture », *Livestock Science*, vol. 140, n° 1–3, p. 225–245.
- Van D.T.T., Mui N.T. et Ledin I. (2007). « Effect of group size on feed intake, aggressive behaviour and growth rate in goat kids and lambs », *Small Ruminant Research*, vol. 72, n° 2-3, p. 187–196.

Vas J., Chojnacki R.M. et Andersen I.L. (2019). « Search behavior in goat (*Capra hircus*) kids from mothers kept at different animal densities throughout pregnancy », *Frontiers in Veterinary Science*, vol. 6, (fév.), p. 21.

Watson C. et Binks D. (2019). « Elongation of the CA1 field of the septal hippocampus in ungulates », *Journal of Comparative Neurology*, vol. 527, n° 4, p. 818–832.

Whiteside M.A., Sage R. et Madden J.R. (2016). « Multiple behavioural, morphological and cognitive developmental changes arise from a single alteration to early life spatial environment, resulting in fitness consequences for released pheasants », *Royal Society Open Science*, vol. 3, n° 3, <https://doi.org/10.1098/rsos.150655>

Williams C.S. (1990). « Routine sheep and goat procedures. *The Veterinary Clinics Of North America* », *Food Animal Practice*, vol. 6, n° 3, p.737–758.

Yeates J. (2018). « Naturalness and animal welfare », *Animals*, vol. 4, p. 53.

Zarazaga L.Á., Gatica M.C., Gallego-Calvo M.L. et Guzmán J.L. (2018). « When using photostimulated bucks to induce the male effect in female goats living at Mediterranean latitudes, a male:female ratio of 1:20 is optimum », *Journal of Applied Animal Research*, vol. 46, n° 1, p. 883–887.

Zobel G., Freeman H., Schneider D., Henderson H., Johnstone P. et Webster J. (2018). « Behaviour of dairy goats managed in a natural alpine environment », *52^e congrès de la Société internationale d'éthologie appliquée, Charlottetown, Île-du-Prince-Édouard, Canada*.

Zobel G., Leslie K., Weary D.M. et von Keyserlingk M.A.G. (2015). « Ketonemia in dairy goats: Effect of dry period length and effect on lying behavior », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, n° 9, p 6128–6138.

Zobel G., Neave H. et Webster J. (2017). « Climbing behaviour in lactating dairy goats: The use of a raised platform », *Actes de la cinquantième conférence annuelle de l'American Association of Bovine Practitioners, 14-16 septembre 2017, Omaha, Nebraska, États-Unis*.

Zobel G., Neave H.W. et Webster J. (2019). « Understanding natural behavior to improve dairy goat (*Capra hircus*) management systems », *Translational Animal Science*, vol. 3, n° 1, p 212–224.

Zobel G. et Nawroth C. (2020). « Current state of knowledge on the cognitive capacities of goats and its potential to inform species-specific enrichment », *Small Ruminant Research*, vol.192.

2 Boiterie due à un mauvais soin des sabots et à des maladies nutritionnelles

Conclusions

- 1. Les sabots des chèvres sont portés par les mouvements habituels relatifs au pâturage, au broutage et à d'autres comportements naturels et en fonction du terrain. Cette usure peut être suffisante pour atténuer le besoin de parage; s'ils ne sont pas parés, les sabots adultes pousseront d'environ 4 à 5 mm par mois. La fréquence de parage nécessaire pour maintenir un pied sain est déterminée par de nombreux facteurs environnementaux et nutritionnels qui affectent la croissance des sabots.**
- 2. La bonne santé des pieds est positivement associée à l'amélioration des performances des animaux et à la réduction de la morbidité et de la mortalité.**
- 3. L'environnement des lieux d'hébergement et l'équipement utilisé pour le parage des pieds peuvent transmettre entre les animaux des agents pathogènes associés aux maladies du pied.**
- 4. La santé optimale des sabots ne peut être maintenue sans des soins appropriés, notamment en maintenant le pied correctement paré et équilibré. Le risque de maladie des pieds augmente si l'on ne prend pas les précautions nécessaires ou si l'on coupe mal ou agressivement.**
- 5. La boiterie peut également être due à une maladie ou à une blessure des membres et de la colonne vertébrale de la chèvre; la maladie peut être infectieuse ou nutritionnelle.**
- 6. Une mauvaise gestion alimentaire des régimes à haute teneur en énergie augmente le risque de boiterie due à une fourbure aiguë ou chronique.**

2.1 Introduction

La boiterie est douloureuse. Elle se caractérise souvent par une modification de la position ou de la démarche (Cottom et Pinsent, 1988). La capacité des animaux à adopter un comportement naturel est compromise par la gravité croissante de la boiterie (Whay et Shearer, 2017). Les chèvres boiteuses ont une production laitière plus faible (Christodoulopoulos, 2009; Warnick et coll., 2001), des niveaux d'activité quotidienne réduits (O'Callaghan et coll., 2003) et un risque accru d'être réformées (Booth et coll., 2004). Lorsque la situation est grave, les animaux boiteux réduisent le temps d'alimentation et augmentent le temps de repos; il peut donc y avoir une perte de condition physique (Hodgkinson, 2010). Une cote de l'état de chair (CEC) faible, quelle qu'en soit la cause, a été associée dans de nombreuses études à une productivité moindre, y compris à un taux de survie des petits plus faible. Sharma et coll. (2018) ont rapporté qu'une CEC élevée présentait moins de comportements antagonistes au moment de l'alimentation, une production laitière significativement plus élevée et une incidence de maladie significativement plus faible qu'une CEC faible. Indépendamment du fait qu'un animal boiteux présente des limitations physiques ou de production, on sait que la boiterie provoque des douleurs; si elle n'est pas traitée, les conditions douloureuses entraînent des souffrances, c'est pourquoi il est

important de les identifier et d'y remédier rapidement, notamment en atténuant la douleur (Whay et Shearer, 2017).

Le degré de boiterie d'un animal est généralement évalué à l'aide d'un système de pointage de l'intensité de la boiterie. Chez les chèvres, différents systèmes ont été mis au point (voir *Tableau 2.1*) : chacun présente des avantages et des inconvénients (p. ex., les systèmes de pointage à 2 ou 3 points sont plus faciles à utiliser, mais excluent les boiteries légères, tandis que les systèmes à 4 et 5 points nécessitent un entraînement plus important, mais permettent de mieux identifier les anomalies de la démarche). Des systèmes de marche servant à détecter la pression ont été utilisés pour évaluer la démarche, la foulée, les forces ambulatoires et les anomalies de la portance chez les chèvres (Rifkin et coll., 2019). Cependant, ces technologies ne sont pas envisageables pour une utilisation dans les exploitations agricoles. Des dispositifs installés sur les animaux (p. ex., des accéléromètres) ont démontré que les sabots trop grands limitent l'activité des chèvres autour des chevreux (Zobel et coll., 2016). Par contre, aucun dispositif n'est disponible sur le marché.

Le pointage de la démarche du troupeau est une première étape essentielle pour identifier les animaux boiteux, suivie de l'examen de l'animal, y compris le membre et le pied, pour déterminer la cause de la boiterie (Deeming et coll., 2018; Hill et coll., 1997). Les causes de boiterie peuvent être classées comme suit 1) physique (p. ex., blessures), 2) environnement (p. ex., litière humide ou fortement contaminée), 3) maladies nutritionnelles (p. ex., déséquilibre minéral ou vitaminique), 4) maladies infectieuses, ou 5) croissance excessive (p. ex., sabots déformés ou endommagés par une coupe inappropriée) (Anzuino et coll., 2010; Caroprese et coll., 2009; Christodouloupolos, 2009; Kaler et coll., 2010; Nonga et coll., 2009; Smith et Sherman, 2009). La boiterie peut s'aggraver lorsque les chèvres sont hébergées dans un environnement marqué par une forte densité de cheptel (Kaler et Green, 2009). Les pratiques de parage des pieds et les causes nutritionnelles de la boiterie sont examinées dans cette étude.

Tableau 2.1 Description des systèmes de notation de l'état corporels des chèvres.

Catégorie	Système de pointage de l'intensité de la boiterie			Critères d'évaluation			
	2 points	4 points	5 points	Déplacement	Posture sur pattes	Hochements de tête	Description
Démarche normale	0	1	1	Oui	Oui	Non	Démarche régulière, marche sans douleur.
Démarche irrégulière	0	N/A	2	Oui	Oui	Non	Petite enjambée, démarche raide ou balancement du sabot.
Légère boiterie	0	2	3	Oui	Oui	Peut-être	Boiterie légère. Membre(s) atteint(s) difficilement identifiable(s).
Boiterie modérée	0	3	4	Réticence	Réticence	Oui	Boiterie modérée. Membre(s) atteint(s) identifiable(s).
Boiterie sévère	1	4	5	Refus	Impossible	Oui (prononcés)	Boiterie grave. Peut marcher sur les genoux ou marcher avec les membres étirés et sans fléchir les articulations (p. ex., le pas de l'oie).

Tableau modifié de Deeming et coll. (2018) et adapté de Anzuino et coll. (2010), Battini et coll. (2015), et Deeming et coll. (2018).

2.2 Santé des sabots

2.2.1 Croissance normale des sabots et conséquences de la croissance excessive

Dans un sabot sain, la corne pousse de manière distale par rapport à la bande coronaire. L'onglon de la chèvre possède une paroi du sabot porteuse qui entoure la phalange distale et protège la sole concave qui est reliée au bulbe du talon (Kaneps, 1996). L'usure normale sur les surfaces dures permet de réduire au minimum la croissance excessive.

Lorsque la corne n'est pas usée et que l'excès de croissance s'accumule, la paroi du sabot se recroqueville sous le pied, emprisonnant la matière contre la sole (Cottom et Pinsent, 1988). Cette croissance crée une cavité entre la corne et la sole qui peut se remplir de saleté, de matières fécales et de litière contaminée, et produit un environnement humide propice au développement d'une infection. De même, la pousse excessive des parois internes peut permettre d'emprisonner de la saleté et des matières fécales dans la fente interdigitée. Dans ce cas-ci, la pince s'allongera, forçant le poids de la chèvre à revenir sur le talon, ce qui entraînera des ecchymoses sur la sole et une tension anormale sur les ligaments et les tendons du pied (Smith et Sherman, 2009). Une malformation chronique du pied entraînera une inflammation et des dommages permanents aux structures distales des membres. Si la corne avec une croissance excessive se brise ou se fissure, il y a un risque accru que la saleté et les excréments accèdent à la partie sensible du pied et créent des abcès (Smith et Sherman, 2009; Williams, 1990).

2.2.2 Effet du parage sur la santé des pieds

Bien que le parage des pieds soit considéré comme bénéfique pour réduire la boiterie, certains chercheurs ont signalé qu'une fréquence accrue de parage des pieds chez les petits ruminants était associée à des niveaux plus élevés de boiterie (chèvres : Hill et coll., 1997; moutons : Kaler et Green, 2009). Cela peut s'expliquer par le fait que les animaux boiteux peuvent être parés plus fréquemment, ou que le parage, face à la boiterie, n'est pas toujours bénéfique. C'est le cas lorsque les moutons avec une infirmité de pied sont parés de manière agressive (Wassink et coll., 2010).

La longueur des sabots est en corrélation positive avec la déformation des onglons, et la longueur et la proportion des onglons de l'animal étant déformés sont en corrélation positive avec la boiterie chez cet animal (Ajuda et coll., 2019). Il faut noter que cette étude présente des limites (p. ex., petite taille de l'échantillon, faible méthodologie statistique); néanmoins, c'est actuellement la seule étude examinée par des pairs qui constate cette corrélation. Tout en développant un système de notation pour évaluer la déformation des onglons, Deeming et coll. (2019a) ont démontré qu'une grande proportion des sabots des chèvres dans les installations laitières commerciales présentent un certain niveau d'anomalie de conformation, notamment des sabots trop gros, des talons fléchis, des onglons évasés, une fourchette déformée et des boulets fléchis (voir *Figures 2.1 et 2.2*). Toutefois, ces auteurs n'ont pas signalé la fréquence de parage de ces chèvres, de sorte que les soins des sabots ne peuvent être liés à ces problèmes de conformation. En outre, Ajuda et coll. (2014) ont utilisé la thermographie pour mesurer l'inflammation des onglons de chèvre trop grands et déformés avant et après le parage. Une diminution significative de l'inflammation a été détectée 15 jours après le parage, ce qui indique que le parage des onglons avec une pousse excessive a réduit l'inflammation. Le parage est un outil qui permet de diagnostiquer la cause de la boiterie, d'enlever la corne du bulbe, de corriger les pattes trop grandes et de maintenir une conformation normale tant qu'il est effectué sans

endommager les structures sous-jacentes ou sans couper jusqu'au sang (Smith et Sherman, 2009; Winter, 2011).

Aspect du sabot	Notation ordinale		
	0	1	2
La longueur de la pince			
	<p>La pince présente une pousse normale La longueur de la pince est inférieure à la moitié de la longueur du reste du sabot</p>	<p>La pince présente une pousse excessive modérée La longueur de la pince est supérieure à la moitié de la longueur du reste du sabot, mais inférieure à la longueur totale de celui-ci</p>	<p>La pince présente une pousse excessive prononcée La longueur de la pince est supérieure à la longueur totale du sabot</p>
La forme du talon			
	<p>Le talon est bien droit Démarche sans appui direct sur le talon, la couronne est parallèle au sol</p>	<p>Le talon chute modérément Démarche sans appui direct sur le talon, mais la couronne est inclinée vers le sol</p>	<p>Le talon chute excessivement Démarche avec appui direct sur le talon, la couronne est fortement inclinée vers le sol</p>
La forme du boulet *			
	<p>Le boulet est à la verticale et droit</p>	<p>Le boulet chute vers le sol Une bosse osseuse sur le paturon peut être apparente</p>	

* Le boulet est noté en valeur binaire 0 ou 1.

Figure 2.1 Évaluation de la conformation des sabots de chèvre à l'aide d'un système de notation ordinale. Deeming et coll. (2019a) Développement d'une évaluation de la conformation du sabot pour les chèvres laitières.

Aspect du sabot	Notation ordinale		
	0	1	2
Forme de la fourchette	 <p>Les deux branches de la fourchette sont droites</p>	 <p>Une des branches de la fourchette est courbée/tordue soit vers l'extérieur, soit vers la lacune médiane du sabot</p>	 <p>Les deux branches de la fourchette sont courbées/tordues soit vers l'extérieur, soit vers la lacune médiane du sabot</p>
Écartement de la fourchette	 <p>Les branches ne sont pas écartées la distance entre le bord axial de l'extrémité distale des deux branches est d'environ <2 marques horizontales sur le tableau blanc</p>	 <p>Les branches sont modérément écartées la distance entre le bord axial de l'extrémité distale des deux branches est d'environ >2 et <3 marques sur le tableau blanc</p>	 <p>Les branches sont fortement écartées la distance entre le bord axial de l'extrémité distale des deux branches est >3 marques sur le tableau blanc</p>

* L'écartement de la fourchette n'est comptabilisé que si la forme de la fourchette a une note ordinale de 0.

Figure 2.2 Évaluation de la forme de la fourchette de chèvre à l'aide d'un système de notation ordincoll. Deeming et coll. (2019a) Développement d'une évaluation de la conformation du sabot pour les chèvres laitières.

2.2.3 Fréquence du parage

On pense que les chèvres férales et celles élevées dans des systèmes extensifs s'usent les sabots sur des surfaces rugueuses (Williams, 1990). L'usure naturelle est due à la surface sur laquelle elles passent leur temps, ainsi qu'à leur activité; dans un environnement alpin, les chèvres laitières qui ont parcouru environ 3 km en 24 heures avaient des sabots convexes, solides, mais spongieux, et des onglons dont la longueur était similaire à celle d'un sabot récemment paré, bien que les sabots n'aient pas été parés pendant au moins cinq mois (Zobel et coll., 2019). Cependant, les chèvres élevées dans des systèmes intensifs sont généralement élevées sur des surfaces molles, comme de la paille ou des copeaux de bois, qui ne permettent pas une usure naturelle; un parage régulier des sabots est donc nécessaire pour prévenir la croissance excessive des sabots (Cottom et Pinsent, 1988; Groenevelt, 2017; Nonga et coll., 2009; Smith et Sherman, 2009; Williams, 1990). Alors que les recherches ont porté sur la préférence des chèvres pour différents revêtements de sol (p. ex. les surfaces dures par rapport à la paille et aux copeaux : Bøe et coll., 2007; Sutherland et coll., 2017), le meilleur revêtement de sol et la meilleure et pour la santé des pieds dans les élevages intensifs de chèvres n'ont pas été examinés.

Des pieds sains peuvent améliorer la santé et la productivité d'un animal, ce qui augmente le profit pour le producteur et réduit le coût lié aux traitements nécessaires (Koluman-Darcas, 2016). Ibrahim et coll. (2018) ont comparé l'effet du parage chez les moutons à un groupe témoin non paré. Le groupe ayant subi un parage a connu une augmentation significative de la marche, de l'alimentation, de l'abreuvement et du temps de rumination, ainsi qu'une diminution significative du pointage relatif à la démarche et des niveaux de cortisol sérique par rapport au groupe de contrôle. Ces résultats confirment que, chez les caprins, il est essentiel de maintenir une forme et une longueur appropriées des sabots pour prévenir la boiterie due à la maladie du pied; aucun examen de ce type n'a été effectué pour les chèvres.

La fréquence de parage suggérée va, de toutes les 6 à 8 semaines (Cottom et Pinsent, 1988) pour les chèvres d'exposition, à deux fois par an (Koluman-Darcas, 2016; Smith et Sherman, 2009). Cependant, Groenevelt (2017) a souligné qu'un parage régulier est essentiel pour prévenir la croissance excessive et maintenir la forme des onglons, et que la fréquence du parage dépend de plusieurs facteurs tels que l'hébergement, la nutrition et le sabot. Alors que Winter (2008) ne recommande pas de parer régulièrement les pieds sains des chèvres, si ce n'est pour enlever la corne fortement enflée, ces recommandations concernaient des animaux élevés au Royaume-Uni, où la plupart du temps ils étaient en pâturage, ce qui permettait une usure naturelle. Bien que la littérature sur la santé des pieds des moutons soit souvent citée en référence, les chèvres ont un habitat naturel, des préférences alimentaires et une anatomie des pieds différents de ceux des moutons. Par conséquent, les recommandations formulées pour les caprins peuvent ne pas se traduire efficacement par une gestion des chèvres (Groenevelt, 2017). En effet, récemment, Deeming et coll. (2019 b) ont constaté que le parage trois fois par an n'était pas suffisant pour prévenir la croissance excessive et les changements d'angles internes des sabots.

2.2.4 Méthodes de parage

Le parage peut devoir être ajusté pour différentes races, car les caractéristiques des sabots peuvent varier d'une race à l'autre (Azarpajouh et coll., 2018). Koluman-Darcas (2016) a mesuré les différences de sabots entre les races de chèvres laitières et à viande et a signalé qu'il y avait une corrélation positive significative entre la longueur du sabot (mesurée de la zone entre la peau et la bande coronaire à l'extrémité distale de la paroi dorsale) et le poids corporel. Les races à viande plus lourdes ont une plus grande hauteur de sabot, mesurée de la couronne au point vertical de la sole, que les races laitières plus légères.

Dans les cas de boiterie sévère, un traitement d'atténuation de la douleur est nécessaire, ainsi qu'un parage correctif (hiver 2011). L'atténuation de la douleur doit être utilisée sur les conseils du vétérinaire du troupeau, et les délais d'attente pour la viande et le lait doivent être respectés. Lors du parage, il convient d'utiliser un équipement approprié, tel qu'un petit sécateur et un couteau à sabot, et de le garder bien aiguisé (Cottom et Pinsent, 1988). La désinfection du matériel est essentielle entre les animaux pour éviter la transmission de maladies (Christodouloupoulos, 2009; Groenevelt, 2017; Winter, 2011).

Pour éviter la transmission de pathogènes du pied entre les animaux, il convient d'utiliser une zone sèche bien entretenue pour rassembler les animaux en vue de leur parage (Groenevelt, 2017; Winter, 2011). Les chèvres peuvent être maintenues sur pattes durant le parage. Un

berceau basculant ou une table basculante peuvent également être utilisés à condition que l'animal soit tenu fermement avec un minimum d'inconfort (Cottom et Pinsent, 1988; Williams, 1990). L'aversion de ces tables n'a pas été évaluée.

Il est conseillé de parer la semelle du talon aux onglons, en permettant un bon alignement de la troisième phalange (Cottom et Pinsent, 1988). Pour commencer, toute la paroi du sabot présentant une pousse excessive est taillée au niveau de la sole et du talon, et l'angle de la surface portante de la paroi est parallèle à la bande coronaire lorsque l'animal se tient droit (Smith et Sherman, 2009). Pour permettre une usure uniforme, les deux bulbes du talon doivent être de la même hauteur (Cottom et Pinsent, 1988).

Un parage excessif des onglons jusqu'au sang provoque de graves dommages (Smith et Sherman, 2009); il peut également endommager les lamelles sensibles qui ne guérissent pas correctement, ce qui peut entraîner la formation de granulomes des onglons ou de la sole (Groenevelt, 2017; Hodgkinson, 2010; Winter, 2008, 2011). Cependant, il faut noter que la cause de ces lésions extrêmement douloureuses n'est pas bien comprise. Lors de la coupe, il faut veiller à inspecter la sole ainsi que la paroi, le bulbe du talon et l'espace entre les onglons : cela permettra d'identifier les ecchymoses, les zones de nécrose ou d'infection. Les registres individuels des animaux sont essentiels pour assurer un suivi et une surveillance appropriés.

2.3 Causes nutritionnelles de la boiterie

La nutrition et la gestion de l'alimentation ont un impact significatif sur la santé animale, notamment sur les affections des sabots, du squelette et des articulations. Des proportions adéquates de minéraux et de vitamines dans l'alimentation sont essentielles pour répondre aux besoins nutritionnels de l'animal. Par exemple, il est recommandé que le rapport calcium (Ca) / phosphore (P) des régimes alimentaires des chèvres soit compris entre 1,5:1 et 2:1 (Smith et Sherman, 2009). Les excès, les carences et les ratios disproportionnés de minéraux peuvent avoir un impact négatif important.

2.3.1 Fourbure

La fourbure est l'inflammation des structures lamellaires du sabot, les tissus responsables de la formation de nouveaux tissus du sabot et du maintien de l'intégrité du sabot et des structures sous-jacentes (Smith et Sherman, 2009). De nombreuses affections endotoxémiques et septicémiques ont été liées à la fourbure, comme la mastite ou la métrite (infection utérine; Cottom et Pinsent, 1988; Kaneps, 1996; Smith et Sherman, 2009). Souvent, la fourbure est la conséquence d'un apport mal régulé d'un régime alimentaire à haute teneur énergétique provoquant une chute temporaire du pH ruminal à des niveaux acides, connue sous le nom d'acidose ruminale subaiguë (SARA; Cottom et Pinsent, 1988; Groenevelt, 2017; Groenevelt et coll., 2018; Kaneps, 1996; Zhang et coll., 2018).

Dans les cas où les animaux reçoivent un régime alimentaire à haute teneur en énergie, présentent des signes de boiterie et peuvent être exposés à des crises d'acidose ruminale chronique (ARC), il s'agit probablement d'une fourbure (Groenevelt et coll., 2015). Le risque d'une acidose doit être réduit au minimum lorsque les animaux sont nourris avec un régime alimentaire à haute teneur énergétique; pour ce faire, il faut leur donner fréquemment leur régime alimentaire tout au long de la journée et leur assurer en même temps un apport suffisant de

fouissage comme source de fibres. Cela peut se faire en donnant une ration totale mélangée bien formulée ou en donnant de petits volumes de céréales 4 à 5 fois par jour, tout en assurant un accès ad libitum à des fourrages de haute qualité. Cela réduit le risque de troubles digestifs et de prolifération des bactéries qui produisent de l'acide lactique. Tous les changements d'alimentation doivent être effectués lentement pour permettre à la microflore du rumen de s'adapter (Smith et Sherman, 2009).

Lors d'une acidose, les niveaux d'endotoxine, d'acides gras volatils et d'acide lactique vont augmenter (Zhang et coll., 2018). Un niveau accru de lipopolysaccharides provoque une réponse inflammatoire. Les vaisseaux sanguins des lamelles du sabot vont subir des spasmes, provoquant des dommages anoxiques aux tissus dont ils se nourrissent (Cottom et Pinsent, 1988; Smith et Sherman, 2009; Zhang et coll., 2018). Ces dommages aux tissus laminaires entraînent une croissance anormale du sabot et une mauvaise qualité du sabot. Cette inflammation aiguë et l'endommagement consécutif du sabot sont une cause importante de boiterie (Groenevelt, 2017; Groenevelt et coll., 2018; Smith et Sherman, 2009).

La fourbure aiguë chez un individu n'est souvent pas facilement remarquée (Cottom et Pinsent, 1988), ce qui démontre la nécessité d'une évaluation routinière et minutieuse de la démarche. Les signes de la fourbure aiguë sont plus visibles si les chèvres sont autorisées à marcher normalement et ne sont pas pressées; les chèvres manifesteront une réticence à marcher et une préférence pour le repos, et il y aura des signes physiques tels que le gonflement et la chaleur au-dessus de la bande coronaire (Cottom et Pinsent, 1988; Smith et Sherman, 2009; Zhang et coll., 2018).

Dans les cas de fourbure chronique, résultat de poussées répétées d'ARC, ou d'autres causes inflammatoires, les dommages aux lamelles sensibles entraînent une perte d'intégrité entre la paroi du sabot et les lamelles. Sans cette intégrité, les tendons fléchisseurs rattachés à l'arrière de la phalange distale font tourner l'os, de sorte qu'il est incliné vers le bas. La fourbure chronique peut être identifiée par un taux de croissance anormal du sabot, qui se traduit par des onglons et des talons longs, la paroi étant souvent déformée par des anneaux de croissance (Cottom et Pinsent, 1988; Kaneps, 1996; Smith et Sherman, 2009). La kératine du sabot est de mauvaise qualité et s'écaille, ce qui entraîne des lacunes dans la ligne blanche et des fissures dans la paroi, qui mènent toutes deux à l'entrée de saletés et de graviers, entraînant des abcès du pied. L'animal peut marcher à genoux ou placer ses pattes arrière en avant sous le corps (Smith et Sherman, 2009) et marcher avec un « pas de l'oie » (où les pattes avant sont forcées de manière rigide devant la chèvre pendant qu'elle marche). La chaleur n'est généralement pas ressentie sur les pieds affectés. Un parage répété et fréquent est utilisé pour corriger la conformation anormale du sabot; cependant, le parage ne corrigera pas le mauvais alignement de la phalange distale (Groenevelt et coll., 2018; Smith et Sherman, 2009).

2.3.2 *Ostéomalacie des petits (rachitisme)*

Le rachitisme se caractérise par une calcification insuffisante des os et des épiphyses (c.-à-d. des plaques de croissance) chez les animaux en croissance, ce qui entraîne une déformation des articulations, en particulier des carpiens (c.-à-d. des genoux), un élargissement des articulations costochondrales (c.-à-d. des côtes), une courbure et une lordose de la colonne vertébrale, et des os longs anormalement inclinés (Smith et Sherman, 2009; Yousif et coll., 1986). Le rachitisme

subclinique ne présente souvent aucun signe clinique, hormis l'anorexie et la diminution de la croissance.

Le rachitisme est souvent observé chez les petits à croissance rapide lorsque l'alimentation est déficiente en Ca ou P, et lorsqu'il y a également une carence en vitamine D (Cottom et Pinsent, 1988; Smith et Sherman, 2009; Yousif et coll., 1986). Il est plus probable qu'elle soit observée chez les chevreaux logés ou élevés dans des pâturages où le climat est souvent nuageux ou brumeux, et où il y a peu ou pas de suppléments de vitamine D dans l'alimentation.

