

Année 2011

**ÉCORNAGE DU CHEVREAU :
PROCÉDURE, ANESTHÉSIE ET ANALGÉSIE**

THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

le.....

par

Marie LIRON

Née le 17 juillet 1986 à Paris 14ème

JURY

Président : Pr.

Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL

Membres

Directeur : Madame RAVARY-PLUMIOËN Bérangère

Maître de conférences à l'ENVA

Assesseur : Monsieur DESBOIS Christophe

Maître de conférences à l'ENVA

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur MIALOT Jean-Paul

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles, TOMA Bernard
Professeurs honoraires: MM. et Mme : BRUGERE Henri, BRUGERE-PICOUX Jeanne, BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, CLERC Bernard, CRESPEAU François, DEPUTTE Bertrand, LE BARS Henri, MOUTHON Gilbert, MILHAUD Guy, POUCHOLON Jean-Louis, ROZIER Jacques

DEPARTEMENT D'ELEVAGE ET DE PATHOLOGIE DES EQUIDES ET DES CARNIVORES (DEPEC)

Chef du département : M. POLACK Bruno, Maître de conférences - Adjoint : M. BLOT Stéphane, Professeur

- UNITE DE CARDIOLOGIE Mme CHETBOUL Valérie, Professeur Melle GKOUNI Vassiliki, Praticien hospitalier - UNITE DE CLINIQUE EQUINE M. AUDIGIE Fabrice, Professeur* M. DENOIX Jean-Marie, Professeur Mme GIRAUDET Aude, Praticien hospitalier Mme CHRISTMANN Undine, Maître de conférences Mme MESPOULHES-RIVIERE Céline, Maître de conférences contractuel Mme PRADIER Sophie, Maître de conférences Melle DUPAYS Anne-Gaëlle, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel - UNITE D'IMAGERIE MEDICALE Mme BEDU-LEPERLIER Anne-Sophie, Maître de conférences contractuel Mme STAMBOULI Fouzia, Praticien hospitalier - UNITE DE MEDECINE M. BLOT Stéphane, Professeur* M. ROSENBERG Charles, Maître de conférences Mme MAUREY-GUENEC Christelle, Maître de conférences Mme BENCHEKROUN Ghita, Maître de conférences contractuel - UNITE DE MEDECINE DE L'ELEVAGE ET DU SPORT M. GRANDJEAN Dominique, Professeur * Mme YAGUTYAN-COLLIARD Laurence, Maître de conférences contractuel - DISCIPLINE : NUTRITION-ALIMENTATION M. PARAGON Bernard, Professeur - DISCIPLINE : OPHTALMOLOGIE Mme CHAHORY Sabine, Maître de conférences	- UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES M. CHERMETTE René, Professeur * M. POLACK Bruno, Maître de conférences M. GUILLOT Jacques, Professeur Mme MARIENAC Geneviève, Maître de conférences M. HUBERT Blaise, Praticien hospitalier M. BLAGA Radu Gheorghe, Maître de conférences (rattaché au DPASP) - UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE M. FAYOLLE Pascal, Professeur * M. MOISSONNIER Pierre, Professeur M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences M. NIEBAUER Gert, Professeur contractuel Mme VIATEAU-DUVAL Véronique, Maître de conférences Mme RAVARY-PLUMIOEN Bérangère, Maître de conférences (rattachée au DPASP) M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences - UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences* M. NUDELMANN Nicolas, Maître de conférences M. REMY Dominique, Maître de conférences (rattaché au DPASP) M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences Mme CONSTANT Fabienne, Maître de conférences (rattachée au DPASP) Mme MASSE-MOREL Gaëlle, Maître de conférences contractuel (rattachée au DPASP) M. MAUFFRE Vincent, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel, (rattaché au DPASP) - DISCIPLINE : URGENCE SOINS INTENSIFS Mme ROUX Françoise, Maître de conférences
--	---

DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES ET DE LA SANTE PUBLIQUE (DPASP)

Chef du département : M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences - Adjoint : Mme DUFOUR Barbara, Professeur

- DISCIPLINE : BIOSTATISTIQUES M. DESQUILBET Loïc, Maître de conférences - UNITE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE M. BOLNOT François, Maître de conférences * M. CARLIER Vincent, Professeur Mme COLMIN Catherine, Maître de conférences M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Maître de conférences - UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES M. BENET Jean-Jacques, Professeur* Mme HADDAD/HOANG-XUAN Nadia, Professeur Mme DUFOUR Barbara, Professeur Melle PRAUD Anne, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel,	- UNITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR M. ADJOU Karim, Maître de conférences * M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences M. BELBIS Guillaume, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel, M. HESKIA Bernard, Professeur contractuel - UNITE DE ZOOTECHNIE, ECONOMIE RURALE Mme GRIMARD-BALLIF Bénédicte, Professeur* M. COURREAU Jean-François, Professeur M. BOSSE Philippe, Professeur Mme LEROY-BARASSIN Isabelle, Maître de conférences M. ARNE Pascal, Maître de conférences M. PONTER Andrew, Professeur
--	--

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

Chef du département : Mme COMBRISSE Hélène, Professeur - Adjoint : Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences

- UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES M. CHATEAU Henry, Maître de conférences* Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur M. DEGUEURCE Christophe, Professeur Mme ROBERT Céline, Maître de conférences - DISCIPLINE : ANGLAIS Mme CONAN Muriel, Professeur certifié - UNITE DE BIOCHIMIE M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences* M. BELLIER Sylvain, Maître de conférences - DISCIPLINE : EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE M. PHILIPS, Professeur certifié - UNITE DE GENETIQUE MEDICALE ET MOLECULAIRE Mme ABITBOL Marie, Maître de conférences* M. PANTHIER Jean-Jacques, Professeur - UNITE D'HISTOLOGIE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur * Mme LALOY Eve, Maître de conférences contractuel Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences M. REYES GOMEZ Edouard, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel,	- UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur* M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur M. MAGNE Laurent, Maître de conférences contractuel - UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE M. TISSIER Renaud, Maître de conférences* Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur M. PERROT Sébastien, Maître de conférences - UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE Mme COMBRISSE Hélène, Professeur* M. TIRET Laurent, Maître de conférences Mme PILOT-STORCK Fanny, Maître de conférences - UNITE DE VIROLOGIE M. ELOIT Marc, Professeur * Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences - DISCIPLINE : ETHOLOGIE Mme GILBERT Caroline, Maître de conférences
---	---

* responsable d'unité

REMERCIEMENTS

Au Professeur de la faculté de médecine de Créteil,

Qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse. Hommage respectueux.

Au Docteur Bérangère RAVARY-PLUMOËN, Maître de conférences à l'ENVA,

Qui m'a encadrée, chaleureux remerciements pour son soutien, sa rigueur et ses conseils avisés dans ce travail.

Au Docteur Christophe DESBOIS, Maître de conférences à l'ENVA,

*Qu'il reçoive toute ma reconnaissance pour avoir accepté d'être l'assesseur de cette thèse.
Sincères Remerciements.*

À tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à la préparation de ce travail, en particulier **au Docteur Sylvie Blain**, avec l'expression de mon plus profond respect et de mes plus sincères remerciements.

« - Je veux aller dans la montagne, monsieur Seguin.

- Mais, malheureuse, tu ne sais pas qu'il y a le loup dans la montagne...
Que feras-tu quand il viendra ?...

- Je lui donnerai des coups de corne, monsieur Seguin.

- Le loup se moque bien de tes cornes. Il m'a mangé des biques autrement encornées que toi...
Tu sais bien, la pauvre vieille Renaude qui était ici l'an dernier ?
Une maîtresse chèvre, forte et méchante comme un bouc.
Elle s'est battue avec le loup toute la nuit...
Puis, le matin, le loup l'a mangée. »

Alphonse Daudet, 1887.

ÉCORNAGE DU CHEVREAU :

PROCÉDURE, ANESTHÉSIE ET ANALGÉSIE

NOM et Prénom : LIRON Marie

Résumé :

L'écornage est l'une des procédures chirurgicales des plus pratiquées chez les caprins d'élevage afin, notamment, d'assurer la sécurité de l'éleveur et des autres animaux. La compréhension de la morphologie, de l'anatomie et de la physiologie des cornes et de leurs annexes sébacées est fondamentale à la réussite de l'écornage. Le déroulement de la procédure doit être parfaitement maîtrisé afin d'éviter les accidents et les complications. Les modifications comportementales et physiologiques observées lors d'écornage sans anesthésie ou analgésie permettent de dire qu'il s'agit d'un acte douloureux. Néanmoins, le manque d'études sur la gestion analgésique et anesthésique lors de l'écornage des caprins impose bien souvent une réflexion par analogie d'espèce. Il convient toutefois de gérer ou réduire la douleur en écornant tôt les chevreaux, en minimisant les facteurs de stress associés à la procédure et en réalisant une anesthésie (locale et/ou générale) et/ou une analgésie. Cependant, pour l'instant, il n'existe pas de protocole anesthésique et/ou analgésique simple, efficace et peu coûteux utilisable dans un contexte d'élevage.

Mots clés : ECORNAGE / CORNE / CHIRURGIE / DOULEUR / ANESTHESIE / ANALGESIE / RUMINANT / CAPRIN / CHEVREAU

Jury :

Président : Pr.

Directeur : Dr. B. RAVARY-PLUMIOËN

Assesseur : Dr. C. DESBOIS

KID'S DISBUDDING :

SURGERY, ANESTHESIA AND ANALGESIA

SURNAME and Given name : LIRON Marie

Summary :

Disbudding is one of the most performed surgeries on farmed goats, mainly to provide proper security for the breeder and for the other animals. A complete understanding of the morphology, anatomy and physiology of the horns and their scent glands is fundamental for a successful disbudding. The process must be perfectly controlled to avoid any complication or accident. Behavioral and physiological modifications observed during disbudding performed without anesthesia or analgesia lead to assume that it is in fact a painful act. However, the lack of studies concerning analgesic and anesthetic management in kids' disbudding requires a comparative study with other animal species. Still, it is necessary to manage or reduce the pain felt by the animals, by performing the surgery early in the kids life, by minimizing the stress-inducing factors related to the procedure and by the use of anesthesia (local and/or general) and/or analgesia. Nevertheless, at the time being, there is no anesthetic/analgesic protocol which would be at the same time simple, efficient, low-priced and usable in a stock breeding context.

Keywords : DISBUDDING / HORN / SURGERY / PAIN / ANESTHESIA / ANALGESIA / RUMINANT / GOAT / KID

Jury :

President : Pr.

Director : Dr. B. RAVARY-PLUMIOËN

Assessor : Dr. C. DESBOIS

SOMMAIRE

TABLE D'ILLUSTRATION	7
-----------------------------	----------

LISTE DES ABRÉVIATIONS	11
-------------------------------	-----------

INTRODUCTION	13
---------------------	-----------

PREMIÈRE PARTIE : RAPPELS MORPHOLOGIQUES, ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DES CORNES ET DES ANNEXES SÉBACÉES CHEZ LES CAPRINS

A] Morphologie cornuale	15
1. Nombre de cornes	15
1.1. Détermination génétique d'une chèvre motte	15
1.2. Gène PIS (Polled Intersex Syndrome)	16
1.2.1. Découverte du gène PIS	16
1.2.2. Fréquence génique de l'allèle PIS -	16
1.2.3. Conséquences phénotypiques	17
1.2.3.1. À la naissance	17
1.2.3.2. Chez le jeune	18
1.2.3.3. Chez l'adulte	18
1.3. Conclusion : Intérêt ou non de la sélection du caractère «motte » comme alternative à l'écornage en élevage caprin	19
2. Conformation des cornes	19
2.1. Emplacement des processus cornuaux	19
2.2. Orientation des cornes	20
2.3. Aspect de la surface des cornes	20
2.4. Section transverse des cornes	20
3. Dimension des cornes	21
B] Anatomie et rapports cornuaux	21
1. Anatomie et histologie des cornes	21
1.1. Cheville osseuse et sinus du cornillon	22
1.2. Membrane kératogène	22
1.3. Étui corné	22
2. Innervation cornuale	23
2.1. Branche cornuale du nerf infratrochléaire	24
2.2. Branche cornuale du nerf zygomatiko-temporal	24
3. Vascularisation cornuale	24
3.1. Artérielle	24
3.2. Veineuse	25
3.3. Lymphatique	26
4. Glandes sébacées cornuales	26
C] Physiologie des cornes et des glandes sébacées annexes	27
1. Embryologie des bourgeons cornuaux	27
2. Croissance cornuale	27
2.1. Âge d'apparition du cornage	27
2.2. Développement cornual après la naissance	27
2.3. Variabilités intrinsèques et extrinsèques	28

2.4. Datation à partir des cornes	28
3. Rôles des cornes	29
3.1. Arme	29
3.1.1. Interactions homospécifiques	29
3.1.2. Interactions hétérospécifiques	30
3.2. Régulation thermique	30
3.3. Outil	31
4. Rôles des glandes sébacées cornuales	31

DEUXIÈME PARTIE : ÉCORNAGE EN ÉLEVAGE CAPRIN, UNE PROCÉDURE ZOOTECHNIQUE DE ROUTINE

A] Importance de l'élevage caprin français	33
1. Nombre de caprins	33
1.1. Répartition européenne des élevages caprins	33
1.2. Répartition nationale des élevages caprins	33
2. Productions caprines françaises	33
B] Justifications de la pratique de l'écornage	33
1. Arguments en faveur de l'écornage	34
1.1. Sécurité	34
1.1.1. Pour l'homme	34
1.1.2. Pour les autres animaux	34
1.2. Gestion de l'espace	35
1.2.1. Espace à l'auge	35
1.2.2. Espace de l'aire de couchage	37
1.2.3. Espace lors du transport	37
1.3. Dégâts matériels	38
1.4. Modification des comportements	38
1.5. Utilisations pratiques des cornes par l'homme	38
2. Arguments en faveur de la persistance des cornes	38
2.1. Éthique	38
2.2. Contention	39
2.3. Coûts	39
2.3.1. Financier	39
2.3.2. Humain	39
2.3.3. Temps	39
2.4. Comportement et réactions de défense	40
2.5. Esthétique	40
C] Moment de l'écornage	41
1. Âge des caprins	41
1.1. Intérêts d'un écornage précoce	41
1.2. Âge idéal	41
2. Influence du sexe, du poids et de la race	42
3. Techniques employées	43
4. Saison et conditions climatiques	43
5. Pratique actuelle et conclusions	43
D] Temps opératoires	43
1. Pré-écornage	43
1.1. Pesée	43
1.2. Préparation du site d'écornage	43
1.2.1. Tonte	43
1.2.2. Asepsie	44
1.3. Contention	44
1.3.1. Contention chimique	44
1.3.2. Contention physique	44

1.3.2.1. Utilisation de matériels de contention	44
1.3.2.2. Contention manuelle	45
1.4. Anesthésie locale	46
2. Écornage proprement-dit	46
2.1. Différents procédés	46
2.1.1. Cautérisation chimique	46
2.1.2. Cautérisation thermique	47
2.1.2.1. Matériels	47
2.1.2.2. Technique	49
2.1.3. Procédés physiques	53
2.1.3.1. Excision chirurgicale	53
2.1.3.2. Électrodessiccation	53
2.2. Avantages et inconvénients des différents procédés	53
3. Temps post-écornage	55
3.1. Prophylaxie de la plaie	55
3.2. Prophylaxie antitétanique	56
E] Complications	56
1. Repousse des cornes	56
2. Méningo-encéphalite	57
2.1. Clinique	57
2.2. Histologie et bactériologie	58
2.3. Traitement	58
2.4. Facteurs de risque et prophylaxie	58
3. Autres complications infectieuses	58
3.1. Tétanos	58
3.2. Listériose	59
3.3. Myiases	59
3.4. Sinusite	59
4. Complications traumatiques	60
4.1. Fracture	60
4.2. Hémorragie	60
4.3. Brûlures	60
F] Ablation ou cautérisation des glandes sébacées cornuales	60
1. Conséquences physiologiques	60
1.1. Conséquences sur l'odeur émise	60
1.2. Conséquences sur la fonction de reproduction	60
2. Technique d'ablation ou de cautérisation des glandes sébacées cornuales	61

TROISIÈME PARTIE : ÉCORNAGE EN ÉLEVAGE CAPRIN, UNE PRATIQUE DOULOUREUSE

A] Rappels sur la douleur	63
1. Définitions	63
1.1. Classification temporelle de la douleur	64
1.2. Classification physiopathologique	64
2. Physiopathologie de la nociception	64
2.1. Phase lésionnelle	65
2.1.1. Transduction	65
2.1.2. Transmission et modulation	65
2.1.3. Projection et perception	65
2.2. Phase inflammatoire	65
3. Manifestations de la douleur	67
3.1. Critères physiologiques, comportementaux et zootechniques	67
3.2. Limites	69

B] Mise en évidence de la douleur lors de l'écornage	69
1. Chez le chevreau	69
2. Douleur chez les nouveau-nés : analogies inter-espèces	72
C] Gestion anesthésique	72
1. Préambule à l'utilisation des anesthésiques : droits et devoirs attachés à la prescription	72
1.1. Cascade de prescription	72
1.2. Temps d'attente	73
1.3. Principaux principes actifs anesthésiques autorisés en médecine d'élevage	73
2. Particularités physiologiques du nouveau-né et pharmacocinétique des anesthésiques / analgésiques	74
2.1. Appareil cardiovasculaire	75
2.2. Appareil respiratoire	75
2.3. Système nerveux	76
2.4. Reins et foie	76
2.5. Autres	76
2.5.1. Thermogénèse	76
2.5.2. Composition grasseuse, musculaire et aqueuse	76
2.5.3. Protéines de transport	77
3. Préparation pré-opératoire	77
3.1. Examen clinique	77
3.2. Préparation de l'animal	77
4. Sédation	77
4.1. Benzodiazépines	78
4.2. $\alpha 2$ -agonistes	78
4.2.1. Xylazine	78
4.2.2. Médétomidine	78
4.2.3. Détomidine	78
4.3. Phénothiazines	79
4.4. Kétamine	79
5. Anesthésie générale	79
5.1. Prémédication	79
5.1.1. Sédatifs	80
5.1.2. Anticholinergiques	80
5.1.3. Analgésiques	80
5.2. Anesthésie gazeuse	80
5.2.1. Induction par voie parentérale	80
5.2.2. Induction par inhalation	81
5.2.3. Maintien	82
5.3. Anesthésie fixe	84
5.3.1. Xylazine	84
5.3.1.1. Protocoles	84
5.3.1.2. Antagonistes de la xylazine	84
5.3.2. Xylazine et kétamine	85
5.3.3. Xylazine, kétamine et atropine	85
5.3.4. Mélange de kétamine, xylazine et butorphanol	86
5.3.5. Propofol	86
5.3.6. Alphaxalone	86
5.4. Surveillance	87
5.4.1. Stades de Guedel	87
5.4.2. Monitoring	87
5.4.3. Réveil	88
D] Gestion analgésique	88
1. Préambule à l'utilisation des analgésiques : droits et devoirs attachés à la prescription	88
2. Anesthésie locale cornuale	90
2.1. Effets de l'anesthésie locale	90
2.2. Réalisation de l'anesthésie locale cornuale	92
2.2.1. Sites d'injection et technique	92
2.2.2. Posologie	93
2.2.3. Effets	94
2.3. Discussion	95

3. Opioïdes	96
4. Anti-inflammatoires non stéroïdiens	97
4.1. Oxicams	97
4.2. Dérivés aryl-carboxyliques	98
4.2.1. Kétoprofène	98
4.2.2. Carprofène	99
4.2.3. Ibuprofène	99
4.2.4. Acide tolfénamique	99
4.3. Fénamates	99
4.4. Salicylés	100
4.5. Pyrazolés	100
4.6. Discussion	100
5. Anesthésiques analgésiques	100
 CONCLUSION	 103
 BIBLIOGRAPHIE	 105

TABLE D'ILLUSTRATION

Table des figures

Figure 1 : Vue dorsale des deux épis de poils chez un chevreau corné, Saanen, âgé de 10 jours.

Figure 2 : Vue dorsale de l'épi central chez un chevreau motte, Saanen, âgé de 6 jours.

Figure 3 : Vue latérale d'une tête osseuse de chèvre (*Capra hircus*).

Figure 4 : Aspect des cornes chez une chèvre de race Rove (à gauche) et Poitevine (à droite).

Figure 5 : Aspect de la section transverse (après section) d'un cornillon chez un chevreau de plus de 15 jours (vue droite).

Figure 6 : Schéma d'une coupe longitudinale de corne de chèvre adulte (*Capra hircus*).

Figure 7 : Innervation de la corne gauche d'une chèvre (*Capra hircus*).

Figure 8 : Vascularisation cornuale chez la chèvre Toggenburg (*Capra hircus*).

Figure 9 : Localisation schématique des glandes cornuales (en rouge) chez la chèvre.

Figure 10 : Distance moyenne d'une chèvre vis-à-vis de ses congénères à l'auge en fonction du nombre de places à l'auge.

Figure 11 : Proportion du temps passé à s'alimenter d'une chèvre, pendant la période d'observation, en fonction du nombre de places à l'auge.

Figure 12 : Nombre de couples, dans chaque lot (jeune vs. adulte, cornu vs. sans corne), en fonction des réactions d'interaction agonistique (évitement, menace ou attaque) quand la « distance individuelle » est atteinte pour un couple de chèvre donné.

Figure 13 : Schéma d'une boîte de contention destinée à l'écornage des chevreaux.

Figure 14 : Contention physique à deux opérateurs d'un chevreau Saanen lors d'écornage par cautérisation des bourgeons cornuaux.

Figure 15 : Fers thermiques électriques classique (à gauche) et de dernière génération sans fil « Horn up » (à droite).

Figure 16 : Saignement des vaisseaux cornuaux suite à la coupe au sécateur de la corne droite, d'une chevrette alpine de plus de 2 semaines.

Figure 17 : Mouvement de rotation (ici dans le sens trigonométrique) de l'embout (d'un diamètre d'1,8 centimètre) du fer électrique autour du bourgeon cornual.

Figure 18 : Plaie en « cercle cuivré » au niveau du bourgeon cornual droit d'un chevreau, suite à sa cautérisation au fer électrique.

Figure 19 : Repousse de cornes déformées, chez une chèvre alpine chamoisée adulte, plusieurs années après un écornage mal réalisé.