2.3.3 *Ostéomalacie chez les adultes*

L'ostéomalacie, due à une mauvaise minéralisation des os matures, est une maladie rare qui survient chez les chèvres âgées qui ont un régime alimentaire pauvre en P par rapport au Ca (Cottom et Pinsent, 1988) et qui présentent une carence en vitamine D. Les chèvres ont souvent des articulations raides et douloureuses dans leurs membres et peuvent présenter une flexion des os longs, généralement les membres antérieurs.

2.3.4 *Ostéodystrophie fibreuse*

L'ostéodystrophie fibreuse est surtout observée chez les animaux en croissance nourris d'un régime pauvre en Ca et riche en P, comme un régime de céréales et de son (Andrews et coll., 1983; Cottom et Pinsent, 1988; Smith et Sherman, 2009). L'ensilage de maïs et les foin à base de céréales sont également pauvres en Ca. L'hyperphosphatémie mène à la suppression du Ca, provoquant une hypocalcémie qui stimule la libération de l'hormone parathyroïdienne (PTH). L'augmentation des niveaux de PTH intensifie la résorption rénale du Ca et du P et favorise la résorption du Ca par les os (Aslani et coll., 2001; Smith et Sherman, 2009).

Les os deviennent mous et caoutchouteux, ce qui affecte souvent les os de la face, et peut affecter la capacité de l'animal à manger. Les vertèbres et les membres inférieurs peuvent également être touchés, ce qui provoque un gonflement des articulations, une flexion des os longs et une démarche raide (Andrews et coll., 1983; Aslani et coll., 2001; Cottom et Pinsent, 1988; Smith et Sherman, 2009). S'ils sont diagnostiqués à un stade précoce, les dommages peuvent être inversés en corrigeant le rapport Ca/P dans le régime alimentaire.

2.3.5 *Ostéopétrose nutritionnelle*

L'ostéopétrose nutritionnelle se produit lorsque le régime alimentaire est riche en Ca par rapport au P (Cottom et Pinsent, 1988; Smith et Sherman, 2009). L'ostéopétrose est généralement observée chez les chevreaux nourris pendant une période prolongée avec un régime destiné aux femelles en lactation. Il en résulte une surcalcification du squelette de l'animal, qui se traduit par une hypertrophie des articulations, une restriction des mouvements articulaires et une démarche rigide.

2.3.6 *Ataxie enzootique (Swayback)*

L'ataxie enzootique se manifeste chez les petits, de la naissance à l'âge de quatre mois, mais elle résulte d'un régime alimentaire pauvre en cuivre donné à la mère pendant la grossesse. Le risque peut s'étendre au début de la période néonatale selon le régime alimentaire de la mère après l'accouchement (Cottom et Pinsent, 1988). La carence en cuivre peut être primaire (c.-à-d. que le

régime alimentaire est insuffisant) ou secondaire (c.-à-d. que le régime alimentaire contient des niveaux élevés de minéraux concurrents). L'âge d'apparition des signes cliniques chez les petits est lié à la durée et à la gravité de la carence pendant la gestation et le début de la période post-partum. Dans les cas graves, les chevreaux naissent atteints. Ils sont faibles, peuvent être incapables de se lever sans aide et ont des tremblements musculaires avec secousses incontrôlées de la tête (Cottom et Pinsent, 1988; Smith et Sherman, 2009). Dans la forme retardée de l'affection, les chevreaux naissent sans signes cliniques, mais développent une parésie le plus souvent entre 1 semaine et 28 jours; cependant, ils peuvent développer la maladie jusqu'à l'âge de quatre mois. Les signes initiaux comprennent : de la faiblesse, des tremblements, de la difficulté à se lever et de l'incoordination des mouvements. Les os longs peuvent également être déformés. La parésie est toujours symétrique et touche initialement les membres postérieurs. La faiblesse peut s'étendre à tous les membres et les petits seront réticents ou incapables de se tenir debout. Le diagnostic est confirmé à l'autopsie, où des sections de la substance blanche de la moelle épinière et parfois du cervelet sont démyélinisées. Les taux de cuivre sérique des chevreaux en gestation et des petits nouvellement atteints (non supplémenté de manière correcte) peuvent aider à poser le diagnostic. Il n'existe pas de traitement efficace pour les chevreaux atteints. La prévention doit être assurée par une supplémentation minérale appropriée des chèvres pendant la grossesse et l'allaitement précoce.

2.3.7 Toxicité du sélénium

La toxicité du sélénium (Se) est généralement observée chez les chevreaux (jusqu'à l'âge de trois mois) nés de mères ayant reçu une alimentation excessive en Se (>5 mg/kg), ou chez les chevreaux auxquels on a injecté trop de Se (0,40 mg/kg; Cottom et Pinsent, 1988; Smith et Sherman, 2009; Żarczyńska et coll., 2013). Les signes d'une intoxication peuvent être une mort soudaine (qui survient généralement lorsque l'on injecte trop de Se) ou se manifester de façon chronique. Les petits affectés perdent leur coordination, développent une démarche raide, ont un gonflement de la bande coronaire et peuvent creuser leur sabot (Cottom et Pinsent, 1988; Kaneps, 1996). Les chèvres plus âgées exposées à des niveaux toxiques de Se peuvent développer des craquelures et un pelage de la paroi du sabot (Kaneps, 1996). Au Canada, les niveaux de Se dans l'alimentation sont réglementés. Il existe cependant quelques endroits au Canada où les niveaux de Se dans le sol peuvent être élevés (CCME, 2009). Une carence en sélénium peut également avoir un impact sur la santé des chèvres.

2.3.8 Dystrophie musculaire nutritionnelle (maladie du muscle blanc)

La dystrophie musculaire nutritionnelle est généralement observée chez les petits âgés de 3 à 6 semaines en raison d'une carence alimentaire en Se ou en vitamine E (Cottom et Pinsent, 1988; Smith et Sherman, 2009). La carence en sélénium est associée à des sols aux éléments déficients dans la région, ce qui a une incidence sur la teneur en Se des aliments locaux (Smith et Sherman, 2009). Les niveaux de vitamine E (alpha-tocophérol) sont élevés dans les fourrages verts, mais ils diminuent rapidement une fois que ces fourrages sont récoltés et stockés. Les animaux nourris avec des aliments stockés doivent recevoir un complément de vitamine E.

Une carence en Se et en vitamine E réduit la capacité de l'animal à éliminer les effets néfastes des radicaux libres des réactions oxydatives normales dans l'organisme. Ces composés s'accumulent, entraînant une nécrose des muscles les plus actifs (Smith et Sherman, 2009). Les muscles touchés apparaissent généralement blancs ou gris à la mort.

Dans sa forme aiguë, les chevreaux ont une mort subite pendant ou après l'exercice (Cottom et Pinsent, 1988). Dans sa forme subaiguë, les chevreaux présentent une détresse respiratoire, une raideur, des tremblements des membres et une faiblesse, et sont incapables de se tenir debout (Cottom et Pinsent, 1988; Smith et Sherman, 2009; Żarczyńska et coll., 2013). Dans la forme subclinique, les chevreaux ne parviennent pas à s'épanouir ou à grandir normalement (Smith et Sherman, 2009).

Les régions qui présentent des sols pauvres doivent anticiper les carences en Se ou en vitamine E et compléter l'alimentation ou administrer des doses de suppléments à titre prophylactique (Smith et Sherman, 2009). Bien que l'administration parentérale de Se soit fréquente, les taux baissent rapidement et peuvent être sous-thérapeutiques en deux semaines seulement. Les injections de vitamine E ne sont pas considérées comme adéquates après 3 à 5 jours. Il est préférable de compléter la ration avec des niveaux adéquats de Se et de vitamine E chaque jour pour les femelles en gestation et en lactation. Le sélénium traversera le placenta pour atteindre les fœtus en développement. La vitamine E passera dans le colostrum et le lait, complétant ainsi correctement la ration du chevreau qui s'allait. Les rations pour chevreaux peuvent également être formulées de manière à fournir quotidiennement la quantité adéquate de Se et de vitamine E.

2.4 Avenues de recherche

1. L'effet des revêtements de sol et du repos sur la santé des pieds et la fréquence du parage doivent être établis.
2. Il existe peu de recherches sur la relation entre la fréquence de parage et la santé des pieds dans un environnement contrôlé.
3. Il est nécessaire d'établir des critères pour déterminer quand une chèvre boiteuse doit être euthanasiée.
4. Des recherches sur les causes de la boiterie (y compris les causes multifactorielles des lésions des granulomes, de l'ARC et des agents pathogènes spécifiques) sont nécessaires.

2.5 Références

Ajuda I.G., Battini M. et Stilwell G.T. (2019). « The role of claw deformation and claw size on goat lameness », *Veterinary and Animal Science*, vol. 8.

Ajuda I.G., Vieira A. et Stilwell G. (2014). « Are there differences in dairy goats claws' temperature, before and after trimming? », *Actes de la conférence : IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*.

Andrews A.H., Ingram P.L. et Longstaffe J.A. (1983). « Osteodystrophia fibrosa in young goats », *Veterinary Record*, vol. 112, n° 17, p. 404-406.

Anzuino K., Bell N.J., Bazeley K.J. et Nicol C.J. (2010). « Assessment of welfare on 24 commercial UK dairy goat farms based on direct observations », *Veterinary Record*, vol. 13, p. 774-780.

- Aslani M.R., Movassaghi A.R., Mohri M. et Seifi H.A. (2001). « Outbreak of osteodystrophia fibrosa in young goats », *Journal of Veterinary Medicine Series A*, vol. 48, n° 7, p. 385–389.
- Azarpajouh S., Marchewka J., Segura-Correa J.C. et Calderon Diaz J.A. (2018). « Anatomical characterization of hoof growth pattern in six Iranian sheep breeds and its possible implication for trimming recommendations », *Tropical Animal Health and Production*, vol. 50, n° 6, p. 1343–1348.
- Battini M., Mattiello S., Stilwell G. et Vieira A. (2015). « *AWIN Welfare Assessment Protocol for Goats* », http://dx.doi.org/10.13130/AWIN_goats_2015
- Bøe K.E., Andersen I.L., Buisson L., Simensen E. et Jeksrud W.K. (2007). « Flooring preferences in dairy goats at moderate and low ambient temperature », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 108, n° 1–2, p. 45–57.
- Booth C.J., Warnick L.D., Gröhn Y.T., Maizon D.O., Guard C.L. et Janssen D. (2004). « Effect of lameness on culling in dairy cows », *Journal of Dairy Science*, vol. 87, n° 12, p. 4115–4122.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) (2009). « *Canadian Soil Quality Guidelines: Selenium. Environmental and Human Health Effects* », Récupéré de https://www.ccme.ca/files/Resources/supporting_scientific_documents/soqg_se_scd_1438.pdf
- Caroprese M., Casamassima D., Rassu S.P.G., Napolitano F. et Sevi A. (2009). « Monitoring the on-farm welfare of sheep and goats », *Italian Journal of Animal Science*, vol. 8, p. 343–354.
- Christodouloupoulos G. (2009). « Foot lameness in dairy goats », *Research in Veterinary Science*, vol. 86, n° 2, p. 281–284.
- Cottom D.S. et Pinsent P.J.N. (1988). « Lameness in the goat », *Goat Veterinary Society Journal*, vol. 9, n° 1-2.
- Deeming L.E., Beausoleil N.J., Stafford K.J., Webster J.R., Staincliffe M. et Zobel G. (2019a). « The development of a hoof conformation assessment for use in dairy goats », *Animals*, vol. 9, n° 11.
- Deeming L.E. (2019b). « *Development of methods to evaluate hoof conformation and lameness in New Zealand dairy goats and the effects of trimming regimes on goat hoof health* », [dissertation]. Palmerston North, NZ : Université de Massey.
- Deeming L.E., Beausoleil N.J., Stafford K.J., Webster J.R. et Zobel G. (2018). « Technical note: The development of a reliable 5-point gait scoring system for use in dairy goats », *Journal of Dairy Science*, vol. 101, n° 5, p. 4491–4497.
- Groenevelt M. (2017). « Foot lameness in goats: Like sheep, like cattle or completely different? », *Livestock*, vol. 22, n° 2, p. 98–101.
- Groenevelt M., Anzuino K., Cahalan S.D., Hunt N., Lee M.R.F. et Grogono-Thomas R. (2018). « Laminitis in dairy goats (*Capra aegagrus hircus*) on a low-forage diet », *Veterinary Record Case Reports*, vol. 6, n° 4.

- Groenevelt M., Anzuino K., Smith S., Lee M.R.F. et Grogono-Thomas R. (2015). « A case report of lameness in two dairy goat herds; a suspected combination of nutritional factors concurrent with treponeme infection », *BMC Research Notes*, vol. 8, p. 1–9.
- Hill N.P., Murphy P.E., Nelson A.J., Mouttotou L.E., Green L.E. et Morgan K.L. (1997). « Lameness and foot lesions in adult British dairy goats », *Veterinary Record*, vol. 141, n° 6, p. 412–416.
- Hodgkinson O. (2010). The importance of feet examination in sheep health management », *Small Ruminant Research*, vol. 92, n° 1, p. 67–71.
- Ibrahim A., Mahmoud U.T., Abou Khalil N.S., Hussein H.A. et Ali M.M. (2018). « A pilot study on surgical trimming impact on severely overgrown claws in sheep: Behavioral, physiological, and ruminal function aspects », *Journal of Veterinary Behavior*, vol. 23, p. 66–75.
- Kaler J. et Green L.E. (2009). « Farmers' practices and factors associated with the prevalence of all lameness and lameness attributed to interdigital dermatitis and footrot in sheep flocks in England in 2004 », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 92, n° 1, p. 52–59.
- Kaler J., Medley G.F., Grogono-Thomas R., Wellington E.M.H., Calvo-Bado L.A., Wassink G.J., King E.M., Moore L.J., Russell C. et Green L.E. (2010). « Factors associated with changes of state of foot conformation and lameness in a flock of sheep », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 97, n° 3, p. 237–244.
- Kaneps A.J. (1996). « Orthopedic conditions of small ruminants: Llama, sheep, goat, and deer », *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, vol. 12, n° 1, p. 211–232.
- Koluman-Darcan N. (2016). « Measurements of healthy hooves, their interrelation and correlation with body mass in some improved goat breeds », *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, vol. 1, n° 1, p. 108–116.
- Nonga H.E., Makungu, M., Bittegeko S.B. et Mpanduji D.G. (2009). « Occurrences and management of lameness in goats: A case study of Magadu farm, Morogoro, Tanzania », *Small Ruminant Research*, vol. 82, n° 2–3, p. 149–151.
- O'Callaghan K.A., Cripps P.J., Downham D.Y. et Murray R.D. (2003). « Subjective and objective assessment of pain and discomfort due to lameness in dairy cattle », *Animal Welfare*, vol. 12, n° 4, p. 605–610.
- Rifkin R.E., Grzeskowiak R.M., Mulon P-Y., Adair H.S., Biris A.S., Dhar M. et Anderson D.E. (2019). « Use of a pressure-sensing walkway system for biometric assessment of gait characteristics in goats », *PLoS ONE*, vol. 14, n° 10, p. 1–14.
- Sharma A., Kaswan S., Kumar S.S. et Lamba J.S. (2018). « Feeding dynamics and performance of Beetal does in relation to body condition score at the time of mating », *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, vol. 42, p. 649–657.
- Smith M.C. et Sherman D.M. (2009). « *Goat Medicine* (2^e éd.) », Wiley-Blackwell.
- Sutherland M.A., Lowe G.L., Watson T.J., Ross C.M., Rapp D. et Zobel G.A. (2017). « Dairy goats prefer to use different flooring types to perform different behaviours », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 197, p. 24–31.

- Warnick L.D., Janssen D., Guard C.L. et Gröhn Y.T. (2001). « The effect of lameness on milk production in dairy cows », *Journal of Dairy Science*, vol. 84, n° 9, p. 1988–1997.
- Wassink G.J., King E.M., Grogono-Thomas R., Brown J.C., Moore L.J. et Green L.E. (2010). « A within farm clinical trial to compare two treatments (parenteral antibacterials and hoof trimming) for sheep lame with footrot », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 96, n° 1, p. 93–103.
- Whay H.R. et Shearer J.K. (2017). « The impact of lameness on welfare of the dairy cow », *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, vol. 33, n° 2, p. 153–164.
- Williams C.S. (1990). « Routine sheep and goat procedures », *The Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice*, vol. 6, n° 3, p. 737–758.
- Winter A.C. (2008). « Lameness in sheep », *Small Ruminant Research*, vol. 76, n° 1, p.149–153.
- Winter A.C. (2011). « Treatment and control of hoof disorders in sheep and goats », *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, vol. 27, n° 1, p. 187–192.
- Yousif M.A., El-Attar H.M., Mahmoud A.R.M. et El-Magawry S. (1986). « Clinical and subclinical rickets in goats in relation to some blood parameters », *Assiut Veterinary Medical Journal*, vol. 17, n° 33, p. 89–94.
- Żarczyńska K., Sobiech P., Radwińska J. et Rękawek W. (2013). « Effects of selenium on animal health », *Journal of Elementology*, vol. 18, n° 2, p. 329–340.
- Zhang R.Y., Jin W., Feng P.F., Liu J.H. et Mao S.Y. (2018). « High-grain diet feeding altered the composition and functions of the rumen bacterial community and caused the damage to the laminae tissues of goats », *Animal*, vol. 12, n° 12, p. 2511–2520.
- Zobel G., Leslie K. et von Keyserlingk M.A.G. (2016). « Hoof overgrowth affects lying behaviour of dairy goats near parturition », *L'International Goat Association. 12^e Conférence internationale sur les chèvres, 25-30 septembre 2016, Antalya, Turquie.*
- Zobel G., Neave H.W. et Webster J. (2019). « Understanding natural behavior to improve dairy goat (*Capra hircus*) management systems », *Translational Animal Science*, vol. 3, n° 1, p. 212–224.

3 Espace alloué

Conclusions

1. **Les chèvres préfèrent se coucher seules, sans contact direct avec d'autres animaux.**
2. **Les chèvres préfèrent se coucher contre un mur plutôt que dans un espace ouvert.**
3. **Moins il y a d'abreuvoirs par animal, plus le temps passé à boire, la compétition et l'agressivité augmentent.**
4. **Plus il y a d'animaux dans un même espace consacré à l'alimentation, plus le temps passé à s'alimenter diminue, tandis que le temps d'attente pour la nourriture, et les comportements agressifs pourraient augmenter. Ces effets sont plus prononcés avec des systèmes d'alimentation restrictifs, et pourraient être moins prononcés lorsque les chèvres peuvent se nourrir librement.**
5. **Les effets négatifs d'un espace d'alimentation restreint (comme la diminution du temps passé à s'alimenter) sont plus prononcés pour les chèvres de moindre rang social que pour celles au sommet de la hiérarchie.**
6. **Si on leur en fournit l'occasion, les chèvres formeront de petits groupes.**
7. **Les chèvres font un usage varié de leur espace; si on leur en donne l'occasion, elles grimperont, iront à l'extérieur et chercheront un abri, au besoin.**
8. **L'aménagement d'un espace vertical pour l'hébergement des chèvres a un effet bénéfique sur leur comportement.**

3.1 Introduction

La santé et le comportement des chèvres sont affectés par la quantité et le type d'espace qu'on leur alloue. L'espace alloué correspond à la quantité d'espace/animal, tandis que la densité de peuplement correspond au nombre d'animaux/zone unitaire. L'observation du comportement des chèvres en milieu naturel et dans différents espaces qui leur sont alloués a permis d'identifier certaines de leurs préférences. Les densités de peuplement élevées affectent la qualité de l'environnement (p. ex. : niveaux d'ammoniac élevés, une plus grande concentration de pathogène), ce qui a des effets néfastes sur la santé des chèvres (Muri et coll., 2013; Toussaint, 1997).

Un espace suffisant autour de la mangeoire et de l'abreuvoir est essentiel pour répondre aux besoins physiologiques de la chèvre et pour favoriser une performance optimale. Plusieurs facteurs doivent être pris en considération pour décider la quantité d'espace à allouer, comme la taille des animaux, la méthode d'alimentation, les comportements sociaux, l'aménagement de l'étable et sa conception. Cette revue s'attarde aux études consacrées aux chèvres, puisque ces dernières utilisent leur espace différemment des autres animaux d'élevage.

3.2 Allocation d'espace d'hébergement

Nombre d'études et de services de vulgarisation ont proposé des recommandations pour l'allocation d'espace d'hébergement (voir *Tableau 3.1*). Un seul document provenant de services

de vulgarisation mentionne des sources évaluées par les pairs. Les recommandations proposées par les études révisées par les pairs s'appuient sur les allocations d'espace examinées, et les effets sur la santé et le comportement des chèvres entraînés par des allocations d'espace différentes ne sont pas connus.

Une enquête de 2015 auprès de producteurs de chèvres laitières en Ontario rapporte que l'allocation d'espace varie de 1,20 m² pour les chevreaux femelles (<1 an) à 4,21 m² pour les mâles adultes (Oudshoorn et coll., 2016). Cependant, ces valeurs pourraient ne pas représenter les pratiques réelles sur la ferme, puisque les réponses étaient fournies par les producteurs et seuls 37 des 216 producteurs ontariens éligibles ont participé.

L'attention portée à des races, des groupes d'âge et des étapes de production spécifiques, ainsi que l'utilisation de chèvres écornées dans ces études rend les généralisations hasardeuses. Ainsi, lorsque ces données sont connues, la race, l'âge, le poids, l'étape de production et le statut (écornée ou non) des chèvres étudiées seront spécifiés.

3.2.1 Espace alloué pour l'hébergement et comportements sociaux

L'espace alloué et la densité de peuplement influencent les interactions sociales et les comportements de repos. S'ils sont entassés, les animaux présentent plus de comportements agressifs et ont moins d'interactions positives (Toussaint, 1997; Vas et coll., 2013). Plus précisément, la plus haute fréquence de comportements antagonistes a été observée à 1,0 m² par chèvre et la plus basse à 3,0 m² par chèvre. Cependant, des comportements antagonistes ont été observés à 2,0 m² par chèvre (gestantes, chèvres laitières norvégiennes, 2–5 ans; 36,4 à 68,5 kg; Vas et coll., 2013).

En revanche, les comportements agressifs n'ont pas été affectés significativement par l'état des chèvres (écornée ou non) lorsque l'espace alloué a été diminué de 2,0 m² à 1,0 m² par chèvre dans une étude comprenant plusieurs races laitières (2–5 ans, gestation avancée; Loretz et coll., 2004).

Si on fait souvent référence à Toussaint (1997) en ce qui concerne l'espace minimal de 1,5 m² par animal à allouer pour l'hébergement, son étude ne présente aucune preuve scientifique à l'appui.

3.2.2 Espace alloué pour l'hébergement et comportements de repos

Une densité de peuplement plus faible (c.-à-d. un plus grand espace alloué) pourrait encourager les chèvres à utiliser plus d'espace et favoriser le maintien des préférences d'espace entre les animaux. Vas et Andersen (2015) a montré que les chèvres laitières norvégiennes gestantes et écornées (2–5 ans; 36–69 kg) ont gardé une plus grande distance avec leurs congénères lorsqu'on leur allouait 2,0 m² ou 3,0 m² que lorsqu'on leur allouait 1,0 m²/chèvre. Cependant, aucune différence dans la distance n'a été observée entre 2,0 m² et 3,0 m²/chèvre, ce qui suggère un seuil de densité entre ces deux valeurs, possiblement pour des raisons de cohésion sociale ou comme stratégie de protection contre les prédateurs. Par ailleurs, la distance entre les animaux au repos n'a pas été affectée par la taille de l'enclos (de 1,0 m² à 2,0 m²), ou par la présence de cornes chez de nombreuses races laitières (2–4 ans, gestation avancée), mais à 1,0 m², les chèvres de

moindre rang social ont passé un laps de temps significativement inférieur au repos que les chèvres placées plus haut dans la hiérarchie (Loretz et coll., 2004). De la même façon, les chèvres norvégiennes adultes ont passé plus de temps au repos lorsque l'espace alloué était de 0,75 m² ou 1,0 m²/chèvre comparé à 0,5 m²/chèvre (Andersen et Bøe, 2007).

Vas et Andersen (2015) recommandent d'allouer un espace supérieur aux femelles en gestation avancée puisqu'ils ont observé que, au repos, les chèvres norvégiennes écornées gestantes à qui l'on allouait un espace de 3,0 m²/chèvre s'éloignaient significativement les unes des autres plus leur gestation avançait. Aucune différence dans la distance entre les femelles en fonction du stade de gestation n'a été constatée lorsqu'on leur allouait 1,0 m²/chèvre. Cependant, les chèvres en gestation avancée s'éloignaient beaucoup plus loin les unes des autres lorsqu'elles disposaient de 2,0 m²/chèvre que les femelles en début ou au milieu de leur gestation. Ces constatations concordent avec les comportements naturels de distanciation observés chez les chèvres en élevage extensif (Allan et coll., 1991).

Andersen et Bøe (2007) ont observé que les chèvres norvégiennes adultes (1–4 ans), gestantes et écornées préféraient se coucher contre un mur plutôt que dans un espace ouvert, et il était rare que deux animaux se touchent au repos. Cependant, lorsqu'on leur alloue 0,5 m²/chèvre, ces dernières passent moins de temps couchées contre un mur que dans un espace ouvert. (Andersen et Bøe, 2007). Loretz et coll. (2004), par contre, n'ont constaté aucune différence significative dans la fréquence de contact chez les chèvres au repos (écornées ou non, différentes races, 2–5 ans, gestation avancée) à des valeurs d'espace alloué variées (de 1,0 à 2,0 m²/chèvre). Aschwanden et coll. (2008) ont quant à eux déterminé que la fréquence de contact au repos entre les chèvres dépendait de la force des liens sociaux.

3.2.3 L'espace alloué pour l'hébergement sur plusieurs niveaux

Les chèvres hébergées passeront du temps à l'extérieur si elles en ont l'occasion. (Freeman, 2018). Par conséquent, offrir un accès à l'extérieur revient à augmenter l'espace alloué (Bøe et coll., 2012). La densité de peuplement en pâturage était corrélée positivement avec le temps passé à paître et négativement avec le temps passé sans bouger, possiblement parce qu'une densité de peuplement plus élevée limite le pâturage disponible et force les chèvres à se déplacer plus loin pour manger suffisamment de fourrage. (Animut et coll., 2005).

3.2.4 Espace alloué pour l'hébergement et accès à l'extérieur

Les chèvres hébergées passeront du temps à l'extérieur si elles en ont l'occasion. (Freeman, 2018). Par conséquent, offrir un accès à l'extérieur revient à augmenter l'espace alloué (Bøe et coll., 2012). La densité de peuplement en pâturage était corrélée positivement avec le temps passé à paître et négativement avec le temps passé sans bouger, possiblement parce qu'une densité de peuplement plus élevée limite le pâturage disponible et force les chèvres à se déplacer plus loin pour manger suffisamment de fourrage. (Animut et coll., 2005).

3.2.5 Espace alloué pour l'hébergement et taille du groupe

La majorité de la littérature consacrée à la densité s'intéresse aux tailles des troupeaux commerciaux typiques. Si on le leur permet, les chèvres formeront naturellement de petits

groupes (Stanley et Dunbar, 2013). Pour plus d'information sur les préférences des chèvres, quant à la taille des groupes, consultez la *Section 1 : Comportements naturels*.

Tableau 3.1 Sommaire des recommandations quant à l'espace alloué dans les études ou les services de vulgarisation.

Références	Type de document	Âge/Étape de production	Espace alloué recommandé (m ² /animal)
Cull (1988), <i>Goat Veterinary Society Journal</i>	Évalué par les pairs	Chèvres adultes	Enclos individuel = 1,80–3,00 Stabulation libre = 1,60 Stalles entravées = 1,00
		Chevreaux	Enclos individuel = 1,2–2,00 Stabulation libre = 1,00
		Boucs	Enclos individuel = min 4,00
Toussaint (1997), <i>Livestock Production Science</i>	Évalué par les pairs	≤30 j	0,20
		≥7 mois	Hébergement ouvert avec cour = 1,50 Stabulation libre = 0,50
Vas et coll. (2013), <i>Applied Animal Behaviour Science</i>	Évalué par les pairs	Chèvres adultes	>1,50
Vas and Andersen (2015), <i>PLoS ONE</i>	Évalué par les pairs	Chèvres adultes	Au moins 1,00–2,00
CRAC (Conseil de recherches agroalimentaires du Canada) (2003)	Lignes directrices	Chèvres adultes	1.10–1,70
		Boucs adultes	2.80–3,70
		Chevreaux >30 kg	0.70–0,90
		Chevreaux <30 kg	0.30–0,50
Tarr, ShurGain Nutrifax	Vulgarisation	Chevreaux élevés artificiellement et nourris au lait	0.30–0,50
		Chevreau sevré	0.60
		Chèvre qui allaite avec 1–3 chevreau	1.20–2,50
		Chèvre tarie	1,00
		Chèvre gestante	1,50
		Boucs	2.50–4,0

Références	Type de document	Âge/Étape de production	Espace alloué recommandé (m ² /animal)
University of Massachusetts Extension	Vulgarisation	Chèvres	Stabulation libre = 0,90–1,40 Espace additionnel pour l'exercice = 2,30 Hébergement de groupe = 1,40 Enclos individuel = 0,50
		Zone de mise bas	1,20 m x 1,50 m
Schoeninan (1999), University of Maryland Cooperative Extension	Vulgarisation	Zone de mise bas	1,20 m x 1,50 m
		Adulte	Hébergement de groupe = 1,80 Espace additionnel pour l'exercice = 2,80 Hébergement ouvert = 0,90–1,40
University of New Hampshire Extension (2017)	Vulgarisation	Chèvres (laitières)	Hébergement de groupe = 1,80–2,30 Espace additionnel pour l'exercice = 4,60
Irish Dept. of Agriculture, Fisheries and Food (grant application guidelines)	Lignes directrices	Chèvre	1,80
		Enclos de mise bas	2,00
		Enclos d'élevage de chevreaux	2,00 pour 12 chevreaux (<4 semaines) 4,00 pour 12 chevreaux (>4 semaines)
		Bouc	2,50
New Zealand Government (2018)	Lignes directrices	Adulte	Minimum 2,00 3,00 recommandé

3.3 Espace à allouer aux mangeoires et aux abreuvoirs

Plusieurs études ont proposé des recommandations au sujet de l'espace alloué pour les mangeoires (voir *Tableau 3.2*). Cependant, ces recommandations ne sont pas toutes appuyées par des données scientifiques. Il faut donc faire preuve de prudence en comparant ces études, car elles offrent différentes options pour l'accès aux mangeoires et aux abreuvoirs. Tsukahara et coll. (2014) suggèrent que le nombre d'animaux par mangeoire n'a pas d'incidence sur la performance ou le comportement lorsque l'accès à la nourriture est libre, mais concèdent que leur étude comporte des lacunes, en raison de résultats conflictuels avec une étude précédente et d'un échantillonnage restreint. Cull (1988) insiste sur le fait que la taille de l'espace alloué nécessaire dépend du type d'aliment et de la méthode d'alimentation. En effet, la comparaison entre les différentes options pour l'alimentation (p. ex. râtelier, porte-foin, distributeurs) n'a pas fait l'objet d'études solides.

Une enquête de 2015 auprès de producteurs de chèvres laitières en Ontario rapporte que l'allocation d'espace pour les mangeoires varie de $0,30 \pm 0,09$ m pour les chevreaux femelles (<1 an) à $0,93 \pm 0,93$ m pour les mâles adultes. (Oudshoorn et coll., 2016). Cependant, comme cela a déjà été mentionné, les données de l'étude étaient recueillies sur une base volontaire et seuls 17 % des producteurs ont répondu.

La présence d'animaux cornus est une variable importante et doit être prise en compte pour déterminer l'espace alloué à l'alimentation. Loretz et coll. (2004) se sont penchés sur les effets d'une diminution progressive du nombre de places allouées à l'alimentation à des chèvres cornues et écornées hébergées séparément. Tous les animaux ont été soumis à une alimentation contrôlée consistant en des rations de foin deux fois par jour. En même temps que le nombre de places diminuait, l'espace entre les animaux se rétrécissait; les bêtes de moindre rang social se voyaient forcées de partager des espaces d'alimentation tandis que celles plus haut dans la hiérarchie accaparaient plusieurs places. Le groupe de chèvres cornues s'est vu plus affecté par l'espace réduit que le groupe de chèvres écornées. De la même façon, à mesure que l'espace alloué par animal pour l'alimentation diminuait, le temps consacré à l'alimentation diminuait aussi, tout comme la fréquence des sessions d'alimentation. Par ailleurs, les animaux attendaient plus longtemps pour se nourrir et les comportements agressifs augmentaient. (Jørgensen et coll., 2007). Encore une fois, les animaux de rang social moindre étaient plus affectés. Plusieurs études évaluées par les pairs recommandent un espace d'alimentation de ≥ 1 (0,33–0,40 m) par animal (Loretz et coll., 2004; Jørgensen et coll., 2007; Muri et coll., 2013), mais plusieurs mentionnent que l'espace alloué peut être diminué si la nourriture est librement accessible.

La conception des mangeoires a un effet sur les comportements d'alimentation. Aschwanden et coll. (2009) ont rapporté que l'utilisation de séparateurs entre les espaces d'alimentation diminuait les comportements agressifs et que les chèvres passaient plus de temps à s'alimenter. Chez les chèvres écornées, Nordmann et coll. (2011) ont trouvé que l'utilisation de palissades de métal causait moins de stress et de déplacements, tandis que les barres de cou étaient associées à des comportements antagonistes qui se soldaient par des déplacements. Cependant, les barrières n'ont pas eu d'impact significatif. De plus, on a observé que les chèvres préféraient s'alimenter juchées sur des plateformes ou à des mangeoires qui donne accès à la nourriture au niveau de la tête ou plus haut. (Aschwanden et coll., 2009; Keil et coll., 2017; Neave et coll., 2018). Les

comportements des chèvres en lien avec l'alimentation sont détaillés de façon plus approfondie dans la *Section 1 : Comportements naturels*.

L'eau peut être dispensée à l'aide d'un réservoir surélevé avec un réceptacle automatisé qui fournit de l'eau au fil de la consommation ou en poussant un levier, ou encore via une tétine automatique que l'animal pousse pour obtenir un jet d'eau. Pour ces systèmes, 1 animal peut s'abreuver à la fois. Le Conseil de recherches agroalimentaires du Canada (CRAC) recommandait initialement 40 à 50 chèvres, 10 boucs, et 50 à 75 chevreaux (>30 kg) par abreuvoir à tétine (CARC, 2003). Muri et coll. (2013) recommandent approximativement 10 chèvres laitières par abreuvoir. Cependant, une étude qui s'est penchée sur la compétition pour l'eau à des densités variées de chèvres laitières par abreuvoir à tétine a conclu qu'à plus de 7,5 chèvres par tétine, les chèvres s'abreuyaient moins fréquemment et plus rapidement (Ehrlenbruch et coll., 2010). Qui plus est, la compétition pour l'eau augmentait quand il y avait plus de 15 chèvres par tétine. Il a été recommandé que les sources d'eau automatisées soient capables de fournir 9 litres par tête par jour, peu importe la source (New Zealand Government, 2018).

Tableau 3.2 Sommaire des recommandations quant à l'espace d'alimentation

Références	Type de document	Âge/Étape de production	Présence de cornes	Espaces d'alimentation et/ou nombre d'espaces d'alimentation/animal recommandés
Cull (1988), <i>Goat Veterinary Society Journal</i>	Évalué par les pairs	Chèvres	N/A	0,40 m/chèvre
		Chevreaux		0,30 m/chèvre
		Boucs		0,60 m/chèvre
Toussaint (1997), <i>Livestock Production Science</i>	Évalué par les pairs	Adulte	N/A	0,40 m/chèvre
		≥7 mois		0,33 m/chèvre
Loretz et coll. (2004), <i>Applied Animal Behaviour Science</i>	Évalué par les pairs	Chèvres	Cornues	1,5–2 espaces d'alimentation*/chèvre
		Chèvres	Écornées	1,5–2 espaces d'alimentation**/chèvre
Jørgensen et coll. (2007), <i>Applied Animal Behaviour Science</i>	Évalué par les pairs	Chèvres	Écornées	≥ 1 espace d'alimentation/chèvre
Muri et coll. (2013), <i>Animal Welfare</i>	Évalué par les pairs	Adulte	N/A	≥ 1 espace d'alimentation/chèvre
CRAC (Conseil de recherches agroalimentaires du Canada) (2003)	Lignes directrices	Chèvres	N/A	Alimentation limitée = 0,41–0,50 m/chèvre Alimentation libre = 0,10–0,15 m/chèvre
		Boucs		Alimentation limitée = 0,30 m/chèvre Alimentation libre = 0,15 m/chèvre
		Chevreaux >30 kg		Alimentation limitée = 0,23–0,30 m/chèvre Alimentation libre = 0,10 m/chèvre
		Chevreaux <30 kg		Alimentation libre = 0,03–0,05 m/chèvre
Tarr, ShurGain Nutrifax	Vulgarisation	Chèvres	N/A	0,40 m/chèvre

Références	Type de document	Âge/Étape de production	Présence de cornes	Espaces d'alimentation et/ou nombre d'espaces d'alimentation/animal recommandés
		Remplacements/mangeoires		0,30 m/chèvre
		Boucs		0,40 m/chèvre
Schoeninan (1999), University of Maryland Cooperative Extension	Vulgarisation	Tous les animaux	N/A	Suffisamment d'espace pour permettre à tous les animaux de manger simultanément
		Chèvres		0,41 m/chèvre 0,20–0,30 m/chèvre, si foin librement accessible
		Chevreaux		0,30 m/chèvre 0,05–0,10 m/chèvre, si foin librement accessible
Irish Department of Agriculture Fisheries and Food (2010)	Lignes directrices	Chèvres	N/A	0,35–0,45 m/chèvre (selon la taille de l'animal)
		Chevreaux		0,25 m/chèvre
		Boucs		0,50 m/chèvre

* L'espace d'alimentation était de 0,50 m

** L'espace d'alimentation était de >0,50 m

3.4 Avenues de recherche

1. Il est nécessaire d'étudier l'espace alloué en général, pour les mangeoires, et pour les abreuvoirs en fonction de différentes races et de différentes étapes de production, et de comparer les chèvres écornées et cornues en s'attardant aux effets sur leur bien-être.
2. Il est nécessaire de se pencher sur les besoins et préférences en eau pour différents secteurs commerciaux (p. ex. produits laitiers, viande de boucherie, et toison). Le débit d'eau des abreuvoirs devrait être pris en compte lorsqu'on s'emploie à déterminer le nombre d'abreuvoirs optimal par animal.
3. Une grande partie de la recherche se concentre sur l'espace alloué minimum; plus de recherches sont nécessaires pour connaître les effets d'un espace alloué supérieur sur la production et sur le bien-être.
4. La recherche sur l'espace alloué concerne principalement les étables à un niveau. Les chèvres font naturellement usage d'espaces surélevés lorsqu'on leur en donne l'occasion; plus de recherches sont nécessaires pour déterminer l'espace à allouer dans des systèmes à plusieurs paliers.
5. L'espace alloué doit être évalué en fonction de la taille du groupe.

3.5 Références

Allan C.J., Holst P.J., et Hinch G.N. (1991). « Behaviour of parturient Australian bush goats. I. Doe behaviour and kid vigour [Article] », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 32, n° 1, p. 55–64.

Andersen I.L. et Bøe K.E. (2007). « Resting pattern and social interactions in goats—The impact of size and organisation of lying space », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 108, n° 1–2, p. 89–103.

Animut G., Goetsch A.L., Aiken G.E., Puchala R., Detweiler G., Krehbiel C.R., Merkel R.C., Sahlu T., Dawson L.J. et Johnson Z.B. (2005). « Grazing behavior and energy expenditure by sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates », *Small Ruminant Research*, vol. 59, n° 2–3, p. 191–201.

Aschwanden J., Gygax L., Wechsler, B. et Keil N.M. (2008). « Social distances of goats at the feeding rack: Influence of the quality of social bonds, rank differences, grouping age and presence of horns », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 114, n° 1-2, p. 116-131.

Aschwanden J., Gygax L., Wechsler B. et Keil N.M. (2009). « Structural modifications at the feeding place: Effects of partitions and platforms on feeding and social behaviour of goats », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 119, n° 3–4, p. 180–192.

Bøe K.E., Ehrlenbruch R., et Andersen I.L. (2012). « Outside enclosure and additional enrichment for dairy goats-a preliminary study », *Acta veterinaria Scandinavica*, vol. 54, p. 68.

- Canadian Agri-Food Research Council (CARC) (2003). « *Recommended Code of Practice for the Care and Handling of Farm Animals: Goats* », Récupéré le 15 octobre 2019 de https://www.nfacc.ca/pdfs/codes/goat_code_of_practice.pdf
- Cull P. (1988). « Goat housing », *Goat Veterinary Society Journal*, vol.9, n° 1-2, p. 40–44.
- Ehrlenbruch R., Pollen T., Andersen I.L. et Bøe K.E. (2010). « Competition for water at feeding time—The effect of increasing number of individuals per water dispenser », *Applied Animal Behaviour Science*, vol.126, n° 3, p.105–108.
- Freeman H.B.R. (2018). « *Providing outdoor space for indoor-housed dairy goats: An investigation into the preference of milking goats for outdoor space, and factors affecting this choice* [thèse] », Auckland, NZ: University of Auckland.
- Irish Department of Agriculture Fisheries and Food (2010). « *Minimum Specification for Goat Housing* », Récupéré le 25 juin 2019 de <https://www.agriculture.gov.ie/media/migration/farmingschemesandpayments/farmbuildings/farmbuildingspecifications/pdfversions/S1592010MiniSpecGoatHousing130214.pdf>
- Jørgensen G.H.M., Andersen I.L. et Bøe K.E. (2007). « Feed intake and social interactions in dairy goats—The effects of feeding space and type of roughage », *Applied Animal Behaviour Science*, vol.10, n° 3, p. 239–251.
- Keil N.M., Pommereau M., Patt A., Wechsler B. et Gyax L. (2017). « Determining suitable dimensions for dairy goat feeding places by evaluating body posture and feeding reach », *Journal of Dairy Science*, vol. 100, n° 2, p. 353–1362.
- Loretz C., Wechsler B., Hauser R. et Rusch P. (2004). « A comparison of space requirements of horned and hornless goats at the feed barrier and in the lying area », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 87, n° 3, p. 275–283.
- Muri K., Stubbsjoen S.M. et Valle P.S. (2013). « Development and testing of an on-farm welfare assessment protocol for dairy goats », *Animal Welfare*, vol. 22, n° 3, p. 385–400.
- Neave H.W., von Keyserlingk M.A.G., Weary D.M. et Zobel G. (2018). « Feed intake and behavior of dairy goats when offered an elevated feed bunk », *Journal of Dairy Science*, vol. 101, n° 4, p. 3303–3310.
- New Zealand Government (2018). « *Code of Welfare: Goats* », Récupéré de <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/1429/direct>
- Nordmann E., Keil N.M., Schmied-Wagner C., Graml C., Langbein J., Aschwanden J., von Hof J., Maschat K., Palme R. et Waiblinger S. (2011). « Feed barrier design affects behaviour and physiology in goats », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 133, n° 1–2, p. 40–53.
- Oudshoorn H.M., Paibomesai M.A., Cant J.P. et Osborne V.R. (2016). « Nutritional strategies used on dairy goat farms in Ontario », *The Professional Animal Scientist*, vol. 32, n° 4, p. 484–494.
- Schoeninan S. (1999). « *Facilities and Equipment for Commercial Meat Goat Production* », Récupéré le 19 octobre 2019 de [47](https://cpb-us-</p></div><div data-bbox=)

e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/c/3808/files/2015/02/MeatGoatFacilitiesAndCare-2emabmw.pdf

Stanley C.R. et Dunbar R.I.M. (2013). « Consistent social structure and optimal clique size revealed by social network analysis of feral goats, *Capra hircus* », *Animal Behaviour*, vol. 85, n° 4, p. 771–779.

Tarr B. « *Guidelines to Feeding and Management of Dairy Goats*. ShurGain Nutrifax: Nutrition News and Information », Récupéré de https://epa-prgs.ornl.gov/radionuclides/Goat_Guidelines.pdf

Toussaint G. (1997). « The housing of milk goats », *Livestock Production Science*, vol. 49, n° 2, p. 151–164.

Tsukahara Y., Gipson T.A., Puchala R., Sahlu T. et Goetsch A.L. (2014). « Effects of the number of animals per automated feeder and length and time of access on feed intake, growth performance, and behavior of yearling Boer goat wethers », *Small Ruminant Research*, vol. 121, n° 2–3, p. 289–299.

University of New Hampshire Extension. (2017). « *Housing and Space Guidelines for Livestock* », Récupéré le 21 octobre 2019 de https://extension.unh.edu/resources/files/Resource000471_Rep493.pdf

University of Massachusetts Extension. « *Housing and Working Facilities for Goats* », Récupéré de <https://ag.umass.edu/crops-dairy-livestock-equine/fact-sheets/housing-working-facilities-for-goats>

Vas J. et Andersen I.L. (2015). « Density-dependent spacing behaviour and activity budget in pregnant, domestic goats (*Capra hircus*) », *PLoS ONE*, vol. 10, n° 12, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144583>

Vas J., Chojnacki R., Kjøren M.F., Lyngwa C. et Andersen I.L. (2013). « Social interactions, cortisol and reproductive success of domestic goats (*Capra hircus*) subjected to different animal densities during pregnancy », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 147, n° 1–2, p. 117–126.

4 Gestion de la fin de vie

Conclusions

1. **Les méthodes d'euthanasie à la ferme devraient causer le moins de douleur et de détresse possible.**
2. **Les barbituriques doivent être prescrits par un vétérinaire, donnés sous une contention appropriée, et administrés par injection intraveineuse par un vétérinaire. Les animaux euthanasiés par barbituriques pourraient ne pas convenir pour certaines méthodes d'élimination des carcasses.**
3. **L'insensibilité peut être confirmée par la présence des signes suivants : effondrement immédiatement après l'application de la méthode, rigidité musculaire suivie par des mouvements musculaires involontaires, absence de respiration rythmée, et absence de réflexe cornéen.**
4. **Une fois l'insensibilité confirmée, une méthode complémentaire pourrait être nécessaire pour assurer la mort de l'animal, en fonction de la première méthode utilisée.**
5. **La mort doit être confirmée par la constatation d'au moins 3 des signes suivants : absence de pouls, absence de respiration, absence du réflexe cornéen, absence de réponse à un vigoureux pincement d'orteil, grisonnement de la muqueuse, et dilatation maximale de la(les) pupille(s).**
6. **Tout l'appareillage utilisé par les producteurs et les vétérinaires doit être fréquemment et régulièrement entretenu pour pouvoir être efficace.**

4.1 Introduction

Il est inévitable, dans le cadre des opérations d'élevage, que l'on doive euthanasier un animal. L'euthanasie à la ferme peut aussi être nécessaire chez certains producteurs. Sans égard à la raison qui motive l'euthanasie, elle devrait être menée à bien avec une méthode qui minimise la douleur et la détresse. (Shearer et Ramirez, 2013; AVMA, 2016, 2020; Humane Slaughter Association, 2018).

Les méthodes d'euthanasie devraient mettre en œuvre des techniques qui causent une insensibilité immédiate (c.-à-d. la perte de conscience), suivie de la mort, laquelle peut être causée par la méthode primaire ou par l'application d'une méthode supplémentaire (Blackmore, 1979; Daly et Whittington, 1989; Shearer et Ramirez, 2013; OIE, 2019a; AVMA, 2020).

Les indices qui indiquent une perte de conscience incluent l'effondrement immédiat de l'animal suivant l'application de la méthode, l'impossibilité pour l'animal de se relever après l'application de la méthode, la rigidité musculaire suivant l'application de la méthode et des mouvements musculaires involontaires par la suite, l'absence de respiration rythmée, et l'absence de réflexe cornéen. (Shearer et Ramirez, 2013; AVMA, 2016, 2020). Une fois la perte de conscience confirmée, mais pas la mort, une méthode supplémentaire doit être utilisée pour assurer la mort (Shearer et Ramirez, 2013; AVMA, 2016, 2020). La mort doit être confirmée.

4.2 Méthodes

Les méthodes énumérées ci-après incluent celles qui sont approuvées pour l'euthanasie à la ferme ou à l'abattoir. Elles ne peuvent pas toutes être utilisées par les producteurs. L'euthanasie par barbituriques doit être accomplie par un vétérinaire diplômé, tandis que les autres méthodes peuvent être pratiquées par les producteurs quand, et si, ils possèdent la formation et/ou l'équipement nécessaire, et s'ils se sentent en mesure d'accomplir la procédure.

4.2.1 Barbituriques

Une surdose de barbituriques (p. ex. le pentobarbital) déprime le système nerveux central, rend l'animal inconscient, et ultimement, mène à la mort (AVMA, 2020). Cependant, l'utilisation des barbituriques exige une prescription du vétérinaire, et les barbituriques doivent être administrés par un vétérinaire diplômé pour assurer qu'ils sont utilisés pour la visée prévue et que les mesures de contention appropriées sont utilisées lors de l'injection intraveineuse (Humane Slaughter Association, 2018; AVMA, 2020). Il n'est pas nécessaire d'utiliser de méthode supplémentaire dans ce cas (AVMA, 2020).

Les animaux euthanasiés par surdose de barbituriques ne peuvent être consommés ou transformés en raison des résidus dans les tissus; les carcasses ne peuvent intégrer la chaîne alimentaire humaine ou animale, ce qui inclut les charognards. Ainsi, il faut immédiatement et adéquatement disposer des carcasses sur la ferme, en utilisant une méthode qui empêche l'accès aux charognards (AVMA, 2020).

4.2.2 Électrocution

L'étourdissement par charge électrique s'exécute avec un appareil spécialisé qui fait passer un courant électrique à travers le cerveau, ce qui cause une stimulation importante qui épuise le système nerveux central, causant l'insensibilité, et doit être suivi d'une méthode additionnelle (Blackmore, 1979). Deux méthodes différentes d'électrocution ont été étudiées chez le mouton : tête seulement et tête et corps (Blackmore et Newhook, 1982). L'électrocution appliquée à la tête seulement est réversible chez le mouton (c.-à-d. que l'animal reprend connaissance) en 30 à 58 secondes (Blackmore et Newhook, 1982), tandis que l'électrocution appliquée à la tête et au corps entraîne l'inconscience immédiate et irréversible (Blackmore et Newhook, 1982; Anil et McKinstry, 1991). La European Food Safety Authority a récemment indiqué qu'elle diffère sa décision quant à l'acceptabilité de cette méthode pour les moutons et les chevreaux (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2015). En raison de l'appareillage nécessaire à l'exécution de cette méthode, elle n'est pas très courante à la ferme et ne sera pas décrite en détail ici.

4.2.3 Dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone (CO₂) est utilisé pour causer une perte de conscience irréversible par une acidose respiratoire (AVMA, 2020). Le dioxyde de carbone peut potentiellement causer de la douleur et du stress, quoique dans une moindre mesure lorsqu'il est administré graduellement. Dans une étude qui s'est penchée sur l'utilisation du CO₂ pour l'euthanasie des jeunes animaux, on n'a observé aucun comportement d'évitement chez ceux qui ont été exposés à des concentrations de 10 à 30 % de CO₂, et les auteurs se sont prononcés en faveur de cette méthode pour euthanasier les jeunes animaux (Withrock, 2015). En raison de l'appareillage spécialisé nécessaire à l'exécution de cette méthode, elle ne sera pas décrite en détail ici.

4.2.4 Coup de fusil

Pour euthanasier un animal par balle, on doit utiliser une arme à feu appropriée pour assurer la mort ou une perte de conscience rapide. Pour les petits ruminants, on recommande les armes à feu suivantes : carabine de calibre 0,22; 0,38 spécial, 0,357 Magnum, 9 mm ou autres pistolets équivalents et fusil de chasse (AHA, 2016; Humane Slaughter Association, 2018; AVMA, 2020). Les balles à pointe creuse ne sont pas recommandées parce qu'elles risquent de se fragmenter et ainsi ne pas causer la pénétration et les dommages au cerveau que les balles pleines infligent (AVMA, 2020). Toutes les lois et réglementations liées à l'utilisation des armes à feu doivent être respectées.

L'arme à feu ne devrait pas être appuyée directement sur le crâne, mais plutôt être tenue à une distance de 10 à 30,5 cm (4 à 12 pouces) (Humane Slaughter Association, 2018; AVMA, 2020). L'arme à feu doit être dirigée un peu derrière la tête là où se trouve la protubérance occipitale et pointée vers le bas du menton (see *Figure 4.1*; Shearer et Ramirez, 2013; AHA, 2016; Humane Slaughter Association, 2018; AVMA, 2020). Pour les grosses chèvres à cornes, l'arme à feu doit viser le haut du front (à l'intersection de deux lignes que l'on trace à partir de l'extrémité externe de l'œil jusqu'au milieu de la base de l'oreille opposée, en l'alignant vers la vertèbre cervicale au sommet de la colonne vertébrale (Humane Slaughter Association, 2018; AVMA, 2016, 2020).

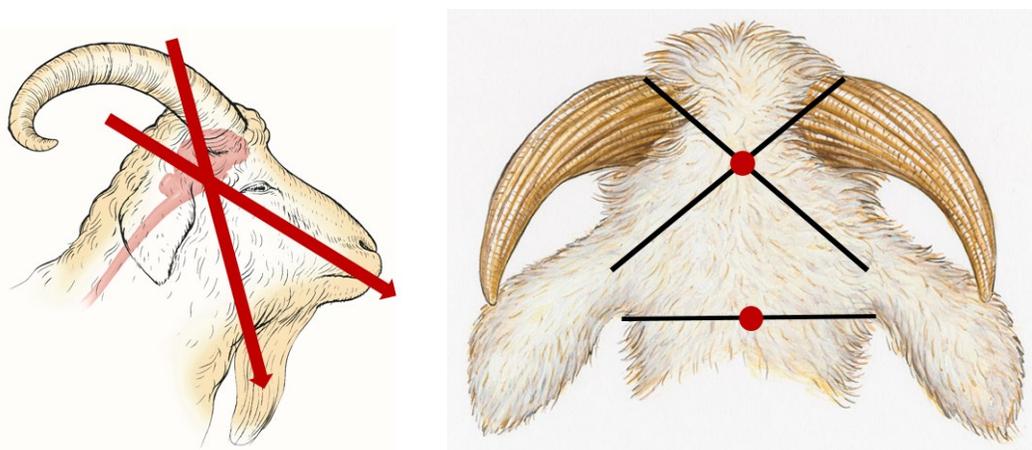


Figure 4.1 Vue latérale et dorsale du repère anatomique à viser pour l'euthanasie des chèvres adultes

JK Shearer, Iowa State University; adapté de *AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition*.

Une fois l'animal inconscient, mais pas mort, une méthode supplémentaire doit être utilisée pour assurer la mort. Si le premier coup ne remplit pas sa fonction, le tireur doit être préparé à tirer à nouveau immédiatement, et si nécessaire, à tirer une troisième fois (AVMA, 2020). Les armes à feu doivent être entretenues correctement pour assurer l'euthanasie sans cruauté des animaux (AHA, 2016; AVMA, 2016, 2020, 2019; OIE, 2 019 b).