Figure 20 : Schématisation de la physiopathologie de la nociception chez les bovins.

Figure 21 : Évolution de la cortisolémie moyenne (nmol/L) en fonction du temps (avant et après l'écornage) dans les 2 groupes (écorné et témoin).

Figure 22 : Fréquences des mouvements d'évitement (a) et des vocalises (b) et pourcentage de chevreaux présentant des mouvements et des vocalises de forte intensité (c) chez des chevreaux soumis ou non à un écornage et/ou à une anesthésie locale des bourgeons.

Figure 23 : Cinétique de la cortisolémie moyenne (nmol/L) chez des chevreaux soumis ou non à un écornage et/ou à une anesthésie locale des bourgeons cornuaux.

Figure 24 : Sites d'injection de l'anesthésique local chez les caprins en vue de l'anesthésie de la corne.

Figure 25 : Moyenne (+/- écart-type) du score de douleur chez les chevreaux traités ou non au méloxicam le lendemain de l'écornage.

Table des tableaux

Tableau 1 : Phénotypes caprins selon le sexe chromosomique et le génotype PIS.

Tableau 2 : Âges idéal et maximal pour la réalisation de l'écornage, en fonction éventuellement de la race et/ou du sexe, chez le chevreau.

Tableau 3 : Diamètre(s) de l'embout de l'écorneur conseillé chez les chevreaux.

Tableau 4 : Protocoles proposés lors de l'écornage thermique des chevreaux.

Tableau 5 : Avantages et inconvénients des différentes méthodes d'écornage d'après des données établies chez les caprins voire les bovins.

Tableau 6 : Liste des paramètres physiologiques et comportementaux susceptibles d'être modifiés par la douleur chez les mammifères.

Tableau 7 : Anesthésiques et/ou sédatifs et/ou anxiolytiques +/- analgésiques utilisés en médecine vétérinaire en France.

Tableau 8 : Doses des anesthésiques volatiles et de l'oxygène, chez les caprins (chevreau ou adulte), lors de l'induction et/ou du maintien d'une anesthésie générale, selon le circuit utilisé.

Tableau 9 : Protocoles d'anesthésie générale à la xylazine chez le chevreau.

Tableau 10 : Présentation des posologies des antagonistes des $\alpha 2$ -agonistes, chez les petits ruminants, par voie intraveineuse.

Tableau 11 : Principes actifs analgésiques utilisés en médecine vétérinaire en France.

Tableau 12 : Protocoles anesthésiques employés lors d'anesthésie locale cornuale chez le chevreau.

Tableau 13 : Protocoles analgésiques à base de butorphanol chez les caprins.

Tableau 14 : Protocoles analgésiques à base de buprénorphine chez les caprins.

Tableau 15 : Protocoles d'administration de la méglumine de flunixin chez les caprins.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AINS : Anti Inflammatoire Non Stéroïdien
AMM : Autorisation de Mise sur le Marché
ANMV : Agence Nationale du Médicament Vétérinaire
ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AVMA : American Veterinary Medical Association
BPES : Blepharophymosis-Ptois-Epicanthus inversus Syndrome
COX : CycloOXygenase
CSP : Code de la Santé Publique
DEFRA : Department for Environment Food and Rural Affairs
FAWC : Farm Animal Welfare Council
Fc : Fréquence cardiaque
FOXL2 : Forkhead box L2
GABA : Gamma Aminobutyric Acid
INRA : Institut National de Recherche en Agronomie
IM : Intramusculaire
IV : Intraveineux
LMR : Limite Maximale de Résidus
NGF : Nerve Growth Factor
NMDA : N-Méthyl-D-Aspartate
PIS : Polled Intersex Syndrome
PISRT1 : PIS-Regulated Transcript1
PO : Per Os
RCP : Résumé des Caractéristiques du Produit
SC : Sous Cutanée
SNC : Système Nerveux Central
SRY : Sex-determining Region of Y chromosome
TMB : Taux Métabolique de Base
TMR : Taux Métabolique au Repos
VES : Volume d'Éjection Systolique
VTD : Volume d'éjection Télé-Diastolique

INTRODUCTION

Apprivoisée il y a environ 10 000 années, la chèvre (*Capra hircus*) est très certainement le premier ruminant domestiqué par l'homme (Dubeuf et Boyazoglu, 2009). C'est une espèce sociable, curieuse et intelligente, élevée pour sa viande, son lait, son cuir et son pelage.

Depuis les années 1950, l'élevage caprin s'est fortement intensifié dans les pays occidentaux, permettant de hauts rendements zootechniques. Parallèlement, l'intérêt des consommateurs et de la société pour le bien-être des animaux d'élevage a constamment augmenté, ainsi que la perception de l'animal en tant qu'être sensible.

Un organisme gouvernemental britannique de référence, le Farm Animal Welfare Council (FAWC), a établi en 1979, « cinq libertés », assurant le bien-être de n'importe quel animal de rente : l'absence de faim, de soif et de malnutrition, la présence d'abris appropriés et de confort, l'absence de maladie et de blessure, l'expression des comportements normaux et l'absence de peur et d'anxiété (FAWC, 1979). Néanmoins, la Convention Européenne sur la protection des animaux d'élevage, inspirée de ces « cinq libertés » a autorisé la pratique de l'écornage en Europe. D'après l'article 28 (recommandations concernant les caprins) du Comité permanent, « les procédures entraînant une lésion tissulaire ou une modification de la structure osseuse, ou qui causent une douleur ou une « souffrance » significative sont interdites, à l'exception (sous réserve d'une législation nationale existante) de l'écornage notamment » (Convention Européenne sur la protection des animaux d'élevage, 1992). Pourtant, l'écornage porte atteinte aux trois dernières libertés de la FAWC. Car si l'on accepte la combinaison de modifications comportementales et physiologiques comme potentiellement indicatrice d'une douleur, l'écornage des chevreaux sans anesthésie et/ou analgésique est un acte douloureux.

Actuellement, sur une population caprine mondiale d'environ 800 millions de têtes (Dubeuf et Boyazoglu, 2009), 8 à 10 % des animaux sont écornés sans gestion anesthésique et/ou analgésique. Soixante-neuf pourcent des vétérinaires et seulement un tiers des producteurs mettent en place un traitement analgésique lors de cette procédure (Valdmanis *et al.*, 2007).

Le comité permanent de la Convention Européenne sur la protection des animaux d'élevage (1992) achève l'article 28 sur la difficulté de l'écornage chez la chèvre, même sous anesthésie du fait de son anatomie cornuale. En effet, un caprin n'est pas un bovin ; il possède des caractéristiques morphologiques et anatomiques spécifiques.

Le travail de cette thèse porte donc sur l'écornage des chevreaux, dans un contexte d'élevage.

Il devait initialement intégrer une partie expérimentale sur l'effet de l'anesthésie locale lors d'écornage chez les chevreaux, l'auteur de la thèse ayant participé à la réalisation pratique de cette expérience menée à Grignon en partenariat avec l'INRA. Toutefois, l'analyse des données issues de l'expérimentation n'a pas été réalisée dans le temps imparti à la rédaction de la thèse. De ce fait, le travail présenté dans ce mémoire a été limité à une synthèse bibliographique sur l'écornage des chevreaux de moins de 6 à 8 semaines. Toutefois, l'auteur intègre dans ce travail bibliographique quelques données personnelles issues de cette expérience.

Dans un premier temps, un rappel est fait sur la morphologie cornuale des *Capra hircus*. Un aparté génétique sur les chèvres mottes permet de comprendre pourquoi celles-ci ne peuvent constituer une alternative à l'écornage. Enfin, l'anatomie et la physiologie cornuales sont exposées. Elles constituent le socle à la compréhension des implications de l'écornage.

Dans un deuxième temps, la justification de l'écornage, notamment en élevage, est discutée, avant que les différentes procédures opératoires soient exposées ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients, ou les éventuels accidents et complications qui peuvent survenir. Seules les techniques d'écornage employées chez les chevreaux de moins de 6 à 8 semaines y sont présentées. Enfin, les conséquences physiologiques et la procédure d'ablation ou de cautérisation des annexes cornuales sébacées sont détaillées.

Dans un troisième et dernier temps, la douleur provoquée par l'écornage est présentée en termes de signes, de manifestation et d'intensité, avant de s'intéresser aux moyens à mettre en œuvre pour la réduire. Ainsi, l'anesthésie et l'analgésie spécifiques aux nouveau-nés et aux caprins sont détaillées.

PREMIÈRE PARTIE : RAPPELS MORPHOLOGIQUES, ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DES CORNES ET DES ANNEXES SÉBACÉES CHEZ LES CAPRINS

Les caprins faisant partis de la famille des Bovidés et de la superfamille des cavicornes, ils possèdent normalement une paire de cornes permanentes, sauf certains sujets naturellement dépourvus de corne.

La compréhension de l'anatomie et de la physiologie cornuales est fondamentale en préambule à l'écornage.

A] Morphologie cornuale

La morphologie cornuale chez les caprins varie d'une race à une autre, mais également entre individus d'une même race. Il existe des caractéristiques intrinsèques individuelles, telles que le sexe, l'âge, ou les particularités génétiques ; et des caractéristiques extrinsèques, principalement liées à l'environnement et l'alimentation de l'animal.

1. Nombre de cornes

Les chèvres domestiques (*Capra hircus*) sont pourvues de cornes frontales, permanentes et paires, dans les deux sexes, quelle que soit la race (contrairement aux moutons). La polykératie (définie par la présence de cornes surnuméraires) et l'absence de corne constituent des anomalies individuelles visibles chez certains sujets.

Les animaux polycères (c'est-à-dire les animaux possédant des cornes surnuméraires) semblent bien plus fréquents chez les petits ruminants par rapport aux bovins. Les principaux cas décrits dans la littérature portent sur les tétracères : animaux à quatre cornes. Des crânes complets de boucs et chèvres tétracères sont visibles au laboratoire d'anatomie comparée du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris. Un cas d'une chèvre à 8 cornes est décrit par Lush (1926). Néanmoins, de telles anomalies surviennent très rarement. La pluralité des cornes est due à une mutation génétique entraînant la division des chevilles osseuses (Putelat, 2005). Certains animaux peuvent présenter une « fausse » polykératie, une polykératie apparente faisant suite à un écornage mal réalisé. Dans ce cas, les chevilles osseuses atrophiées repoussent de façon désordonnée avec des déformations et des divisions mais il n'y a pas d'étui corné supplémentaire.

Les chèvres sans corne (également appelées « mottes », « inermes » ou « acères » en français et « polled » en anglais) sont par contre bien plus fréquentes que les chèvres polycères. Cette anomalie génétique est actuellement bien connue et est même pris en compte dans les programmes de reproduction caprine.

1.1. Détermination génétique d'une chèvre motte

Le caractère « motte » est connu depuis la fin du XIX^{ème} siècle et proviendrait initialement de souches suisses. L'intérêt zootechnique pour ce phénotype a été tel que le premier animal aurait été utilisé comme géniteur dans de nombreux pays d'élevage caprin (notamment en Europe, en Amérique du Sud, aux États-Unis ou en Israël).

La présence ou l'absence de cornes est déterminée génétiquement. Le gène responsable du cornage est appelé gène p (pour « polled ») et possède deux allèles : p (allèle sauvage gouvernant la présence des cornes) et P (allèle muté induisant une absence de corne).

Le mode de transmission du caractère motte, étudié par Asdell et Crew (1925), se révèle monofactoriel autosomal dominant dans les deux sexes. Ainsi, les sujets hétérozygotes P/p et homozygotes P/P sont dépourvus de corne.

1.2. Gène PIS (Polled Intersex Syndrome)

1.2.1. Découverte du gène PIS

Chez les caprins, un certain nombre de sujets mottes peuvent se révéler stériles. Un lien entre la présence ou l'absence de cornes et la fonction de reproduction (troubles de la différenciation sexuelle, prolificité, décalage du sexe-ratio ...) a été émis en 1943, suite à une enquête auprès d'éleveurs (Paget, 1943). En effet, il est apparu à cette époque qu'il existait un déficit considérable des femelles dans les troupeaux sans cornes. De ce fait, Asdell (1944) émet l'hypothèse que le gène dominant pour l'absence de cornes est étroitement lié au gène récessif d'intersexualité et suppose que les intersexués (de phénotype mâle) sont en fait des femelles génétiques XX. En effet, on parle d'intersexualité ou d'ambiguïté sexuelle, lorsque les organes génitaux sont difficiles ou impossibles à définir comme mâles ou comme femelles selon les standards habituels. Le lien entre le syndrome intersexué et le caractère motte est alors démontré dans les races Alpine (Boyajean, 1969), Saanen (Soller *et al.*, 1963) et Toggenburg (Eaton, 1944).

Il faut attendre les progrès de la biologie moléculaire pour identifier la mutation du gène p, aujourd'hui nommée PIS (-), à la place de P. Grâce à l'utilisation de marqueurs microsatellites d'origine bovine, Vaiman *et al.* (1996) localisent le locus du gène PIS dans la région télomérique du chromosome 1 caprin. Par clonage positionnel, Pailhous *et al.* (2001) démontrent par la suite que la mutation PIS repose sur une délétion d'un élément d'ADN de 11,7 kilobases.

Or, le gène PIS intervient dans l'expression d'au moins deux autres gènes : PISRT1 (PIS-Regulated Transcript1) et FOXL2 (Forkhead boX L2), qui agiraient de façon synergique pour déterminer le sexe femelle et promouvoir la différenciation ovarienne (Vaiman, 2005). Ceci explique donc l'impact de ce gène codant pour la présence ou l'absence de cornes, sur la fonction de reproduction des caprins. Toutefois, la transmission du syndrome d'intersexualité est récessive, tandis que la transmission du caractère motte est dominante. La mutation PIS touche à la fois les caprins mâles et femelles, mais seules les femelles subissent une inversion sexuelle (voir première partie A] 1.2.3.3.).

1.2.2. Fréquence génique de l'allèle PIS -

La fréquence de l'allèle PIS - a été étudiée de 1967 à 1979, chez 4 populations caprines françaises (Alpine chamoisée, Saanen, Poitevine et races croisées), grâce aux déclarations de naissance des animaux conservés pour la reproduction (Ricordeau et Sanchez, 1981).

L'effort de sélection d'individus cornus a été le plus important en race Alpine chamoisée, avec une fréquence génique de l'allèle p (allèle sauvage gouvernant la présence des cornes) passée de 0,45 en 1961-1962 à 0,89 en 1979. Les auteurs estiment cette fréquence à 0,99 en 1994, en cas d'utilisation exclusive de boucs cornus. Malheureusement, il n'existe pas d'étude plus récente. En race Saanen, la fréquence génique de l'allèle p est la plus basse des 4 races étudiées et a augmenté de 0,50, en 1961 à 0,77 en 1979. En race Poitevine, le problème de l'élimination des individus mottes est plus complexe du fait des accouplements imposés pour maintenir la variabilité génétique.

Actuellement, le caractère motte ne représenterait plus que 0,2 à 0,4 % de la population caprine française au contrôle laitier (qui représente environ 400 000 chèvres soit 45% des effectifs français) (communications personnelles de Pierre Martin, responsable technique Capgènes).

1.2.3. Conséquences phénotypiques

1.2.3.1. À la naissance

Le caractère « présence » ou « absence » de cornes peut être connu dès la naissance, avant même l'apparition du cornage. En effet, la présence d'un épi de poils à l'emplacement théorique de chacun des bourgeons cornés, peut servir d'indice quant à la pousse ultérieure des cornes (figure 1). Par contre, les chevreaux mottes ne disposent généralement pas de ces 2 épis de poils latéraux mais d'un seul épi central (figure 2).

La forte corrélation entre la présence d'épis en régions cornuales et le cornage a été scientifiquement vérifiée par Ricordeau et Bouillon (1969) sur 595 chevreaux. Dans seulement 3,5% des cas, cette relation n'a pas été vérifiée : 14 jeunes (sur 381) présentant 2 épis sont restés mottes et 9 (sur 277) sans épis latéraux sont devenus cornus.

Figure 1 : Vue dorsale des deux épis de poils chez un chevreau corné, Saanen, âgé de 10 jours (cliché personnel).



Figure 2 : Vue dorsale de l'épi central chez un chevreau motte, Saanen, âgé de 6 jours (cliché personnel).



Un autre moyen existe pour différencier des chevreaux mottes et cornus, avant la pousse des cornes. Chez les chevreaux mottes, à l'emplacement théorique de chaque corne sur la face dorsale de la tête, une forte protubérance est toujours présente, ce qui ne se retrouve pas chez les chevreaux qui vont avoir des cornes. De ce fait, certains éleveurs arrivent à

déterminer par observation de la région dorsale de la tête si un animal va être cornu ou pas : si deux protubérances sont bien développées et si la peau les recouvrant glisse « librement » sous le doigt, le chevreau sera sans corne. En revanche, si les protubérances sont petites et si la peau ne glisse pas, le chevreau sera cornu. Toutefois, cette différenciation utilisée par les éleveurs n'a pas été testée scientifiquement.

1.2.3.2. Chez le jeune

Le gène PIS n'agit pas seulement sur la pousse ou non de cornes mais a également un effet sur le développement pondérale des chevreaux. En effet, Ricordeau *et al.* (1972) ont mis en évidence une différence pondérale entre les jeunes issus des mères mottes et ceux issus de mères cornues : les jeunes issus de mères mottes pèsent en moyenne 0,41 kg (ou 5,5% de leur poids) à 1 mois et 0,68 kg (2,2 %) à 7 mois de plus que ceux issus de mères cornues. Ainsi, l'effet maternel du gène PIS est favorable aux jeunes produits nés de mères mottes (P/p) mais diminue ensuite avec l'âge.

1.2.3.3. Chez l'adulte

Les différents phénotypes caprins selon le sexe chromosomique et le génotype PIS sont présentés dans le tableau 1. Pour un même génotype, il existe des phénotypes différents car le processus de détermination du sexe met en jeu de nombreux gènes et un subtil dosage de leur expression.

Tableau 1 : Phénotypes caprins selon le sexe chromosomique et le génotype PIS.

FORMULES CHROMO- SOMIQUES	GÉNOTYPES ET PHÉNOTYPES		
	PIS (+/+) = CORNUS	PIS (+/-) = MOTTES	PIS (-/-) = MOTTES
XY	Mâles cornus fertiles	Mâles mottes fertiles (Soller <i>et al.</i> , 1963) voire plus prolifiques que les mâles PIS (+/+) (Ricordeau, 1969)	Mâles mottes fertiles plus prolifiques que les mâles PIS (+/+) et (+/-). ou Mâles mottes potentiellement stériles car atteints d'obstruction de l'épididyme : - atteinte unilatérale (= fertiles) (Schönherr, 1954 ; Brandsch, 1959) - atteinte bilatérale (= stériles) (Schönherr, 1954 ; Brandsch, 1959)
XX	Femelles cornus fertiles	Femelles mottes fertiles plus prolifiques que les femelles PIS (+/+) (Ricordeau, 1969 ; Soller et Kempenich, 1964)	Femelles mottes stériles (Brandsch, 1954 ; Ricordeau et Lauvergne, 1967), ou Inversés sexuels stériles : - Mâles sans ambiguïté (Brandsch, 1959 ; Buechi, 1957) - Mâles avec ambiguïté génitale externe (Brandsch, 1959 ; Buechi, 1957)

Comme le présente le tableau précédent, des « femelles » (sujets XX) peuvent souffrir d'inversion sexuelle. Il y a une inversion sexuelle lorsque le phénotype et le génotype sexuels ne correspondent pas. Dans le cas du Polled Intersex Syndrome, les femelles de formule

chromosomique XX ont un phénotype mâle (ambigu ou non, concernant l'appareil génital externe).

À l'examen clinique, les sujets XX PIS-/- peuvent présenter des caractéristiques de mâles, de femelles ou mixtes (Eaton, 1944). Ainsi, un clitoris péniforme, une augmentation de la distance ano-génitale, voire un hypospadias (méat urétral anormalement situé sur la face inférieure du pénis) peuvent être présents pour les cas les plus typiques. À cette liste s'ajoute les conséquences d'une sécrétion en testostérone, comme un comportement de mâle, un cou développé, des poils nucaux dressés ou encore une odeur de mâle. Des anomalies plus frustes tels que l'absence d'œstrus, un vagin ou une mamelle de petite taille peuvent être seules présentes (Smith et Sherman, 2009b).

1.3. Conclusion : Intérêt ou non de la sélection du caractère «motte » comme alternative à l'écornage en élevage caprin

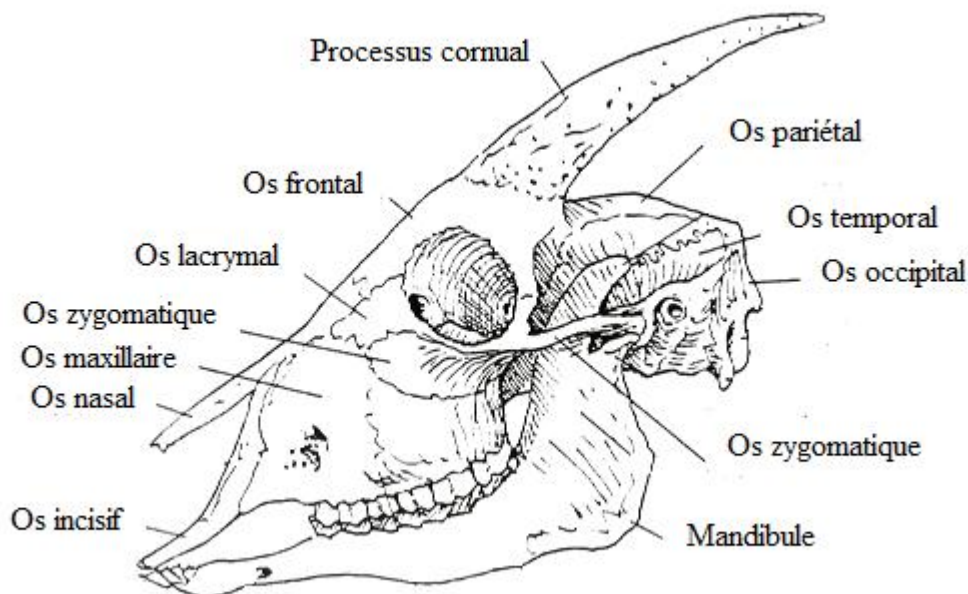
La sélection de chèvres hétérozygotes (PIS -/+), fertiles, hyperprolifiques et produisant des chevreaux de poids supérieur, représenterait à première vue un avantage zootechnique. De plus, ces animaux présentent éventuellement l'intérêt d'être mottes. Toutefois, une telle sélection n'est pas réalisable dans un contexte d'élevage, au vu du nombre d'animaux stériles produits en parallèle (sujets XX homozygotes PIS -/-).

2. Conformation des cornes

2.1. Emplacement des processus cornuaux

Les processus cornuaux des caprins sont frontaux, localisés juste en arrière des orbites (figure 3). À la différence des ovins, ils sont insérés plus près l'un de l'autre (Montané *et al.*, 1978).

Figure 3 : Vue latérale d'une tête osseuse de chèvre (*Capra hircus*) (adaptation d'après Garrett, 1988).



2.2. Orientation des cornes

La courbure des cornes varie selon les races et est dépendante de l'activité kératogène (voir première partie C] 2.). Pour les races domestiques de production française, telles que la Saanen, l'Alpine ou la Poitevine, les cornes sont presque parallèles à leur base, puis incurvées en arc de cercle vers leur extrémité (avec la pointe divergente dorso-caudalement) (figure 4). Toutefois, elles peuvent apparaître spiralées ou « torsadées » dans certaines races. Par exemple, la chèvre du Rove, dans les Bouches-du-Rhône, possède des cornes en forme de Lyre, spiralées à torsion homonyme (torsion depuis la base vers la pointe dans le sens trigonométrique) (figure 4).

Figure 4 : Aspect des cornes chez une chèvre de race Rove (à gauche) et Poitevine (à droite) (clichés personnels).



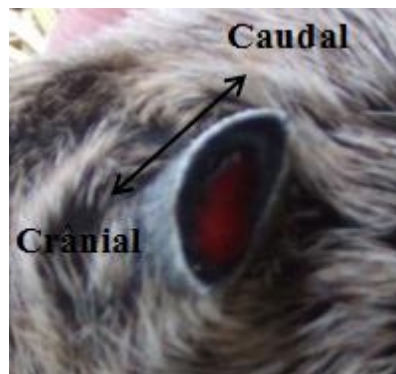
2.3. Aspect de la surface des cornes

La surface des cornes des caprins apparaît finement striée en longueur et annelée par de nombreux sillons transversaux, peu profonds, appelés « cannelures » ou « stries ». Cet aspect est dû à une production irrégulière de la corne durant toute la vie de l'animal. En effet, il existe des périodes plus ou moins intensives de production de corne, à l'origine de la formation de ces sillons transversaux. À la différence des bovins, il n'y a généralement pas chez les caprins de corrélation entre le nombre de sillons transversaux visibles et l'âge de l'animal (voir première partie C] 2.4.)

2.4. Section transverse des cornes

La section transverse des cornes est légèrement aplatie, de forme triangulaire chez les chèvres domestiques, avec un bord rostral légèrement tranchant et une base rostro-dorsale très convexe (figure 5). L'arête sur la surface rostrale réduit le risque de glissement ou d'arrachement des cornes lors d'une confrontation entre deux caprins (Matthews, 2009 ; Montané *et al.*, 1978).

Figure 5 : Aspect de la section transverse (après section) d'un cornillon chez un chevreau de plus de 15 jours (vue droite) (cliché personnel).



3. Dimension des cornes

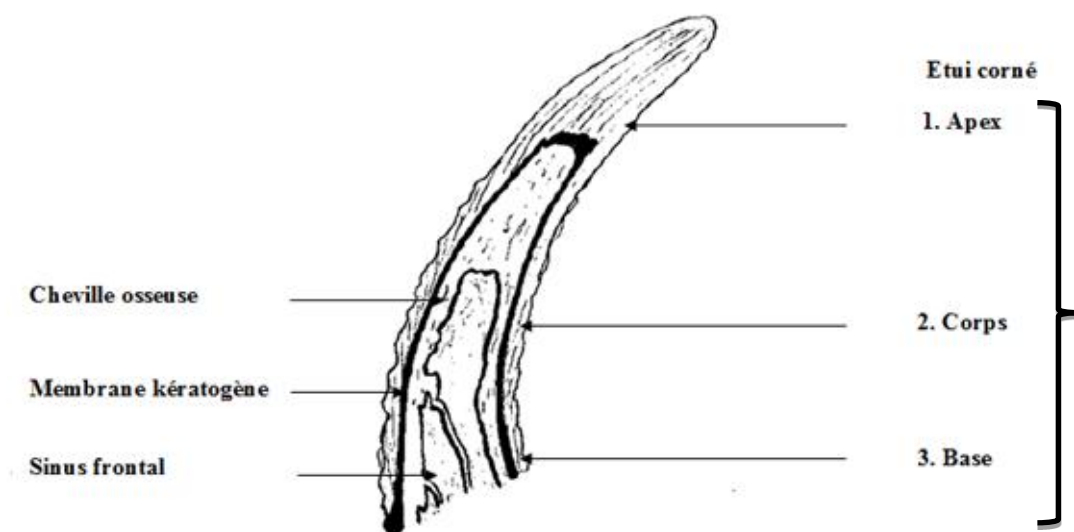
La longueur et l'épaisseur des cornes (plus communément décrite par la circonférence à la base) dépendent de plusieurs facteurs (voir première partie C] 2.3.). La longueur des cornes est de quelques dizaines de centimètres chez les caprins domestiques ; elle peut dépasser un mètre chez le bouquetin.

B] Anatomie et rapports cornuaux

1. Anatomie et histologie des cornes

Les cornes des caprins sont des excroissances osseuses creuses recouvertes par un étui corné (figure 6).

Figure 6 : Schéma d'une coupe longitudinale de corne de chèvre adulte (*Capra hircus*) (adaptation d'après Dyce *et al.*, 2010).



1.1. Cheville osseuse et sinus du cornillon

La cheville osseuse frontale, encore appelée « cornillon » ou « processus cornual » (*processus cornalis*) (figure 6) constitue une excroissance osseuse qui est en relation avec l'os frontal du crâne. D'aspect plutôt conique, sa courbure est semblable à celle de l'étui corné et sa taille est proportionnelle à la longueur de la corne. Elle détermine la forme et la direction des cornes (Montané *et al.*, 1978 ; Barone, 1999).

La cheville osseuse est creusée en son sein d'une cavité appelée sinus cornual ou sinus du cornillon (figure 6). Le sinus du cornillon communique avec le sinus frontal, dès quelques mois de vie (1 à 2 mois selon Hull (1995), 8 mois selon Skarda et Tranquilli (2007b)) chez le chevreau. Quatre à 6 cloisons, d'épaisseur inférieure ou égale à un millimètre, à l'intérieur de chaque corne, divisent le sinus du cornillon en chambres interconnectées (Farke, 2008). L'étendue du sinus cornual varie en fonction de l'âge du sujet et de l'état du cornage. Il est plus important chez la chèvre que chez mouton. Il s'arrête à 5 cm de l'extrémité de la corne (Montané *et al.*, 1978).

Le cornillon étant une continuité de l'os frontal, est un os plat. Il est donc constitué d'une couche externe de tissu osseux périostique entourant une masse de tissu spongieux. Le tissu périostique est formé de lamelles osseuses concentriques par rapport à l'axe de l'os, étroitement imbriquées, et de fibres conjonctives. Le tissu spongieux, richement vascularisé, est quant à lui constitué de lamelles minces entourant des cavités médullaires communicantes et remplies de moelle osseuse (Begin, 1990). Enfin, le sinus cornual central, résulte de la résorption du tissu osseux par un processus d'ostéoclasie.

1.2. Membrane kératogène

La membrane kératogène (*corium cornus*) (figure 6), intimement liée à la cheville osseuse, est constituée d'un derme papillaire et d'un corps muqueux de Malpighi. L'appellation membrane « kératogène » est impropre étant donné que seul l'épiderme (corps muqueux de Malpighi) est à l'origine de la kératogénèse.

Le derme papillaire, ou chorion (*dermis cornus*), richement vascularisé et innervé, est en contact avec le périoste. Les papilles dermiques, de nature conjonctive, ont un aspect velouté à la base et à la pointe de la corne, dû à un arrangement parallèle des papilles par rapport à la surface de la corne. Le derme papillaire est noyé dans la partie génératrice de l'épiderme.

Le corps muqueux de Malpighi, de nature épithéliale, comporte deux couches : la couche basale et le corps de Malpighi, proprement dit. La couche basale ou couche génératrice de l'épiderme, est en contact direct avec le derme papillaire. Elle est constituée d'une assise cellulaire. Le corps de Malpighi ou couche de kératinisation, comprend par contre, plusieurs couches cellulaires. La corne est synthétisée par kératinisation des couches superficielles du corps de Malpighi.

1.3. Étui corné

L'étui corné (*epidermis cornus*) ou corne *sensu stricto* (figure 6) engaine les parties précédentes à la façon d'un cornet. Cet étui débute à la base (*basis cornus*) par un biseau très mince et s'épaissit progressivement dans le corps (*corpus cornus*) de la corne, jusqu'à devenir une masse pleine à l'apex (*apex cornus*) (figure 6).

À la naissance de la corne, le derme cutané se raccorde par transition à celui de la corne via une couche épidermique exfoliante : l'épicéras. Cette couche de corne molle, de consistance analogue au périople du sabot, semble jouer un rôle protecteur pour la partie la plus récemment formée (Barone, 1999).

La structure de l'étui corné est de type tubulaire.

Les cellules kératinisées provenant du corps de Malpighi perdent leur cytoplasme et leur noyau. Elles sont alors disposées linéairement (*tubuli epidermales*), plus ou moins parallèles à la surface de la corne, et reliées par de la corne intermédiaire (Barone, 1999).

2. Innervation cornuale

L'innervation des cornes est assurée par deux nerfs différents : la branche cornuale du nerf zygomatiko-temporal et la branche cornuale du nerf infratrochléaire (figure 7) (Barone et Bortolami, 2010a et 2010b). L'origine de ces deux nerfs est le nerf trijumeau (V) (*n. trigeminus*).

Figure 7 : Innervation de la corne gauche d'une chèvre (*Capra hircus*) (adaptation d'après Vitums, 1954).

1 : Branche cornuale du nerf zygomatiko-temporal

2 : Branche cornuale du nerf infratrochléaire

a : Artère superficielle temporale

Les cercles indiquent les sites d'anesthésie locale de ces 2 nerfs.



2.1. Branche cornuale du nerf infratrochléaire

Le nerf infratrochléaire (*n. infratrochlearis*) chemine sur la face médiale du muscle oblique supérieur puis gagne l'angle nasal de l'œil (commissure médiale de la paupière). Au niveau dorso-médial de l'orbite, il donne les rameaux palpébraux à la conjonctive, à la troisième paupière et à la caroncule lacrymale, ainsi qu'aux glandes annexes. Chez la chèvre, sa partie terminale délègue un, parfois deux rameaux cornuaux. Pour Barone et Bartolomi (2010b), ce ou ces rameau(x) du nerf infratrochléaire innervent alors le derme de la corne dans sa partie dorsale. Pour Elmore (1981) ainsi qu'Hall *et al.* (2001), il y a deux rameaux, innervant d'une part la partie rostrale et rostro-médiale, et d'autre part la partie médiale et caudo-médiale.

2.2. Branche cornuale du nerf zygomatiko-temporal

Le nerf zygomatique se divise peu après la traversée de la périorbite. Son rameau zygomatiko-temporal (figure 7) émet alors avant d'atteindre le processus zygomatique de l'os frontal, un rameau cornual.

Le rameau cornual du nerf zygomatiko-temporal a un trajet superficiel chez les petits ruminants. Il est directement ascendant vers la corne, caudalement au processus zygomatique et se divise en plusieurs branches qui atteignent le côté caudo-latéral de la base de la corne (Elmore, 1981).

Dans la littérature, certains auteurs considèrent que l'innervation de la corne est assurée en partie par le rameau lacrymal. D'après Barone et Bartolami (2010b), le rameau cornual du nerf zygomatiko-temporal reçoit une anastomose du rameau latéral du nerf lacrymal.

3. Vascularisation cornuale

3.1. Artérielle

L'artère cornuale et l'artère dorsale du nez sont des rameaux de l'artère temporale superficielle (*A. temporalis superficialis*) (figure 7) (Barone, 1996).

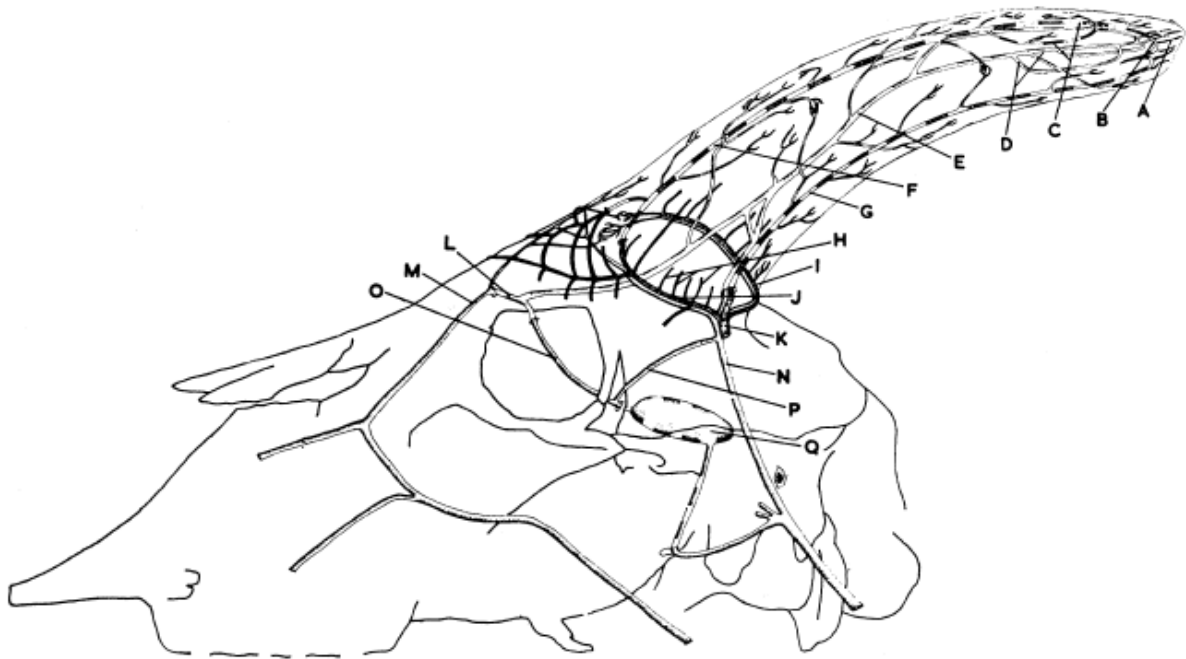
L'artère cornuale (*A. cornualis*) passe au bord dorsal de la fosse temporale et gagne la base du processus cornual de l'os frontal. Souvent double voire triple, ses divisions s'unissent à ce niveau en un cercle irrégulier. De fines divisions s'élèvent alors dans le derme de la corne. D'autres vont jusque dans le tégument de la région pariétale, où elles s'anastomosent à celles des artères auriculaire caudale et occipitale. Enfin, chez la chèvre en particulier, l'artère dorsale du nez (*A. dorsalis nasi*) émet une artère cornuale, souvent double, qui irrigue le processus cornual et son revêtement kératogène (Barone 1996).

Taylor (1966) a étudié en détail la vascularisation cornuale terminale, chez la chèvre toggenburg (*Capra hircus*) (figure 8). Les divisions perpendiculaires des artères cornuales irriguent la membrane kératogène d'une part, et la peau à la base de la corne d'autre part. Les artères cornuales, souvent double, émettent chacune une artère. Une artère antérieure et une artère postérieure se prolongent ainsi le long de la corne et émettent des vaisseaux qui s'anastomosent jusque dans le sinus. Ceux-ci forment un fin plexus artériel. Au sommet de la corne, l'artère postérieure se courbe en se ramifiant à la surface de la corne en de fines artères apicales droites (figure 8).

3.2. Veineuse

À partir des ramifications artérielles terminales, les veines apicales se rejoignent au centre de la corne pour former une veine centrale (figure 8). Des cheminements veineux en parallèles de cette veine majeure, établissent des cercles veineux. Ceux-ci s'anastomosent à intervalle régulier à la veine centrale puis rejoignent 4 veines majeures : le rameau angulaire de la veine faciale, la veine temporale superficielle, et les deux veines orbitaires (figure 8). Les deux veines orbitaires drainent le sinus caverneux.

Figure 8 : Vascularisation cornuale chez la chèvre Toggenburg (*Capra hircus*) (Taylor, 1966).



- A : Artères apicales droites
- B : Ramifications terminales des artères cornuales
- C : Anastomoses des artères cornuales antérieures et postérieures
- D : Cercle veineux
- E : Veine centrale de la corne
- F : Artère cornuale antérieure
- G : Artère cornuale postérieure
- H : Branches perpendiculaires des artères cornuales
- I : Artère cornuale dorsale
- J : Artère cornuale ventrale
- K : Artère temporale superficielle
- L : Veine du canal supra-orbitaire
- M : Rameau angulaire de la veine faciale
- N : Veine temporale superficielle
- O : Rameau orbital de la veine supra-orbitaire
- P : Rameau orbital de la veine temporale superficielle
- Q : Sinus caverneux

3.3. Lymphatique

La lymphe de la région cornuale est drainée vers le nœud lymphatique parotidien, particulièrement développé (palpable) chez la chèvre.

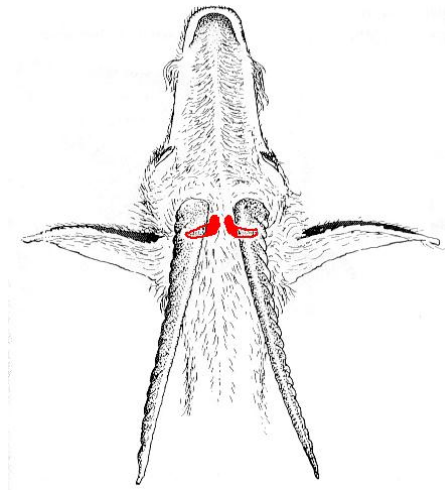
4. Glandes sébacées cornuales

A la base des cornes, sont présents chez les caprins des glandes sébacées : les glandes cornuales (*glandula cornualis*).

Ces glandes cornuales (ainsi que les glandes subcaudales, mentales et préputiales) interviennent dans la production et sécrétion de phéromones, signaux olfactifs importants dans les interactions sociales d'animaux vivant en groupe comme les caprins. Les glandes cornuales en sont la principale source, et sont responsables de l'odeur caractéristique du bouc (Lancker *et al.*, 2004).

Les glandes cornuales sont situées à la base des cornes, caudo-médialement (figure 9) et sont facilement repérables chez les individus cornus (figure 9). Chez les chèvres mottes, elles constituent la région légèrement dépilée, ovale, située sous le repli de peau visible à la surface caudale de la tête. La taille des glandes est estimée entre 1 à 4,5 cm de long et 0,5 cm de large, pour une surface moyenne d'environ 2 cm² (Lancker *et al.*, 2004). Cependant, leur délimitation macroscopique est souvent difficile.

Figure 9 : Localisation schématique des glandes cornuales (en rouge) chez la chèvre (Dyce *et al.*, 2010).



Les glandes cornuales sont des glandes sébacées : elles sont donc multilobaires et holocrines. Chez les boucs non castrés, en période de reproduction, la taille et le nombre de cellules glandulaires augmentent. Chez les mâles castrés et les femelles, la taille des cellules holocrines est en moyenne inférieure à celle des mâles entiers et ne présente pas de fluctuation saisonnière (Lanckers *et al.*, 2004).

C] Physiologie des cornes et des glandes sébacées annexes

1. Embryologie des bourgeons cornaux

Chez le fœtus, le feuillet ectodermique est à l'origine de l'étui corné et le feuillet mésodermique à l'origine de la cheville osseuse. Dès la fin du second mois de gestation, une petite protubérance de type épidermique (feuillet ectodermique) est visible dans la région de pousse ultérieure des cornes, délimitée par des sillons et recouverte de poils. Ensuite le développement embryologique des cornes s'arrête (Hyttel *et al.*, 2010). À la naissance, seuls deux épis présents marquent l'emplacement de la pousse ultérieure des cornes.

2. Croissance cornuale

2.1. Âge d'apparition du cornage

Le cornage apparaît très précocement chez les caprins. Selon Ricordeau et Bouillon (1969), l'âge d'apparition du cornage se situe entre 0 et 18 jours en races Saanen, Alpine et Poitevine. Toutefois, pour savoir avec certitude si un chevreau va être cornu ou pas, les auteurs préconisent d'attendre au moins 28 jours.

Des paramètres tels que le sexe, la race ou le poids de naissance influenceraient l'âge d'apparition du cornage.

Les cornes apparaissent plus tardivement (3 à 7 jours) chez les femelles par rapport aux mâles, notamment en races Saanen, Alpine et Poitevine (G. Ricordeau et J. Bouillon, 1969). Il semblerait que les androgènes jouent un rôle majeur sur la croissance cornuale (Smith et Sherman, 2009b).

En race Saanen, l'apparition des cornes serait plus tardive qu'en races Poitevine et Alpine, chez lesquelles l'âge moyen d'apparition est de 0 à 2 jours chez le mâle et de 7 à 8 jours chez la femelle. Les âges plus tardifs rapportés chez les Saanen seraient dus à l'appréciation subjective différente des observateurs quant à l'apparition du cornage (Ricordeau et Bouillon, 1969).

Quels que soient le sexe ou la race, le cornage apparaît en moyenne plus tardivement chez les chevreaux de faible poids à la naissance (Ricordeau et Bouillon, 1969). Les auteurs l'expliquent par le fait que les chevreaux issus d'une portée multiple ont une maturité retardée par rapport aux chevreaux simples.

2.2. Développement cornual après la naissance

Chez le chevreau nouveau-né, les cornes ne sont pas visibles. Seules des protubérances et deux épis de poils marquent l'emplacement futur des bourgeons cornaux chez les individus cornus.

Après la naissance, la peau de cette région se modifie avant l'os cornual. En effet, les cellules de la couche cornée perdent leur cytoplasme et forment des tubules cornés. Il y a alors un épaississement de la couche cornée et l'usure de celle-ci entraîne la chute des poils.