4.2.5 Pistolet à tige pénétrante

Les pistolets à tige pénétrante (PTP), lorsqu'utilisés adéquatement, causent une perte de conscience immédiate (Blackmore et Newhook, 1982; AHA, 2016; AVMA, 2020). Le PTP cause la perte de conscience en raison de la force de l'impact au crâne, ce qui cause des

dommages au cerveau (Daly et Whittington, 1989). Immédiatement après la perte de conscience, une méthode supplémentaire doit être utilisée pour assurer la mort le plus rapidement possible (Shearer et Ramirez, 2013; Humane Slaughter Association, 2018; AVMA, 2020). Daly et Whittington (1986) ont rapporté que tous les moutons assommés à l'aide d'un PTP dirigé vers le crâne ont perdu tout réflexe visuel, mais que 5 sur 8 ont repris connaissance dans les 50 secondes, ce qui indique que des méthodes supplémentaires doivent être utilisées immédiatement après.

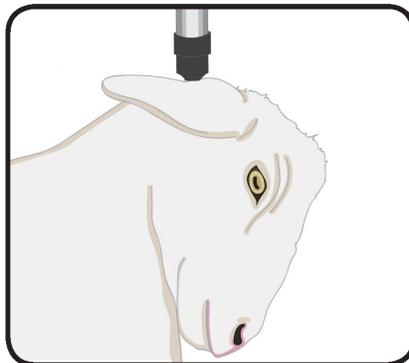
Les repères utilisés pour l'euthanasie d'un animal à l'aide d'un PTP sont habituellement les mêmes que celles utilisées pour un coup de fusil, mais le PTP devrait être appuyé fermement contre le crâne (Shearer et Ramirez, 2013; Humane Slaughter Association, 2018; AVMA, 2020). Une étude récente suggère de viser l'intersection de deux lignes que l'on trace à partir de l'extrémité externe de l'œil jusqu'au milieu de la base de l'oreille opposée (Plummer et coll., 2018).

4.2.6 Pistolet à cheville non pénétrante

Le pistolet à cheville non pénétrante (PCNP), lorsqu'utilisé adéquatement, cause une perte de conscience immédiate par l'application d'une force mécanique causant un traumatisme et doit être suivi par l'application d'une méthode supplémentaire (Blackmore et Newhook, 1982). Un PCNP cause un très fort impact à la tête et au cerveau. La perte de conscience est causée par des vagues à haute vitesse qui altèrent les tissus cérébraux, qui elles, sont causées par un changement rapide de pression intracrânienne et par l'impact du cerveau sur les parois de la boîte crânienne (Blackmore, 1979). Conjuguées, ces forces perturbent l'activité du cortex cérébral et causent la perte de conscience.

Dans certains cas, le pistolet à cheville non pénétrante n'est pas recommandé pour l'euthanasie des chèvres adultes en raison de l'épaisseur de leur boîte crânienne (AHA, 2016). Cependant, Collins et coll. (2017) ont comparé les dommages aux tissus de femelles adultes ayant été euthanasiées soit avec un PTP ou un PCNP appuyé sur la tête et visant la mâchoire inférieure et ont constaté que les deux méthodes provoquaient une perte de conscience immédiate et des dommages au cerveau suffisants. Dans une étude évaluant l'efficacité des PCNP pour l'euthanasie des chevreaux nouveau-nés (c.-à-d. 8 jours), Grist et coll. (2018) proposent d'ajuster les repères en positionnant le PCNP entre les oreilles au milieu du crâne tout en poussant le menton du chevreau vers sa gorge pour un impact efficace. De la même façon, Sutherland et coll. (2016) ont comparé différents points d'impact pour l'utilisation d'un PCNP pour euthanasier des chevreaux de moins de 48 heures. Tous les chevreaux ayant reçu un impact causé par un PCNP appuyé derrière la tête tout en ayant le menton abaissé ont immédiatement perdu conscience (voir *Figure 4.2*). Cependant, lorsque l'étude a été reproduite avec des chevreaux jusqu'à 30 jours, deux coups au même endroit étaient nécessaires pour causer immédiatement la perte de conscience (Sutherland et coll., 2017).

Comme c'est le cas pour les armes à feu, les PTP et les PCNP doivent être entretenus adéquatement pour assurer une euthanasie sans cruauté (AHA, 2016; AVMA, 2016, 2019, 2020; OIE, 2019 b).



BACK-MOD

Figure 4.2 Évaluation de l'efficacité d'un PCNP pour l'euthanasie de chevreaux nouveau-nés jusqu'à 48 heures.

Adapté de Sutherland et coll. (2016).

4.2.7 Traumatisme contondant manuel

L'utilisation routinière du traumatisme contondant manuel est déconseillée en raison de l'impossibilité pour la personne l'exécutant de restreindre adéquatement l'animal tout en appliquant une force suffisante pour causer une perte de conscience immédiate de façon consistante (Shearer et Ramirez, 2013; AVMA, 2020). Si aucune autre méthode d'euthanasie n'est disponible, la *Humane Slaughter Association* (2018) autorise le traumatisme contondant manuel suivi d'une saignée pour euthanasier les chevreaux. Il est attesté que le traumatisme contondant manuel est difficile à exécuter de façon consistante et standardisée. Qui plus est, les effets sur la santé mentale humaine et l'acceptabilité sociale de cette méthode doivent être pris en considération.

Animal Health Australia (AHA, 2016) affirme qu'un traumatisme contondant administré manuellement au centre du front est une méthode acceptable pour l'euthanasie de chevreaux de moins d'un jour. Au contraire, la *Humane Society Association* (2018) affirme qu'un instrument contondant dur devrait être utilisé pour infliger un impact ferme à l'arrière de la tête alors que le chevreau est immobilisé. Puisque l'avant du crâne est considéré comme trop épais pour l'usage d'un PCNP (AHA, 2016), un impact à l'arrière de la tête pourrait être la méthode privilégiée.

La *Humane Slaughter Association* (2018) recommande que la personne qui assène le coup utilise une force plus grande que nécessaire plutôt qu'une force plus faible. Si le premier coup ne cause pas la perte de conscience, un deuxième coup plus puissant doit être administré.

4.2.8 Exsanguination avec et sans étourdissement

Le plus souvent pour des raisons religieuses, il est possible d'abattre un animal conscient à l'aide d'une coupure effectuée avec un couteau très aiguisé, de façon à trancher la peau, les muscles, la trachée, l'œsophage, les carotides, les jugulaires, les nerfs et le tissu conjonctif (Mellor et Littin, 2004). Ces tissus sont innervés et les trancher envoie un stimulus négatif au cerveau, ce qui a été démontré par des réponses encéphalographiques (Mellor et Littin, 2004; Gibson et coll., 2009; Sabow et coll., 2016, 2017). Cependant, l'animal peut subir un choc psychologique causé par la

blesseure et l'ampleur de la perception du stimulus négatif n'est pas connue (Mellor et Littin, 2004). Il est souvent recommandé de procéder à un étourdissement avant la saignée, et des méthodes d'étourdissement préabattage, comme l'étourdissement par décharge électrique, ont été adoptées par plusieurs communautés pour améliorer le bien-être animal et pour assurer le respect des exigences religieuses (Mellor et Littin, 2004; Farouk et coll., 2016).

La *American Veterinary Medical Association* (2016) indique que l'animal doit être immobilisé sans cruauté avant la saignée, que la coupure doit être effectuée dans les 10 secondes suivant l'immobilisation de la tête, et qu'une pression légère devrait être appliquée pour assurer une exsanguination rapide.

Mellor and Littin (2004) ont rapporté que les chèvres restaient conscientes après une coupure à la gorge pour une période de 2 à 7 secondes, période au cours de laquelle l'animal pourrait ressentir de la douleur. Cependant, une autre étude menée par Blackmore (1984) a constaté que les agneaux mâles et femelles abattus par exsanguination ont montré des réflexes cornéens et palpébraux jusqu'à 200 secondes après la coupure. Cette étude a été effectuée sur un échantillon limité (2 agneaux mâles et 3 agneaux femelles) et la méthode choisie négligeait les nerfs et les autres tissus, ne tranchant que les artères et les veines, ce qui pourrait expliquer la différence dans le temps nécessaire à la perte de conscience. Le niveau d'expérience de la personne qui effectue la saignée est un facteur important, car l'omission de trancher les carotides, ou encore l'occlusion accidentelle des vaisseaux sanguins après avoir tranché les tissus pourrait retarder l'exsanguination et causer de la douleur supplémentaire (OIE, 2019a).

4.2.9 Méthodes inacceptables

Parmi les méthodes qui sont jugées inappropriées pour euthanasier ou abattre des animaux, on trouve l'injection de toute substance non homologuée pour l'euthanasie, l'injection de chlorure de potassium et/ou de sulfate de magnésium chez un animal conscient, la noyade, l'injection intraveineuse d'air, le traumatisme contondant (l'acceptabilité de cette technique varie pour les chevreux) et l'électrocution à l'aide d'un cordon électrique de 120 ou 220 volts (Shearer et Ramirez, 2013; AVMA, 2020).

4.3 Méthodes supplémentaires

L'administration de lidocaïne intrathécale par un vétérinaire a été utilisée chez des chevaux sous sédatif comme méthode supplémentaire. Une étude s'est penchée sur l'utilisation de cette technique chez 4 chèvres et a constaté qu'elle fonctionnait (Zolhavarieh et coll., 2011). Cependant, une étude à si petite échelle n'est pas suffisamment fiable pour assurer qu'il s'agit d'une méthode appropriée pour les chèvres.

4.3.1 Chlorure de potassium ou sulfate de magnésium

L'injection rapide par intraveineuse d'un bolus saturé d'une solution de chlorure de potassium (KCl) peut être utilisée pour causer une mort rapide après qu'un animal ait été rendu inconscient à l'aide d'un coup de fusil, de PTP ou de PCNP (AVMA, 2020). L'injection de chlorure de potassium sans étourdissement au préalable est inacceptable, en raison de la grande douleur que cause la procédure (AVMA, 2019, 2020). Le chlorure de potassium agit en causant un arrêt cardiaque. Le sulfate de magnésium peut aussi être utilisé, mais la mort n'est pas aussi rapide qu'avec le chlorure de potassium (AVMA, 2020).

4.3.2 *Exsanguination*

Tout de suite après la perte de conscience il est possible d'utiliser un couteau très tranchant pour procéder à l'exsanguination d'un animal rendu inconscient à l'aide d'un coup de fusil, de PTP ou de PCNP. Le couteau devrait mesurer au moins 15 centimètres pour assurer que tous les tissus soient tranchés d'un même geste. Il devrait être inséré à la mâchoire et tiré vers l'avant pour trancher les veines, les carotides, la trachée et l'œsophage (Shearer et Ramirez, 2013). Par ailleurs, le réseau vasculaire brachial peut être tranché à partir de l'aisselle.

4.3.3 *Second coup*

Dans le cas où l'animal perd conscience suite à un coup de feu, un second coup de feu est considéré comme une méthode supplémentaire et peut servir à causer une blessure fatale au cerveau (AVMA, 2020). Les mêmes repères que pour le premier coup, tel que décrit plus haut, devraient être utilisés pour le deuxième, lequel devrait ultimement causer suffisamment de dommages au tronc cérébral.

4.3.4 *Jonchage*

Le jonchage est une méthode supplémentaire qui peut être utilisée après un PTP ou un coup de fusil pour causer la mort en raison de la destruction du cerveau et de la colonne vertébrale (AVMA, 2020). Une tige de jonchage suffisamment longue pour atteindre le cerveau et la colonne vertébrale est insérée dans le point d'entrée de la balle ou de la tige percutante puis agitée pour détruire le tissu cérébral.

4.4 **Confirmation de la mort**

La mort est confirmée par la constatation d'au moins 3 des signes suivants : absence prolongée de pouls, absence prolongée de respiration, absence du réflexe cornéen, absence de réponse à un vigoureux pincement d'orteil, grisonnement de la muqueuse, dilatation maximale de la pupille, et présence de rigidité cadavérique. (Shearer et Ramirez, 2013; AHA, 2016; AVMA, 2020). Une combinaison d'au moins 3 de ces critères doit être constatée, puisqu'aucun de ces derniers ne confirme la mort à lui seul, à l'exception de la rigidité cadavérique (AVMA, 2016, 2020).

4.5 **Avenues de recherche**

1. Il est nécessaire d'étudier l'utilisation de l'exsanguination sans étourdissement chez les chèvres.
2. Il est nécessaire de trouver de nouvelles façons de rendre les PCNP plus accessibles pour les producteurs.

4.6 **Références**

American Veterinary Medical Association (AVMA) (2016). « *AVMA Guidelines for the Humane Slaughter of Animals: 2016 Edition* », Récupéré de <https://www.avma.org/KB/Resources/Reference/AnimalWelfare/Documents/Humane-Slaughter-Guidelines.pdf>

- American Veterinary Medical Association (AVMA) (2019) « *AVMA Guidelines for the Depopulation of Animals: 2019 Edition* », Récupéré de <https://www.avma.org/kb/policies/documents/AVMA-Guidelines-for-the-Depopulation-of-Animals.pdf>
- American Veterinary Medical Association (AVMA) (2020). « *AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition* », Récupéré le 2 mars 2020 de <https://www.avma.org/sites/default/files/2020-02/Guidelines-on-Euthanasia-2020.pdf>
- Anil M.H. et McKinstry J.L. (1991). « Reflexes and loss of sensibility following head-to-back electrical stunning in sheep », *Veterinary Record*, vol. 128, p. 106–107.
- Animal Health Australia (AHA) (2016). « *Australian Industry Welfare Standards and Guidelines: Goats* », Animal Health Australia.
- Blackmore D.K. (1979). « Non-penetrative percussion stunning of sheep and calves », *The Veterinary Record*, vol. 105, n° 16, p. 372–375.
- Blackmore D.K. (1984). « Differences in behaviour between sheep and cattle during slaughter », *Research in Veterinary Science*, vol. 37, n° 2, p. 223–226.
- Blackmore D.K. et Newhook J.C. (1982). « Electroencephalographic studies of stunning and slaughter of sheep and calves- Part 3: The duration of insensibility induced by electrical stunning in sheep and calves », *Meat Science*, vol. 7, n° 1, p. 19–28.
- Collins S.L., Caldwell M., Hecht S. et Whitlock B.K. (2017). « Comparison of penetrating and nonpenetrating captive bolt methods in horned goats », *American Journal of Veterinary Research*, vol. 78, n° 2, p. 151–157.
- Daly C.C. et Whittington P.E. (1989). « Investigation into the principal determinants of effective captive bolt stunning of sheep », *Research in Veterinary Science*, vol. 46, n° 3, p. 406–408.
- Daly C.C. et Whittington P.E. (1986). « Concussive methods of pre-slaughter stunning in sheep: effects of captive bolt stunning in the poll position on brain function », *Research in Veterinary Science*, vol. 41, n° 3, p. 353–355.
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (2015). « Scientific opinion on the scientific assessment of studies on electrical parameters for stunning of small ruminants (ovine and caprine species) », *EFSA Journal*, vol. 13, n° 2, p. 4023.
- Farouk M.M., Pufpaff K.M. et Amir M. (2016). « Industrial halal meat production and animal welfare: A review », *Meat Science*, vol. 120, p. 60–70).
- Gibson T.J., Johnson C.B., Murrell J.C., Hulls C.M., Mitchinson S.L., Stafford K.J., Johnstone A.C. et Mellor D.J. (2009). « Electroencephalographic responses of halothane-anaesthetised calves to slaughter by ventral-neck incision without prior stunning », *New Zealand Veterinary Journal*, vol. 57, n° 2, p. 77–83.

- Grist A., Lines J.A., Knowles T., Mason C. et Wotton S. (2018). « Use of a non-penetrating captive bolt for euthanasia of neonate goats », *Animals*, vol. 8, n° 4, p. 58.
- Humane Slaughter Association (2018). « *Humane Dispatch and Disposal of Kids and Lambs* », Récupéré le 17 octobre 2019 de <https://www.hsa.org.uk/downloads/technical-notes/tn7-despatch-and-disposal-of-kids-and-lambs.pdf>
- Mellor D.J. et Littin K.E. (2004). « Using science to support ethical decisions promoting humane livestock slaughter and vertebrate pest control », *Animal Welfare*, vol. 13, (SUPP), p. S127–S132.
- Plummer P.J., Shearer J.K., Kleinhenz K.E. et Shearer L.C. (2018). « Determination of anatomic landmarks for optimal placement in captive-bolt euthanasia of goats », *American Journal of Veterinary Research*, vol. 79, n° 3, p. 276–281.
- Sabow A.B., Goh Y.M., Zulkifli I., Sazili A.Q., Kadir M.Z.A.A., Kaka U., Khadijah K.D. et Ebrahimi M. (2017). « Electroencephalographic responses to neck cut and exsanguination in minimally anaesthetized goats », *South African Journal of Animal Science*, vol. 47, p.1.
- Sabow A.B., Goh Y.M., Zulkifli I., Sazili A.Q., Kaka U., Kadi M.Z.A.A., Ebrahimi M., Nakyinsige K. et Adeyemi K.D. (2016). « Blood parameters and electroencephalographic responses of goats to slaughter without stunning », *Meat Science*, vol. 121, p. 148–155.
- Shearer J.K. et Ramirez A. (2013). « *Procedures for the Humane Euthanasia of Sick, Injured and/or Debilitated Livestock* », Université de l'Iowa. Récupéré de <https://vetmed.iastate.edu/sites/default/files/vdpam/Extension/Dairy/Programs/Humane%20Euthanasia/Download%20Files/EuthanasiaBrochure20130128.pdf>
- Sutherland M.A., Watson T.J., Johnson C.B. et Millman S.T. (2016). « Evaluation of the efficacy of a non-penetrating captive bolt to euthanase neonatal goats up to 48 hours of age », *Animal Welfare*, vol. 25, n° 4, p. 471–479.
- Sutherland M.A., Watson T.J. et Millman S.T. (2017). « Technical contribution: Evaluation of the efficacy of a non-penetrating captive bolt to euthanase dairy goat kids up to 30 days of age », *Animal Welfare*, vol. 26, n° 3, p. 277–280.
- Withrock I.C. (2015). « *The Use of Carbon Dioxide (CO₂) as an Alternative Euthanasia Method for Goat Kids* », Université de l'Iowa:14718. Récupéré de <https://lib.dr.iastate.edu/etd/14718>
- World Organization for Animal Health (OIE) (2019a). « Chapitre 7.5 : Slaughter of Animals. In: *Terrestrial Animal Health Code* (28^e éd.) », Récupéré de https://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_aw_slaughter.htm
- World Organization for Animal Health (OIE) (2019b). « Chapitre 7.6. : Killing of Animals for Disease Control Purposes. In: *Terrestrial Animal Health Code* (28^e éd.) », Récupéré de https://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_aw_killing.htm
- Zolhavarieh S.M., Nourian A.R. et Sadeghi-Nasab A. (2011). « A new method for on-farm euthanasia with animal welfare considerations », *Iranian Journal of Veterinary Surgery*, vol. 6, n° 1-2, p. 55–63.

5 Procédures douloureuses

Conclusions

1. **L'ébourgeonnage, l'écornage et la castration sont des procédures douloureuses, et différentes stratégies peuvent être utilisées pour atténuer la douleur.**
2. **L'utilisation d'une anesthésie locale ou d'un médicament anti-inflammatoire non stéroïdien réduit la douleur associée à la castration.**
3. **Les médicaments anti-inflammatoires non stéroïdiens réduisent la douleur associée à l'ébourgeonnage et à l'écornage.**
4. **Bien qu'il soit recommandé d'effectuer les procédures douloureuses à un « jeune âge », la littérature scientifique n'est pas cohérente sur ce point ; de nombreuses recommandations proviennent de directives vétérinaires qui peuvent ou non être basées sur les preuves scientifiques les plus récentes.**
5. **La combinaison d'un anesthésique local et d'anti-inflammatoires non stéroïdiens permet de contrôler la douleur postopératoire plus longtemps chez les animaux castrés qu'une seule méthode d'atténuation de la douleur.**
6. **Il existe un risque de dommages au crâne et au cerveau d'un chevreau lorsque l'ébourgeonnage par la thermocautérisation est mal effectué.**
7. **L'ébourgeonnage des chèvres adultes entraîne de grandes ouvertures dans les sinus qui peuvent mettre un certain temps à guérir, avec le risque de sinusite.**
8. **La sédation à l'aide d'un agent chimique sous la supervision d'un vétérinaire est conseillée pour toutes les méthodes d'ébourgeonnage et d'écornage.**
9. **La prophylaxie du tétanos est nécessaire avant une procédure qui aboutit à une plaie ouverte en l'absence de vaccination systématique du troupeau ou en cas d'utilisation du colostrum d'animaux non vaccinés.**
10. **La toxicité de la lidocaïne peut se produire si le dosage dépasse des niveaux spécifiques ; les signes sont des convulsions et un arrêt respiratoire et cardiaque.**

5.1 Introduction

Plusieurs procédures de routine ont lieu à la ferme et sont connues pour causer des douleurs, notamment la castration, l'ébourgeonnage, l'écornage et le basculement de corne, lorsqu'elles se trouvent à proximité de l'approvisionnement en sang. Ces procédures seront examinées, y compris les mesures préventives et les stratégies d'atténuation de la douleur. Nous attirons l'attention sur le fait que les recherches spécifiques à la chèvre, évaluées par des pairs, sont souvent minimales pour ces procédures. C'est pourquoi nous nous sommes largement appuyés sur un ouvrage de référence vétérinaire (Smith et Sherman, 2009), ainsi que sur d'autres ouvrages concernant d'autres espèces telles que les agneaux et les veaux.

L'évaluation de la douleur ressentie par un animal se fait de plusieurs manières ; lors de la prise de décision concernant la gravité de la douleur, toutes les méthodes d'évaluation doivent être prises en compte. Mellor et Stafford (2000) ont résumé cette évaluation de la manière suivante :

Les réactions comportementales peuvent être dues à la peur, à la douleur ou aux deux ; une variété de comportements sont évalués (p. ex., la vocalisation, le remuement de la queue, la tétée, le grattage, le repli sur soi et le retrait). Les réponses physiologiques peuvent être aiguës et être mesurées par les niveaux d'adrénaline, de noradrénaline et le rythme cardiaque.

5.2 Castration

La castration consiste soit à enlever les testicules et les épидидymes, soit à endommager l'approvisionnement en sang des testicules ; dans ce dernier cas, soit les testicules s'atrophient et deviennent non fonctionnelles (méthode de la pince), soit les tissus se nécrosent et s'affaissent (anneaux élastiques ; Smith et Sherman, 2009). Cet examen ne comprend pas la vasectomie ni le raccourcissement du scrotum de sorte que les testicules sont poussés dans la zone inguinale contre la paroi corporelle.

Les producteurs peuvent choisir de castrer les mâles pour diminuer les odeurs et les comportements agressifs et pour éviter les grossesses non désirées (Smith et Sherman, 2009 ; Williams, 1990). Cependant, les producteurs peuvent choisir de ne pas castrer ou de retarder la castration. Dans certains cas, cela peut être pour des raisons de santé animale. Par exemple, Kibria et coll. (2016) ont étudié l'effet que la castration à différents âges aurait sur le développement du pénis et de l'urètre. Le périmètre urétral du pénis était le plus grand chez les petits non castrés ou ceux qui étaient castrés entre 8 et 10 semaines. Cependant, les résultats rapportés doivent être pris avec prudence, car l'étude n'a pas effectué d'analyses pour déterminer s'il y avait une différence significative entre les différents âges à la castration et elle s'appuie sur un échantillon de petite taille. Une autre raison de ne pas castrer est d'accéder à des marchés spécifiques qui préfèrent les jeunes mâles intacts (Ulker et coll., 2009).

Toutes les méthodes de castration se sont révélées douloureuses, comme le montrent les paramètres sanguins (p. ex., un taux de cortisol élevé) et les comportements liés à la douleur (Mellor et Molony, 1991 ; Paull et coll., 2012). Il est généralement conseillé de castrer les petits le plus tôt possible, mais à la naissance, cela peut les distraire de la consommation de colostrum (Williams, 1990). Il est intéressant de noter qu'une étude qui a comparé la réponse des agneaux castrés à l'aide d'une méthode chirurgicale, à l'aide d'anneaux de caoutchouc ou à la pince à 5, 21 et 42 jours a déterminé que les réponses liées à la douleur ne différaient pas (Molony et coll., 1993). Cependant, Kent et coll. (1999) ont rapporté que les agneaux castrés à 42 jours à l'aide d'anneaux de caoutchouc présentaient des lésions plus importantes que les agneaux castrés à 2 et 28 jours, ce qui peut indiquer que la castration à l'aide d'anneaux de caoutchouc chez les agneaux plus âgés entraîne une douleur plus durable. Chez les veaux, Marti et coll. (2017) ont noté que les veaux de plus de 2 mois qui avaient été castrés par intervention chirurgicale ou à la pince présentaient des signes de douleur chronique. En outre, les chevreaux plus âgés (c.-à-d. âgés de plusieurs mois) présentaient un risque plus élevé d'exsanguination lors d'une castration chirurgicale en raison de la taille des vaisseaux (Smith et Sherman, 2009).

La castration chez les espèces de ruminants est considérée comme un facteur de risque de tétanos, parce que les spores bactériennes peuvent pénétrer dans la plaie ouverte (Smith et Sherman, 2009). C'est pourquoi l'exploitation doit veiller à ce que les chèvres soient correctement vaccinées avec un vaccin clostridien comprenant l'anatoxine tétanique. Si les

chevreaux sont nourris avec du colostrum provenant de chèvres non vaccinées ou d'un produit commercial de remplacement du colostrum bovin, l'antitoxine tétanique doit être administrée au moment de l'opération.

Bien que des méthodes alternatives (p. ex., le vaccin anti-GnRH) soient en cours d'exploration et semblent prometteuses (Godfrey et coll., 1996 ; Lents et coll., 2018 ; Ulker et coll., 2009), elles ne sont pas disponibles sur le marché et ne seront pas examinées. Peu de recherches se sont concentrées sur la castration chez les chèvres ; c'est pourquoi la présente étude s'appuie largement sur la littérature ovine. Il est important de noter que la plupart de ces publications associent la castration et la caudectomie, ce qui peut avoir influencé les réponses comportementales et physiologiques mesurées.

5.2.1 *Castration à l'élastique*

La castration à l'élastique est une méthode courante chez chevreaux ; les manuels vétérinaires suggèrent de la pratiquer chez les petits de moins de 3 semaines (Smith et Sherman, 2009). Les anneaux élastiques sont placés au niveau du col du scrotum, endommageant ainsi tous les vaisseaux sanguins des testicules et du scrotum pour ensuite provoquer un arrêt de l'irrigation sanguine des tissus testiculaires et leur chute.

Dans une étude qui a examiné la réponse comportementale et la réponse au cortisol de la castration à l'élastique, des agneaux ne se sont pas couchés pendant les 30 minutes suivant l'intervention. De plus, on a constaté une augmentation significative du cortisol, qui a atteint son niveau maximal au bout de 30 minutes et n'est revenu à son niveau de base que 180 minutes plus tard (Mellor et Molony, 1991). Bien qu'ils ne soient pas spécifiques à la douleur, les changements de comportement en position allongée et l'augmentation du cortisol sérique sont souvent considérés comme des indicateurs indirects utiles de la réponse à la douleur. Ahmed et Ahmed (2011) ont conclu que la castration à l'élastique était plus douloureuse que la castration à la pince en se basant sur un comportement douloureux accru et une alimentation réduite.

5.2.2 *Castration à la pince*

Une pince est utilisée pour écraser les tissus des cordons spermatiques, y compris l'artère, la veine et le nerf spermatiques, ainsi que le canal déférent qui transporte les spermatozoïdes. Cette méthode a l'avantage de ne pas créer de plaie ouverte et présente un risque réduit de tétanos (Smith et Sherman, 2009). Toutefois, le risque d'échec de la castration et de nécrose des tissus est plus élevé en raison d'un serrage inadéquat.

Pour une castration à la pince adéquate, les cordons spermatiques doivent être écrasés individuellement au-dessus des testicules, la pince ne devant pas traverser le septum médian. La suppression de ces structures entraînera une atrophie des testicules et des épидидymes, mais ne nuira pas au scrotum (Smith et Sherman, 2009). Les chevreaux doivent être examinés un mois plus tard pour s'assurer que les deux testicules se sont atrophiés.