Le processus cornual de chaque corne croît après la naissance alors que le sinus cornual ne se forme que quelques mois après la naissance (entre 1 et 8 mois, selon les auteurs (Hull, 1995 ; Skarda et Tranquilli, 2007b)). La croissance cornuale est continue tout au long de la vie de l'animal mais ralentit avec l'âge. Celle-ci est complète à 93 % à 3 ans (donnée établie chez la chèvre des montagnes rocheuses (*Oreamnos americanus*) (Côté *et al.*, 1998)).

La croissance cornuale en longueur est très majoritaire par rapport au gain en épaisseur.

Les papilles dermiques et la membrane kératogène décroissent régulièrement de la base vers l'apex de la corne. Ainsi la couche cornée est produite plus activement à la base. Cette caractéristique associée à la disposition couchée des papilles dermiques permettent l'allongement distal de l'étui corné (Barone, 1999). L'étui corné s'accroît aussi par sa face profonde. Sa paroi devient alors de plus en plus épaisse vers l'apex.

La courbure de la corne est due à une variation de l'intensité de l'activité kératogène. Si celle-ci est uniforme sur toute la circonférence, la corne est alors droite. Toute prédominance en un point ou sur un arc confère à la corne une certaine courbure (Begin, 1990).

2.3. Variabilités intrinsèques et extrinsèques

Il existe des variabilités intrinsèques liées notamment à l'espèce, la race, le sexe ou encore des variations génétiques individuelles.

Les bourgeons cornuaux sont plus larges chez le chevreau que chez le veau de même âge (Matthews, 2009). Les mâles ont des cornes plus longues et plus épaisses que les femelles quel que soit l'âge (Côté *et al.*, 1998). La taille des cornes est corrélée positivement au poids, à la circonférence de la poitrine et à la longueur des postérieurs quel que soit le sexe (Côté *et al.*, 1998). Le stade de production ou la période sexuelle semble aussi avoir un effet sur la croissance des cornes. Par exemple, la croissance des cornes est moins importante en période de lactation (Côté *et al.*, 1998). Enfin, Côté *et al.* (1998) ont démontré qu'un développement postural rapide avant l'âge de 3 ans est corrélé négativement avec la croissance cornuale tardive chez la chèvre des montagnes rocheuses (*Oreamnos americanus*).

Concernant les variabilités extrinsèques, il est clairement établi que la croissance cornuale est dépendante de l'apport nutritionnel aux cellules épidermiques (de l'étui corné et de la membrane kératogène). König et Liebich (2004) évoquent l'influence du zinc et de la biotine. Ainsi, en période de carence, notamment en saison hivernale chez les ruminants sauvages ou durant la lactation et la gestation, la pousse cornuale ralentit. L'alternance des anneaux et enflures transverses à la surface de la corne signent ces périodes de productivité variable de la corne.

2.4. Datation à partir des cornes

Chez les bovins, le nombre de sillons transverses visibles à la surface de la corne est directement corrélé à l'âge. Ainsi, pour établir l'âge approximatif d'un bovin à partir de l'examen visuel des cornes, il faut compter le nombre total d'anneaux visible sur une des cornes puis, au nombre obtenu, ajouter le chiffre de 2 (date de la première mise bas) pour obtenir l'âge en années.

König et Liebich (2004) considèrent que, chez les petits ruminants, 8 à 14 anneaux transverses distincts sont formés chaque année. Toutefois, il y aurait une forte variabilité individuelle, ce qui fait qu'il ne serait pas possible d'établir l'âge d'un caprin à partir du nombre d'anneaux (Rudge, 1973). Bullock et Pickerinc (1984) ont étudié la corrélation entre le nombre d'anneaux transversaux et l'âge des chèvres sauvages (*Capra hircus*) en Ecosse. À l'exception des femelles de plus de 2 ans, les auteurs ont trouvé que le nombre d'anneaux visibles correspond exactement à l'âge en années. L'absence de corrélation chez les femelles

de plus de 2 ans reposerait sur la difficulté à compter les anneaux étant donné la petite taille et l'usure de leurs cornes.

La plupart des auteurs considèrent donc que l'examen des cornes chez les petits ruminants permet seulement de différencier grossièrement un individu jeune d'un vieux. Il est préférable d'utiliser la dentition pour déterminer précisément l'âge.

3. Rôles des cornes

Comme les cornes ont été conservées par la sélection naturelle, elles sont donc certainement adaptées au milieu de vie des caprins. Si leur rôle d'arme entre congénères ou pour l'établissement de la hiérarchie est irréfutable, certains rôles tels que la thermorégulation, la fonction de parure ou en tant qu'outil n'ont pas été clairement définis.

3.1. Arme

Chez les primates et les carnivores, les techniques de défense ou d'attaque recourent à l'emploi de la dentition et les moyens d'expression sont centrés sur la bouche. Chez les ruminants, les cornes représentent un signal visuel important.

Un simple positionnement de la tête permet la présentation des cornes. Plus le cou est fléchi, plus les cornes sont orientées vers l'adversaire. Ce signe est généralement une menace ou une mise en garde, tout comme un coup de corne dans un objet ou un arbre à proximité de l'opposant.

L'utilisation des cornes frontales comme « arme » dirigée contre un animal peut être homospécifique (envers un congénère) ou hétérospécifique (envers un prédateur). Dans ces deux situations, la chèvre use de ses cornes en tant qu'arme d'attaque ou de dissuasion.

3.1.1. Interactions homospécifiques

Les comportements agonistes (c'est-à-dire visant à résoudre un conflit) chez la chèvre surviennent lors d'accès aux ressources vitales (eau, nourriture, abri ou encore espace) ou de recherche d'un partenaire sexuel. Ils comprennent les comportements d'évitement, de menace et d'attaque. Les comportements agressifs sont de deux types : sans contact physique (menace, poursuite) ou avec contact physique (attaque). Pour menacer, la chèvre « présente » ses cornes à son adversaire. Lors d'une attaque, la chèvre peut mordre ou utiliser ses cornes. Elle se cabre alors, fléchit le cou et percute de ses cornes, celles de son opposant. De par l'arrête saillante sur la surface rostrale de sa corne, et ses muscles cervicaux très développés, l'arrachement des cornes et les fractures cervicales sont rares lors d'un affrontement.

Le caractère dominant est établi par la capacité d'un individu à exercer sa priorité sur l'accès aux ressources (nourriture, eau, espace et accouplements) avec un minimum de nécessité à se battre. Chez les chèvres, la hiérarchie sociale est clairement établie et se maintient durablement (Barroso *et al.*, 2000). Cependant, elle ne semble pas s'établir en fonction de l'importance du cornage (Begin, 1990). Elle est plutôt initialement influencée par l'agressivité, l'âge, la taille, le poids, la race, le sexe ou l'expérience de chaque individu (Miranda-de-la-lama *et al.*, 2010).

Les mâles sont souvent dominants par rapport aux femelles, mais une femelle cornue peut dominer un mâle sans cornes (Haenlein *et al.*, 1992). Les chèvres cornues sont généralement dominantes, plus lourdes et occupent plus de place à l'auge par rapport aux

chèvres écornées (Tolü et Savas, 2007). Ainsi, il est recommandé de ne pas mélanger, au sein d'un même lot, des sujets écornées (ou mottes) et d'autres cornues.

Les comportements d'évitement ou de menace, sans contact physique, sont plus fréquents chez les chèvres cornues alors que les réactions d'attaque sont plus fréquentes chez les chèvres sans cornes (Aschwanden *et al.*, 2008).

En général, quand deux adultes sont présentés pour la première fois ou après une brève séparation, un contact physique est souvent observé. Ainsi, lorsqu'un nouvel individu est introduit au sein d'un groupe de chèvres sauvages, le nombre d'interactions, de comportements d'exploration et de comportements agonistiques augmente. Mais les interactions agressives diminuent dès 24h après l'introduction de l'animal étranger au troupeau (Alley et Fordham, 1994).

En élevage, les changements de lots peuvent donc avoir des conséquences négatives pour le bien-être animal, en perturbant les processus de reconnaissance individuelle.

3.1.2. Interactions hétérospécifiques

Les chiens sont les premiers prédateurs de petits ruminants, loin devant la faune sauvages (renards, loups...) (Hansen et al, 2001 ; Haskell, 2004). Les chiens semblent plutôt intéressés par la poursuite du troupeau, tandis que les carnivores sauvages chassent et tuent le bétail pour s'alimenter. Une attaque par un prédateur sauvage se conclut donc la plupart du temps, par une mise à mort, le cadavre étant ensuite généralement partiellement consommé et traîné sur un autre site (Haskell, 2004).

Ainsi, les chèvres qui pâturent ou à l'attache en extérieur, devraient peut-être conserver leurs cornes afin de se protéger des prédateurs. Néanmoins, on peut s'interroger sur l'efficacité réelle des cornes pour la défense des caprins. Matthews (2007) rapporte des cas d'attaque de chèvres par des chiens errants en Angleterre. Il constate que la plupart du temps, les victimes sont issues de troupeaux semi-sauvages, au sein de parcs nationaux, et toutes munies de cornes. La majorité des prédateurs attaquent stratégiquement les ruminants par le train arrière, les morsures étant souvent ciblées sur les postérieurs. L'utilité des cornes en tant qu'outil de défense des cornes semble alors minime.

3.2. Régulation thermique

Comme nous l'avons vu précédemment, la totalité de la corne est richement vascularisée (voir première partie B] 3.). Les petits cercles veineux qui entourent le réseau artériel permettent probablement un système d'échange de chaleur à contre-courant, qui contribuerait alors à la conservation de la température corporelle. De plus, l'afflux sanguin au niveau des cornes étant limité par rapport à une autre partie du corps, les risques de perte de chaleur sont réduits. Toutefois, il existe une relation linéaire entre la perte de chaleur (par minute et par centimètre carré) à la surface de la corne et la température ambiante (Taylor, 1966). Cette perte thermique est plus importante chez les mâles qui ont les cornes plus imposantes par rapport aux femelles.

Les artères cornuales se vasodilatatent lors d'une élévation de la température ambiante, d'un exercice ou d'un blocage périphérique des nerfs cornuaux. Néanmoins, lorsqu'il fait chaud, la perte de chaleur au niveau des cornes des caprins est peu importante : à une température ambiante de 30°C, en milieu venté, une chèvre à cornes de taille « moyenne » perd environ 3% de son taux de métabolisme de base (TMB), soit 3 % du nombre de calories minimum permettant à l'organisme de survivre (Taylor, 1966). Taylor rapporte cependant des comportements particuliers chez des bovidés sauvages, qui consistent à enfoncer les cornes dans du sable humide ou de la boue afin de favoriser les pertes thermiques.

À l'inverse, la vasoconstriction survient lorsque l'animal est placé dans un environnement froid. Picard *et al.* (1994) ont montré chez des moutons de Barbarie, espèces sauvages d'Afrique du Nord vivant en milieu aride (*Ammotragus lervia*), qu'à des températures froides comprises entre 5 et -19°C, la température des cornes ne descend jamais en dessous de 3°C. À -10°C, la perte de chaleur à travers la corne est de 20 à 29 % du taux métabolique au repos (TMR), soit 20 à 29% du nombre minimal de calories nécessaire pour assurer les fonctions physiologiques de base au repos dans un environnement confortable.

3.3. Outil

Le cornage peut paraître utile pour remuer la terre ou secouer des branchages, par exemple. Cependant cette fonction d'outil n'a jamais été étudiée chez les ruminants (Begin, 1990).

4. Rôles des glandes sébacées cornuales

Les glandes cornuales participent à la sécrétion holocrine de sébum.

Bien que présentes dans les deux sexes, les modifications histologiques corrélées à la période de reproduction ne surviennent que chez les boucs entiers et les chèvres intersexuées (Smith *et al.*, 1984). La sécrétion de substance odorante, qui en résulte, est très certainement sous dépendance hormonale (rôle de la testostérone fortement suspecté). Chez les boucs entiers, l'analyse du sébum révèle une modification de sa composition lipidique durant la période de reproduction. Smith *et al.* (1984) ont identifié par chromatographie, le 6 trans-nonanal, comme probable acide gras responsable de l'odeur. Il existe des différences raciales : les boucs toggenburg ont une odeur plus forte que les races miniatures (Lancker *et al.*, 2004).

Le rôle majeur de ces sécrétions serait la stimulation de l'œstrus et de l'ovulation chez les femelles. C'est sans doute pour cette raison que certains éleveurs considèrent que l'écornage « stérilise » les boucs.

En conclusion, il apparaît que les plupart des caprins d'élevage présentent des cornes vue que les sujets mottes sont écartés de la reproduction. Si l'élevage d'animaux mottes est une bonne alternative à l'écornage chez les bovins, il n'est pas possible d'appliquer cette démarche dans l'espèce caprine étant donné les conséquences délétères sur la fertilité du gène PIS.

De plus, il faut garder en mémoire que la croissance du bourgeon cornual chez le chevreau est très rapide dans les premières semaines de vie et que la communication du sinus du cornillon avec le sinus frontal s'établit dès les premiers mois de vie. Ces caractéristiques anatomiques et physiologiques sont importantes à prendre en compte si un écornage est envisagé.

DEUXIÈME PARTIE : ÉCORNAGE EN ÉLEVAGE CAPRIN, UNE PROCÉDURE ZOOTECHNIQUE DE ROUTINE

L'écornage des caprins est un acte couramment réalisé, notamment dans un contexte d'élevage, pour des raisons de sécurité et de rentabilité de l'espace. Il est généralement pratiqué tôt, au moyen de techniques de cautérisation, afin d'éviter toute pousse de cornes.

A] Importance de l'élevage caprin français

1. Nombre de caprins

1.1. Répartition européenne des élevages caprins

Avec 13,2 millions de têtes (en fin d'année 2008), le cheptel caprin de l'Union Européenne est stable ces dernières années. Cinq pays détiennent 81% du cheptel caprin européen : la Grèce, l'Espagne, la France, l'Italie et la Roumanie. Parmi ces 5 pays, la France se place au troisième rang, avec 10% de l'effectif européen (Agreste, 2010).

1.2. Répartition nationale des élevages caprins

Le cheptel caprin français totalise plus de 1,3 million de têtes (en 2009) et a tendance à être en augmentation (+4% entre 2008 et 2009). Les élevages caprins sont principalement localisés dans les régions Poitou-Charentes, Centre, Pays de la Loire, Rhône-Alpes et Midi-Pyrénées (Agreste, 2010).

2. Productions caprines françaises

La France est le premier pays producteur de lait de chèvre en Europe avec 31% de la production européenne. La production laitière est concentrée dans le centre ouest de la France, les livraisons des producteurs de la région Poitou-Charentes représentent 52% des livraisons nationales.

Par contre, la production de viande caprine en France est faible (Agreste, 2010).

B] Justifications de la pratique de l'écornage

En France, l'écornage est l'un des actes chirurgicaux des plus couramment pratiqués en élevage caprin. Il est souvent réalisé pour des raisons de sécurité. Mais on peut se demander s'il est vraiment nécessaire, car c'est un acte à priori douloureux.

1. Arguments en faveur de l'écornage

1.1. Sécurité

1.1.1. Pour l'homme

La chèvre est un animal domestique qui, selon Buffon *et al.* (1860) « a de par sa nature plus de sentiment et de ressource que la brebis ; elle vient à l'homme volontiers, elle se familiarise aisément, elle est sensible aux caresses et capable d'attachement ».

Son caractère docile n'empêche toutefois pas les risques de blessure par « inadvertance » voire volontaire, si la chèvre utilise ses cornes comme une arme. Ainsi, les cornes constituent un danger pour les humains qui s'occupent de caprins, tant les éleveurs (Al-Sobayil, 2007) que les particuliers, d'autant plus ces derniers qui peuvent ne pas connaître les comportements des caprins. La mode de la chèvre en tant qu'animal de compagnie oblige une sensibilisation accrue du grand public sur les dangers d'un animal à corne.

1.1.2. Pour les autres animaux

Des coups de corne peuvent occasionner des blessures chez tout animal, notamment chez les jeunes ou chez les sujets dominés. L'attaque d'un bouc, voire d'une chèvre dominante, envers un chevreau peut être létale pour le jeune, ce dernier étant trop lent pour fuir et subissant alors les coups de corne. Plus généralement, dans un lot, lors de l'établissement de la hiérarchie ou lors de l'accès à une ressource (nourriture, eau) ou un espace de couchage, les cornes représentent un véritable risque pour les animaux subordonnés.

Les cornes sont considérées comme la cause majeure de dévalorisation d'une carcasse (AVMA, 2011). En effet, les coups de corne peuvent entraîner de contusions, des hématomes, des plaies ouvertes, des éborgnements, des hernies abdominales ou encore des hémorragies internes. Les ecchymoses sur les carcasses d'animaux cornus seraient approximativement deux fois plus fréquentes par rapport à celles retrouvées chez les animaux écornés (Stafford et Mellor, 2005).

Dans les troupeaux où des sujets cornus et non cornus cohabitent, les éleveurs constatent que les sujets cornus sont généralement dominants et dangereux pour le reste du troupeau. Néanmoins, il semble qu'au sein d'un lot ou d'un troupeau exclusivement cornu, les interactions pour l'accès à une ressource sont moins agressives (menace et évitement) par rapport à celles existant entre chèvres écornées (attaque) (Aschwanden *et al.*, 2008).

Au-delà du risque de blessures entre congénères, l'AVMA (2011) rappelle le danger des caprins cornus envers d'autres espèces, notamment le cheval et le chien.

1.1.3. Pour l'animal lui-même

La chèvre étant très curieuse de par sa nature, elle a tendance à coincer ses cornes dans les clôtures, ce qui peut être source de blessure (Mounier *et al.*, 2007) mais aussi de nuisances sonores pour le voisinage. De plus, l'écornage peut permettre de réduire les risques de blessure au râtelier ou au cornadis

1.2. Gestion de l'espace

Le port des cornes laisse penser que l'animal cornu a besoin de plus d'espace au niveau des râteliers pour se nourrir, des aires de couchage ou d'exercice ou encore lors du transport. Si des recommandations sur l'habitat de la chèvre existent, peu d'auteurs différencient les besoins des individus cornus par rapport à ceux écornés.

1.2.1. Espace à l'auge

Loretz *et al.* (2004) ont étudié, lors des repas, la distance entre individus, le temps passé à s'alimenter et les comportements agressifs afin de définir l'espace nécessaire à l'auge en fonction de la présence ou non des cornes. Les auteurs ont utilisé des lots de 10 chèvres femelles cornus et non cornus. Chaque semaine, le nombre de places à l'auge pour chacun des lots est réduit de 20 places, à 15 places puis à 10 places. Il ressort que la distance moyenne entre les animaux à l'auge est significativement inférieure pour le groupe des chèvres cornues ($p < 0,05$) et le temps passé à s'alimenter est significativement plus faible pour ce même groupe ($p < 0,02$).

Les auteurs ont aussi pris en compte le niveau hiérarchique des animaux. Pour chaque lot, 2 individus sont qualifiés à « haut » rang hiérarchique et 2 autres à « bas » rang hiérarchique. Il ressort que pour les chèvres des lots cornus à « bas » rang hiérarchique, la distance moyenne entre individus est significativement plus faible, notamment dans les conditions expérimentales avec seulement 10 places à l'auge (soit une place par animal) ($p < 0,05$) (figure 10). De plus, le temps passé à s'alimenter pour ces individus est significativement inférieur ($p < 0,02$) (figure 11).

Les auteurs concluent donc que les chèvres ayant des cornes nécessitent plus de places à l'auge car la population cornue subordonnée souffre davantage du manque d'espace.

Figure 10 : Distance moyenne d'une chèvre vis-à-vis de ses congénères à l'auge en fonction du nombre de places à l'auge (Loretz *et al.*, 2004).

a, b : moyennes significativement différentes ($p < 0,05$).

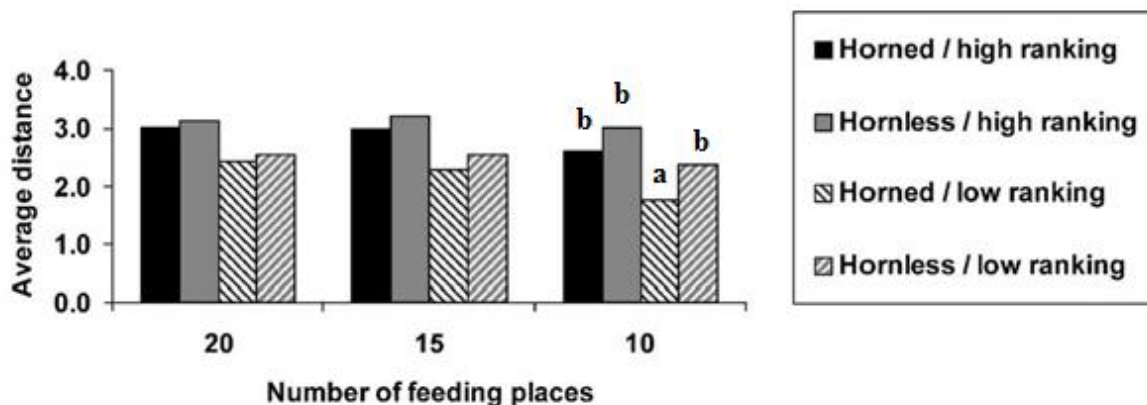
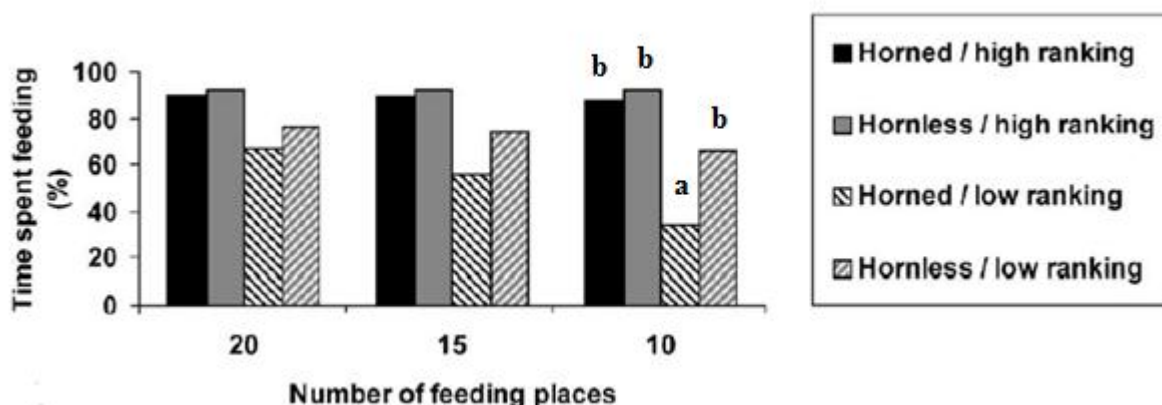


Figure 11 : Proportion du temps passé à s'alimenter d'une chèvre, pendant la période d'observation, en fonction du nombre de places à l'auge (Loretz *et al.*, 2004).

a, b : moyennes significativement différentes ($p < 0,02$).

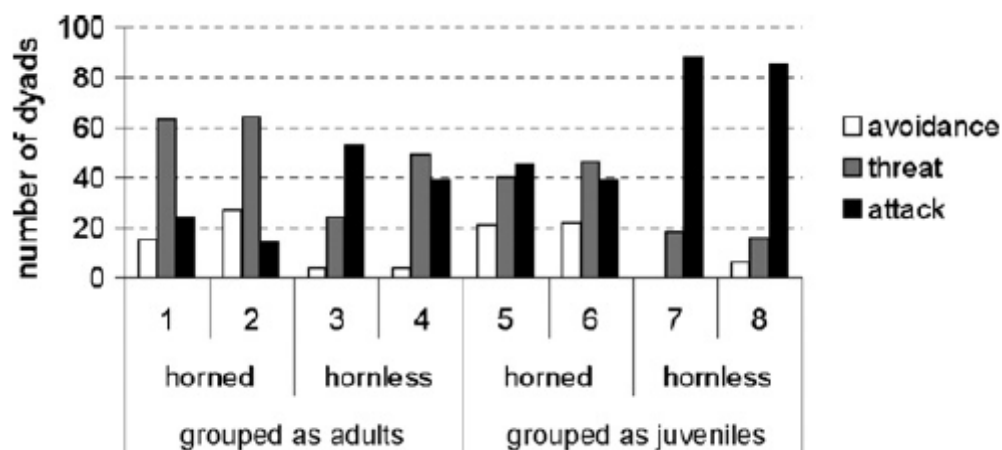


Cependant, dans cette étude, le nombre d'individus par lot (10 animaux/lot) est faible par rapport aux conditions réelles d'élevage (10 animaux/lot) et se limite aux femelles adultes (2 à 4 ans).

De plus, ces résultats sont à nuancer par rapport à l'étude d'Aschwanden *et al.* (2008). Cette expérience a déterminé à partir de 72 chèvres de races laitières suisses et leurs croisements : (1) la « distance choisie librement » et (2) la « distance individuelle » des chèvres à l'auge. La mesure (1) correspond à la distance qui sépare deux individus à l'auge alors que l'espace est très suffisant pour garder de larges écarts (6 m de large pour 2 chèvres à l'auge). La mesure (2) correspond à la distance minimale possible entre deux individus sans interactions agonistes lorsque l'espace à l'auge est progressivement réduit. Or, il n'existe pas de différence significative pour les distances (1) et (2) à l'auge entre les lots cornues et les lots non cornus. Par contre, celles-ci sont différentes selon la qualité des liens sociaux et l'âge des caprins.

Enfin, les auteurs ont relevé le type d'interaction agonistique entre deux chèvres lorsque la distance qui les sépare à l'auge est inférieure à leur distance individuelle : réactions d'évitement, de menace ou d'attaque. Il apparaît dans l'étude que les réactions comportementales dépendent de la présence de cornes : les comportements d'évitement ou de menace, sans contact physique, sont plus fréquents chez les chèvres cornues ($p < 0,0001$), alors que les réactions d'attaque sont plus fréquentes chez les chèvres sans cornes ($p < 0,0001$) (figure 12). Cette différence de réaction lorsque la distance individuelle est atteinte pourrait être liée aux souvenirs d'anciennes interactions agressives : les chèvres cornues éviteraient les contacts directs car un coup de tête avec des cornes est douloureux.

Figure 12 : Nombre de couples, dans chaque lot (jeune vs. adulte, cornu vs. sans corne), en fonction des réactions d'interaction agonistique (évitement, menace ou attaque) quand la « distance individuelle » est atteinte pour un couple de chèvre donné (Aschwanden *et al.*, 2008).



En conclusion, Aschwanden *et al.* (2008) n'ont pas trouvé de différence significative entre les lots cornus et les lots non cornus en ce qui concerne la distance librement choisie et la distance individuelle à l'auge, tandis que Loretz *et al.* (2004) ont mis en évidence une différence entre les distances moyennes des lots cornus par rapport aux non cornus, notamment pour les chèvres à « bas » rang hiérarchique. Aschwanden *et al.* (2008) expliquent ces résultats contradictoires par rapport aux réactions différentes des caprins selon la présence ou l'absence du cornage : les lots cornus préfèrent l'évitement et la menace alors que les lots non cornus optent davantage pour une confrontation directe.

Quoiqu'il en soit, Aschwanden *et al.* (2008) ont montré que la distance librement choisie par deux individus pour s'alimenter à l'auge est généralement comprise entre 1,2 et 2,5 m et la distance individuelle, entre 0,4 et 1,4 m. Ces données sont intéressantes en regard de l'espace, restreint, habituellement disponible pour une chèvre à l'auge dans les exploitations (entre 0,3 à 0,4 m) (Toussaint, 1997).

1.2.2. Espace de l'aire de couchage

Loretz *et al.* (2004) ont démontré qu'en position couchée, la distance moyenne entre individus n'est influencée ni par la présence ou l'absence de cornes, ni par la surface de couchage disponible. Malgré le petit nombre d'individus par groupe (10 animaux par lot) utilisé dans l'étude, il semble que c'est la densité et non la taille d'un groupe qui entraîne une augmentation des comportements agonistiques.

Aussi, Barroso *et al.* (2000) estiment que la fréquence des interactions agressives est plus élevée dans les troupeaux élevés en bâtiment, par rapport à ceux élevés à l'air libre en pâture.

1.2.3. Espace lors du transport

L'influence du cornage sur l'espace nécessaire lors du transport des chèvres n'a pour l'instant jamais été étudiée. Toutefois, le transport d'animaux cornus nécessiterait un espace

plus important par rapport à celui d'animaux écornés et augmenterait les risques de blessures (AVMA, 2011).

1.3. Dégâts matériels

La présence de cornes est un facteur de risque pour la survenue de dégâts matériels au niveau de l'environnement clôtures, barrières...

1.4. Modification des comportements

La présence ou l'absence de cornes a tendance à modifier les réactions comportementales agonistiques, notamment lors des repas. Comme nous venons de le voir (deuxième partie B] 1.2.1.), les chèvres cornues présentent plus fréquemment des comportements d'évitement ou de menace, sans contact physique alors que les sujets sans cornes, des réactions d'attaque (Aschwanden *et al.*, 2008). De plus, les sujets écornés ont recours à des comportements que les coups de corne, comme des morsures d'oreille par exemple. Toutefois, les comportements agressifs sont peut-être plus imputables à l'espace fourni aux animaux pour s'alimenter, s'abreuver, se coucher et déambuler, plutôt qu'aux cornes elles-mêmes.

L'absence de cornes chez tous les sujets d'un troupeau n'altère pas les relations sociales (Matthews, 2009), à partir du moment où les chevrettes ont été écornées à la naissance, avant même l'établissement d'une hiérarchie sociale (Matthews, 2007). Par contre, un écornage tardif risque de modifier la hiérarchie au sein d'un groupe et d'instaurer un stress supplémentaire.

1.5. Utilisations pratiques des cornes par l'homme

Un nombre considérable d'objets, souvent anciens, sont fabriqués en partie ou entièrement en corne. La corne animale évidée, avec ou sans embouchure, peut être utilisée en tant qu'instrument à vent pour l'émission d'appel ou de signaux, mais sans rôle musical. Cette utilisation sonore remonte à la plus haute antiquité (Brenet, 1926). Les cornes de chèvre peuvent aussi constituer des trophées de chasse. Enfin, la vaisselle avec sa corne à boire (ancêtre du verre) ou ses couverts à manche corné, mais aussi les objets d'ornement (bijoux, peigne, barrettes) regorgent de cette matière première. Plus insolites, il y a aussi : des chausse-pieds, des tabatières, des cornes à poudre (récipient contenant la poudre pour recharger l'arquebuse), des dés à coudre, des boutons, médiateur de guitare...

La corne peut être utilisée comme engrais azoté naturel, à décomposition relativement lente. Il est particulièrement recommandé pour les plantes de rocailles.

2. Arguments en faveur de la persistance des cornes

2.1. Éthique

Même si l'élevage devient de plus en plus intensif dans les pays développés, le bien-être animal est de plus en plus pris en compte. D'après Duncan (2005), à la question : « devons-nous écorner les animaux ? », la réponse est : « la science peut fournir des preuves (...), mais la question reste fondamentalement éthique ».

Le grand public est de plus en plus sensible aux questions du bien-être animal. Une enquête d'opinion conduite par la Commission européenne en 2005, a révélé que 74 % des citoyens de l'Union européenne considèrent que leur comportement de consommateurs peut améliorer le bien-être des animaux de ferme. Cinquante-sept pourcent d'entre eux sont prêts à payer plus cher pour des produits comportant une information sur les conditions de bien-être des animaux. Dans une autre enquête, réalisée en France en 2006 par le Centre d'information des viandes, il est ressorti que 81 % des consommateurs souhaitent que l'étiquetage des produits alimentaires d'origine animale comporte des indications plus claires sur le bien-être des animaux et que 45 % d'entre eux sont disposés à payer plus cher si ce bien-être s'en trouve certifié.

Aussi, un label « bien-être animal » pourrait prochainement voir le jour à la demande de la Fondation Ligue française des droits de l'animal, des directions de la qualité des grandes chaînes de distribution françaises (Auchan, Carrefour, Casino, Leclerc et Monoprix) et des producteurs de viande et de produits d'origine animale.

2.2. Contention

La manipulation des caprins est facilitée par la présence des cornes. En effet, ces appendices permettent la préhension et le maintien de l'animal. Cet avantage est aujourd'hui minime aux vues des systèmes de contention disponibles (cornadis).

2.3. Coûts

2.3.1. Financier

L'écornage des caprins nécessite du matériel spécifique (crayon à écorner ou fer à cautérisation thermique) et du matériel non spécifique, notamment de contention (boîte, tréteau ou table). Le coût financier d'un écornage dépend principalement de la méthode utilisée.

Un fer à cautérisation thermique ou écorneur (électrique ou à gaz) coûte à l'achat en moyenne 70 à 90 euros, voire jusqu'à 250 euros pour les écorneurs « dernière génération » à batterie rechargeable. Un fer a une durée de vie de plusieurs années, même en cas d'utilisation très importante (Spaulding, 1977). D'autres dépenses minimales s'ajoutent à celle du fer, si sont achetés des embouts supplémentaires de taille différente, des recharges de gaz (dans le cas de l'emploi d'un écorneur au à gaz), un spray désinfectant ou encore un sérum antitétanique.

Dans le cas d'un écornage par cautérisation chimique, les pâtes et crayons caustiques ne représentent qu'une dépense très modérée : entre 6 et 10 euros environ.

2.3.2. Humain

L'écornage des caprins nécessiterait idéalement la présence de deux personnes. Il est dans ce cas plus facile et plus rapide à réaliser.

Toutefois, en l'absence d'une deuxième personne, il est possible d'écorner un caprin.

2.3.3. Temps

Avec un seul écorneur classique (de minimum 200 watts), un opérateur peut écorner 15 à 20 chevreaux par heure, comme une étude au Texas l'a montré sur des chevreaux (âgés de 2 jours à 5 semaines d'âge) (Machen *et al.*, date inconnue). Un rendement similaire est donné par Alvarez *et al.* (2009) ; ces auteurs rapportent un temps dédié *sensu stricto* à

l'écornage par cautérisation de 127 à 146 secondes, soit toujours inférieur à 3 minutes par chevreau.

En conclusion, hormis l'investissement financier initial pour l'achat de l'équipement adéquat, le temps passé par sujet (3 min) reste le principal coût lors de l'écornage.

2.4. Comportement et réactions de défense

Les cornes participent principalement aux interactions entre congénères mais aussi avec d'autres espèces animales (voir première partie C] 3.). Les comportements agonistes (visant à résoudre un conflit) chez la chèvre surviennent lors d'accès aux ressources vitales (eau, nourriture, abri ou encore espace) ou pour trouver un partenaire sexuel. Ils comprennent les comportements d'évitement, de menace et d'attaque. Or, l'écornage modifie l'expression naturelle de ces comportements chez la chèvre, même si les écornées ont un répertoire comportemental similaire aux chèvres cornues.

2.5. Esthétique

Les cornes sont enfin un atout majeur concernant l'apparence de l'animal, notamment pour des particuliers qui élèvent les caprins comme des animaux de compagnie.

En conclusion, bien que le débat « pour ou contre » l'écornage manque de données scientifiques, sa pratique n'est finalement que peu controversée par les professionnels de l'élevage.

Selon Mellor *et al.* (2008), la nécessité de réaliser n'importe quelle procédure douloureuse en élevage (comme l'écornage) doit répondre à chacune des questions suivantes:

- 1- Quelles sont les bénéfices attendus de cette modification anatomique ?
- 2- Est-ce que la procédure apporte les bénéfices recherchés ?
- 3- Est-ce qu'elle bénéficie à une proportion significative des animaux traités ?
- 4- La nécessité de sa réalisation est-elle considérable ?
- 5- Est-ce que les mêmes bénéfices peuvent être atteints, d'une autre façon (méthode « moins invasive ») ?

Aux deux premières questions, nous pouvons répondre que les bénéfices attendus de l'écornage dépendent du propriétaire de l'animal. Pour les éleveurs, tout comme les particuliers, l'écornage minimise les risques de blessures de l'animal envers l'homme, mais aussi envers ses congénères, d'autres espèces animales ou encore lui-même. Enfin, dans le cadre de l'élevage, l'écornage facilite la gestion de l'espace et prévient certainement des dégâts matériels et des dommages sur la carcasse.

À la troisième question, nous répondons qu'il est essentiel de réaliser l'écornage sur tous les animaux évoluant dans un même espace, afin d'éviter les dominances des sujets cornus, par rapport à ceux écornés. Dans ce cas, l'écornage bénéficie alors à l'ensemble du troupeau.

À la quatrième question, la réponse est subjective et dépend là encore du propriétaire ; en élevage intensif, sa réalisation facilite certainement la conduite zootechnique.

À la cinquième question, nous avons malheureusement vu que, contrairement aux bovins pour lesquels la sélection d'individu motte est envisageable, elle ne l'est pas chez les caprins du fait des effets délétères de cette sélection sur la fertilité du gène PIS (voir première partie A] 1.).

C] Moment de l'écornage

Le moment de réalisation de l'écornage doit être raisonné, en considérant notamment l'âge des caprins, la technique employée et les conditions climatiques.

1. Âge des caprins

Il est intéressant de remarquer qu'en anglais, il existe deux mots pour signifier « écornage » selon l'âge auquel cet acte est réalisé : « disbudding » et « dehorning ». La définition du free dictionary (2011) est successivement pour ces 2 termes :

- To disbud : “to remove the horn buds of (calves, lambs, and kids) to prevent horns growing”, soit en français : « retirer les bourgeons cornuaux des (veaux, agneaux and chevreaux) afin de prévenir la pousse ultérieure des cornes ».
- To dehorn : “to remove or prevent the growth of the horns of (cattle, sheep, or goats)”, soit en français : “Retirer ou prévenir la croissance des cornes des (bovins, moutons ou chèvres).

L'anglais introduit donc la notion de l'âge, par rapport au français.

1.1. Intérêts d'un écornage précoce

Si le propriétaire est sûr de vouloir écorner un caprin, il est préférable de réaliser cet acte le plus tôt possible dans la vie de l'animal (Hull, 1995, Valdmanis *et al.*, 2007 ; Matthews, 2009 ; Smith et Sherman, 2009) pour des raisons de facilité (acte d'écornage lui-même mais aussi contention) et minimiser les complications. De plus, ce serait moins douloureux, car du fait de la taille moindre du bourgeon cornual, la zone à cautériser est plus faible, ce qui limiterait la douleur « inflammatoire ».

L'écornage d'un caprin « adulte » suscite plus de complications. Une sinusite peut survenir suite à l'exérèse des cornes du fait de la communication du sinus frontal avec le sinus du cornillon, dès l'âge de 1 à 8 mois. De plus, le risque de myiases est accru sur les larges plaies.

Le succès de l'écornage dépend également de l'âge de l'animal : plus l'animal est écorné jeune, moins il y a de risques de repousse ultérieure des cornes. Au-delà d'un certain âge (3 à 4 semaines), il est parfois recommandé d'attendre plusieurs semaines afin de retirer les cornes par d'autres procédés (techniques chirurgicales utilisées chez l'adulte) (Matthews, 2009).

Enfin, Matthews (2007) rappelle qu'un écornage tardif modifie la hiérarchie au sein d'un groupe et instaure un stress supplémentaire pour les animaux.

1.2. Âge idéal

La croissance cornuale des chevreaux est plus rapide que celle des veaux (Boyd, 1988 ; Buttle, 1986). L'écornage doit donc être plus précoce. Le tableau 2 présente l'âge idéal, voire maximal, pour la réalisation d'un écornage.

Tableau 2 : Âges idéal et maximal pour la réalisation de l'écornage, en fonction éventuellement de la race et/ou du sexe, chez le chevreau.

Auteurs	Âge idéal (en jours)	Âge maximal (en jours)
Spaulding (1977)	3 à 4	NR
Baker (1981)	7 à 14	NR
Smith (1982)	7	14
Wright <i>et al.</i> (1983)	7 à 14	NR
Baxendell (1984)	Mâles : 4 à 7 Femelles : < 10	NR
Williams (1985)	4 à 5	NR
Buttle <i>et al.</i> (1986)	2 à 7	NR
Boyd (1988)	< 7	7 à 10
White (2004)	Races européennes : - mâles : 3 à 5 - femelles : 5 à 7 Races nubiennes : jusqu'à 14	14
Smith and Sherman (2009)	Races européennes : - mâles : 3 à 5. - femelles : 5 à 7. Chevreaux petits à la naissance, races nubiennes et pygmées : Jusqu'à 14	NR
Chartier (2009)	Mâles : 3 à 5 Femelles : 5 à 7	NR
DEFRA (2009)	2 à 3	10
Matthews (2009)	2 à 7	NR
Smith (2010)	NR	14

NR : Non Renseigné

2. Influence du sexe, du poids et de la race

La croissance cornuale dépend du poids et du sexe chez les caprins. L'écornage doit être précoce chez les mâles et par contre, retardé chez les individus prématurés ou de faible poids à la naissance (Ricordeau et Bouillon, 1969). Smith et Sherman (2009) proposent même d'atteindre à l'âge de 2 semaines chez les individus de faible gabarit à la naissance.

Bien qu'aucune étude scientifique n'ait démontré de variations raciales, certains auteurs considèrent que :

- Les Alpines British doivent être écornées plus tôt que les Alpines Chamoisées (Baxendell, 1984).
- Les Alpines Chamoisées doivent être écornées entre 7 et 10 jours (Bailey, 1984).
- Les races européennes doivent être écornées entre 5 à 7 jours pour les femelles et 3 à 5 jours pour les mâles (White, 2004 ; Smith et Sherman, 2009).
- Pour les races nubiennes (White, 2004 ; Smith et Sherman, 2009) et les races pygmées (Smith et Sherman, 2009), l'écornage doit être repoussé à l'âge de 2 semaines.

3. Techniques employées

Certains auteurs préconisent de s'intéresser non pas à l'âge des animaux à écorner, mais plutôt à la proéminence ou à la taille du bourgeon cornual. Si le diamètre à la base du bourgeon est inférieur à 1 cm, une cautérisation chimique ou thermique du bourgeon est possible ; si le diamètre est supérieur à 2 centimètres, une ablation chirurgicale du bourgeon cornual est nécessaire (Skarda et Tranquilli, 2007b).

4. Saison et conditions climatiques

Il est préférable d'écorner par temps sec et non venteux afin de prévenir toute complication infectieuse. Par ailleurs, concernant la prophylaxie contre les myiasas, il faut écorner hors période d'activité des mouches.

5. Pratique actuelle et conclusions

Quelles que soient les variations raciales, sexuelles ou encore pondérales, l'écornage dans un contexte d'élevage est généralement préconisé vers 7 jours et avant deux semaines d'âge. Toutefois, sur le terrain, pour des raisons de conduite zootechnique, les chevreaux ne sont pas écornés à âge fixe, mais par lots. Le critère « proéminence du bourgeon cornual » est souvent le premier avancé par l'éleveur pour déterminer le moment de l'écornage. Dans ce cas, les chevreaux ont souvent plus de 2 semaines d'âge.

D] Temps opératoires

Seul l'écornage des chevreaux est présenté dans cette partie, puisque que c'est la principale procédure réalisée dans un contexte d'élevage.

1. Pré-écornage

Il convient de n'écorner que des chevreaux en bonne santé, préalablement gardés au sec, au chaud et à l'abri des courants d'air.

1.1. Pesée

Si un protocole anesthésique ou analgésique est mis en place, les chevreaux doivent être pesés afin de recevoir des doses adaptées à leur poids.

1.2. Préparation du site d'écornage

1.2.1. Tonte

Le dessus de la tête en région des bourgeons cornuaux peut être tondue ou rasée afin d'intervenir sur un site « plus propre » et d'améliorer la visibilité des bourgeons cornuaux. De plus, dans le cas d'un écornage thermique, le temps d'application du fer est diminué en l'absence en poils et l'inhalation de fumées par l'opérateur est réduite.

1.2.2. Asepsie

L'asepsie de la zone tondue est réalisée à l'aide d'une solution antiseptique (à base de povidone iodée, ou de chlorhexine, par exemple).

Le temps nécessaire pour la tonte puis la désinfection des bourgeons cornuaux étant jugé trop long par les éleveurs, très peu pratiquent ces étapes.

1.3. Contention

La réalisation de l'écornage chez les chevreaux, quelle que soit la technique employée, nécessite une contention du sujet à écorner.