On indique souvent que la castration à la pince est moins douloureuse que les autres méthodes chez les veaux. De nombreuses études ont rapporté que les veaux castrés à la pince présentaient des comportements associés à la douleur nettement moins prononcés et des pics de cortisol plasmatique moins importants et plus courts que les veaux castrés par chirurgie (Robertson et

coll., 1994) ou à l'élastique (Molony et coll., 1995 ; Thüer et coll., 2007). Ahmed et Ahmed (2011) ont également recommandé la castration à la pince par rapport à la castration à l'élastique chez les chevreaux.

Kent et coll. (2001) ont étudié l'effet de l'application d'une pince après l'application d'un anneau en caoutchouc lors de la castration d'agneaux âgés d'une semaine. Lorsque le col du scrotum était clampé en proximal de l'anneau, les agneaux présentaient moins de comportements associés à la douleur que lorsqu'il était placé en distal de l'anneau. Ces résultats indiquent qu'une combinaison des méthodes de castration à l'élastique et à la pince peut entraîner moins de douleur. La pince détruit les nerfs du scrotum et des testicules en écrasant le tissu et il est conseillé d'éviter d'écraser l'urètre.

5.2.3 *Castration chirurgicale*

L'un des principaux avantages de la castration chirurgicale est qu'elle est garantie puisque les testicules sont supprimés (Williams, 1990). Bien que les ouvrages de référence vétérinaires (p. ex., Smith et Sherman, 2009) suggèrent qu'il existe un écart d'âge quant à savoir si les chevreaux doivent ou non bénéficier d'une atténuation de la douleur pendant ou après la castration (p. ex., les chevreaux castrés sans anesthésie, alors que les chevreaux plus âgés sont anesthésiés), il est important de noter qu'il s'agit là de déclarations fondées sur l'expérience de terrain ; il n'existe actuellement aucune littérature scientifique examinant la réponse à la douleur chez les petits castrés par chirurgie à différents âges et utilisant différentes stratégies d'atténuation de la douleur.

La castration chirurgicale des chevreaux âgés de quelques semaines seulement se fait généralement en pratiquant une technique chirurgicale fermée, puis en tirant doucement sur chaque cordon spermatique jusqu'à ce qu'il se rompe tout en maintenant une pression sur l'anneau inguinal pour empêcher l'éviscération. Lorsque l'artère et la veine spermatiques sont tirées, les parois des vaisseaux se spasment et une bonne hémostase est obtenue. La castration chirurgicale des chevreaux plus âgés dont les vaisseaux sanguins sont beaucoup plus gros se fait à l'aide d'un émasculateur qui coupe et écrase le cordon spermatique en même temps. Toutefois, si elle est pratiquée de la même manière que chez un chevreau, le risque de perte de sang est plus élevé et les vaisseaux doivent être ligaturés (Smith et Sherman, 2009). Comme pour toute plaie ouverte, il existe un risque de tétanos, et il est conseillé d'administrer une antitoxine antitétanique avant la castration (Buttle et coll., 1986 ; Smith et Sherman, 2009).

5.2.4 *Stratégies d'atténuation de la douleur due à la castration*

De façon générale, l'atténuation de la douleur peut être divisée en trois grandes catégories : 1) les anesthésiques, 2) les analgésiques et 3) les sédatifs. Chacun fonctionne différemment, et de plus en plus de preuves suggèrent que les meilleures pratiques en matière d'atténuation de la douleur devraient viser une combinaison de ces trois catégories. Les anesthésiques soulagent la douleur aiguë immédiate, qui se traduit par une réaction douloureuse à l'intervention elle-même (p. ex., la lidocaïne ; Smith et Sherman, 2009). Les analgésiques, tels que les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), ont une action plus longue et sont utiles pour la douleur post-opératoire, mais ne soulagent pas la douleur aiguë pendant l'intervention (p. ex., le méloxicam). La sédation réduit ou élimine la sensation pendant l'intervention, mais ne permet pas elle-même d'atténuer la douleur (p. ex., la xylazine) et ne sera donc pas examinée.

L'anesthésie locale peut être administrée en diluant la lidocaïne (0,5-1,0 %) pour éviter la toxicité (dose toxique de 5 mg/kg de poids corporel ; Buttle et coll., 1986 ; Smith et Sherman, 2009). Il faut toutefois de noter que la dilution de la lidocaïne doit être effectuée immédiatement avant son utilisation, et que tout produit restant doit être jeté et non stocké. Il est conseillé de peser les chevreaux pour s'assurer de ne pas dépasser la dose toxique de lidocaïne (Gascoigne, 2015). Une étude a évalué la toxicité d'une dose plus élevée de lidocaïne ; cependant, la taille de l'échantillon était petite et ils ont conclu que des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si une dose plus élevée est sûre (Venkatachalam et coll., 2018).

Pour une castration chirurgicale ou avant d'utiliser des pinces ou des anneaux, la lidocaïne peut être déposée sur chaque cordon spermatique ainsi que sur le col du scrotum, et dans l'extrémité distale des testicules (Smith et Sherman, 2009). La lidocaïne peut également être injectée dans les testicules et par voie sous-cutanée dans la partie distale du scrotum. L'injection de lidocaïne doit être effectuée 15 à 20 minutes avant la castration pour permettre à l'anesthésique de se diffuser à travers les tissus (Mellor et Stafford, 2000).

L'anesthésie locale peut être utilisée avec les méthodes de l'élastique en infusant de la lidocaïne dans le col du scrotum et les cordes spermatiques avant l'application de l'anneau en caoutchouc pour gérer la douleur pendant et immédiatement après l'opération (Smith et Sherman, 2009). Cette méthode s'est avérée beaucoup moins douloureuse (mesurée par le cortisol) que l'application d'un anneau avec ou sans pince chez les agneaux âgés de 4 à 6 semaines (Mellor et Stafford, 2000). Ajadi et coll. (2012) ont étudié l'effet de l'injection épidurale de tramadol et de lidocaïne sur la prévention de la douleur chez les chevreaux castrés avec un anneau en caoutchouc. La perfusion épidurale de tramadol n'a pas fourni une analgésie adéquate, mais la lidocaïne a entraîné une diminution significative des comportements associés à la douleur jusqu'à 1,5 heure après l'intervention.

Comme traitement analgésique, l'injection sous-cutanée de flunixin ou de méloxicam sur la circonférence du scrotum a été reconnue pour atténuer les comportements liés à la douleur chez les agneaux castrés à l'élastique par rapport à ceux castrés sans analgésie (Paull et coll., 2012). Toutefois, cette méthode n'a pas été comparée à d'autres méthodes, telles que les anesthésiques locaux, pour déterminer si une perfusion locale d'AINS est une méthode privilégiée. L'injection sous-cutanée d'une combinaison d'anesthésiques locaux et d'AINS n'a pas été explorée.

Dans une étude qui comparait l'efficacité de différentes méthodes d'atténuation de la douleur, les agneaux ont été soit non castrés (contrôle), soit castrés chirurgicalement sans atténuation de la douleur, avec seulement une anesthésie locale (lidocaïne), une analgésie seule (flunixin) ou avec une combinaison d'anesthésie locale et d'analgésie systémique (Straticò et coll., 2018). Trente minutes après la castration, tous les groupes castrés présentaient une augmentation significative du cortisol, ce qui souligne que la castration est une procédure douloureuse. Ceux qui ont été castrés sans atténuation de la douleur présentaient les taux de cortisol les plus élevés à chaque point de mesure jusqu'à 9 heures après la castration, sauf à 6 heures, où les taux étaient similaires à ceux du groupe traité uniquement à la lidocaïne. Ceux qui ont reçu les deux stratégies d'atténuation de la douleur avaient le même niveau de cortisol que ceux qui n'ont pas été castrés, ce qui indique que la combinaison était plus efficace pour atténuer la douleur.

Une étude similaire a évalué les mêmes stratégies d'atténuation de la douleur chez des moutons adultes qui avaient été castrés à la pince. Les comportements associés à la douleur ont été observés jusqu'à 32 heures après la castration (Durand et coll., 2019). Les moutons ayant reçu à la fois une anesthésie locale et de la flunixin ont présenté une douleur plus faible de 2 heures à 32 heures après l'intervention que les moutons n'ayant reçu aucune atténuation de la douleur ou un bloc de lidocaïne uniquement. Notamment, l'anesthésie locale utilisée seule était efficace pendant sa durée d'action (2 heures).

Un examen de la castration et de la caudectomie chez les agneaux a conclu ce qui suit en ce qui concerne l'âge au moment de la castration et les techniques d'atténuation de la douleur (Mellor et Stafford, 2000) : la réponse la plus importante à la douleur était associée à la castration chirurgicale à 4-5 semaines, suivie par la castration à la pince à 4-8 semaines avec une réponse à la douleur plus faible à 3 semaines. La castration à l'élastique provoque une forte réponse à la douleur entre 1 et 8 semaines et la combinaison de la pince et de l'élastique à 3 semaines n'a rien changé à cette situation. L'injection de lidocaïne et une attente de moins de 2 minutes n'ont pas réduit la réponse à la douleur, mais une attente de 15 à 20 minutes a réduit la réponse à la douleur. Ce temps était nécessaire pour permettre la diffusion de l'anesthésique dans les testicules et les cordons spermatiques. Si un dispositif d'injection sans aiguille était utilisé à la place, le délai d'efficacité était plus court, soit 15 à 30 secondes.

5.3 Ébourgeonnage/écornage

L'ébourgeonnage est la procédure qui consiste à enlever le bourgeon de corne avant qu'il ne s'attache au crâne, tandis que l'écornage est le processus qui consiste à enlever le tissu corné après que le bourgeon de corne se soit attaché au crâne (Baker, 1981 ; Buttle et coll., 1986). Ces procédures ont pour but d'atténuer le risque de blessures aux personnes et aux autres animaux, de réduire l'espace requis (voir *Section 3 : Espace alloué*), de diminuer l'agressivité entre les animaux à cornes et les animaux sans cornes, et de prévenir les dommages à l'hébergement. (Gascoigne, 2015 ; Hull, 1995 ; Smith et Sherman, 2009 ; Wright et coll., 1983).

Plusieurs facteurs peuvent être pris en compte pour déterminer s'il convient de réaliser l'ébourgeonnage, notamment les exigences des tiers en matière de cornes (p. ex., les exigences de présentation), le marché cible, l'environnement de l'animal et la hiérarchie sociale au sein du troupeau (Smith et Sherman, 2009). En tenant compte de ces facteurs, il est possible de gérer les systèmes de stabulation et d'utiliser l'équipement (p. ex., la conception des mangeoires et des salles de traite) pour permettre l'utilisation de cornes chez les vaches (Menke et coll., 2004) et les chèvres (Loretz et coll., 2004). Pour des informations sur les mesures susceptibles de réduire les interactions agressives dans les systèmes d'élevage, voir la *Section 1 : Comportements naturels*.

Il faut noter que l'importance de l'ébourgeonnage en tant que procédure compromettant le bien-être est de plus en plus importante dans le monde entier. L'ébourgeonnage ou l'écornage d'une chèvre est considéré par certains comme une adaptation ou une modification des animaux pour vivre dans un environnement d'« élevage industriel »; nous devrions toujours nous demander si c'est l'animal qui doit changer ou son environnement (Nordquist et coll., 2017). Dans certaines régions, elle ne peut être pratiquée que par des vétérinaires et sous sédation (Gesellschaft

Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte, 2018). Aux Pays-Bas, l'anesthésie est obligatoire et doit être administrée par un vétérinaire (Van den Brom et coll., 2020).

Au Canada, la majorité des chèvres laitières sont ébourgeonnées, probablement en raison de la taille importante des troupeaux et de la forte densité de peuplement, ainsi que de la nécessité d'éviter le piégeage dans les enclos et les installations de traite qui ont été conçus pour les chèvres ébourgeonnées. Toutefois, de nombreuses chèvres de boucherie et de production de fibre ne sont pas ébourgeonnées pour plusieurs raisons, notamment la nécessité (p. ex., les chèvres Angora enregistrées doivent avoir des cornes), les différences de gestion et la demande du marché (Alvarez et coll., 2015; Ulker et coll., 2009). De nombreux chevreaux laitiers destinés à la production de viande ne sont pas non plus ébourgeonnés.

On a observé que des bagues élastiques ont été utilisées comme méthode d'écornage des chèvres, mais on craint que la bague ne glisse et ne provoque que le retrait de la pointe (Smith et Sherman, 2009), et cette méthode ne sera pas traitée dans cette section. En outre, aucune recherche n'a évalué la douleur ressentie par les chèvres écornées par l'utilisation de bandes élastiques.

5.3.1 Écornage au fer chaud

La cautérisation au fer chaud est la méthode la plus couramment utilisée pour ébourgeonner les jeunes (Wright et coll., 1983). Idéalement, les chevreaux devraient être ébourgeonnés entre 7 et 14 jours (Hempstead et coll., 2018a; Van den Brom et coll., 2020; Wright et coll., 1983). Le bourgeon de corne commencera à fusionner avec le crâne à l'âge de 3 semaines et présentera un risque plus élevé de repousse de la corne (Baker, 1981; Smith et Sherman, 2009). Il existe toutefois une différence entre les races, les races laitières nordiques fusionnant plus tôt que d'autres races comme Nubien ou Boer. Quoi qu'il en soit, les chevreaux doivent être ébourgeonnés à moins de trois semaines.

Il a été suggéré de couper les poils autour du bourgeon de corne avant l'ébourgeonnement par cautérisation pour optimiser le contact du fer avec le tissu du bourgeon de corne (Van den Brom et coll., 2020). Un fer chaud, chauffé à environ 600 °C, est placé sur le bourgeon de corne pendant 5 à 10 secondes, selon la puissance du fer, la température ambiante et le type de fer (gaz ou électrique), pour chauffer le tissu du bourgeon de corne afin de cautériser (Baker, 1981; Hempstead et coll., 2018a; Hempstead et coll., 2018b; Smith et Sherman, 2009). Il a été signalé que l'ébourgeonnement par cautérisation à chaud qui enlève le bourgeon de corne améliore le succès de l'ébourgeonnement par rapport à la cautérisation à chaud qui laisse le bourgeon de corne en place (Hempstead et coll., 2018c).

La température du thermocautère et le temps de maintien contre le bourgeon de corne sont essentiels pour un ébourgeonnement réussi (Williams, 1990). Des températures basses ou le maintien du fer contre le crâne pendant un temps insuffisant sont susceptibles de laisser des rudiments de cornes.

Alvarez et Gutierrez (2010) ont comparé le cortisol et les réactions comportementales de chevreaux qui ont été ébourgeonnés par cautérisation à chaud à celles de chevreaux qui ont été

simulés (c.-à-d. dont la manipulation a été simulée avec un fer froid). Les chevreaux ébourgeonnés ont atteint des concentrations maximales de cortisol dans les 10 minutes suivant l'ébourgeonnage et le cortisol est resté élevé pendant 2 à 3 heures. Les chevreaux ébourgeonnés ont manifesté des vocalisations et émis des coups de pied de façon plus élevés que ceux qui ont subi un faux ébourgeonnage. Cette étude a permis d'illustrer davantage que l'ébourgeonnage par cautérisation à chaud est une procédure douloureuse.

Alvarez et coll. (2019) ont observé la cicatrisation des plaies et la sensibilité des jeunes chèvres laitières ébourgeonnées par cautérisation à chaud. Les plaies ont mis 7 semaines à cicatriser complètement et sont restées douloureuses tout au long du processus. La sensibilité des plaies était directement liée à leur taille et était plus sensible en présence de tissus endommagés. Cependant, comme cela a été rapporté chez les humains, il est normal que les tissus blessés restent plus sensibles à la douleur (Stubhaug et coll., 2007) et l'étude d'Alvarez et coll. (2019) n'a pas pu différencier la douleur chronique de la sensibilité accrue au toucher. Malheureusement, l'atténuation de la douleur à long terme n'a pas été étudiée chez les chèvres.

Hempstead et coll. (2017) ont comparé les réactions comportementales des chevreaux ébourgeonnés à l'aide d'un thermocautère à celles des chevreaux simulés. Les chevreaux qui ont été ébourgeonnés ont montré des comportements plus centrés sur la tête, comme secouer la tête, se gratter et se frotter, que les chevreaux simulés. Les chevreaux qui n'ont pas été ébourgeonnés secouent davantage leur corps que ceux qui l'ont été, peut-être parce que les chevreaux ébourgeonnés sont plus concentrés sur leur tête.

Par rapport aux autres méthodes d'ébourgeonnage, les chevreaux qui ont été ébourgeonnés par cautérisation à chaud se grattaient moins la tête une heure après l'opération que ceux qui ont été ébourgeonnés par cryochirurgie ou par pâte caustique et on a constaté qu'ils secouaient davantage leur corps pendant l'heure suivant l'ébourgeonnage (Hempstead et coll., 2018a). Cela peut indiquer que la cautérisation à chaud est moins douloureuse que ces autres méthodes d'ébourgeonnage. De même, les chevreaux qui ont été ébourgeonnés à l'aide du fer chaud ont eu la réponse en cortisol la plus faible au cours des 15 premières minutes, et la réponse en cortisol au cours des 24 premières heures n'était pas différente de celle des chevreaux ébourgeonnés à l'aide de l'huile de clou de girofle (Hempstead et coll., 2018d).

Une étude a évalué la sensibilité à la douleur autour du point d'ébourgeonnage jusqu'à 14 jours après l'ébourgeonnage chez des chevreaux qui avaient été ébourgeonnés à l'aide d'un fer chaud, d'une pâte caustique à base d'hydroxyde de sodium ou de la cryochirurgie (Hempstead et coll., 2018e). Les chevreaux qui ont été ébourgeonnés par cautérisation à chaud étaient moins sensibles à la douleur que ceux qui ont été ébourgeonnés par pâte caustique ou cryochirurgie (Hempstead et coll., 2018d).

5.3.1.1 Décès liés à l'écornage au fer chaud

La mort qui suit immédiatement l'ébourgeonnage par cautérisation peut être due à l'hypothermie ou à des lésions organiques dues à une dépression cardiopulmonaire induite par l'anesthésie (Van den Brom et coll., 2020). Les dommages thermiques au crâne ou au cerveau constituent un autre risque pour les chevreaux après un ébourgeonnage par cautérisation à chaud. Les chevreaux ont le crâne mince et sont très sensibles aux procédures d'ébourgeonnage inappropriées. Dans

une étude portant sur de jeunes animaux de 16 fermes commerciales, Todd et coll. (2019) ont constaté que sur les 107 chevreaux soumis à une autopsie précoce, 16 % sont morts de blessures liées à l'ébourgeonnage, notamment de lésions cérébrales et d'infections secondaires telles que la méningite. Des températures élevées, le fait de tenir le fer contre la tête trop longtemps ou de tenir le fer contre le crâne avec trop de pression entraîne des dommages au crâne et au cerveau (Baker, 1981; Buttle et coll., 1986; Gascoigne, 2015; Smith et Sherman, 2009; Thompson et coll., 2005; Van den Brom et coll., 2020; Williams, 1990; Wright et coll., 1983). Par exemple, cinq chevreaux qui ont été ébourgeonnés par cautérisation à chaud entre 2 et 3 semaines ont développé une incoordination, une paraplégie, des convulsions, ou sont tombés dans le coma entre 1 et 10 jours après l'ébourgeonnage (Sanford, 1989).

5.3.2 *Ébourgeonnage à la pâte caustique*

L'ébourgeonnage à l'aide de pâte caustique est souvent déconseillé en raison du risque que la pâte se retrouve dans les yeux du chevreau ou soit frottée sur un autre animal (Baker, 1981; Smith et Sherman, 2009). Toutefois, un produit à base de vaseline peut être appliqué en anneau autour de la zone où la pâte caustique est appliquée pour éviter qu'elle ne se répande (Smith et Sherman, 2009). Actuellement, il n'existe aucune information sur la durée pendant laquelle la pâte caustique reste active sur les chevreaux pour déterminer combien de temps il faut isoler les jeunes animaux après l'application pour éviter le transfert de la pâte. Il faut noter que les pâtes caustiques se présentent sous différentes formulations (p. ex., l'hydroxyde de calcium combiné à l'hydroxyde de sodium), et qu'elles n'ont pas toutes été testées sur des chevreaux.

Lorsque les réactions comportementales à une pâte caustique à base d'hydroxyde de sodium, au cautère chaud, à la cryochirurgie et à l'ébourgeonnage à l'huile de clou de girofle ont été comparées, les chevreaux qui ont reçu de la pâte caustique ont davantage secoué et gratté la tête et ont été moins soignés et nourris que ceux qui ont subi une cautérisation à chaud (Hempstead et coll., 2018a). Les chevreaux qui ont été ébourgeonnés à l'aide de pâte caustique présentaient des taux de cortisol plus élevés que ceux à la cautérisation au fer chaud et des taux similaires à ceux des chevreaux qui ont été ébourgeonnés par cryochirurgie (Hempstead et coll., 2018d). Les chevreaux qui ont été ébourgeonnés avec une pâte caustique (la même pâte que celle utilisée par Hempstead et coll., 2018a) étaient plus sensibles à la douleur que ceux qui ont été ébourgeonnés avec un fer chaud (Hempstead et coll., 2018e).

5.3.3 *Ébourgeonnage à l'huile de clou de girofle*

L'utilisation de l'huile de clou de girofle a été récemment explorée comme méthode pour l'ébourgeonnage des chevreaux. Il a été démontré que l'huile de clou de girofle arrête la croissance de la corne lorsqu'elle est injectée dans le bourgeon de la corne (Molaei et coll., 2015). Elle provoque une inflammation au point d'injection et une nécrose du bourgeon de la corne dans la semaine qui suit (Hempstead et coll., 2018a). D'après les comportements associés à la douleur (p. ex., secouer la tête et se gratter), l'ébourgeonnage à l'huile de clou de girofle peut être aussi douloureux que la cautérisation thermique. De même, lorsque les méthodes ont été comparées sur la réponse physiologique des jeunes animaux, la réponse au cortisol chez les chevreaux ébourgeonnés à l'huile de clou de girofle et au fer chaud n'était pas différente (Hempstead et coll., 2018d). Toutefois, on a constaté une augmentation de l'haptoglobine 15 minutes et 24 heures après l'ébourgeonnage, les concentrations d'haptoglobine étant alors plus élevées que chez les chevreaux qui ont été ébourgeonnés avec d'autres méthodes. Il est

intéressant de noter que l'ébourgeonnage à l'huile de clou de girofle a été suggéré comme étant moins douloureux (au moins dans les 24 premières heures) chez les veaux (Sutherland et coll., 2018).

Cependant, l'huile de clou de girofle n'est pas aussi efficace que le fer chaud. Dans une étude comparant l'ébourgeonnage à l'huile de clou de girofle et au fer chaud, les veaux ayant reçu de l'huile de clou de girofle étaient plus susceptibles d'avoir une formation de rudement de corne ou un échec total à éliminer le bourgeon de la corne, ce qui se traduit par une croissance normale de la corne (Hempstead et coll., 2018c).

Dans une étude, 4 des 11 chevreaux qui ont été ébourgeonnés à l'huile de clou de girofle sont morts avec des signes de méningite suppurative ou d'autres lésions (Still Brooks et coll., 2017). Un autre rapport d'un praticien a indiqué que sur 20 chevreaux nains nigériens ébourgeonnés à l'aide d'huile de clou de girofle (injection de 0,2 ml sous le bourgeon de la corne), 2 sont morts, et il y avait des preuves de nécrose osseuse (Balch, 2018). Aux États-Unis, la *Food Animal Residue Avoidance Databank* (FARAD) déconseille son utilisation et déclare que tout animal traité à l'huile de clou de girofle ne pourra pas entrer dans la chaîne alimentaire à vie (Wool et Wattles, 2016).

5.3.4 Ébourgeonnage par cryochirurgie

La cryochirurgie utilise un outil spécialisé pour appliquer de l'azote liquide sur chaque bourgeon de corne pendant 10 secondes (Hempstead et coll., 2018e). On a observé que les chevreaux qui ont été ébourgeonnés par cette technique se grattaient davantage la tête que ceux qui ont été ébourgeonnés par cautérisation thermique et que ceux qui ont été ébourgeonnés avec une pâte caustique (Hempstead et coll., 2018a).

En 24 heures, les chevreaux qui ont été ébourgeonnés par cryochirurgie présentaient des niveaux de cortisol similaires à ceux qui ont été ébourgeonnés par cautérisation thermique (Hempstead et coll., 2018d). Ces résultats peuvent indiquer que l'ébourgeonnage par cryochirurgie est plus douloureux que celui au fer chaud et aussi douloureux que l'ébourgeonnage à la pâte caustique.

5.3.5 Écornage chirurgical

Les chèvres adultes peuvent être écornées par un vétérinaire à l'aide d'une méthode chirurgicale, mais cette procédure est considérée comme invasive en raison de la gravité de la blessure postopératoire. Il faut inciser la peau d'un centimètre autour de la base de la corne jusqu'au crâne, puis un fil obstétrique ou une scie est utilisé pour retirer la corne (Baker, 1981; Bowen, 1977; Buttle et coll., 1986; Hull, 1995). Les gouges, les écorceurs de type Barnes et Keystone ne sont pas recommandés, car l'os qui sépare les sinus frontaux du cerveau est très mince et sujet à des dommages, y compris des fractures (Baker, 1981; Bowen, 1977; Hull, 1995).

Il est conseillé de ne pas utiliser des convoyeurs aériens après l'écornage chirurgical pour éviter que des débris ne pénètrent dans le sinus (Smith et Sherman, 2009). L'écornage chirurgical prend généralement 4 à 6 semaines pour guérir, mais peut prendre plusieurs mois, selon la taille de la corne (Baker, 1981; Bowen, 1977; Buttle et coll., 1986; Hull, 1995).

5.4 Stratégies d'ébourgeonnage/d'écornage et d'atténuation de la douleur

Il est recommandé de mettre les chèvres sous sédatif pour l'ébourgeonnage et l'écornage (Baker, 1981; Bowen, 1977; Buttle et coll., 1986; Van den Brom et coll., 2020). Nfor et coll. (2016) ont étudié l'utilisation du chlorhydrate de dexmédétomidine avant l'ébourgeonnage par cautérisation à chaud comme sédatif et analgésique. Les chevreaux qui ont été sédatisés avec du chlorhydrate de dexmédétomidine ont également reçu du méloxicam par voie intramusculaire et de la lidocaïne autour des bords latéraux une anesthésie en bloc logo-régionale de lidocaïne et ont présenté des comportements associés à la douleur nettement moins fréquents et ont maintenu de faibles niveaux de cortisol; ceux qui n'ont pas reçu de sédation, mais ont reçu du méloxicam et de la lidocaïne ont présenté des comportements associés à la douleur et des niveaux de cortisol nettement plus élevés. Par conséquent, le chlorhydrate de dexmédétomidine est un sédatif prometteur pour soulager la douleur associée à l'ébourgeonnage.

L'anesthésie peut être pratiquée par les vétérinaires avec divers médicaments. Une combinaison de xylazine et de butorphanol permet d'obtenir une sédation légère à modérée (Seddighi et Doherty, 2016). Toutefois, ce protocole a été jugé insuffisant dans 35,8 % des cas, les chevreaux présentant des réactions lors de la procédure d'ébourgeonnage effectuée par l'éleveur (Wagmann et coll., 2018). Les chercheurs ont constaté que si les chevreaux étaient manipulés pendant la phase d'induction, ils étaient plus susceptibles de réagir à l'ébourgeonnage. Il faut de noter qu'il est illégal de distribuer de la kétamine au Canada et que celle-ci doit être administrée uniquement par un vétérinaire diplômé. Le propofol, qui ne peut être distribué au public, peut également être utilisé à une dose de 4 mg/kg pour fournir une anesthésie générale temporaire aux chevreaux, et il est préférable de l'utiliser en combinaison avec un analgésique (Ferreira et coll., 2016).