1.3.1. Contention chimique

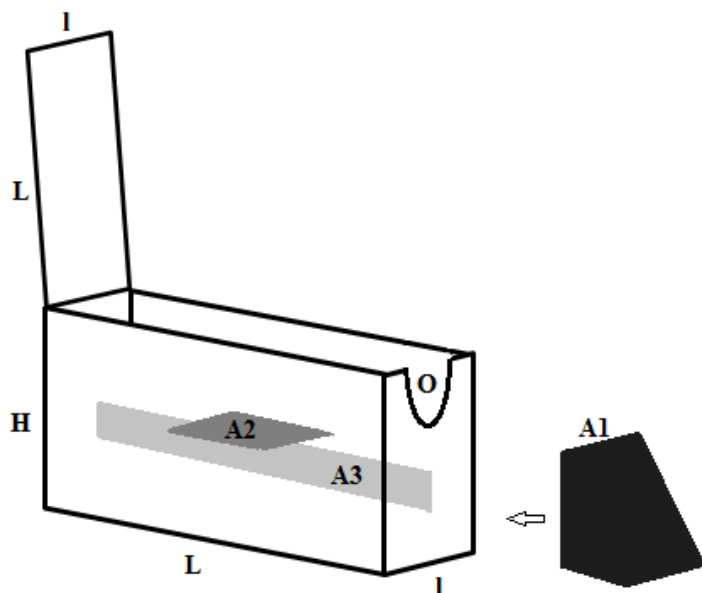
L'utilisation d'anesthésiques par voie parentérale et/ou gazeuse, afin de tranquilliser, sédater ou anesthésier l'animal est discutée dans la dernière partie de la thèse.

1.3.2. Contention physique

1.3.2.1. Utilisation de matériels de contention

Des boîtes de contention pour chevreaux utilisables lors d'écornage sont disponibles dans le commerce (environ 60 euros). Toutefois, elles peuvent être fabriquées facilement (figure 13).

Figure 13 : Schéma d'une boîte de contention destinée à l'écornage des chevreaux (schéma personnel, d'après les données de White, 2004).



Dimensions de la boîte :
hauteur **H** (46 cm), longueur **L** (61 cm) et largeur **I** (18 cm)
(White, 2004).

Un couvercle est nécessaire pour contenir l'animal dans la boîte. L'ouverture **O** est délimitée sur la face avant pour le passage de la tête de l'animal.

Un repose-tête (**A1**) peut être accolé à la face avant de la boîte pour soutenir la tête à l'extérieur de la boîte. La position inclinée permet une présentation optimale des bourgeons cornuaux

A2 ou **A3** : Des planches de soutien (**A2** ou **A3**) peuvent être placées dans la boîte pour surélever le chevreau, tout en permettant le libre mouvement des pattes.

D'autres systèmes de contention peuvent être utilisés comme des tréteaux à écornage pour chevreaux, des caisses de "gavage à canards" ou encore des sacs à chat (Spaulding, 1977).

1.3.2.2. Contention manuelle

La contention du chevreau à écorner peut se faire aussi manuellement en l'absence de matériel de contention.

Si le manipulateur est seul pour écorner, la contention du chevreau requiert un peu d'expérience. L'opérateur s'assoit et place sur ses genoux le chevreau en décubitus sternal, tête de son côté droit (s'il est droitier) et les pattes laissées libres de mouvement de part et d'autre des genoux de l'opérateur. L'animal est plaqué à l'aide du bras gauche contre l'opérateur et la tête contenue par la main gauche (indications pour un droitier). L'autre main (la droite) manipule l'écorneur.

À deux personnes, la contention est plus aisée. Une table ou une botte de foin permettent au manipulateur de travailler debout. L'un contient l'animal et le second pratique l'écornage. Généralement celui qui pratique l'écornage maintient la tête du chevreau et l'autre opérateur maintient les pattes (figure 14).

Figure 14 : Contention physique à deux opérateurs d'un chevreau Saanen lors d'écornage par cautérisation des bourgeons cornuaux (cliché personnel).



1.4. Anesthésie locale

La réalisation de l'écornage chez les chevreaux, quelle que soit la technique employée, peut nécessiter une anesthésie locale des bourgeons cornuaux par désensibilisation des nerfs les innervant. La technique et les résultats expérimentaux de l'anesthésie locale chez le chevreau sont présentés dans la dernière partie de la thèse.

2. Écornage proprement dit

2.1. Différents procédés

Sur le continent nord-américain, vétérinaires et éleveurs utilisent la cautérisation thermique (Valdmanis *et al.*, 2007). Au Portugal par contre, l'écornage par pâte caustique serait la technique la plus répandue, au moins chez le veau (Stilwell *et al.*, 2009). En France, il n'existe pas de données précises sur les méthodes employées pour écorner. Néanmoins, la cautérisation thermique au fer électrique semble être celle la plus employée.

Les méthodes d'écornage détaillées par la suite (à savoir la cautérisation chimique et la cautérisation thermique) sont applicables chez le chevreau âgé de 2 jours à 2 semaines. La cautérisation thermique est possible jusqu'à 6 à 8 semaines d'âge, après coupe préalable des cornillons. Au-delà de cette période, les techniques à employer sont celles des caprins adultes (non développées ici).

2.1.1. Cautérisation chimique

Les produits caustiques utilisés pour l'écornage sont de l'hydroxyde de calcium (chaux éteinte), de l'hydroxyde de potassium (potasse caustique), de l'hydroxyde de sodium (soude caustique) ou de l'hydroxyde de calcium. Ces agents peuvent être seuls ou associés, et utilisés sous forme de pâtes ou de crayons. L'action corrosive de ces composés chimiques provoque une nécrose par cautérisation des tissus en contact direct. Les poils cornuaux doivent être préalablement tondus ou, au moins humidifiés et plaqués en périphérie des

bourgeons, avant l'administration d'une petite quantité du produit caustique comme le conseille Gendreau (1953), chez le veau.

L'application du produit caustique peut toutefois entraîner des lésions d'autres parties du corps de l'animal ou de ses congénères, suite à un contact non souhaité avec le produit. L'atteinte des yeux, à proximité de la zone d'application du produit, est notamment à surveiller. Pour éviter ces problèmes, Smith et Sherman (2009) recommandent d'une part d'appliquer un cercle de vaseline en périphérie du dépôt caustique afin de limiter l'étendue d'action du produit et, d'autre part de contenir le chevreau pendant 20 minutes. De plus, cette méthode peut entraîner la destruction de l'os frontal sous-jacent, favorisant une contamination bactérienne cérébrale.

2.1.2. Cautérisation thermique

Après la seconde guerre mondiale, l'écornage par cautérisation thermique au moyen d'un fer chauffé a commencé à remplacer l'utilisation des pâtes caustiques. Aujourd'hui, en France, l'utilisation de produits caustiques est très minoritaire par rapport au fer électrique, pour l'écornage du bétail.

2.1.2.1. Matériels

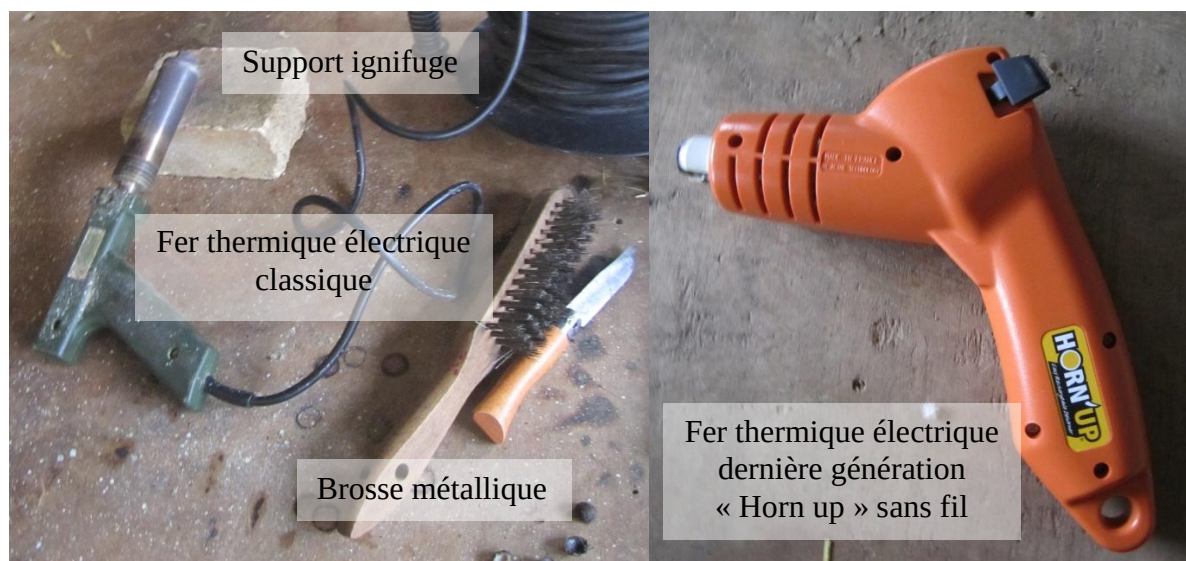
2.1.2.1.1. Fers

Il existe des fers thermiques électriques (figure 15) et des fers thermiques gazeux. Les dernières générations de fers à écorner sont sans fil, très légers, ne nécessitent pas de temps de chauffe préalable et possèdent une très bonne autonomie.

L'utilisation d'un fer à écorner pour veaux est possible chez les chevreaux. Toutefois les embouts pour veaux sont généralement de trop faible diamètre et le renforcement central est trop profond (Buttle *et al.*, 1986). De plus, les fers utilisés chez le veau seraient souvent insuffisamment chauffés (Baxendell, 1984). La température requise est d'au moins 600°C (Matthews, 2009) afin de limiter le temps de contact entre le fer et le bourgeon cornual du chevreau. Afin que le fer soit à une température adéquate, il doit être préalablement mis à chauffer 15 à 20 minutes avant l'écornage, sauf pour les fers de dernière génération. Il faut faire attention lors d'utilisation de rallonges électriques car la température de chauffe du fer peut être abaissée (Smith et Sherman, 2009).

Avec les fers thermiques classiques, au bout de plusieurs écornages d'affilé, la température de l'embout du fer diminue. Ainsi il est recommandé de chauffer à nouveau le fer, avant d'écorner une nouvelle série de chevreaux. Buttle *et al.* (1986) conseillent même de remettre le fer à chauffer entre chaque bourgeon cornual à écorner.

Figure 15 : Fers thermiques électrique classique (à gauche) et de dernière génération (à droite) (clichés personnels).



Le contrôle de la température de chauffe du fer n'est pas facile. Souvent à défaut de disposer d'un thermomètre infra-rouge (pour mesurer précisément la température de l'embout du fer), le placement de l'embout sur une planche en bois ou la couleur « rouge cerise » de l'embout sont les méthodes subjectives employées par l'éleveur ou le vétérinaire pour évaluer la température.

L'utilisation du fer thermique gazeux est semblable au fer thermique électrique, seul le moyen de chauffage de l'embout diffère. Smith (1982) propose une méthode d'écornage via un embout adapté aux chevreaux (inventé par Éric N. Smith, de Freeville, N.Y.) à enclencher sur une torche de propane (type BenzOmatic JT-10 ou JT681). La réalisation technique de l'écornage n'est pas précisée mais paraît identique à celle du fer électrique, hormis le temps de chauffage plus faible (pas d'indications de temps).

Enfin, il faut prévoir un support ignifuge (parpaing ou tuile par exemple) pour reposer le fer lorsqu'il est chaud et une brosse métallique pour nettoyer l'embout du fer (figure 15). Cette étape permet une chauffe plus rapide entre deux séries de chevreaux à écorner.

2.1.2.1.2. Embouts

Les cornillons des chevreaux sont proportionnellement plus larges que ceux des veaux (Matthews, 2009 ; Buttle *et al.* 1986). En effet, à 3 mois, le cornillon du veau mesure entre 2 et 3 centimètres, taille atteinte chez les chevreaux dès les premières semaines de vie. Ainsi, la plupart des auteurs conseillent d'utiliser des embouts de diamètre supérieur à ceux préconisés chez les bovins (tableau 3). Pourtant, en pratique, de nombreux éleveurs utilisent des embouts pour veaux (1,8 cm), avec un résultat qu'ils jugent satisfaisant concernant les risques de récurrence. En effet, l'inconvénient lié au diamètre insuffisant de l'embout peut être pallié en réalisant un mouvement circulaire large autour du bourgeon cornual.

Tableau 3 : Diamètre(s) de l'embout de l'écorneur conseillé chez les chevreaux.

Auteurs	Diamètre(s) proposé(s) de l'embout du fer (en centimètres)
Buttle <i>et al.</i> (1986)	2,2 à 2,8
White (2004)	1,9 à 2,5
Nuss (2007)	2,2 à 2,8
Chartier (2009)	1,6 à 2,5
Matthews (2009)	2 à 2,8
Smith et Sherman (2009)	1,9 à 2,5

Il est à noter que les bourgeons cornaux des mâles étant de taille proportionnellement plus importante par rapport à ceux des femelles, il convient à priori d'utiliser un embout de diamètre supérieur pour ceux-ci (Matthews, 2009).

2.1.2.1.3. Allume-cigare

Al-Sobayil (2007) propose une nouvelle méthode simple et économique pour écorner les petits ruminants. Cette technique nécessite un allume-cigare (de voiture) et une batterie de voiture ou bien un convertisseur d'électricité (réception : 110 ou 220 V, production : 12 V) associé à des fils électriques pour relier l'allume-cigare à la batterie.

2.1.2.2. Technique

2.1.2.2.1. Utilisation d'un allume-cigare

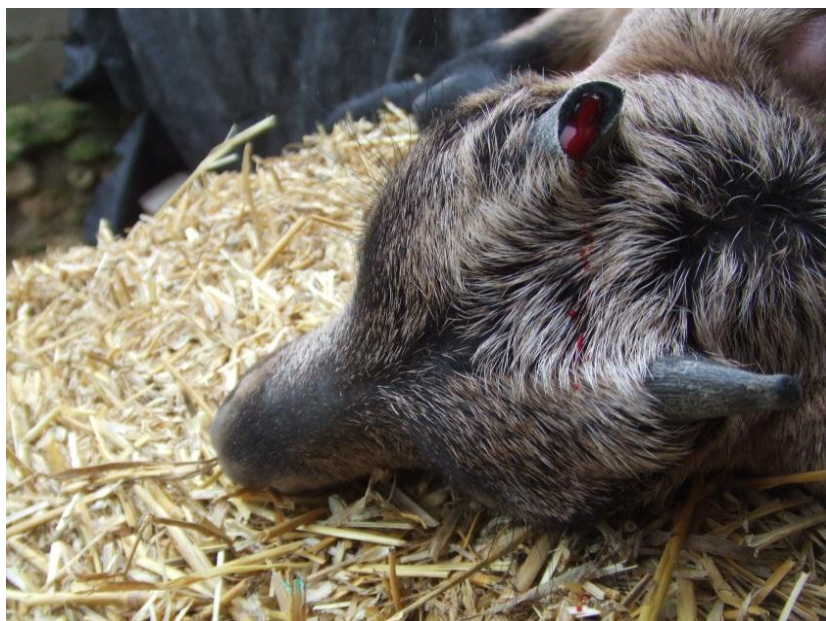
Dans l'expérience d'Al-Sobayil (2007), des chevreaux de moins de 2 semaines ont été écornés à l'aide d'un allume-cigare. L'allume-cigare, une fois chaud, est appliqué sur le bourgeon cornual, une à deux fois, pendant 3 à 4 secondes à chaque application. Entre deux cautérisations à l'allume-cigare, le manipulateur attend le refroidissement de la tête du chevreau. Le diamètre de l'allume-cigare correspond, d'après l'auteur, environ au diamètre à cautériser pour des chevreaux de moins de 15 jours.

Les avantages de cette méthode par rapport aux fers électriques commerciaux sont la rapidité de chauffe (sauf pour les fers de dernière génération qui ont également un temps de chauffe très rapide), le coût très modeste et la non nécessité de raccords électriques à une prise de courant.

2.1.2.2.2. Utilisation d'un fer thermique

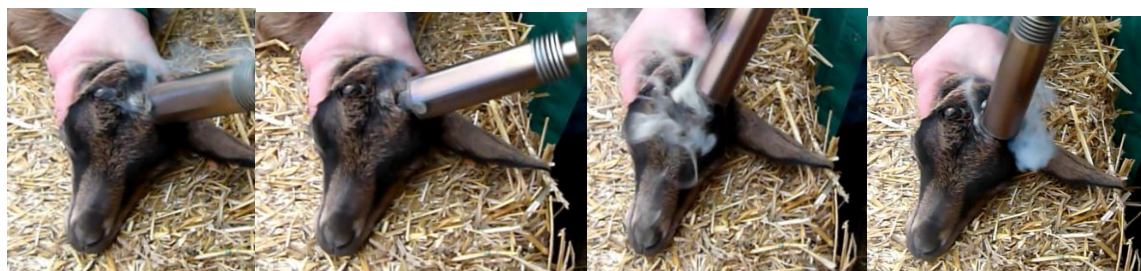
Le fer est appliqué successivement sur chacun des cornillons. Toutefois, chez les chevreaux âgés de plus de 2 semaines d'âge, comme les cornes sont déjà développées, il est nécessaire de couper préalablement le sommet du cornillon (Buttle *et al.*, 1986) afin d'arriver à positionner correctement le fer. Des sécateurs, une cisaille ou encore une pince à sabot (White, 2004) préalablement nettoyés puis désinfectés, peuvent être utilisés. Il s'en suit souvent un saignement. Toutefois, le contrôle du saignement est facilement réalisé par l'application du fer chaud (figure 16).

Figure 16 : Saignement des vaisseaux cornuaux suite à la coupe au sécateur de la corne droite, d'une chevrette alpine de plus de 2 semaines (cliché personnel).



Le mouvement à effectuer avec le fer est propre à chacun. Il convient de réaliser un mouvement circulaire plutôt lent autour du bourgeon cornual (figure 17) afin d'exercer une pression suffisante du fer chaud sur toute la zone à cautériser (notamment la membrane kératogène, à la base du cornillon) et prévenir ainsi des risques de repousse ultérieure. Buttle *et al.* (1986) insistent sur la cautérisation des tissus en régions caudale et latérale, où la zone proliférative serait plus large. À l'inverse, Baker (1981) conseille d'insister caudo-médialement à la corne.

Figure 17 : Mouvement de rotation (ici dans le sens trigonométrique) de l'embout (d'un diamètre d'1,8 centimètre) du fer électrique autour du bourgeon cornual (clichés personnels).



Le temps d'application du fer sur le bourgeon cornual doit être limité dans la mesure du possible, entre 3 et 20 secondes, selon les fers et les auteurs (tableau 4). L'utilisation d'un fer très chaud est préférée à une longue exposition et une pression importante sur les bourgeons (Matthews, 2009). C'est la chaleur qui détruit le chorion par cautérisation.

Le nombre de contacts nécessaire entre le fer et le bourgeon cornual dépend de nombreux facteurs et principalement de la température du fer. Il est donc à adapter en fonction des circonstances (tableau 4). Néanmoins pour prévenir certaines complications (méningo-encéphalite notamment), l'attente entre deux applications doit laisser le temps au crâne de l'animal de refroidir. Baker (1981) et Williams (1984) proposent, par exemple, d'alterner les applications du fer sur chacun des bourgeons.

Une fois brûlé, la plupart des éleveurs sur le terrain retire le bourgeon cornual. Les auteurs conseillent également cette étape afin d'éviter principalement les risques de repousse au centre du cornillon (Baker, 1981) voire d'éviter des infections (Matthews, 2009). Buttle *et al.* (1986) recommandent l'utilisation d'un scalpel pour le retrait du bourgeon et préconisent même l'ablation de 2 à 3 mm de peau à la périphérie de la zone cautérisée. En pratique, le bourgeon est souvent retiré à l'aide du fer chaud lui-même ou manuellement.

Enfin, après le retrait du bourgeon, une dernière cautérisation au fer achève l'hémostase du site (Buttle *et al.*, 1986).

Tableau 4 : Protocoles proposés lors de l'écornage thermique des chevreaux.

Auteurs	Matériels	Technique			
		Temps d'application maximum (en secondes) du fer par application	Nombre d'application(s)	Retrait du bourgeon cornual	Remarque(s)
Baker (1981)	Rinehart Electric Calf Dehorer avec embout spécial caprin	5	1 voire plus si nécessaire	oui	Insister en région caudo-médiale Alternier les applications d'un bourgeon à l'autre
Bailey (1984)	NR	10	1 voire plus si nécessaire	NR	NR
Buttle <i>et al.</i> (1986)	Fer chauffé à 600°C	20 à 25 secondes pour l'ensemble des applications (nombre d'applications non précisé)		NR	Cautérisation plus large en régions caudale et latérale
White (2004)	Fer (200 W)	3 à 4	2	NR	NR
Nuss (2007)	Fer chauffé à 600°C	20	NR	NR	NR
Al-Sobayil (2007)	Allume-cigare chauffé sur batterie de voiture (12 V)	3 à 4	1 à 2 fois	oui	NR
Chartier (2009)	Fer électrique (> 200 W)	5 à 10	NR	oui	NR
Matthews (2009)	Fer chauffé à 600°C	20-25 secondes pour l'ensemble des applications (1 seule application pour les chevrettes de 2 à 7 jours)		oui	NR
Smith et Sherman (2009)	Fer (200 W)	5 à 10	NR	oui	NR
	Fer (125 W)	30			NR
Ingvast-Larsson <i>et al.</i> (2010)	Feu chauffé à 600°C	7 à 15 secondes	NR	NR	NR

NR : Non Renseigné

2.1.3. Procédés physiques

2.1.3.1. Excision chirurgicale

Boyd (1988) est le seul auteur à notre connaissance à proposer une méthode d'excision chez le chevreau, à l'aide d'un tube perforé en acier. Le trou possède un bord tranchant et a un diamètre d'environ 2,5 cm. Il est placé au niveau du bourgeon cornual puis par un mouvement de coulissage du tube, une exérèse large et rapide du bourgeon cornual est réalisée. L'auteur utilise ce procédé sous anesthésie générale préalable et complète l'intervention par une cautérisation de la zone d'exérèse afin de contrôler les saignements.

2.1.3.2. Électrodessication

Il s'agit d'un procédé utilisant un instrument d'électrochirurgie appelé « hyfrecator » pour high-frequency eradicator. Cet instrument émet des impulsions électriques de basse puissance par l'intermédiaire d'une sonde directement positionnée au niveau du bourgeon cornual.

Koger et Mc Niece (1982) ont obtenu de bons résultats chez vingt chevreaux de moins de 10 jours. La plaie est plus esthétique et le risque de repousse des cornes est faible. Enfin, les auteurs rapportent un stress limité lors de la procédure.

2.2. Avantages et inconvénients des différents procédés

Le choix du procédé d'écornage repose sur l'âge de l'animal, sur l'expérience de l'opérateur, les habitudes et la conduite d'élevage de l'éleveur. De plus, il faut connaître les avantages et inconvénients des différents procédés ; ceux-ci sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Avantages et inconvénients des différentes méthodes d'écornage d'après des données établies chez les caprins voire les bovins.

Méthode utilisée	Avantages		Inconvénients
Cautérisation chimique	- Utilisable dans les troupeaux à petit effectif - Pas besoin d'un raccord électrique		- Non utilisable dans des troupeaux à grand effectif (Al-Sobayil, 2007) - Risque de lésion oculaire et d'atteinte de n'importe quelle autre partie de l'animal lui-même ou d'un congénère (Baker, 1981) - Risque de méningite en cas de surdosage (Smith and Sherman, 1994) - Douleur post-intervention plus longue par rapport à un écornage thermique (Matthews, 2009 ; Smith et Sherman, 2009) - Cicatrice disgracieuse
Cautérisation thermique	Électrique	- Moins douloureuse que la cautérisation chimique (Matthews, 2009 ; Smith and Sherman, 2009) - Coût très faible (inférieur aux pâtes et crayons chimiques) si utilisation d'un allume-cigare (méthode d'Al-Sobayil, 2007)	- Temps de chauffage long (> 15 minutes ; Smith, 1982), sauf pour les écorneurs de dernière génération ou l'allume-cigare. - Risque de méningite en cas de chauffage prolongé du crâne. - Besoin d'un raccord électrique, sauf en cas d'utilisation d'un allume-cigare. - Risque d'embrasement ou d'électrocution de l'opérateur ou de l'animal (Smith, 1982)
	Gazéuse	- Températures de chauffage plus élevées par rapport aux anciens fers électriques (Smith, 1982 ; Chapman, 1985 ; Matthews, 2009) - Chauffage plus rapide (Smith, 1982, Chapman, 1985) - Pas besoin d'un raccord électrique	- Risque de méningite en cas de chauffage prolongé du crâne (Smith, 1982)
Procédés physiques	- Procédure rapide - Risque de repousse des cornes faible (Boyd, 1988)		- Hémostase plus difficile par rapport aux méthodes par cautérisation

Si plusieurs procédures d'écornage sont disponibles, il convient de choisir la moins douloureuse. Malheureusement, aucune étude scientifique n'a comparé la douleur induite par les différentes techniques d'écornage chez les chevreux. Des données sont par contre disponibles chez les veaux.

L'application d'une pâte caustique induit de la douleur pendant plusieurs heures chez les veaux : 3 h en l'absence d'analgésie (Stilwell *et al.*, 2009) ou plus de 4 heures malgré une sédation préalable à la xylazine (Vickers *et al.*, 2005). La douleur est appréciée dans ces études à partir de certaines manifestations comportementales, comme les hochements de tête,

les frottements de la tête contre les murs ou encore les mouvements des oreilles (Vickers *et al.*, 2005 ; Stilwell *et al.*, 2009).

Morisse *et al.* (1995) ont montré que les veaux écornés par cautérisation thermique ont des réactions comportementales et des concentrations en cortisol plasmatique, inférieures à ceux écornés par la pâte caustique. Toutefois dans l'étude, les veaux de chaque groupe n'ont pas le même âge : les veaux écornés à la pâte caustique sont plus jeunes (4 semaines) que ceux écornés par cautérisation (8 semaines). Cette différence d'âge influence peut-être la sensibilité à la douleur et donc les résultats de l'étude. Dans une autre étude (celle de Vickers *et al.*, 2005) réalisée sur des veaux âgés de 10 à 35 jours, l'écornage à la pâte caustique associé à une sédation à la xylazine apparaît moins douloureux par rapport à l'écornage par cautérisation associé à une sédation à la xylazine et une anesthésie locale.

Petrie *et al.* (1995) ont montré, chez des veaux de 6 semaines, que l'écornage par cautérisation thermique gazeuse cause moins de douleur que l'écornage à la pince de Barnes (« scoop dehorner »).

En conclusion, chez le veau, il apparaît que l'écornage est un acte douloureux. Mais, même si des données scientifiques existent, il n'est pas facile d'établir quelle est la procédure la moins ou la plus douloureuse.

3. Temps post-écornage

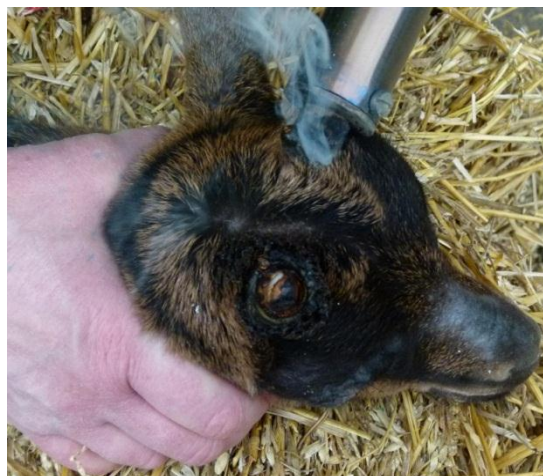
Après l'écornage, les chevreaux doivent être placés sur une litière propre, dans un endroit sec et chaud, à l'abri des courants d'air. Dans le cas où l'écornage a été réalisé sous forte sédation ou anesthésie générale, il convient de placer les chevreaux en décubitus sternal, le temps de la récupération.

De plus, il convient de mettre en œuvre des mesures prophylactiques pour éviter des complications infectieuses.

3.1. Prophylaxie de la plaie

Après l'écornage, la zone cautérisée forme un cercle cuivré (White, 2004) (figure 18). Une croûte se forme dans les jours qui suivent l'écornage puis tombe 3 à 5 semaines après. Les poils repoussent et la plaie n'est quasiment plus visible 7 semaines après écornage.

Figure 18 : Plaie en « cercle cuivré » au niveau du bourgeon cornual droit d'un chevreau, suite à sa cautérisation au fer électrique (cliché personnel).



La pulvérisation d'un spray à base d'antibiotique (comme des tétracyclines) sur les bourgeons cautérisés est préconisée (White, 2004 ; Matthews, 2009 ; Smith et Sherman, 2009). L'emploi systématique d'une antibiothérapie par voie systémique est par contre controversé. Alors que Smith et Sherman (2009) réservent ce traitement aux animaux présentant une fièvre ou une anorexie post-écorne, Matthews (2009) pratique systématiquement une antibioprophylaxie générale à large spectre.

3.2. Prophylaxie antitétanique

L'écorne induisant une plaie, il convient de mettre en œuvre des mesures prévenant la survenue du tétanos.

Si le statut vaccinal antitétanique du chevreau écorné est inconnu, il est important de lui administrer un sérum antitétanique. Actuellement, la seule spécialité disponible sur le marché en France, avec Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) pour les caprins, est le TETANISERUM 150®. Sur la notice du produit, il est préconisé d'administrer 2 à 3 ml, par chevreau, par voie SC (ce qui correspond à une dose de 300 à 450 UI par chevreau). Toutefois, Smith et Sherman (2009b) considèrent que 250 à 300 UI suffisent pour des chevreaux de moins d'une semaine. Bailey (1984) et White (2004) proposent d'adapter les doses à l'âge du chevreau : chez les jeunes de moins de 10 à 14 jours, une injection de 200 à 250 UI suivi éventuellement d'un rappel 2 semaines plus tard et, chez ceux plus âgés, même protocole avec des doses de 500 UI. White (2004) associe à l'injection du sérum tétanique l'administration d'une dose de vaccin antitétanique.

Toutefois, l'emploi de vaccin antitétanique n'est souvent pas justifié lors d'écorne chez le chevreau. En effet, la vaccination contre les clostridioses est possible dès 2 semaines d'âge chez les animaux issus de mère non vaccinées et, dès 8 semaines chez ceux dont les mères ont été vaccinées, quels que soient les vaccins disponibles en France avec AMM caprins (COGLAMUNE ®, COGLAVAX ®, MILOXAN ® et TASVAX huit ®). Étant donné le moment de l'écorne (avant 2 semaines en théorie), l'utilisation de vaccin antitétanique est donc indiquée uniquement sur les mères pendant la gestation et non chez les chevreaux écornés, trop jeunes. La protection immunitaire du chevreau vis-à-vis du tétanos est alors assurée par transfert passive, via le colostrum issu d'une mère correctement vaccinée durant la gestation.

E] Complications

White (2004) cite deux complications majeures survenant après l'écorne des chevreaux : la repousse des cornes et la méningo-encéphalite. D'autres existent comme une sinusite ou une infection des plaies. Williams (1985) ajoute enfin les risques inhérents à l'emploi d'une anesthésie lorsque celle-ci est pratiquée.

1. Repousse des cornes

La réussite de l'écorne repose sur la destruction ou l'excision complète de la membrane kératogène (ou chorion) responsable de la formation de l'étui corné. Sinon, il y a un risque de repousse de la corne visible dès 3 à 6 semaines. Des cornes plus petites et souvent déformées apparaissent. Des divisions de la cheville osseuse sont possibles et se distinguent des cas de polykératie, par l'absence d'étui corné supplémentaire. La repousse des cornes déformées peut blesser l'animal lui-même au niveau du cou ou de la face (figure 19), ce qui nécessite une exérèse chirurgicale des cornes (par section à la scie-fil par exemple).

L'échec à l'écornage est fréquent (Spaulding, 1977), notamment lorsque les manipulateurs sont inexpérimentés. Il touche préférentiellement les boucs ou les chevrettes intersexuées.

Buttle *et al.* (1986) insistent sur l'importance d'une cautérisation (ou ablation) large (plus large que chez le veau) : entre 2,2 à 3,8 cm (selon les animaux), spécifiquement en régions caudale et latérale où la zone proliférative serait plus large. La zone à cautériser étant d'autant plus large que le chevreau est âgé, le risque de repousse des cornes est minimisé si l'animal est écorné jeune (Williams, 1985).

Enfin, l'endroit où la corne repousse est à noter afin de cautériser plus largement en ce site lors des écornages des chevreaux suivants.

Figure 19 : Repousse de cornes déformées, chez une chèvre alpine chamoisée adulte, plusieurs années après un écornage mal réalisé (cliché personnel).



2. Méningo-encéphalite

Suite à un écornage, des cas de méningo-encéphalite sont rapportés chez les chevreaux. Thompson (2005) rapporte une morbidité de 20% (parmi 150 chevreaux de 4 à 10 jours écornés au fer chaud, sans anesthésie préalable) et une mortalité de 8 %. Toutefois, ces chiffres ne peuvent être généralisés car la fréquence d'apparition de méningo-encéphalite est clairement corrélée à la façon d'écorner.

2.1. Clinique

Une méningo-encéphalite chez le chevreau peut se déclarer quelques heures après l'écornage et jusqu'à trois semaines (Wright, 1983). L'animal présente alors des symptômes d'atteinte du système nerveux central : incoordination, paraplégie, convulsions puis coma (Sanford, 1989). Toutefois, les symptômes peuvent débuter simplement par de l'anorexie ou se résumer à une mort subite. Après l'apparition des signes cliniques, le chevreau atteint décède généralement dans les 3 jours (Thompson, 2005). De plus, si l'animal survit grâce à la mise en œuvre d'un traitement adapté, il peut en conserver des séquelles (Sanford, 1989). La méningo-encéphalite peut aussi évoluer en abcès cérébral.

2.2. Histologie et bactériologie

Thompson (2005) rapporte les résultats d'autopsie obtenus sur 5 chevreaux décédés après écornage (dans les 3 jours qui suivirent). Aux sites d'écornage, la peau, les tissus sous-cutanés et l'os frontal sont nécrotiques et hémorragiques. Chez 4 des 5 chevreaux, le cortex frontal présente des cavités nécrotiques bilatérales. L'histologie révèle des plages de nécrose par coagulation, d'hémorragies, de thromboses vasculaires et une inflammation suppurative. Les prélèvements bactériens ont mis en évidence une prédominance de bâtonnets Gram + au niveau des tissus cérébraux nécrotiques. Le 5^{ème} chevreau présente des plages bilatérales de décoloration jaunâtre et un aplatissement des circonvolutions frontales, aux sites d'écornage. Histologiquement, les lésions évoquent une polioencéphalomalacie (ou nécrose du cortex cérébral).

Les germes isolés à partir des méninges et du cortex cérébral sont lors de cas de méningo-encéphalites post-écornages :

- *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli* et *Corynebacterium spp.* (Thompson, 2005),
- *Escherichia coli*, *Micrococcus spp.* et *Clostridium perfringens* (Wright, 1983).

2.3. Traitement

Le traitement de la méningo-encéphalite repose sur l'administration d'un antibiotique et d'un anti-inflammatoire (Smith et Sherman, 2009) associé à des mesures de nursing (lampe chauffante et sondage œsophagien si nécessaires) (White, 2004).

2.4. Facteurs de risque et prophylaxie

La finesse de l'os frontal de la chèvre, par rapport au veau, entraîne un risque accru de dommages cérébraux pour cette espèce lors d'écornage par cautérisation (Thompson, 2005). L'application prolongée ou la pression excessive du fer chaud peut entraîner des dommages de l'os frontal, des méninges voire du cerveau (Wright, 1983 ; Williams, 1985 ; Matthews, 2009 ; Smith et Sherman, 2009). Toutefois, la survenue d'une méningo-encéphalite semble liée à l'utilisation d'un fer insuffisamment chaud au départ, appliqué pendant un temps trop long. L'utilisation d'un embout pour veau, donc de taille inférieure aux recommandations, peut favoriser une utilisation trop longue du fer chaud (Boyd, 1988). Ainsi, le fer doit être suffisamment chaud au départ (> 600°C) (Matthews, 2009 ; Smith et Sherman, 2009), le temps de pose sur le cornillon limité et toute seconde application du fer doit être précédée d'un temps de pause.

3. Autres complications infectieuses

3.1. Tétanos

Le tétanos est une toxi-infection due à la production d'une neurotoxine par *Clostridium tetani* dans les tissus nécrosés. Le bacille tétanique est un germe tellurique anaérobie, présent dans les sols et parfois dans les excréments ; les spores ne se développent qu'en milieu anaérobie.

Bien que souvent sporadique, le tétanos peut prendre parfois une allure enzootique de façon ponctuelle lors d'écornage : par exemple, lors de l'écornage avec un fer contaminé par des spores.

Le temps d'incubation de la maladie est variable mais est en moyenne de 10 jours. La toxine remonte le long des axones et empêche l'action des neurones inhibiteurs, provoquant une stimulation permanente des muscles striés.

Les premiers symptômes sont discrets et se traduisent par une raideur de la démarche, un port haut des oreilles et une procidence de la membrane nictitante. Parfois, la maladie débute par une atteinte locale des muscles voisins de la plaie d'inoculation. Ensuite, les difficultés locomotrices s'aggravent, avec une hyperesthésie et des spasmes musculaires violents (associés à toute stimulation). Le taux de mortalité peut atteindre 80%.

De ce fait, la prophylaxie antitétanique est primordiale (voir deuxième partie D] 3.2.).

3.2. Listériose

Parfois, des cas de listériose sont observés quelques jours après un écornage (Smith et Sherman, 2009b). L'infection latente est probablement activée par le stress de l'écornage.

Un traitement à base de pénicilline ou de tétracycline doit être mis en œuvre dès apparition des premiers signes (abattement, paralysie du nerf facial, ataxie, torticolis...) (Smith et Sherman, 2009b).

3.3. Myiases

Les myiases sont des parasitoses liées à l'infestation par des larves d'insectes. En région tempérées, elles sont occasionnées par les larves carnassières de *Wohlfahrtia magnifica* (larvipare) sur peau lésée ou saine, ou par *Lucilia sericata* (ovipare), sur peau lésée uniquement. Elles sont plus fréquentes sur les larges plaies et surviennent donc plus fréquemment suite à l'écornage des adultes.

Pour éviter l'apparition de myiases, l'écornage devrait être réalisé hors période d'activité des mouches (qui se situe au printemps et en été). Toutefois, c'est l'âge du chevreau qui conditionne généralement le moment de l'écornage.

En conclusion, la prophylaxie des myiases est surtout importante chez les caprins adultes, chez qui il convient de différer l'écornage à l'automne, l'hiver ou au début du printemps (Matthews, 2009 ; Smith et Sherman, 2009).

3.4. Sinusite

Le sinus du cornillon est en communication avec le sinus frontal chez les chevreaux, dès l'âge de 1 à 2 mois pour Hull (1995) ou 8 mois selon Skarda et Tranquilli (2007b). Toute ouverture du sinus cornual (par section de la corne) risque donc d'induire une sinusite du sinus frontal. Toutefois, la pratique actuelle de l'écornage des chevreaux recommandée avant l'âge de 2 semaines permet d'éviter généralement les sinusites. Une infection du sinus frontal peut toutefois survenir à partir des plaies d'écornage.

En cas de sinusite, les symptômes sont du jetage, des secouements importants de la tête ou encore une odeur anormale au niveau de la plaie d'écornage (Smith et Sherman, 2009).

Le traitement de la sinusite repose sur un rinçage des sinus avec une solution désinfectante légèrement diluée afin d'éliminer mécaniquement le pus, puis sur l'application d'antibiotique topique (spray ou seringue intramammaire). Chez les animaux présentant un syndrome fébrile, une antibiothérapie (pénicilline) par voie systémique est en plus recommandée (Smith et Sherman, 2009).

4. Complications traumatiques

4.1. Fracture

Des fractures de la boîte crânienne sont possibles si la pression exercée avec le fer chauffé est trop forte. Il faut donc préférer un fer chaud à une pression trop forte ou trop longue sur la tête de l'animal (Buttle *et al.*, 1986).

4.2. Hémorragie

Le risque d'hémorragie lors de l'écornage au stade du bourgeon cornual est très faible. De plus, les cautérisations chimique et thermique permettent l'hémostase immédiate des vaisseaux cornuaux.

4.3. Brûlures

Des brûlures accidentelles sur d'autres parties du corps du chevreau que les cornillons peuvent survenir, notamment lors de l'utilisation de produits caustiques. Une contention correcte pendant la période d'application du produit et un dosage adéquat permettent de diminuer le risque d'atteinte cérébrale ou oculaire (cas de chevreaux aveugles rapportés). L'isolement des chevreaux traités permet d'éviter l'atteinte des congénères.

Les brûlures sont aussi possibles lors de la manipulation des fers chauds. Il faut notamment faire attention aux oreilles chez les races aux oreilles pendantes (chèvre anglo-nubienne par exemple).

F] Ablation ou cautérisation des glandes sébacées cornuales

1. Conséquences physiologiques

Certains propriétaires de boucs, souvent des particuliers, demandent le retrait chirurgical de ces glandes, pour diminuer les nuisances olfactives.

1.1. Conséquences sur l'odeur émise

L'absence totale d'odeur n'est pas garantie après l'exérèse chirurgicale des glandes sébacées cornuales (Bowen, 1981 ; Smith et Sherman, 2009b). Ceci est dû à la présence de cellules odorantes sur le reste du corps (notamment au niveau de la glande mentale et des régions du cou et du garrot) et à la difficulté à déterminer macroscopiquement l'étendue de la zone glandulaire à la base de chaque corne. D'après des études histologiques, Lancker *et al.* (2004) évaluent des surfaces glandulaires de 20 cm² chez le bouc adulte.

Seule la castration influencerait l'odeur émise par le bouc. Elle est donc à envisager en premier lieu pour les boucs non destinés à la reproduction, et non l'exérèse des glandes sébacées cornuales.

1.2. Conséquences sur la fonction de reproduction

L'ablation ou la cautérisation des glandes annexes cornuales perturbe la fonction de reproductrice des boucs, car les boucs ayant subi une ablation ou une cautérisation des

glandes cornuales semblent moins efficaces dans la détection de l'œstrus et la stimulation des femelles.

2. Technique d'ablation ou de cautérisation des glandes sébacées cornuales

L'ablation ou la cautérisation des glandes sébacées cornuales est réalisable au moment de l'écornage (Matthews, 2006). Chez le chevreau, comme les glandes sébacées sont localisées caudo-médialement à la base des cornes (voir première partie B] 4.), la peau de cette zone est tondue et frottée manuellement afin d'éliminer le maximum de sécrétion possible. Une préparation aseptique est conseillée. Un croissant de peau localisé caudo-médialement à chaque corne est brûlé au fer chaud (Matthews, 2007) ou retiré par incision de la peau au scalpel. La cautérisation a l'avantage de permettre le contrôle de l'hémostase en même temps.

Bien que l'écornage des chevreaux soit un acte rapide et simple, il n'en demeure pas moins un acte douloureux.

TROISIÈME PARTIE : ÉCORNAGE EN ÉLEVAGE CAPRIN, UNE PRATIQUE DOULOUREUSE

Au XVII^{ème} siècle, Descartes avance la thèse de « l'animal-machine », l'animal est alors considéré incapable de ressentir la douleur. Au cours de la seconde moitié du XIX^{ème} siècle, des progrès dans le domaine de la physiologie ont permis, notamment par la vivisection, une meilleure connaissance vétérinaire du système nerveux et de la douleur animale. C'est d'ailleurs à cette même époque que naissent, dans les pays occidentaux, les législations et les associations de protection des animaux. Depuis, les progrès de la médecine vétérinaire mais aussi la sensibilité accrue du public à la souffrance animale n'ont cessé de grandir.

Ainsi, au cours des 30 dernières années, les publications scientifiques internationales sur la douleur sont en croissance continue (INRA, 2009). L'évaluation de la douleur induite par l'écornage et son contrôle font partie des sujets de préoccupation des scientifiques, notamment dans les espèces bovine et caprine.

Toutefois, dans la pratique, l'écornage n'est pas encore systématiquement associé à un traitement analgésique. Aux États-Unis et au Canada, au travers d'une enquête réalisée auprès d'éleveurs caprins et de vétérinaires, il ressort qu'autant les vétérinaires ont tendance lors d'écornage (notamment sur des adultes) à utiliser un traitement analgésique, autant les éleveurs y ont moins souvent recours. Les éleveurs qui réalisent une analgésie à leurs animaux lors d'écornage le font pour le bien-être animal, alors que ceux qui n'en utilisent pas, considèrent que ce n'est pas nécessaire (Valdmanis *et al.*, 2007). De plus, certains ne semblent pas au courant des possibilités de contrôle de la douleur lors de l'écornage, notamment chez les veaux (Misch *et al.*, 2007).