Un anesthésique local peut être administré à chaque corne en bloquant l'artère angulaire du nerf lacrymal et la l'artère angulaire du nerf infra-trochléaire de chaque côté (Bowen, 1977 ; Buttle et coll., 1986 ; Hull, 1995). L'artère angulaire du nerf lacrymal peut être bloquée en injectant de la lidocaïne entre le canthus latéral et la face postérieure de la corne (Bowen, 1977 ; Smith et Sherman, 2009). L'artère angulaire du nerf infra-trochléaire peut être bloquée en injectant de la lidocaïne au niveau du bord dorso-médial de l'orbite. Les artères de ces nerfs peuvent rendre difficile la réalisation d'un blocage efficace (Hempstead et coll., 2018b). L'efficacité des anesthésiques locaux utilisés lors de l'ébourgeonnage chez les chevreaux est problématique, et la littérature n'est pas concluante. Par exemple, Ajuda et coll. (2020) ont comparé de jeunes animaux ébourgeonnés par cautérisation à chaud en utilisant un anesthésique local seul ou en combinaison avec un analgésique (mégлумine de flunixin) à ceux qui ont été ébourgeonnés sans atténuation de la douleur. Il a été rapporté qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les groupes de traitement. Alvarez et coll. (2015) ont rapporté que lorsqu'ils ont comparé les réponses à la douleur chez les chevreaux qui avaient été ébourgeonnés par cautérisation à chaud après l'application des 2 blocs nerveux à celles des petits qui n'avaient pas reçu de bloc nerveux, il n'y avait pas de différence dans les réponses comportementales et de cortisol jusqu'à 4 heures après l'ébourgeonnage. Cela suggère que la douleur était toujours perçue ou que le stress et la douleur liés à la résection des 4 blocs nerveux étaient similaires au stress et à la douleur associés à l'ébourgeonnage.

Une anesthésie en bloc logo-régionale autour de la base de la corne a été recommandée (Baker, 1981). Alvarez et coll. (2009) ont évalué qu'une anesthésie en bloc logo-régionale autour de la corne 20 minutes avant l'ébourgeonnage par cautérisation thermique par rapport à des chevreaux qui n'avaient pas reçu d'anesthésie avant l'ébourgeonnage. On a constaté une augmentation significative du cortisol sérique et des comportements associés à la douleur dans les deux groupes de traitement, ce qui démontre que l'ébourgeonnage par cautérisation thermique est une procédure douloureuse et qu'une anesthésie en bloc logo-régionale ne permet pas d'atténuer suffisamment la douleur.

Il faut noter que la dose maximale de lidocaïne à administrer à une chèvre est de 5 mg/kg de poids corporel (Buttle et coll., 1986; Smith et Sherman, 2009). Chaque ml de solution de lidocaïne contient 20 mg de lidocaïne. Cela signifie qu'un chevreau de 4 kg peut recevoir 20 mg, ou 1 ml, de lidocaïne. De nombreux vétérinaires diluent la lidocaïne à 1 %; une dilution supplémentaire peut diminuer son efficacité. Ces petits volumes rendent plus difficile le blocage précis des nerfs appropriés (Smith et Sherman, 2009). Il est recommandé d'effectuer une anesthésie locale 20 minutes avant l'ébourgeonnage (Van den Brom et coll., 2020). La toxicité de la lidocaïne provoque des convulsions et des arrêts respiratoires et cardiaques entraînant la mort.

Le méloxicam, un AINS, a été évalué pour soulager la douleur associée à l'ébourgeonnage. Dans une étude qui a évalué l'injection intramusculaire de méloxicam administré à 0,5 mg/kg immédiatement après l'ébourgeonnage par cautérisation thermique sous anesthésie générale, les chevreaux traités au méloxicam ont présenté un niveau plus faible de comportements associés à la douleur au cours des 24 premières heures que ceux qui ont reçu un placebo (Ingvast-Larsson et coll., 2011). Il a été démontré que le méloxicam oral est aussi efficace qu'une injection intramusculaire. Toutefois, si les chevreaux qui ont reçu du méloxicam par voie sous-cutanée ou orale immédiatement avant la castration ont tous deux présenté des comportements similaires à ceux qui ont été ébourgeonnés de manière fictive, ils présentaient des taux de cortisol similaires à ceux qui ont été ébourgeonnés avec un fer chaud sans atténuation de la douleur (Hempstead et coll., 2018b). Cela suggère que des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer la véritable efficacité des AINS et le moment optimal pour les administrer afin de réduire la douleur lors de l'ébourgeonnage postopératoire.

5.5 Basculement des cornes

Les producteurs choisissent parfois d'enlever le bout des cornes de leurs chèvres au lieu de les écorner pour éviter la douleur et une longue période de cicatrisation (Smith et Sherman, 2009). Le basculement est souvent pratiqué lorsque les scarifications qui se produisent à la suite d'un ébourgeonnage ou d'un écornage inapproprié menacent de se développer dans le corps de la chèvre. De nombreux pays exigent que l'atténuation de la douleur soit toujours utilisée chez les animaux plus âgés en partant du principe qu'elle est douloureuse malgré le choix de cette méthode (Alvarez et coll., 2009; Thompson et coll., 2005). Malheureusement, il n'existe pas à ce jour de littérature qui examine l'effet de l'ablation de la pointe de la corne sur le bien-être de la chèvre; cependant, le producteur doit évaluer le risque qu'une bosse se développe dans le corps de la chèvre avec la douleur associée à l'ablation de la pointe de la corne. Chez les bovins, le basculement de la corne a été associé à une moindre douleur lorsqu'elle est placée en position distale par rapport à l'approvisionnement en sang (Neely et coll., 2014; Winks et coll., 1977). En

outre, les bovins qui ont été inclinés au point d'avoir une hémorragie ont pris moins de poids que ceux qui n'ont pas été inclinés ou écornés (Winks et coll., 1977)

5.6 Autres méthodes d'ébourgeonnage et d'écornage

Contrairement à certaines races de bovins, l'élevage de chèvres à cornes n'est pas une stratégie recommandée pour réduire le besoin d'écornage. Chez les chèvres, le caractère à cornes est dominant (P) et récessif (p). Cependant, les femelles homozygotes interrogées (PP) ont des organes génitaux masculins (c.-à-d. hermaphrodites ou pseudohermaphrodites) et sont donc stériles (Smith et Sherman, 2009; Soller et coll., 1963). C'est ce que l'on appelle la mutation PIS (Polled Intersex Syndrome). Les premières publications ont suggéré que la reproduction d'une chèvre hétérozygote (Pp) à un mâle hétérozygote (Pp) produirait principalement des descendants de chèvres (Soller et coll., 1963). Des recherches sont en cours pour trouver des moyens d'empêcher l'inversion du sexe associée au gène pollé, et ainsi être capable de produire des animaux qui peuvent élever des descendants pollés sans inversion du sexe (Boulanger et coll., 2008).

5.7 Avenues de recherches

1. Il faut poursuivre les recherches sur les protocoles d'atténuation de la douleur aiguë et à long terme pour l'ébourgeonnage et la castration des chevreaux, y compris sur l'efficacité des AINS.
2. La recherche sur la castration des chèvres est limitée, et il est nécessaire de comparer les méthodes qui provoquent le moins de douleur, tant aiguë que chronique.
3. Des recherches sur l'effet de l'âge au moment de la castration sont nécessaires.
4. Des recherches sur d'autres méthodes pour l'ébourgeonnage (p. ex., les meilleures pratiques pour la gestion des chèvres à cornes) sont nécessaires.
5. Des recherches sur l'utilisation de gènes ou de marqueurs de gènes pour aider à l'élevage d'animaux sans cornes sans problèmes de reproduction sont nécessaires.
6. Des recherches sur le basculement des cornes chez les chèvres sont nécessaires pour évaluer la procédure et déterminer son impact sur le bien-être des chèvres.

5.8 Références

Ahmed S.A. et Ahmed E.A. (2011). « Behavioral responses of castrated buck kids at different ages by using different methods of castration », *The Journal of American Science*, vol. 7, n° 5, p. 200–209.

Ajadi R.A., Owanikin A.O., Martins M.M. et Gazal O.S. (2012). « Effect of epidural tramadol and lignocaine on physiological and behavioural changes in goats subjected to castration with a high tension band », *New Zealand Veterinary Journal*, vol. 60, n° 3, p. 344–348.

Ajuda I., Battini M., Mattiello S., Arcuri C. et Stilwell G. (2020). « Evaluation of pain mitigation strategies in goat kids after cautery disbudding », *Animals*, vol. 10, n° 2, p. 277.

- Alvarez L., Adcock S.J.J. et Tucker C.B. (2019). « Sensitivity and wound healing after hot-iron disbudding in goat kids », *Journal of Dairy Science*, vol. 102, n° 11: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16062>
- Alvarez L., De Luna J.B., Gamboa D., Reyes M., Sánchez A., Terrazas A., Rojas S. et Galindo F. (2015). « Cortisol and pain-related behavior in disbudded goat kids with and without cornual nerve block », *Physiology & Behavior*, vol. 138, p. 58–61.
- Alvarez L. et Gutierrez J. (2010). « A first description of the physiological and behavioural responses to disbudding in goat kids », *Animal Welfare*, vol. 19, n° 1, p. 55–60.
- Alvarez L., Nava R.A., Ramírez A., Ramírez E. et Gutiérrez J. (2009). « Physiological and behavioural alterations in disbudded goat kids with and without local anaesthesia », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 117, n° 3, p. 190–196.
- Baker J.S. (1981). « Dehorning goats », *Bovine Practice*, vol. 2, n° 1, p. 33–34, 36–39.
- Balch S. (2018). « Clove oil for disbudding—Not recommended », *Wool & Wattles*, vol. 46, n°1, p. 9–10.
- Boulanger L., Kocer A., Daniel N., Pannetier M., Chesné P., Heyman Y., Renault L., Mandon-Pepin B., Chavatte-Palmer P., Vignon X., Vilotte J.L., Cotinot C., Renard J.P. et Pailhoux E. (2008). « Attempt to rescue sex-reversal by transgenic expression of the PISRT1 gene in XX PIS^{-/-} goats », *Sexual Development*, vol. 2, n° 3, p. 142–151.
- Bowen J.S. (1977). « Dehorning the mature goat », *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 171, n° 12, p. 1249–1250.
- Buttle H., Mowlem A. et Mews A. (1986). « Disbudding and dehorning of goats », *In Practice*, vol. 8, n° 2, p. 63–65.
- Durand D., Faure M., de la Foye A. et De Boyer des Roches A. (2019). « Benefits of a multimodal analgesia compared to local anesthesia alone to alleviate pain following castration in sheep: a multiparametric approach », *Animal*, vol. 13, n° 9, p. 2034–2043.
- Ferreira J.P., Ndawana P.S., Dzikiti L.N. et Dzikiti B.T. (2016). « Determination of the minimum infusion rate of propofol required to prevent purposeful movement of the extremities in response to a standardized noxious stimulus in goats », *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* vol. 43, n° 5, p. 519–527.
- Gascoigne E. (2015). « Disbudding of goat kids », *Livestock*, vol. 20, n° 2, p. 96–100.
- Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte (2018). « Enthornen von Zicklein: Tierärztinnen und Tierärzte unterstützen ein Verbot », Récupéré: https://www.gstsvs.ch/fileadmin/media/pdf/Medienmitteilungen/CP_GST_SVS_ecnorage_cabris_181212_fr.pdf
- Godfrey S.I., Walkden-Brown S.W., Martin G.B. et Speijers E.J. (1996). « Immunisation of goat bucks against GnRH to prevent seasonal reproductive and agonistic behaviour », *Animal Reproduction Science*, vol. 44, n° 1, p. 41–54.

Hempstead M.N., Waas J.R., Stewart M., Cave V.M. et Sutherland M.A. (2017). « Behavioural response of dairy goat kids to cautery disbudding », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 194, p. 42–47.

Hempstead M.N., Waas J.R., Stewart M., Cave V.M. et Sutherland M.A. (2018a). « Evaluation of alternatives to cautery disbudding of dairy goat kids using behavioural measures of post-treatment pain », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 206, p. 32–38.

Hempstead M.N., Waas J.R., Stewart M., Dowling S.K., Cave V.M., Lowe G.L. et Sutherland M.A. (2018b). « Effect of isoflurane alone or in combination with meloxicam on the behavior and physiology of goat kids following cautery disbudding », *Journal of Dairy Science*, vol. 101, n° 4, p. 3193–3204.

Hempstead M.N., Waas J.R., Stewart M., Cave V.M., Turner A.R. et Sutherland M.A. (2018c). « The effectiveness of clove oil and two different cautery disbudding methods on preventing horn growth in dairy goat kids », *PLoS ONE*, vol. 13, n° 11, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198229>

Hempstead M.N., Waas J.R., Stewart M., Cave V.M. et Sutherland M.A. (2018d). « Evaluation of alternatives to cautery disbudding of dairy goat kids using physiological measures of immediate and longer-term pain », *Journal of Dairy Science*, vol. 101, n° 6, p. 5374–5387.

Hempstead M.N., Waas J.R., Stewart M., Zobel G., Cave V.M., Julian A.F. et Sutherland M.A. (2018e). « Pain sensitivity and injury associated with three methods of disbudding goat kids: Cautery, cryosurgical and caustic paste », *The Veterinary Journal*, vol. 239, p. 42–47.

Hull B.L. (1995). « Dehorning the adult goat », *The Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice*, vol. 11, n° 1, p. 183–185.

Ingvast-Larsson C., Högberg M., Mengistu U., Olsén L., Bondesson U. et Olsson K. (2011). « Pharmacokinetics of meloxicam in adult goats and its analgesic effect in disbudded kids », *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, vol. 34, n° 1, p. 64–69.

Kent J.E., Molony V. et Graham M.J. (2001). « The effect of different bloodless castrators and different tail docking methods on the responses of lambs to the combined burdizzo rubber ring method of castration », *Veterinary Journal*, vol. 162, n° 2, p. 250–254.

Kent J.E., Molony V., Jackson R.E. et Hosie B.D. (1999). « Chronic inflammatory responses of lambs to rubber ring castration: Are there any effects of age and size of lamb at treatment? », *BSAS Occasional Publication*, vol. 23, p. 160–162.

Kibria A.G., Rahman M.L., Ahasan A.L., Uddin M.M. et Quasem M.A. (2016). « Effects of castration on penile and urethral development in black Bengal Goat », *Pakistan Journal of Zoology*, vol. 48, n° 2, p. 501–506.

Lents M.P., Barbosa L.P., Santana A.L.A., Pinheiro E.E.G., Mugabe L.C., Biscarde C.E.A., Kiya C.K., Machado W.M. et Souza R.S. (2018). « Immunocastration of goats using anti-gonadotrophin releasing hormone vaccine », *Theriogenology*, vol. 114, p. 7–13.

- Loretz C., Wechsler B., Hauser R. et Rusch P. (2004). « A comparison of space requirements of horned and hornless goats at the feed barrier and in the lying area », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 87, n° 3, p. 275–283.
- Marti S., Meléndez D.M., Pajor E.A., Moya D., Heuston C.E.M., Gellatly D., Janzen E.D. et Schwartzkopf-Genswein K.S. (2017). « Effect of band and knife castration of beef calves on welfare indicators of pain at three relevant industry ages: II. Chronic pain », *Journal of Animal Science*, vol. 10, p. 4367.
- Mellor D.J. et Molony V. (1991). « Effects of castration on behaviour and plasma cortisol concentrations in young lambs, kids and calves. *Research in Veterinary Science* », vol. 5, n° 2, p. 149–154.
- Mellor D.J. et Stafford K.J. (2000). « Acute castration and/or tailing distress and its alleviation in lambs. *New Zealand Veterinary Journal* », vol. 48, n° 2, p. 33–43.
- Menke C., Waiblinger S., Studnitz M. et Bestman M. (2004). « Mutilations in organic animal husbandry: Dilemmas involving animal welfare; humans and environmental protection. In: Vaarst M, Roderick S., Lund V. & Lockeretz W. (éd.) », *Animal Health and Welfare in Organic Agriculture*, CAB International: p. 163–183.
- Molaei M.M., Mostafavi A., Kheirandish R., Azari O. et Shaddel M. (2015). « Study of disbudding goat kids following injection of clove oil essence in horn bud region », *Veterinary Research Forum*, vol. 6, n° 1, p. 17–22.
- Molony V., Kent J.E. et Robertson I.S. (1993). « Behavioural responses of lambs of three ages in the first three hours after three methods of castration and tail docking », *Research in Veterinary Science*, vol. 55, n° 2, p. 236–245.
- Molony V., Kent J.E. et Robertson I.S. (1995). « Assessment of acute and chronic pain after different methods of castration of calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 46, n° 1–2, p. 33–48.
- Neely C.D., Thomson D.U., Kerr C.A. et Reinhardt C.D. (2014). « Effects of three dehorning techniques on behavior and wound healing in feedlot cattle », *Journal of Animal Science*, vol. 92, n° 5, p. 2225–2229.
- Nfor O.N., Chan J.P., Kere M. et Peh H. (2016). « Disbudding pain: The benefits of disbudding goat kids with dexmedetomidine hydrochloride », *Small Ruminant Research*, vol. 139, p. 60–66.
- Nordquist R.E., Staay F.J., Eerdenburg F.J.C.M., Velkers F.C., Fijn L. et Arndt S.S. (2017). « Mutilating procedures, management practices, and housing conditions that may affect the welfare of farm animals: Implications for welfare research », *Animal*, vol. 7, n° 2, p. 12.
- Paull D.R., Small A.H., Lee C., Palladin P. et Colditz I.G. (2012). « Evaluating a novel analgesic strategy for ring castration of ram lambs », *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 39, n° 5, p. 539–549.
- Robertson I.S., Kent J.E. et Molony V. (1994). « Effect of different methods of castration on behaviour and plasma cortisol in calves of three ages », *Research in Veterinary Science*, vol. 56, n° 1, p. 8–17.

Sanford S.E. (1989). « Meningoencephalitis caused by thermal disbudding in goat kids. Cross-Canada Disease Report », *Canadian Veterinary Journal*, vol. 30, n° 10, p. 832.

Seddighi R. et Doherty T.J. (2016). « Field sedation and anesthesia of ruminants », *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practic*, vol. 32, n° 3, p. 553–570.

Smith M.C. et Sherman D.M. (2009). « *Goat Medicine* (2^e éd.) », Wiley-Blackwell.

Soller M., Laor M., Barnea R., Weiss Y. et Ayalon N. (1963). « Polledness and infertility in male Saanen goats », *Journal of Heredity*, vol. 54, n° 5, p. 237–240.

Still Brooks K.M., Hempstead M. et Millman S.T. (2017). « *Characterization of Efficacy and Animal Safety Across Four Caprine Disbudding Methodologies: Heat Cautery, Clove Oil Injection, Short-Term Application of Caustic Paste, and Freezing* », American Association of Small Ruminant Practitioners.

Straticò P., Varasano V., Suriano R., Mariscoli M., Robbe D., Giammarco M., Vignola G. et Petrizzi L. (2018). « Analgesic effects of intravenous flunixin and intrafunicular lidocaine or their combination for castration of lambs », *Veterinary Record Open*, vol 5, n° 1, p. 5.

Stubhaug A., Romundstad L., Kaasa T. et Breivik H. (2007). « Methylprednisolone and ketorolac rapidly reduce hyperalgesia around a skin burn injury and increase pressure pain thresholds », *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, vol. 9, p. 1138.

Sutherland M.A., Larive J., Cave V. et Zobel G. (2018). « Behavioural and physiological responses to clove oil injected under the horn bud of calves », *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 204, p. 29.

Thompson K.G., Bateman R.S. et Morris P.J. (2005). « Cerebral infarction and meningoencephalitis following hot-iron disbudding of goat kids », *New Zealand Veterinary Journal*, vol. 53, n° 5, p. 368–370.

Thüer S., Mellema S., Doherr M.G., Wechsler B., Nuss K. et Steiner A. (2007). « Effect of local anaesthesia on short- and long-term pain induced by two bloodless castration methods in calves », *The Veterinary Journal*, vol. 173, n° 2, p. 333–342.

Todd C.G., Bruce B., Deeming L. et Zobel G. (2019). « Short communication: Survival of replacement kids from birth to mating on commercial dairy goat farms in New Zealand », *Journal of Dairy Science*, vol. 102, n° 10, p. 9382–9388.

Ulker H., Kucuk M., Ylmaz A., Yoruk M., Arslan L., deAvila D. et Reeves J. (2009). « Changes in testicular development, ultrasonographic and histological appearance of the testis in buck kids immunized against LHRH using recombinant LHRH fusion protein », *Reproduction in Domestic Animals*, vol. 44, n° 1, p. 37–43.

Van den Brom R., Greijden-van der Putten S., Van der Heijden M., Lievaart-Peterson K., Vellema P. et De Grauw J. (2020). « Thermal disbudding in goat kids in the Netherlands: Current practice, complications and considerations », *Small Ruminant Research*, vol. 183.

Venkatachalam D., Chambers P., Kongara K. et Singh P. (2018). « Toxicity and pharmacokinetic studies of lidocaine and its active metabolite, monoethylglycinexylidide, in goat kids », *Animals*, vol. 8, n° 8, p. 142.

Wagmann N., Spadavecchia C., Morath-Huss U., Schüpbach-Regula G. et Zanolari P. (2018). « Evaluation of anaesthesia and analgesia quality during disbudding of goat kids by certified Swiss farmers », *BMC Veterinary Research*, vol. 14, n° 1, p. 1–8.

Williams C.S. (1990). « Routine sheep and goat procedures », *The Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice*, vol. 6, n° 3, p. 737–758.

Winks L., Holmes A.E. et O'Rourke P.K. (1977). « Effect of dehorning and tipping on liveweight gain of mature Brahman crossbred steers », *Australian Journal of Experimental Agricultural and Animal Husbandry*, vol. 17, n° 84, p. 16–19.

Wool & Wattles (2016). « FARAD statement against the use of clove oil for disbudding », vol. 44, n° 1, p. 6–7.

Wright H.J., Adams D.S. et Trigo F.J. (1983). « Meningoencephalitis after hot-iron disbudding of goat kids », *Veterinary Medicine & Small Animal Clinician*, vol. 78, n° 4, p. 599–601.

6 Gestion périnatale pour optimiser la santé des chevreaux

Conclusions

- 1. La gestion du colostrum est la principale pratique de gestion périnatale influençant la santé et la survie globales des chevreaux.**
- 2. La réussite du transfert passif de l'immunité contre l'ingestion de colostrum est liée au moment, au volume et à la qualité du colostrum.**
- 3. La qualité du colostrum doit être établie à l'aide des mesures disponibles dans l'exploitation.**
- 4. La congélation du colostrum est une méthode de stockage acceptable, mais des décongélations et congélations répétées peuvent avoir un impact sur la qualité du colostrum. La réfrigération du colostrum pendant une courte période est possible, mais la croissance bactérienne peut toujours se produire et peut réduire l'absorption des IgG.**
- 5. La décongélation du colostrum à l'aide d'un micro-ondes peut entraîner un chauffage inégal et la destruction des immunoglobulines et doit donc être évitée.**
- 6. Le colostrum bovin frais, congelé ou lyophilisé et le colostrum de chèvre traité thermiquement sont des alternatives acceptables au colostrum de chèvre frais ou congelé.**
- 7. Les agents pathogènes peuvent être transmis aux chevreaux par l'ingestion de colostrum et de lait infectés.**
- 8. Le traitement thermique du colostrum peut réduire la survie de ces agents pathogènes et donc réduire la transmission des maladies, mais il peut entraîner une perte d'immunoglobulines s'il n'est pas effectué correctement.**
- 9. La nutrition et la gestion des chèvres en fin de gestation ont un impact significatif sur la qualité du colostrum.**
- 10. Plusieurs facteurs, tels que le poids à la naissance, la santé du nouveau-né et les niveaux d'immunoglobulines sériques, influencent la croissance néonatale.**
- 11. Des études approfondies des systèmes indiquent que la survie des chevreaux s'améliore à chaque parité jusqu'au troisième ou quatrième chevreau, après quoi la survie diminue.**
- 12. Des études approfondies des systèmes indiquent qu'à mesure que la taille des portées augmente, il peut y avoir une diminution de la quantité ou de la qualité des nutriments disponibles pour les petits, ce qui peut réduire la survie des chevreaux.**
- 13. Un poids trop petit ou trop gros à la naissance est lié à une augmentation de la mortalité des chevreaux.**

6.1 Introduction

Les maladies et la mortalité des chevreaux sont des problèmes de bien-être et affectent la rentabilité des exploitations agricoles (Dwyer et coll., 2016). La survie et la santé des chevreaux sont influencées par de nombreux facteurs, de l'utérus au sevrage. Nombre de ces facteurs sont le résultat des pratiques de gestion. La gestion de la période périnatale, y compris l'administration de colostrum, est une pratique cruciale pour prévenir la mortalité infantile et assurer une santé optimale. Pour ce rapport, l'impact des facteurs de gestion du colostrum sur la survie des chevreaux sera abordé ainsi que d'autres facteurs qui peuvent affecter la santé de ceux-ci juste avant la naissance et au cours des 7 premiers jours de vie. Toutefois, il ne s'agit pas d'un examen exhaustif de toute la littérature applicable aux ruminants. Dans la mesure du possible, la littérature caprine a été au centre de cet examen.

Il est important de noter que la recherche sur la morbidité et la mortalité des chevreaux est minime et que, par conséquent, cette revue s'appuie de manière significative sur la littérature relative aux autres ruminants. Souvent, lorsqu'elle est disponible, la recherche sur la santé des chevreaux est de qualité limitée ou provient d'un manuel de référence vétérinaire (p. ex., Smith et Sherman, 2009), et peut donc être basée sur l'observation sur le terrain et ne fait pas l'objet d'un examen scientifique par les pairs.

6.2 Colostrum

La gestion du colostrum est la principale pratique de gestion qui influence la santé/survie précoce des veaux (Godden et coll., 2009). Comme chez tous les ruminants, les anticorps de la chèvre ne peuvent pas être transférés au fœtus, car ils ne peuvent pas traverser le type de placenta qu'ils développent pendant la gestation. Les nouveau-nés naissent donc sans anticorps circulants (Nagyová et coll., 2017) et doivent ingérer du colostrum riche en anticorps pour bénéficier d'une immunité passive. Sans ce transfert passif d'immunité, les animaux courent un risque accru d'infection jusqu'à ce qu'ils commencent à produire leurs propres anticorps à un niveau qui leur assure une protection (O'Brien et Sherman, 1993; Smith et Sherman, 2009), ce qui peut prendre plusieurs semaines. Un transfert passif adéquat dépend de l'ingestion en temps utile d'un volume suffisant de colostrum de bonne qualité. L'immunoglobuline G (IG) est le principal anticorps présent dans le colostrum (85 à 90 %), et la concentration en IgM (7 %) et en IgA (5 %) est moins présente. Outre son importance pour le transfert de l'immunité aux nouveau-nés, le colostrum contient des nutriments essentiels, des hormones, des minéraux, des composants qui contribuent au développement du tractus intestinal et d'autres substances non immunologiques qui favorisent le développement des nouveau-nés (Fernández et coll., 2007; Lima et coll., 2013; Moretti et coll., 2012a; Smith et Sherman, 2009). Le transfert inadéquat d'anticorps est appelé : un défaut de transfert d'immunité passive (TIP).

Les recherches n'ont pas porté spécifiquement sur les limites de l'alimentation des chevreaux avec des IgG provenant de différentes espèces, et il n'y a pas eu d'évaluation systématique des effets de l'alimentation avec du colostrum provenant d'animaux qui ne sont pas exposés aux mêmes agents pathogènes que les chevreaux sont susceptibles de rencontrer dans leur environnement.

6.2.1 Définition du défaut du transfert d'immunité passive

Les preuves scientifiques concernant le volume approprié de colostrum à administrer aux chevreaux, le moment de l'administration et ce qui constitue un colostrum de chèvre de haute qualité sont rares. Le défaut du transfert de l'immunité passive chez les chevreaux laitiers a été défini par une concentration sérique en IgG inférieure à <12 mg/ml à 24 heures (O'Brien et Sherman, 1993). Mellado et coll. (1998) ont suggéré que 8 mg/ml était suffisant pour réduire la mortalité. Cependant, les deux études ont souffert soit d'une description problématique de la méthodologie, soit de limitations liées à la taille de l'échantillon. Par conséquent, ces travaux ne devraient pas permettre de tirer des conclusions sur l'impact des IgG sur la mortalité.

Le défaut du transfert de l'immunité passive a été lié à un risque accru de problème de santé chez les nouveau-nés (Cuttance et coll., 2018). Les chevreaux souffrant d'un TIP peuvent être plus exposés au risque d'infection par des agents pathogènes opportunistes tels que *Klebsiella pneumoniae*, qui peut provoquer des maladies articulaires et des septicémies (Bernabé et coll., 1998).

6.2.1.1 Choix du moment pour le repas

Le tractus intestinal d'un nouveau-né est capable d'absorber des macromolécules telles que les immunoglobulines (Ig) du colostrum. Cependant, comme les entérocytes fœtaux sont remplacés à 96 heures par des entérocytes adultes dans l'intestin grêle, cette capacité diminue rapidement (Moretti et coll., 2012a, 2012 b; Nordi et coll., 2012). Les entérocytes adultes sont imperméables aux macromolécules, telles que les Ig (Nordi et coll., 2012). Par conséquent, le moment requis du premier repas en colostrum est très important.

Bien qu'il existe un risque d'exposition aux agents pathogènes des maladies infectieuses lorsque les nouveau-nés sont autorisés à téter leur mère, de nombreuses exploitations utilisent encore cette méthode; c'est une méthode pertinente lorsque les maladies infectieuses endémiques, telles que le virus de l'arthrite encéphalite caprine (CAE), ne posent pas de problème. Dans une étude, l'allaitement naturel pendant plusieurs jours a entraîné des taux en IgG sériques plus élevés que l'alimentation restreinte (100 ml/kg de poids de naissance du colostrum de première traite provenant de chèvres multipares) au biberon deux fois par jour pendant deux jours; la mortalité pendant les 3,5 premiers jours de vie (durée de l'étude) était plus élevée chez les chevreaux nourris au colostrum restreint (Argüello et coll., 2004a).

Castro et coll. (2009) ont évalué la durée de l'alimentation au colostrum sur le transfert d'immunité passive en permettant aux chevreaux laitiers de téter leur mère pendant 1, 2 ou 5 jours. Il n'y avait pas de différence significative dans la concentration sérique en IgG entre les chevreaux ayant des durées d'alimentation au colostrum différentes, et les auteurs ont conclu que 24 heures étaient suffisantes pour réussir le transfert d'immunité de la chèvre au chevreau. Cette conclusion est étayée par d'autres études qui démontrent que l'absorption des IgG chez les chevreaux est la plus élevée au cours des 24 premières heures (Argüello et coll., 2004b; Castro et coll., 2005). Bien que ces études suggèrent que le colostrum peut être administré dans les 24 premières heures de la vie, des études sur les bovins montrent clairement que l'administration dans les 2 à 4 premières heures après la naissance est la meilleure (Beam et coll., 2009; Chigerwe et coll., 2008). Il n'existe pas d'études comparables chez les chèvres.

6.2.1.2 *Quantité de colostrum administrée*

La quantité de colostrum à administrer pour éviter le TPI dépend principalement de sa concentration sérique d'IgG. Par exemple, chez les veaux recevant du colostrum par intubation oroésophagienne dans les deux premières heures suivant la naissance, il a été recommandé d'administrer 3 à 4 litres de colostrum de bonne qualité (c.-à-d. contenant 50 000 mg d'IgG/ml) pour fournir un total de 150 000 à 200 000 mg d'IgG (Chigerwe et coll., 2008; Godden et coll., 2009). Lors de l'administration de colostrum de bonne qualité par bouteille, des volumes plus faibles étaient suffisants pour obtenir un transfert adéquat de l'immunité passive chez les veaux (Godden et coll., 2009).

Malheureusement, des informations spécifiques similaires font défaut chez les chèvres. Certaines publications suggèrent que les chevreaux devraient recevoir 10 à 20 % de leur poids de naissance en litres ou un volume de colostrum >3000 mg d'IgG/kg de poids de naissance, administré en 4 à 6 tétées au cours des 24 premières heures (Castro et coll., 2005; Constant et coll., 1994).

Cependant, ces recommandations sont basées sur des études avec un échantillon de petite taille (p. ex., Constant et coll., 1994) ou sur la constatation que les chevreaux recevant 3 400 mg d'IgG/kg de poids corporel avaient une concentration moyenne en IgG sérique significativement plus élevée que les chevreaux qui ne recevaient que 1 600 ou 800 mg d'IgG/kg de poids corporel (p. ex., Castro et coll., 2005). Cependant, même les chevreaux recevant 3 400 mg d'IgG/kg avaient un défaut TPI si une concentration sérique en IgG de 1 200 mg d'IgG/ml (O'Brien et Sherman, 1993) est considérée comme un indicateur de la réussite du transfert. Cette valeur a été déterminée sur la base d'un échantillon de petite taille. Par conséquent, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer la quantité appropriée de colostrum qui doit être administrée aux nouveau-nés.

6.2.1.3 *Mesure de la qualité du colostrum*

La qualité du colostrum est généralement déterminée par la quantité d'IgG qu'il contient. La concentration en IgG peut être soit mesurée en laboratoire, soit estimée à l'aide de mesures de la gravité spécifique (p. ex., l'aréomètre) ou du solide total (p. ex., la réfractométrie). En ce qui concerne la mesure de la qualité du colostrum de chèvre, Castro et coll. (2018) ont déterminé qu'une valeur de 10 mg/ml au réfractomètre clinique permettait d'estimer une concentration colostrale en IgG de >20 mg d'IgG par ml avec une sensibilité de 100 % et une spécificité de 95,2 %. En d'autres termes, sur la base de cette étude, une lecture de 10 mg/ml sur le réfractomètre clinique identifiera le colostrum avec >20 mg d'IgG/ml dans 100 % des échantillons de colostrum testés, mais n'identifiera que 95,2 % des échantillons de colostrum qui n'ont pas au moins 20 mg d'IgG/ml; cela signifie que le colostrum de mauvaise qualité (c.-à-d. ayant moins de 20 mg d'IgG/ml) sera faussement identifié comme du colostrum de bonne qualité dans 4,8 % des échantillons testés. Toutefois, aucune explication n'a été donnée sur le raisonnement qui a conduit à choisir un seuil de >20 mg d'IgG/ml et un test ELISA IgG a été utilisé comme méthode de référence pour déterminer les IgG colostrales par opposition au test d'immunodiffusion radiale de référence. Pour ces raisons, les valeurs déterminées doivent être considérées avec prudence. Chez les bovins, une concentration en IgG dans le colostrum de 50 mg/ml est généralement considérée comme du colostrum de bonne qualité (Chigerwe et coll., 2008; Fleenor et Stott, 1980). On ignore actuellement s'il faut envisager une concentration en IgG similaire chez les chèvres (Zobel et coll., 2020).

L'utilisation d'un aréomètre conçu pour les bovins présente une bonne corrélation avec la mesure directe de la densité du colostrum de chèvre et pourrait être utilisée comme test en stalle; cependant, la température ambiante est importante lors de l'utilisation d'un aréomètre, car des températures inférieures à 37 °C peuvent entraîner une surestimation de la concentration en IgG (Rudovsky et coll., 2008). La concentration moyenne en IgG dans les échantillons de colostrum obtenus de chèvres saines était d'environ 50 mg/ml (Rudovsky et coll., 2008). Zobel et coll. (2020) ont indiqué qu'un aréomètre était le plus précis pour mesurer la qualité du colostrum, mais ont recommandé l'utilisation d'un réfractomètre Brix (numérique et optique) pour l'évaluation de la qualité du colostrum à la ferme en raison de sa facilité d'utilisation; les auteurs ont recommandé un seuil minimum de 19 %.

6.2.1.4 Mesure de la réussite du transfert de l'immunité passive

Le transfert de l'immunité passive peut être évalué directement en mesurant les IgG sériques (exprimées en mg IgG/ml) ou indirectement en tant que protéines totales sériques (exprimées en g/ml), en pourcentage de Brix sur un réfractomètre ou en temps de coagulation du glutaraldéhyde (exprimé en minutes par rapport à la coagulation; Lima et coll., 2013; Yalcin et coll., 2010; Zobel et coll., 2020). Ces indicateurs indirects ont été validés comme étant de bons indicateurs des IgG sériques.

La santé et la survie des chevreaux sont associées à la réussite du transfert d'anticorps à partir du colostrum. Les chevreaux dont le taux sérique d'IgG est élevé ont plus de chances de survivre que ceux dont le taux sérique est faible (Arguello et coll., 2004a; O'Brien et Sherman, 1993). Par exemple, les chevreaux qui ont survécu jusqu'à 84 heures avaient un taux sérique d'IgG significativement plus élevé (supérieur à 14 mg/ml pendant les 84 heures de la période d'étude) que les chevreaux qui sont morts pendant les 84 premières heures (constamment inférieur à 9 mg/ml pendant la période d'étude; Argüello et coll., 2004a). Dans une étude portant sur 39 petits, O'Brien et Sherman (1993) ont déclaré qu'une concentration sérique en IgG de 12 mg/ml entre 24 et 48 heures est nécessaire pour assurer une immunité adéquate. Cette recommandation était basée sur les conclusions que les petits qui restaient en bonne santé (n=24) avaient un taux d'IgG sérique de 14,4 mg/ml alors que ceux qui tombaient malades (n=4) ou mouraient (n=11) avaient un taux d'IgG sérique inférieur à 8 mg/ml. Malgré la petite taille de l'échantillon, une concentration sérique en IgG de 12 mg/ml est souvent utilisée comme seuil pour le défaut TPI chez les chevreaux sur la base de cette seule étude et la validation d'autres études fait défaut.

Bien que la quantité exacte d'IgG nécessaire au transfert adéquat de l'immunité passive n'ait pas été déterminée de manière définitive chez les chèvres, une concentration supérieure à 3 g d'IgG/kg de poids corporel (BW) a été recommandée (Castro et coll., 2005). Malgré cette recommandation, cependant, les chevreaux qui ont reçu plus de 3 g/kg de poids corporel avaient tous un taux d'IgG sérique inférieur à 12 mg/ml, ce qui constituerait un défaut TPI selon l'étude de O'Brien et Sherman (1993) sur la taille limitée de l'échantillon.

Chez les veaux en bonne santé, plusieurs tests ont été évalués pour déterminer le succès du transfert de l'immunité passive, mais la mesure des concentrations de protéines totales sériques

en tant que proxy des concentrations d'IgG sériques est l'une des mesures les plus pratiques pour le défaut TPI (Hogan et coll., 2015; Weaver et coll., 2000). Chez cette espèce, une concentration de protéines totales sériques de 5,2 g/ml mesurée par réfractométrie manuelle a été associée à une concentration d'IgG sérique de 10 mg/ml, ce qui est généralement considéré comme un indicateur de la réussite du transfert de l'immunité passive. De même, un réfractomètre Brix permet d'estimer approximativement le pourcentage total de solides dans le sérum et, lorsqu'il est utilisé sur du sérum de veau, il fournit une estimation solide de la concentration sérique d'IgG (Deelen et coll., 2014).

Il existe peu d'informations sur la mesure des concentrations de protéines totales dans le sérum des chèvres après l'ingestion de colostrum. Bien que Batmaz et coll. (2019) aient évalué la réfractométrie sérique (Brix), le temps de coagulation du glutaraldéhyde, l'activité de la gamma-glutamyltransférase et la concentration de protéines totales par rapport aux concentrations d'IgG sériques après l'administration de colostrum, la validité de ces résultats suscite de sérieuses inquiétudes, car un test ELISA pour les IgG sériques a été utilisé comme test de référence, par opposition à l'immunodiffusion radiale qui est considérée comme la norme de référence. Pour cette raison, les résultats doivent être interprétés avec prudence et doivent être validés par des études plus rigoureuses.

Oman et coll. (2018) ont évalué un réfractomètre numérique Brix pour évaluer le défaut TPI chez 30 chevreaux et ont déterminé qu'une lecture de réfractomètre sérique de 8,4 % correspondait à une concentration sérique de protéines totales de 5,4 g/dL. Bien que les auteurs aient conclu que cela indiquait un transfert réussi de l'immunité passive, ils n'ont pas fourni de valeur seuil de protéines sériques totales pour cette déclaration ni corrélé leurs résultats avec les concentrations d'IgG sériques. D'autres études sont nécessaires pour valider ces résultats.

6.2.2 *IgG sérique et croissance*

Les études qui se concentrent sur la relation entre les IgG sériques et la croissance doivent être considérées avec prudence. Chaque étude a des méthodologies différentes. Certaines utilisent ELISA, mais il y a peu de validation de ces tests des normes de références qu'est l'immunodiffusion radiale (IDR). Néanmoins, les tests ELISA sont souvent utilisés pour valider d'autres mesures indirectes des IgG, telles que le réfractomètre Brix et l'activité de la gamma-glutamyl transférase. Si les IgG sériques sont un facteur important pour maintenir les nouveau-nés en bonne santé au début de leur vie, de nombreux autres facteurs contribuent à la croissance et doivent être étudiés dans le cadre d'une vaste étude contrôlée. À ce jour, aucune étude de ce type n'a été réalisée chez les petits ruminants.

Gökce et ses coll. (2013) ont rapporté que les agneaux qui avaient une concentration sérique en IgG inférieure à 10 mg/ml à 24 heures d'âge avaient des performances de croissance significativement inférieures à celles des agneaux qui avaient une concentration sérique en IgG supérieure à 10 mg/ml. Les agneaux ont été autorisés à téter naturellement la mère pendant la première semaine de vie, puis ont été nourris au biberon. Cependant, le test ELISA a été utilisé pour mesurer les concentrations sériques en IgG sans test supplémentaire. D'autres facteurs, tels que l'âge de la mère, le poids à la naissance, la taille de la portée et la santé des agneaux, ont influencé de manière significative le poids corporel à 28 jours. Massimini et coll. (2007) ont

suggéré que lorsqu'ils étaient autorisés à téter leur mère pendant 9 heures par jour jusqu'au sevrage, les petits ayant un taux d'IgG sérique plus élevé avaient une meilleure prise de poids quotidienne et étaient plus lourds au sevrage à 30 jours; cependant, ce travail a utilisé un nombre limité de petits (n=20), n'a pas inclus des petits ayant un défaut TPI, et l'analyse a été indûment influencée par des observations aberrantes.

Cuttance et coll. (2018) ont étudié l'effet du TPI (défini dans l'étude comme la protéine totale sérique ≤ 52 g/L) sur la morbidité, la mortalité et le poids corporel des veaux laitiers élevés en pâturage. L'étude a inclus 2 855 veaux de 82 fermes laitières dans l'analyse du poids de sevrage. Les veaux classés en d'échec de TPI avaient un poids de sevrage plus faible (0,83 kg) que les veaux qui avaient réussi à transférer leur immunité passive. Pour chaque augmentation de 10 g/L des protéines sériques totales, on a constaté une augmentation du poids de sevrage de 0,4 kg.

De même, Robison et coll. (1988) ont évalué l'effet de l'immunité passive sur la prise de poids et les performances des génisses laitières Holstein jusqu'à l'âge de 180 jours. Les veaux ont été autorisés à téter naturellement leur mère pendant les 24 premières heures de leur vie et ont ensuite été élevés intensivement. Les protéines totales sériques ont été mesurées par RID à partir d'échantillons prélevés entre 24 et 48 heures et à 35 jours d'âge. La saison de naissance et les taux sériques d'IgG ont tous eu un impact significatif sur le gain quotidien moyen jusqu'à l'âge de 180 jours. L'âge de la mère était également significatif, mais seulement jusqu'à 35 jours.

Elsohaby et coll. (2019) ont réalisé une étude similaire sur des veaux Holstein, mais ont signalé que les IgG sériques n'avaient une relation significative qu'avec le gain journalier moyen entre la naissance et l'âge de 21 jours.

6.2.3 Pathogènes préoccupants dans le colostrum

La transmission de lentivirus des petits ruminants (LVPR), tels que le virus de l'arthrite-encéphalite caprine (VAEC), est préoccupante lorsqu'on donne du colostrum et du lait infectés à des nouveau-nés, bien que la transmission *in utero* et horizontale du virus soit également une voie de transmission importante (Blacklaws et coll., 2004; Peterhans et coll., 2004; Pisoni et coll., 2007). Les lentivirus des petits ruminants sont principalement contenus dans les cellules infectées, mais peuvent être présents librement dans le colostrum (Pisoni et coll., 2007).

L'infection par le VAEC provoque une infection à vie ainsi qu'une inflammation et une dégénérescence chroniques des articulations et des glandes mammaires, et peut provoquer une pneumonie chronique progressive et, rarement, une leucoencéphalite (Smith et Sherman, 2009; Stonos et coll., 2013). Elle constitue une menace financière importante pour une exploitation et peut entraîner une diminution de 10 % de la production de lait chez les chèvres séropositives (Blacklaws et coll., 2004; Stonos et coll., 2013). Dans une étude rétrospective portant sur 22 troupeaux de chèvres en Espagne, les chèvres séropositives pour le VAEC avaient des lactations plus courtes, une production laitière plus faible, une qualité de lait réduite et un nombre de cellules somatiques plus élevé que les chèvres séronégatives (Martínez-Navalón et coll., 2013). La prévalence estimée des LVPR dans les troupeaux de chèvres de l'Ontario est de 80,4 % dans les troupeaux laitiers et de 17,0 % dans les troupeaux de boucherie (Stonos et coll., 2013). En plus du VAEC, le colostrum peut contenir la bactérie *Mycobacterium avium paratuberculosis* (MAP), l'agent causal de la maladie de Johne (Smith et Sherman, 2009; Sweeney et coll., 2012). En Ontario, la prévalence de la MAP dans les troupeaux de chèvres

laitières a été estimée à 83 %, alors que la prévalence moyenne au sein des troupeaux était estimée à 35 % (Bauman et coll., 2016).

Pour réduire le risque de transmission d'agents pathogènes, le colostrum peut être traité thermiquement à 60°C pendant 60 minutes (Godden et coll., 2012). Des sources d'IgG à moindre risque, telles que le colostrum bovin frais ou congelé provenant d'un troupeau MAP-négatif, ou l'utilisation de produits de remplacement du colostrum lyophilisé d'origine bovine, peuvent également être utilisées (Smith et Sherman, 2009). Le traitement thermique du colostrum (selon une méthodologie appropriée), l'alimentation avec des produits de remplacement du colostrum lyophilisé ou l'utilisation de colostrum bovin peuvent réduire la transmission des LVPR et d'autres organismes pathogènes tels que *Mycobacterium avium paratuberculosis* (Sweeney et coll., 2012). Par conséquent, les producteurs doivent tenir compte de leurs options lorsqu'ils choisissent de réduire l'incidence des maladies infectieuses dans leurs troupeaux et de réussir le transfert passif à leurs petits. Les anticorps présents dans le colostrum de la mère ciblent les agents pathogènes qui sont soit courants dans l'environnement de la mère (et donc des chevreaux), soit contre lesquels la mère a été vaccinée (Awa et coll., 2002 ; Balamurugan et coll., 2012 ; de la Rosa et coll., 1997 ; Vihan, 1993). Un autre produit aura probablement une composition d'anticorps différente et les producteurs doivent en tenir compte lorsqu'ils s'approvisionnent en colostrum hors site.

6.2.4 Différents types de colostrum

Bien que les recherches soient rares pour les chèvres, il existe différentes options de colostrum pour les producteurs, comme la possibilité de nourrir les chevreaux naturellement ou manuellement avec du colostrum de chèvre ou de vache traité thermiquement, frais, réfrigéré ou congelé, ainsi que des produits de remplacement du colostrum bovin lyophilisé.

6.2.4.1 Colostrum provenant d'autres ruminants

Le colostrum bovin lyophilisé est une source d'IgG couramment utilisée pour les chevreaux. Moretti et coll. (2012c) ont comparé le colostrum bovin lyophilisé au colostrum de chèvre mélangé congelé. Ils ont rapporté que les chevreaux ayant reçu du colostrum bovin ($31\,400 \pm 1\,400$ mg d'IgG au total) présentaient une absorption d'IgG et des anticorps circulants adéquats à 24 et 48 heures (14,1 et 14,6 mg/ml, respectivement), mais que ce taux tombait en dessous du seuil de transfert passif adéquat à 72 et 96 heures, moment où les taux d'IgG sériques sont généralement testés. Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les raisons de ce phénomène et s'il s'agit d'un résultat reproductible. De nombreuses études ont rapporté que l'intestin grêle des chevreaux est capable d'absorber les IgG des bovins (Lima et coll., 2013; Moretti et coll., 2012a, 2012 b; Nordi et coll., 2012); cependant, aucune recherche n'a déterminé les limites des sources d'IgG interespèces.

6.2.4.2 Colostrum traité thermiquement

Il est généralement recommandé de traiter thermiquement le colostrum avant l'alimentation afin d'éviter le transfert d'organismes infectieux. Godden et coll. (2006) ont rapporté que le chauffage du colostrum bovin à 60°C pendant 120 minutes n'avait pas d'effet significatif sur la concentration en IgG. Le traitement thermique du colostrum bovin a également augmenté l'efficacité de l'absorption des IgG et réduit la morbidité des veaux par rapport à ceux nourris au colostrum bovin frais (Godden et coll., 2012).

Les informations concernant le traitement thermique du colostrum de chèvre sont rares. Il a été rapporté que le traitement thermique (à 56°C pendant 30 minutes ou à 57°C pendant 10 minutes suivi d'un stockage d'une heure dans un thermos préchauffé à l'eau bouillante) réduisait significativement les taux d'IgG du colostrum de chèvre d'environ un tiers (de 33,6 mg d'IgG/ml à 21,2 et 20,9 mg d'IgG/ml, respectivement ; Argüello et coll., 2003). Lose et coll. (2008) ont rapporté que le traitement thermique du colostrum de mouton (56°C pendant 30 minutes) entraînait une diminution des taux d'IgG (de 64,2 mg d'IgG/ml à 42,1 mg d'IgG/ml), et que les agneaux ayant reçu le colostrum traité thermiquement présentaient des concentrations sériques d'IgG nettement inférieures à celles des agneaux ayant reçu du colostrum non traité. Cependant, la santé et les performances des agneaux n'ont pas été affectées par le traitement thermique du colostrum. Il a été rapporté que la pasteurisation du colostrum (68,3 à 70,8 °C) détruisait avec succès les bactéries MAP dans le colostrum bovin, mais entraînait une diminution de 25 % de la concentration d'IgG (Stabel et coll., 2004). En revanche, Trujillo et coll. (2007) n'ont pas trouvé de différence entre le colostrum de chèvre traité thermiquement (56° pendant 60 minutes ou 63° pendant 30 minutes à très haute pression) et le colostrum de chèvre cru. Cependant, la concentration en IgG était légèrement réduite dans le colostrum traité thermiquement.

6.2.4.3 *Colostrum lyophilisé*

Les producteurs peuvent choisir d'économiser le colostrum d'autres chèvres pour l'alimentation dans les cas où le colostrum de la mère n'est pas disponible ou est de mauvaise qualité. Argüello et coll. (2003) ont étudié la réfrigération du colostrum pendant une période pouvant aller jusqu'à 3 mois. La concentration en IgG a diminué de 25 % pendant cette période, et les auteurs ont recommandé de réfrigérer le colostrum pendant un mois au maximum. Cependant, bien qu'il n'existe pas de littérature spécifique sur le colostrum de chèvre, la croissance bactérienne dans le colostrum bovin réfrigéré est une réelle préoccupation, et des niveaux élevés inacceptables de numérations bactériennes peuvent être atteints même pendant la réfrigération, et ce, en 48 heures seulement (Godden et coll., 2019; Kryzer et coll., 2015). La congélation peut donc être une option de stockage privilégiée, mais la décongélation doit être effectuée de manière appropriée pour maintenir la qualité du colostrum (Argüello et coll., 2003).

6.2.5 *Stockage du colostrum*

Les producteurs peuvent choisir d'économiser le colostrum d'autres chèvres pour l'alimentation dans les cas où le colostrum de la mère n'est pas disponible ou est de mauvaise qualité. Argüello et coll. (2003) ont étudié la réfrigération du colostrum pendant une période pouvant aller jusqu'à 3 mois. La concentration en IgG a diminué de 25 % pendant cette période, et les auteurs ont recommandé de réfrigérer le colostrum pendant un mois au maximum. Cependant, bien qu'il n'existe pas de littérature spécifique sur le colostrum de chèvre, la croissance bactérienne dans le colostrum bovin réfrigéré est une réelle préoccupation, et des niveaux élevés inacceptables de numérations bactériennes peuvent être atteints même pendant la réfrigération, et ce, en 48 heures seulement (Godden et coll., 2019; Kryzer et coll., 2015). La congélation peut donc être une option de stockage privilégiée, mais la décongélation doit être effectuée de manière appropriée pour maintenir la qualité du colostrum (Argüello et coll., 2003).

Le colostrum peut être décongelé et recongelé; cependant, chaque cycle de décongélation et de recongélation du colostrum de chèvre entraîne une perte d'IgG (Balthazar et coll., 2015; Argüello et coll., 2003). Si Argüello et coll. (2003) n'ont constaté aucune différence de réduction des IgG entre les différentes méthodes de décongélation du colostrum de chèvre (bain d'eau chaude, réfrigérateur, température ambiante, micro-ondes), le colostrum utilisé était de mauvaise qualité. Balthazar et coll. (2015) et Wiking et Pedersen (2009) ont suggéré que si la concentration en IgG est suffisamment élevée pour compenser la perte lors de la décongélation au micro-ondes, alors cette méthode peut être utilisée. Néanmoins, elle n'est pas conseillée. Le chauffage par micro-ondes peut être irrégulier, et si des zones sont surchauffées, il y aura dégradation des IgG, ce qui compromettra la qualité du colostrum. Il est possible de décongeler au réfrigérateur pendant deux jours avant l'utilisation ou dans des bains d'eau chaude (bain-marie). Balthazar et coll. (2015) ont comparé les taux d'IgG dans le colostrum bovin décongelé au moyen de micro-ondes ou d'un bain-marie et ont constaté une diminution de la concentration d'IgG ainsi qu'une coagulation dans le colostrum décongelé par micro-ondes et dans un bain-marie chauffé à 60 °C. L'utilisation d'un bain-marie réglé à 40 °C pour décongeler le colostrum a entraîné la perte la plus faible d'IgG (8 %), mais a été la plus longue à se produire.

6.3 Autres facteurs ayant une influence sur la mortalité infantile

6.3.1 Facteurs liés aux mères

La santé des chèvres pendant la gestation peut avoir un impact important sur la survie des chevreaux. L'acidocétose maternelle, résultant d'une toxémie de grossesse a été associée à une acidose métabolique chez les nouveau-nés, entraînant un taux de mortalité accru (Andrade et coll., 2019).

Le rendement du colostrum est lié à la nutrition de la mère au cours des trois dernières semaines de gestation (Dwyer et coll., 2016). Il est sécrété jusqu'à 36 heures après l'accouchement; cependant, les concentrations en protéines totales et en IgG diminuent pendant cette période (Romero et coll., 2013).

La période entre le tarissement et la mise bas a un impact significatif sur la qualité du colostrum et la mortalité infantile. Caja et coll. (2006) ont comparé la qualité du colostrum de 17 vaches laitières qui avaient été séchées 8 semaines avant la mise bas à celle de celles qui avaient été traitées jusqu'à la mise bas. Les vaches qui ont été traitées en fin de gestation (n=3) ont eu des nouveau-nés significativement plus petits (~0,5 kg de moins) et ont produit du colostrum avec une concentration d'IgG plus faible (5,6 mg/ml) que celles qui ont eu une période sèche (32,9-52,4 mg/ml). Cinq chèvres de l'étude se sont spontanément desséchées 27 jours avant la mise bas, ce qui a réduit à trois le nombre de chèvres ayant connu une période sans sécheresse, ce qui représente un échantillon très petit sur lequel ces résultats sont basés et cette constatation doit être réévaluée dans le cadre d'une étude plus vaste. Il n'y avait aucune différence de qualité du colostrum entre les chèvres ayant une période de tarissement de 27 jours et celles ayant une période de tarissement de 56 jours.

Dans les systèmes extensifs, où les petits sont retirés de leur mère, une mauvaise liaison entre la mère et les jeunes peut provoquer la famine, l'hypothermie et la mort des petits (Dwyer et coll., 2016). Voir la section 1 : *Comportements naturels* pour un examen du lien entre la mère et le petit.

La parité a un impact significatif sur la mortalité des petits avant le sevrage. Une étude qui a examiné les registres d'un vaste troupeau pour déterminer les facteurs qui affectent la survie des petits avant le sevrage a indiqué que le taux de survie augmentait jusqu'à la quatrième parité incluse, mais diminuait ensuite (Hailu et coll., 2006). En outre, Mazumdar et coll. (1980) ont signalé que la survie des chevreaux s'améliorait dans les parités suivantes (jusqu'à la troisième parité) lorsqu'ils analysaient les registres du troupeau. L'effet de la parité sur la survie des chevreaux peut être dû à un mauvais maternage ou à une production de lait insuffisante lors de la première mise bas de la mère (Singh et coll., 2008).

6.3.2 *Taille de la portée*

La taille de la portée a un impact sur la survie des chevreaux. Pisarska et coll. (2002) ont évalué l'immunité passive d'un petit troupeau de chèvres en prélevant du sang sur les chevreaux immédiatement après leur naissance et jusqu'à l'âge de 28 jours. Les chevreaux ont été laissés avec les chèvres pour permettre un élevage naturel. Les chevreaux uniques ont atteint des concentrations d'IgG plus élevées à 48 heures qu'une portée de deux chevreaux et ont maintenu des concentrations plus élevées jusqu'à l'âge de 4 semaines. Les nouveau-nés de parents de moindre rang n'ont pas bénéficié d'une immunité suffisante en raison des comportements antagonistes des femelles dominantes. Cependant, Castro et ses coll. (2009) ont rapporté que les chevreaux uniques et d'une portée de deux chevreaux avaient des concentrations sériques d'IgG similaires, mais que les petits issus de portées de 3 chevreaux avaient des taux significativement plus faibles. Dans cette étude, le temps accordé aux chevreaux pour rester avec leur mère allait jusqu'à 3 jours, après quoi ils étaient élevés artificiellement. Il n'y avait pas de différence significative dans les taux sériques d'IgG entre les chevreaux ayant été allaités naturellement pendant des périodes différentes.

Hailu et coll. (2006) ont rapporté que la taille de la portée influençait le taux de survie des chèvres Borana et Arsi-Bale avant le sevrage dans un système extensif. La portée de trois chevreaux avait un taux de survie inférieur à celui d'une portée d'un et deux chevreaux. On a émis l'hypothèse qu'une portée plus grande entraîne une diminution des nutriments apportés à chaque chevreau in utero et dans le colostrum et le lait après la naissance. Argüello et coll. (2006) ont rapporté que les chèvres avec une seule progéniture avaient une teneur plus élevée en graisses et en lactose du colostrum que ceux avec plusieurs progénitures ; cependant, la parité n'avait pas d'effet sur la teneur en Ig.

6.3.3 *Poids à la naissance*

L'effet de la taille de la portée est corrélé au poids à la naissance, car les chevreaux uniques sont souvent plus lourds que les chevreaux nés de portées de deux ou trois chevreaux. Dans une étude qui a évalué l'effet des caractéristiques des nouveau-nés sur le transfert passif d'immunité, les chevreaux qui pesaient $\geq 2,8$ kg avaient des concentrations d'IgG significativement plus élevées que les chevreaux plus légers (Castro et coll., 2009). Hailu et coll. (2006) ont déclaré que les petits nés dans un système extensif qui pesait plus de 3 kg avaient le taux de survie le plus élevé (74 %), contre 72 % pour les petits qui pesaient entre 1,1 et 3,0 kg et 68 % pour les chevreaux qui pesaient moins de 1 kg.

Certaines études ont indiqué que le sexe des petits a un impact sur la mortalité infantile (Hailu et coll., 2006; Iji et coll., 1996), tandis que d'autres n'ont pas constaté de différence (Castro et coll., 2009; O'Brien et Sherman, 1993). Iji et coll. (1996) ont associé un taux de survie plus élevé des petits de sexe masculin à des petits de sexe masculin plus lourds. Les études précédemment mentionnées soutiennent une meilleure capacité de survie chez les chevreaux plus lourds. Cependant, Hailu et coll. (2006) ont rapporté que les petits de sexe masculin avaient un taux de mortalité plus élevé. Malheureusement, aucune explication n'a été fournie pour expliquer cette différence.

6.3.4 Environnement

La mortalité peut être affectée par l'environnement dans lequel les chevreaux naissent et sont élevés. Par exemple, la maladie est plus préoccupante dans les systèmes d'élevage en milieu fermé et moins dans les systèmes d'élevage en plein air (Dwyer et coll., 2016). Les pratiques d'hygiène environnementale, telles que les procédures de nettoyage dans les systèmes intensifs, peuvent avoir un impact sur la mortalité infantile (Todd et coll., 2019). Cependant, les systèmes extérieurs présentent un risque accru de prédation, de famine et d'hypothermie (Dwyer et coll., 2016).

Dans les systèmes extensifs, la mortalité avant sevrage a été liée aux saisons et aux précipitations. Cette relation peut être due à la disponibilité de nourriture pendant les saisons où les précipitations sont plus abondantes (Hailu et coll., 2006). Les nouveau-nés sont sensibles aux températures froides, et le risque d'hypothermie augmente lorsque de petits chevreaux mouillés sont exposés à des environnements froids, venteux ou pluvieux (Smith et Sherman, 2009). L'hypothermie secondaire résulte du fait que les chevreaux ne reçoivent pas assez de colostrum et de lait pour maintenir leur température corporelle interne. Il est recommandé de garder la zone de mise bas propre, chaude et sèche pour améliorer la survie des petits.

6.3.5 Qualité du lait pour la période d'alimentation avant le sevrage

Les substituts de lait et les substituts de lait acidifié sont des options disponibles pour nourrir les nouveaux chevreaux après une administration adéquate de colostrum, en particulier dans un système laitier où le lait de chèvre est commercialisé ou s'il y a un risque de transmission du LVPR. De Palo et coll. (2015) ont comparé le lait de chèvre, l'aliment d'allaitement de chèvre chaude et l'aliment d'allaitement de chèvre acidifiée sur la croissance des chevreaux Saanen et la qualité de la carcasse. Il n'y a pas eu d'effet significatif du régime alimentaire du chevreau sur la croissance ou la performance de la carcasse.

De même, Vacca et coll. (2014) ont rapporté que les chevreaux nourris au biberon avec du lait de remplacement acidifié pour bovins avaient initialement un taux de croissance inférieur à celui des chevreaux autorisés à se nourrir de leur mère, probablement en raison de difficultés d'apprentissage du biberon. À l'âge de 6 semaines, il n'y avait pas de différence de poids significative. Néanmoins, dans cette étude, il n'y a pas eu d'évaluation du lait de mère nourri au biberon. La croissance des chevreaux Criollo n'a pas été différente lorsqu'ils ont été autorisés à téter leur mère ou lorsqu'ils ont été nourris avec du lait de remplacement (Paez Lama et coll., 2013). Ces études indiquent que le lait d'allaitement et le lait d'allaitement acidifié sont des alternatives acceptables au lait naturel. Cependant, il existe peu d'études disponibles sur les besoins en lait des petits et sur l'hygiène acceptable du lait.

6.4 Avenues de recherche

La recherche sur la santé et la mortalité des chevreaux est limitée en termes de quantité, de portée et de qualité. Un grand nombre d'études rencontrées dans le cadre de cette étude se sont avérées formuler des recommandations basées sur des études mal décrites ou mal conçues. Les domaines de recherche suggérés sont les suivants :

1. Déterminer la quantité totale de colostrum à donner aux petits pour assurer le succès du transfert passif de l'immunité et satisfaire les besoins nutritionnels des chevreaux.
2. Déterminer ce qui constitue un colostrum de « bonne qualité » (c.-à-d. la concentration d'IgG dans le colostrum qui assure un transfert passif adéquat)
3. Déterminer si les anticorps provenant d'espèces non caprines circulent aussi longtemps que les anticorps provenant d'une source caprine.
4. Déterminer l'efficacité des différentes méthodes d'administration du colostrum (p. ex., tétée volontaire ou alimentation par sonde).
5. Méthodes de traitement thermique du colostrum et leur effet sur la qualité du colostrum et la charge pathogène.
6. Utilisation d'autres sources de colostrum pour les chevreaux en ce qui concerne la prévalence du TIP, l'évolution du statut immunitaire au fil du temps, la croissance et l'incidence des maladies.
7. Une étude des composants des produits d'allaitement nécessaires aux petits
8. Déterminer l'impact de l'hygiène et des besoins en lait (c.-à-d. la quantité, la fréquence et la méthode d'administration) sur la santé des chevreaux.

6.5 Références

Andrade I.M., Simões P.B.A., Lamas L.P., Carolino N. et Lima M.S. (2019). « Blood lactate, pH, base excess and pCO₂ as prognostic indicators in caesarean-born kids from goats with pregnancy toxæmia », *Irish Veterinary Journal*, vol. 72, n° 1, p. 1–5.

Argüello A., Castro N., Álvarez S. et Capote J. (2006). « Effects of the number of lactations and litter size on chemical composition and physical characteristics of goat colostrum », *Small Ruminant Research*, vol. 64, n° 1, p. 53–59.

Argüello A., Castro N., Capote J., Ginés R., Acosta F. et López J.L. (2003). « Effects of refrigeration, freezing-thawing and pasteurization on IgG goat colostrum preservation », *Small Ruminant Research*, vol. 48, n° 2, p. 135–139.

Argüello A., Castro N., Capote J., Tyler J.W. et Holloway N.M. (2004a). « Effect of colostrum administration practices on serum IgG in goat kids », *Livestock Production Science*, vol. 9, n° 2, p. 235–239.

Argüello A., Castro N., Zamorano M.J., Castroalonso A. et Capote J. (2004b). « Passive transfer of immunity in kid goats fed refrigerated and frozen goat colostrum and commercial sheep colostrum », *Small Ruminant Research*, vol. 54, n° 3, p. 237–241.

- Awa D.N., Ngagnou A., Tefiang E., Yaya D. et Njoya A. (2002). « Post vaccination and colostral Peste des petits ruminants antibody dynamics in research flocks of Kirdi goats and Fulbe sheep of North Cameroon », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 55, p. 265–271.
- Balamurugan V., Sen A., Venkatesan G., Rajak K.K., Bhanuprakash V. et Singh R.K. (2012). « Study on passive immunity: Time of vaccination in kids born to goats vaccinated against Peste des petits ruminants », *Virologica Sinica*, vol. 27, n° 4, p. 228–233.
- Balthazar E., Doligez E., Leray O. et Cozler Y.I. (2015). « A comparison of thawing methods on IgG1 concentration in colostrum of dairy cows », *Revue de Médecine Vétérinaire*, vol. 166, n° 11–12, p. 341–344.
- Batmaz H., Kacar Y., Topal O., Mecitoglu Z., Gumussoy K.S. et Kaya F. (2019). « Evaluation of passive transfer in goat kids with Brix refractometer and comparison with other semiquantitative tests », *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, vol. 43, n° 5, p. 596–602.
- Bauman C.A., Jones-Bitton A., Menzies P., Toft N., Jansen J. et Kelton D. (2016). « Prevalence of paratuberculosis in the dairy goat and dairy sheep industries in Ontario, Canada », *Canadian Veterinary Journal*, vol. 57, n° 2, p. 169–175.
- Beam A.L., Lombard J.E., Koprak C.A., Garber L.P., Winter A.L., Hicks J.A. et Schlater J.L. (2009). « Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations », *Journal of Dairy Scienc*, vol. 92, n° 8, p. 3973–3980.
- Berge A.C., Hassid G, Leibovich H., Haines D.M., et Chamorro M.F. (2018). « A field trial evaluating the health and performance of lambs fed a bovine colostrum replacement », *Journal of Animal Research and Nutrition*, vol. 3, n° 1, p. 6.
- Bernabé A., Contreras A., Gómez M.A., Sánchez A., Corrales J.C. et Gómez S. (1998). « Polyarthritis in kids associated with *Klebsiella pneumoniae* », *Veterinary Record*, vol. 142, n° 3, p. 64–66.
- Blacklaws B.A., Berriatua E., Torsteinsdottir S., Watt N.J., de Andres D., Klein D. et Harkiss G.D. (2004). « Transmission of small ruminant lentiviruses », *Veterinary Microbiology*, vol. 10, n° 3, p. 199–208.
- Caja G., Salama A.A.K. et Such X. (2006). « Omitting the dry-off period negatively affects colostrum and milk yield in dairy goats », *Journal of Dairy Science*, vol. 89, n° 11, p. 4220–4228.
- Castro N., Capote J., Álvarez S. et Argüello A. (2005). « Effects of lyophilized colostrum and different colostrum feeding regimens on passive transfer of immunoglobulin G in Majorera goat kids », *Journal of Dairy Science*, vol. 88, n° 10, p. 3650–3654.
- Castro N., Capote J., Morales-delaNuez A., Rodríguez C. et Argüello A. (2009). « Effects of newborn characteristics and length of colostrum feeding period on passive immune transfer in goat kids », *Journal of Dairy Science*, vol. 92, n° 4, p.1616–1619.
- Castro N., Gómez-González L.A., Earley B. et Argüello A. (2018). « Use of clinic refractometer at farm as a tool to estimate the IgG content in goat colostrum », *Journal of Applied Animal Research*, vol. 46, n° 1, p. 1505–1508.

- Chigerwe M., Tyler J.W., Middleton J.R., Spain J.N., Dill J.S. et Steevens B.J. (2008). « Comparison of four methods to assess colostral IgG concentration in dairy cows », *Journal of American Veterinary Medication Association*, vol. 233, n° 5, p. 761–766.
- Constant S.B., LeBlanc M.M., Klapstein E.F., Beebe D.E., Leneau H.M. et Nunier C.J. (1994). « Serum immunoglobulin G concentration in goat kids fed colostrum or a colostrum substitute », *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 205, n° 12, p. 1759–1762.
- Cuttance E.L., Mason W.A., Laven R.A. et Phyn C.V.C. (2018). « The relationship between failure of passive transfer and mortality, farmer-recorded animal health events and body weights of calves from birth until 12 months of age on pasture-based, seasonal calving dairy farms in New Zealand », *The Veterinary Journal*, vol. 236, p. 4–11.
- de la Rosa C., Hogue D.E. et Thonney M.L. (1997). « Vaccination schedules to raise antibody concentrations against epsilon-toxin of *Clostridium perfringens* in ewes and their triplet lambs », *Journal of Animal Science*, vol. 75, n° 9, p. 2328–2334.
- De Palo P., Maggolino A., Centoducati N. et Tateo A. (2015). « Effects of different milk replacers on carcass traits, meat quality, meat color and fatty acids profile of dairy goat kids », *Small Ruminant Research*, vol. 131, p. 6–11.
- Deelen S.M., Ollivett T.L., Haines D.M. et Leslie K.E. (2014). « Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 97, n° 6, p. 3838–3844.
- Dwyer C.M., Conington J., Corbiere F., Holmøy I.H., Muri K., Nowak R., Rooke J., Vipond J. et Gautier J.M. (2016). « Invited review: Improving neonatal survival in small ruminants: Science into practice », *Animal*, vol. 10, n° 3, p. 449–459.
- Elsohaby I., Cameron M., Elmoslemany A., McClure J.T. et Keefe G. (2019). « Effect of passive transfer of immunity on growth performance of preweaned dairy calves », *Canadian Journal of Veterinary Research*, vol. 83 n° 2, p. 90–96.
- Fernández M.A., Alvarez L. et Zarco L. (2007). « Regrouping in lactating goats increases aggression and decreases milk production », *Small Ruminant Research*, vol. 70, n° 2–3, p. 228–232.
- Fleener W.A. et Stott G.H. (1980). « Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum », *Journal of Dairy Science*, vol. 63, n° 6, p. 973–977.
- Godden S., McMartin S., Feirtag J., Stabel J., Bey R., Goyal S., Metzger L., Fetrow J., Wells S. et Chester-Jones H. (2006). « Heat-treatment of bovine colostrum. II: Effects of heating duration on pathogen viability and immunoglobulin G », *Journal of Dairy Science*, vol. 89, n° 9, p. 3476–3483.
- Godden S.M., Haines D.M., Konkol K. et Peterson J. (2009). « Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed », *Journal of Dairy Science*, vol. 92, n° 4, p. 1758–1764.
- Godden S.M., Lombard J.E. et Woolums A.R. (2019). « Colostrum management for dairy calves », *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, vol. 35, n° 3, p. 535–556.

Godden S.M., Smolenski D.J., Donahue M., Oakes J.M., Bey R., Wells S., Sreevatsan S., Stabel J. et Fetrow J. (2012). « Heat-treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness », *Journal of Dairy Science*, vol. 95, n° 7, p. 4029–4040.

Gökce E., Atakisi O., Kirmizigül A.H. et Erdogan H.M. (2013). « Risk factors associated with passive immunity, health, birth weight and growth performance in lambs: II. Effects of passive immunity and some risk factors on growth performance during the first 12 weeks of life », *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, vol. 19, n° 4, p. 619–627.

Hailu D., Mieso G., Nigatu A., Fufa D. et Gamada D. (2006). « The effect of environmental factors on preweaning survival rate of Borana and Arsi-Bale kids », *Small Ruminant Research* vol. 66, n° 1–3, p. 291–294.

Hogan I., Doherty M., Fagan J., Kennedy E., Conneely M., Brady P., Ryan C. et Lorenz I. (2015). « Comparison of rapid laboratory tests for failure of passive transfer in the bovine », *Irish Veterinary Journal*, vol. 68.

Iji P.A., Umunna N.N., Alawa J.P. et Ikwuegbu O.A. (1996). « Performance indices of the West African dwarf goat under an improved management system in the subhumid zone of Nigeria », *Journal of Applied Animal Research*, vol. 9, n° 2, p. 119–128.

Kryzer A.A., Godden S.M. et Schell R. (2015). « Heat-treated (in single aliquot or batch) colostrum outperforms non-heat-treated colostrum in terms of quality and transfer of immunoglobulin G in neonatal Jersey calves », *Journal of Dairy Science*, vol. 98, n° 3, p.1870–1877.

Lima A.L., Moretti D.B., Montanari Nordi W., Pauletti P., Susin I. et Machado-Neto R. (2013). « Eletrophoretic profile of serum proteins of goat kids fed with bovine colostrum *in natura* and lyophilized », *Small Ruminant Research*, vol. 113, n° 1, p. 278–282.

Loste A., Ramos J.J., Fernández A., Ferrer L.M., Lacasta D., Verde M.T., Marca M.C. et Ortín A. (2008). « Effect of colostrum treated by heat on immunological parameters in newborn lambs », *Livestock Science*, vol. 117, n° 2, 176–183.

Martínez-Navalón B., Peris C., Gómez E.A., Peris B., Roche M.L., Caballero C., Goyena E. et Berriatua E. (2013). « Quantitative estimation of the impact of caprine arthritis encephalitis virus infection on milk production by dairy goats », *The Veterinary Journal*, vol. 197, n° 2, p. 311–317.

Massimini G., Mastellone V., Britti D., Lombardi P. et Avallone L. (2007). « Effect of passive transfer status on preweaning growth performance in dairy goat kids », *Journal of the American Veterinary Medical Association*, vol. 231, n° 12, p. 1873–1877.

Mazumdar N.K., Mazumdar A. et Goswami K.K. (1980). « Studies on some factors affecting mortality and survival rates in Pashmina kids », *Indian Journal of Animal Sciences*, vol. 50, n° 3, p. 251–255.

Mellado M., Del Angel E., Reboloso O. et Garcia E. (1998). « Immunoglobulin G concentration and neonatal survival of goat kids delivered in a pen or on open range », *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 37, n° 1–4, p. 33–39.

- Moretti D.B., Nordi W.M., Lima A.L., Pauletti P., Susin I. et Machado-Neto R. (2012a). « Enzyme activity in the small intestine of goat kids during the period of passive immunity acquisition », *Small Ruminant Research*, vol. 105, n° 1–3, p. 321–328.
- Moretti D.B., Nordi W.M., Lima A.L., Pauletti P., Susin I. et Machado-Neto R. (2012b). « Goat kids' intestinal absorptive mucosa in period of passive immunity acquisition », *Livestock Science* vol. 144, n° 1–2, p.1–10.
- Moretti D.B., Nordi W.M., Lima A.L., Pauletti P., Susin I. et Machado-Neto R. (2012c). « Lyophilized bovine colostrum as a source of immunoglobulins and insulin-like growth factor for newborn goat kids », *Livestock Science*, vol. 145, n° 1–3, p. 223–229.
- Nagyová V., Tóthová C. et Nagy O. (2017). « The impact of colostrum intake on the serum protein electrophoretic pattern in newborn ruminants », *Journal of Applied Animal Research*, vol. 45, n° 1, p. 498–504.
- Nordi W.M., Moretti D.B., Lima A.L., Pauletti P., Susin I. et Machado-Neto R. (2012). « Intestinal IgG uptake by small intestine of goat kid fed goat or lyophilized bovine colostrum », *Livestock Science*, vol. 144, n° 3, p. 205–210.
- O'Brien J.P. et Sherman D.M. (1993). « Serum immunoglobulin concentrations of newborn goat kids and subsequent kid survival through weaning », *Small Ruminant Research*, vol. 11, n° 1, p. 71–77.
- Oman R.E., Streeter R., Taylor J., Gilliam L. et Dawson L. (2018). « *Use of a digital brix refractometer to estimate serum immunoglobulin in goat kids* », American College of Veterinary Internal Medicine Forum, Seattle: Washington.
- Paez Lama S., Egea V., Grilli D., Fucili M., Allegretti L. et Guevara J.C. (2013). « Growth and economic performance of kid production under different rearing systems and slaughter ages in arid areas of Argentina », *Small Ruminant Research*, vol. 110, n° 1, p. 9–14.
- Peterhans E., Greenland T., Badiola J., Harkiss G., Bertoni G., Amorena B., Eliazewicz M., Juste R.A., Krassnig R., Lafont J-P., Lenihan P., Pétursson G., Pritchard G., Thorley J., Vitu C., Mornex J-F. et Pépin M. (2004). « Routes of transmission and consequences of small ruminant lentiviruses (SRLVs) infection and eradication schemes », *Veterinary Research*, vol. 35, p. 257–274.
- Pisarska A., Stefaniak T., Popławski M., Przewoźny M., Ratajski R., Polak A. et Nowacki W. (2002). « Transfer of maternal passive immunity to kids in goat herd », *Polish Journal Of Veterinary Sciences*, vol. 5, n° 4, p. 251–255.
- Pisoni G., Moroni P., Turin L. et Bertoni G. (2007). « Compartmentalization of small ruminant lentivirus between blood and colostrum in infected goats », *Virology*, vol. 369, n° 1, p. 119–130.
- Robison J.D., Stott G.H. et DeNise S.K. (1988). « Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer », *Journal of Dairy Science*, vol. 71, n° 5, p.1283–1287.
- Rodríguez C., Castro N., Capote J., Morales-delaNuez A., Moreno-Indias I., Sánchez-Macías D. et Argüello A. (2009). « Effect of colostrum immunoglobulin concentration on immunity in Majorera goat kids », *Journal of Dairy Science*, vol. 92, n° 4, p.1696–1701.

- Romero T., Beltrán M.C., Rodríguez M., De Olives A.M. et Molina M.P. (2013). « Short communication: Goat colostrum quality: Litter size and lactation number effects », *Journal of Dairy Science*, vol. 96, n° 12, p. 7526–7531.
- Rudovsky A., Locher L., Zeyner A., Sobiraj A. et Wittek T. (2008). « Measurement of immunoglobulin concentration in goat colostrum », *Small Ruminant Research*, vol. 74, n° 1-3, p. 265–269.
- Singh M.K., Rai B. et Sharma N. (2008). « Factors affecting survivability of Jamunapari kids under semi-intensive management system », *The Indian Journal of Animal Sciences*, vol. 78, n° 2, p. 178–181.
- Smith M.C. et Sherman D.M. (2009). « *Goat Medicine* (2^e éd.) », Wiley-Blackwell.
- Stabel J.R., Hurd S., Calvente L. et Rosenbusch R.F. (2004). « Destruction of *Mycobacterium paratuberculosis*, *Salmonella* spp., and *Mycoplasma* spp. in raw milk by a commercial on-farm high-temperature, short-time pasteurizer », *Journal of Dairy Science*, vol. 87, n° 7, p. 2177–2183.
- Stonos N., Wootton S.K., Quinton M. et Karrow N. (2013). « Seroprevalence of small ruminant lentivirus infection in Ontario goat herds », *Small Ruminant Research*, vol. 114, n° 2–3, p. 284–288.
- Sweeney R.W., Collins M.T., Koets A.P., McGuirk S.M. et Roussel A.J. (2012). « Paratuberculosis (Johne's disease) in cattle and other susceptible species », *Journal of Veterinary Internal Medicine*, vol. 26, n° 6, p. 1239–1250.
- Todd C.G., Bruce B., Deeming L. et Zobel G. (2019). « Short communication: Survival of replacement kids from birth to mating on commercial dairy goat farms in New Zealand », *Journal of Dairy Science*, vol. 102, n° 10, p. 9382–9388.
- Trujillo A.J., Castro N., Quevedo J.M., Argüello A., Capote J. et Guamis B. (2007). « Effect of heat and high-pressure treatments on microbiological quality and immunoglobulin g stability of caprine colostrum », *Journal of Dairy Science*, vol. 90, n° 2, p. 833–839.
- Tsiligianni T., Dovolou E., et Amiridis G.S. (2012). « Efficacy of feeding cow colostrum to newborn lambs », *Livestock Science*, vol. 149, n° 3, p. 305-309.
- Vacca G.M., Pazzola M., Piras G., Pira E., Paschino P. et Dettori M.L. (2014). « The effect of cold acidified milk replacer on productive performance of suckling kids reared in an extensive farming system », *Small Ruminant Research*, vol. 121, n° 2–3, p.161–167.
- Vihan V.S. (1993). « Use of *Escherichia coli* vaccine for passive protection against neonatal colibacillosis in goats », *Small Ruminant Research*, vol.11, n° 2, p. 179–185.
- Weaver D.M., Tyler J.W., VanMetre D.C., Hostetler D.E. et Barrington G.M. (2000). « Passive transfer of colostrum immunoglobulins in calves », *Journal of Veterinary Internal Medicine*, vol. 14, n° 6, p. 569–577.
- Wiking L. et Pedersen R.E. (2009). « Effects of heating colostrum in a microwave oven on immunoglobulin G concentration », *Acta Veterinaria Scandinavica*, vol.59, n° 1, p. 66–69.

Yalcin E., Temizel E.M., Yalcin A. et Carkungoz E. (2010). « Relationship with gamma glutamyl transferase activity and glutaraldehyde coagulation test of serum immunoglobulin G concentration in newborn goat kids », *Small Ruminant Research*, vol. 93, n° 1, p.61–63.

Zobel G., Rodriguez-Sanchez R., Hea S., Weatherall A. et Sargent R. (à venir en 2020). « Validation of Brix refractometers and a hydrometer for measuring the quality of caprine colostrum », *Journal of Dairy Science*.