A) Rappels sur la douleur

1. Définitions

La douleur, vient du latin *nocere*, qui veut dire « faire du mal ».

La définition adoptée mondialement, a initialement été proposée en 1979 par l'Association Internationale pour l'Étude de la Douleur (IASP) et est la suivante : « *la douleur est une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire, réelle ou potentielle ou décrite en termes évoquant une telle lésion* ». Toutefois cette définition est difficilement applicable aux animaux. Ainsi la définition de l'IASP a été modifiée dans une formulation plus adaptée aux animaux : « *la douleur est une expérience sensorielle aversive, déclenchée par une atteinte réelle ou potentielle qui provoque des réactions motrices et végétatives protectrices, qui conduit à l'apprentissage d'un comportement d'évitement et qui peut modifier le comportement spécifique de l'espèce, y compris le comportement social* ».

La nociception représente une sensibilité résultant d'une altération tissulaire, projetée vers des structures centrales, avant toute intégration dans les circuits de l'émotion ou de la mémoire. La douleur n'est pas équivalente à la nociception ; c'est une expérience consciente de celle-ci (Anderson et Muir, 2005 ; INRA 2009).

La souffrance est caractérisée par un état émotionnel de détresse associé aux événements qui menacent l'intégrité biologique ou psychologique de l'individu. Le

retentissement émotionnel de la douleur varie en fonction du développement cortical (expérimentation chez des humains lobotomisés) (INRA, 2009).

Le stress est un état réactionnel de l'organisme soumis à une agression brusque. Par exemple, lors d'un écornage, l'animal subit un stress lié à sa manipulation et sa contention. Chez l'animal, la douleur et le stress sont souvent confondus car elles induisent des modifications physiologiques et comportementales difficilement dissociables.

1.1. Classification temporelle de la douleur

Une douleur est dite « aiguë » lorsqu'elle est vive, immédiate et généralement brève (durée inférieure à 3 mois). Elle est causée par une stimulation nociceptive (lésion tissulaire), ayant pour origine un stimulus thermique, chimique ou mécanique ; c'est un « signal d'alarme ».

À contrario, une douleur persistante (au-delà de 3 à 6 mois) est qualifiée de « chronique » (INRA, 2009).

1.2. Classification physiopathologique

On distingue principalement, des douleurs par excès de nociception et des douleurs neuropathiques (INRA, 2009).

Les douleurs dites « par excès de nociception » sont liées à une surstimulation des fibres véhiculant les messages nociceptifs de la périphérie vers la moelle épinière et les centres supraspinaux. Elles peuvent être aiguës ou chroniques et résultent souvent d'une atteinte tissulaire. L'inflammation périphérique qui accompagne les lésions entraîne la libération de substances chimiques abaissant les seuils d'activation des nocicepteurs. Ainsi, pendant un épisode inflammatoire, le seuil d'apparition de la douleur est diminué. Un simple effleurement peut alors devenir douloureux (allodynie) et un stimulus nociceptif peut être perçu plus intensément (hyperalgésie). Ces douleurs sont sensibles aux traitements qui diminuent (ou interrompent) la transmission des messages nociceptifs à un niveau périphérique et/ou central, c'est-à-dire principalement les antalgiques.

Les douleurs dites « neuropathiques » sont liées à une modification des processus de transmission et/ou de contrôle du message douloureux à la suite d'une lésion nerveuse périphérique ou centrale. Les origines sont traumatiques, toxiques, virales, tumorales entre autres. Leurs délais d'apparition sont variables mais toujours retardés par rapport à la lésion initiale. Ces douleurs ne sont classiquement pas sensibles aux antalgiques usuels et répondent à des médicaments d'action centrale qui pourraient améliorer les dysfonctionnements de la transmission et des contrôles des messages nociceptifs (comme certains antidépresseurs et antiépileptiques, et/ou des techniques de neurostimulation transcutanée ou médullaire).

Enfin, il existe des douleurs « mixtes », c'est-à-dire associant les deux mécanismes physiologiques.

La douleur provoquée par un écornage est une douleur aiguë (immédiate, vive et brève), liée à un excès de nociception.

2. Physiopathologie de la nociception

La nociception devient pathologique, lorsqu'il y a une sensibilisation périphérique, une sensibilisation centrale, une réorganisation structurale du système nerveux central ou encore une désinhibition. Or, la compréhension de ses processus qui activent, sensibilisent,

modifient ou altèrent l'afflux nociceptif est fondamentale pour la mise en place d'un traitement analgésique (Anderson et Muir, 2005).

Mellor et Stafford (1999) décrivent aux moins deux phases physiopathologiques suite à l'écornage d'un bovin :

- la phase lésionnelle,
- puis la phase inflammatoire, processus plus long (au moins 7 à 9 heures).

Ces deux phases se superposent très certainement en partie. Chez les caprins, une étude a montré que la phase inflammatoire après écornage serait probablement beaucoup plus courte par rapport à celle retrouvée chez le veau (Ingvast-Larsson *et al.*, 2010).

2.1. Phase lésionnelle

2.1.1. Transduction

Tout stimulus mécanique, chimique ou thermique algogène est traduit en signal électrique (potentiel d'action) par des récepteurs de la douleur à haut seuil (nocicepteurs). Ces récepteurs constituent les terminaisons nerveuses libres des fibres A δ et C présentes dans de nombreux tissus (couches superficielles de la peau, surfaces articulaires, muscles, périoste, pulpe dentaire ou paroi des viscères). Les fibres A δ , myélinisées et de large diamètre, seraient impliquées dans une douleur aiguë et très localisée, alors que les fibres C, non myélinisées et de faible diamètre interviendraient dans une douleur sourde, plus diffuse.

Les nocicepteurs ont des seuils d'activation bien plus élevés que les récepteurs sensitifs classiques. Le seuil d'activation de ces récepteurs serait assez similaire entre les espèces, alors que le seuil de tolérance serait lui très variable, à l'origine de réponses motrices et végétatives plus ou moins intenses selon les espèces (Anderson et Muir, 2005).

2.1.2. Transmission et modulation

Les fibres afférentes A δ et C, situées dans les nerfs sensitifs, gagnent la corne dorsale de la moelle épinière. Puis, après une éventuelle modulation par des neurones intermédiaires dans la substance grise, les axones décussent vers le faisceau spino-thalamique de la colonne ventrolatérale controlatérale, dans la substance blanche (INRA, 2009).

2.1.3. Projection et perception

Les neurones du faisceau spino-thalamique gagnent l'encéphale où ils s'achèvent dans le thalamus et le cortex cérébral. Ces centres nerveux sont responsables de la prise de conscience et de la localisation de la douleur. Un autre faisceau parallèle, spinoréticulaire, gagne la formation réticulée et le système limbique. Le système limbique est responsable de la mémorisation de la douleur et de sa cause et, donc est à l'origine des comportements d'évitement vis-à-vis du processus douloureux (Anderson et Muir, 2005).

2.2. Phase inflammatoire

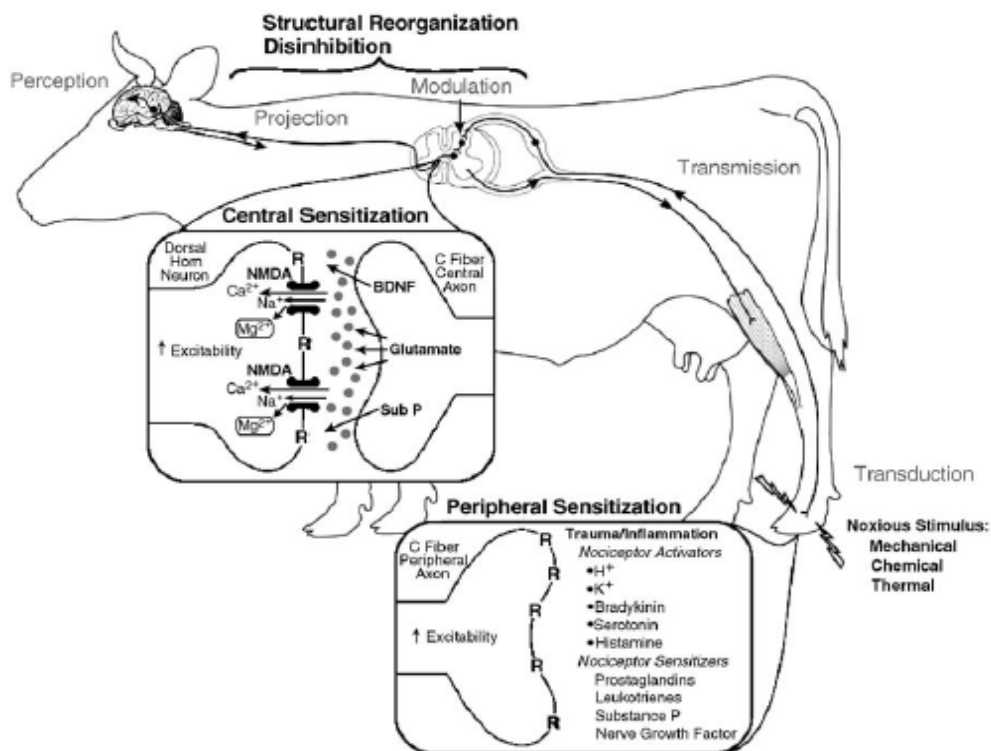
Les dommages tissulaires entraînent l'activation et le relargage des composants intracellulaires des cellules endommagées, des cellules inflammatoires (leucocytes, neutrophiles et macrophages) et des fibres nerveuses. Une grande quantité de substances chimiques (ions H⁺ et K⁺, prostaglandine E2, cyclo-oxygénase COX, cytokines, chémokines, facteur de croissance des nerfs NGF, histamines, bradykinine, catécholamines...) activent les nocicepteurs par diminution du seuil de détection et sensibilisent les nocicepteurs quiescents

ou silencieux (10 à 40% de la population). On parle alors de sensibilisation périphérique (figure 20), avec formation d'une zone d'hyperalgésie. La vasodilatation locale et l'extravasation plasmatique amplifient la réponse inflammatoire et étendent l'hypersensibilité aux tissus adjacents (hyperalgésie secondaire) (Anderson et Muir, 2005).

Si les lésions tissulaires et les dommages nerveux sont importants, la production continue de potentiels d'action entraîne un relargage excessif des neurotransmetteurs du système nerveux central (substance P, neurokinine A, brain derived neurotrophic factor, glutamate). Ceci entraîne des changements biochimiques au niveau de la corne dorsale de la moelle épinière. Il y a alors une sensibilisation centrale (figure 20) ; celle-ci est principalement dépendante de l'activation des récepteurs NMDA (Anderson et Muir, 2005).

Enfin, un dommage nerveux périphérique peut conduire à une réorganisation structurale du système nerveux central et/ou une désinhibition à l'origine d'une hypersensibilité, d'une hyperalgésie et d'une allodynie (figure 20).

Figure 20 : Schématisation de la physiopathologie de la nociception chez les bovins (Anderson et Muir, 2005).



Lors d'un écorne, il existe deux origines principales à l'excès de nociception : la lésion et l'inflammation qui en résulte.

Les effets à long terme de la douleur induite n'ont pas été approfondis. Les conséquences pourraient être une hyperalgésie, une douleur chronique, une douleur « fantôme »... La douleur chronique si elle existe après une procédure d'écorne est probablement de faible intensité selon Mellor et Stafford (1999).

3. Manifestations de la douleur

3.1. Critères physiologiques, comportementaux et zootechniques

Une modification de certains paramètres physiologiques et des anomalies comportementales peuvent être considérés comme des « signes de douleur ». Le tableau 6 présente l'ensemble des critères physiologiques et comportementaux susceptibles d'indiquer une douleur chez les mammifères.

D'autres critères pourraient être considérés, comme la consommation d'aliment et le gain de poids chez des jeunes animaux, d'autant plus que ces paramètres pourraient facilement être évalués par les éleveurs, contrairement aux précédents paramètres. Cependant, dans le cadre de l'étude de la douleur induite par l'écornage, les auteurs s'y intéressent très rarement. On peut toutefois citer l'étude de l'effet de l'écornage sur la consommation alimentaire dans les 24 heures post-écornage (Milligan *et al.*, 2004 ; Duffield *et al.*, 2010).

Tableau 6 : Liste des paramètres physiologiques et comportementaux susceptibles d’être modifiés par la douleur chez les mammifères (adaptation de Mellor et Stafford, 1999 ; INRA, 2009).

Les paramètres évalués lors des expérimentations d’écornage chez le veau ou chez le chevreau sont soulignés. Les références bibliographiques suivies d’un astérisque (*) sont spécifiques aux chevreaux.

Critères physiologiques	Critères comportementaux
Concentrations hormonales (sang, urine ou salive) : - axe corticotrope : adrénocorticotrophine (ACTH), glucocorticoïdes <u>Cortisolémie</u> (Morisse <i>et al.</i>, 1995 ; Petrie <i>et al.</i>, 1996, Mc Meekan <i>et al.</i>, 1997 ; Mc Meekan <i>et al.</i>, 1998 ; Graf et Senn, 1999 ; Grondahl-Nielson <i>et al.</i>, 1999 ; Sutherland <i>et al.</i>, 2002 ; Stafford <i>et al.</i>, 2003 ; Doherty <i>et al.</i>, 2007 ; Stilwell <i>et al.</i>, 2008 ; Stilwell <i>et al.</i>, 2009 ; Alvarez <i>et al.</i>, 2009 * ; Alvarez et Gutiérrez, 2010 * ; Ingvast-Larsson <i>et al.</i>, 2010 * ; Stilwell <i>et al.</i>, 2010 ; Duffield <i>et al.</i>, 2010...) - système orthosympathique : adrénaline, noradrénaline Progesterone, prolactine Métabolites sanguins : <u>Glucose</u> (Ingvast-Larsson <i>et al.</i>, 2010 *), lactate, acides gras libres, β-hydroxybutyrate. Réponses neurovégétatives : <u>Rythme cardiaque</u> (Grondahl-Nielson <i>et al.</i>, 1999 ; Gibson <i>et al.</i>, 2007 ; Stewart <i>et al.</i>, 2007 ; Stewart <i>et al.</i>, 2008 ; Alvarez <i>et al.</i>, 2009 * ; Alvarez et Gutiérrez, 2010 *), <u>rythme respiratoire</u> (Heinrich <i>et al.</i>, 2010 ; Alvarez <i>et al.</i>, 2009 * ; Alvarez et Gutiérrez, 2010 *), pression artérielle, <u>température</u> (interne, cutanée ou <u>oculaire</u> (Stewart <i>et al.</i>, 2007 ; Stewart <i>et al.</i>, 2008), dilatation de la pupille, sudation Réponse inflammatoire (sang) : haptoglobine, fibrinogène... Système immunitaire : <u>Nombre et phénotype des cellules immunes</u> (Doherty <i>et al.</i>, 2007) Activité cérébrale (EEG) (Gibson <i>et al.</i>, 2007)	<u>Vocalisations</u> : nombre, durée, intensité et composante spectrale des cris. (Doherty <i>et al.</i>, 2007 ; Alvarez <i>et al.</i>, 2009 * Alvarez et Gutiérrez, 2010 *) Postures, déplacements, comportement général : <u>posture antalgique,</u> <u>immobilité tonique,</u> <u>locomotion,</u> fuite, <u>bruxisme,</u> transpiration, <u>perte d’appétit,</u> agitation, <u>prostration,</u> <u>isolement,</u> agressivité, <u>mouvements de la tête et des oreilles...</u> (Vickers, 2005, Grondahl-Nielson <i>et al.</i>, 1999 ; Graf et Senn, 1999 ; Mc Meekan <i>et al.</i>, 1999 ; Milligan <i>et al.</i>, 2004 ; Doherty <i>et al.</i>, 2007 ; Stilwell <i>et al.</i>, 2008 ; Stilwell <i>et al.</i>, 2009 ; Alvarez <i>et al.</i>, 2009 * ; Stilwell <i>et al.</i>, 2010 ; Duffield <i>et al.</i>, 2010 ; Heinrich <i>et al.</i>, 2010 ; Ingvast-Larsson <i>et al.</i>, 2010 * ; Alvarez et Gutiérrez, 2010 *...)

3.2. Limites

Les critères physiologiques utilisés pour évaluer la douleur sont souvent invasifs (requérant des prises de sang). Ainsi, ils peuvent être difficiles à interpréter car des situations de stress sans composante nociceptive conduisent souvent à des modifications similaires à celles qui surviennent lors de douleur. L'exemple le plus fréquemment rencontré est celui du dosage de la cortisolémie dont la concentration plasmatique augmente lors d'un stress. Quelques nouveaux moyens de mesure, telle que la thermographie infrarouge (permettant des prises de température oculaire), apportent des solutions non invasives (INRA, 2009).

De même, certains comportements apparaissent lors d'une simple manipulation ou lors de l'isolement de l'animal du reste du groupe, sans qu'il y ait de douleur. Leur évaluation dans le cadre de l'appréciation de la douleur est donc contestable dans certains cas.

Enfin, dans un contexte d'élevage, la plupart des critères existants ne sont pas satisfaisants à l'échelle individuelle pour effectuer un diagnostic de douleur fiable, à grande échelle. Pour cela, il faudrait concevoir des échelles multiparamétriques reposant sur la combinaison de critères zootechniques, comportementaux ou physiologiques, comme cela commence à se développer en médecine vétérinaire chez d'autres espèces (animaux de compagnie, cheval et même bovins) (El Balaa et Marie, 2004).

B] Mise en évidence de la douleur lors de l'écornage

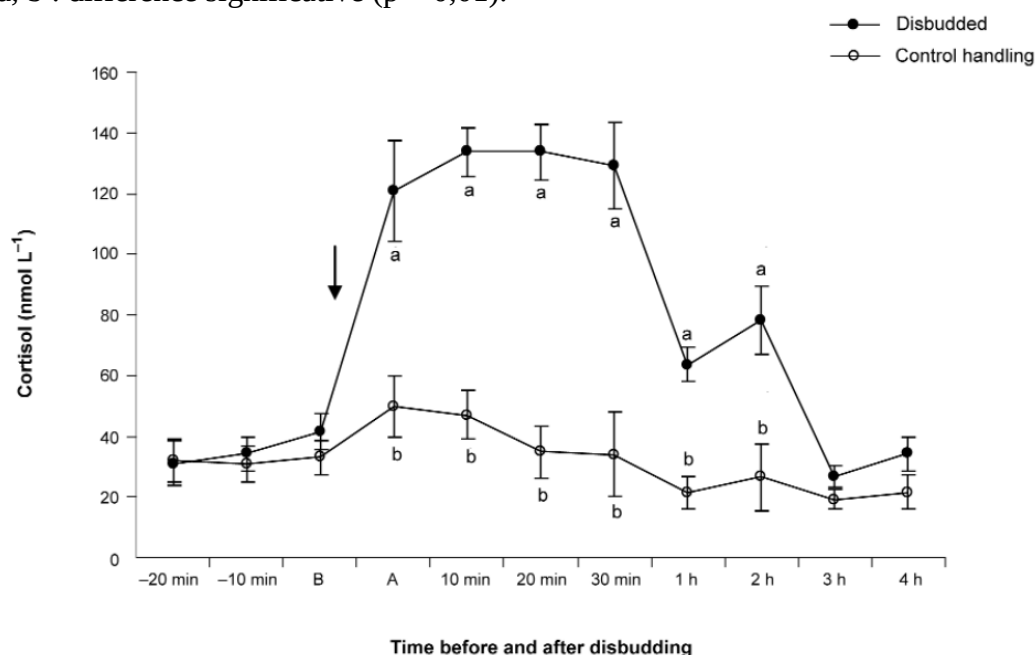
1. Chez le chevreau

Alvarez et Gutiérrez (2010) ont étudié les réactions physiologiques et comportementales des chevreaux lors de l'écornage, sur des chevreaux de moins de 20 jours d'âge. Dans l'étude, le lot traité a été écorné par cautérisation thermique électrique (fer chauffé à 600°C, appliqué 3 à 4 fois, pendant 3 à 4 secondes lors de chaque application). Le lot témoin a été manipulé à l'identique pour un simulacre d'écornage par le même opérateur. Les effets de l'écornage (ou de sa simulation) ont été étudiés sur les paramètres suivants : cortisolémie, fréquences respiratoire et cardiaque, comportement et vocalises. Il ressort des effets significatifs sur la cortisolémie, les comportements et les vocalises.

La cortisolémie chez les chevreaux écornés augmente significativement immédiatement après l'écornage ($p < 0,0001$) et l'augmentation perdure durant les 2 heures qui suivent ($p < 0,01$) (figure 21).

Figure 21 : Évolution de la cortisolémie moyenne (nmol/L) en fonction du temps (avant et après l'écornage) dans les 2 groupes (écorné et témoin) (Alvarez et Gutiérrez, 2010).

↓ : Moment de l'écornage
 Lot écorné : ●
 Lot témoin : ○
 B : Immédiatement avant l'écornage (environ 2 minutes)
 A : Immédiatement après l'écornage (environ 1 minute)
 a, b : différence significative ($p < 0,01$).



En ce qui concerne les réactions comportementales d'évitement (mouvements des pattes ou tentative de fuite), les chevreaux écornés en présentent significativement plus souvent (augmentation du nombre de chevreaux présentant des réactions, 100% vs 13% $p < 0,0001$) et plus intensément (13 ± 1 mouvements contre 7 ± 01 , $p < 0,0001$) que les témoins. Un effet comparable est observé sur les vocalises. Le pourcentage de chevreaux vocalisant à forte intensité est plus élevé dans le groupe écorné que chez les témoins (100% contre 20 %, $p < 0,0001$). De plus, la fréquence des vocalises est plus importante chez les chevreaux écornés (18 ± 2 contre 11 ± 2 , $p < 0,0001$).

Dans une autre étude, Alvarez *et al.* (2009) ont testé si l'anesthésie locale par « ring block » modifiait la perception de la douleur induite par un écornage, en utilisant les mêmes paramètres que précédemment (cortisolémie, fréquences cardiaque et respiratoire, mouvements et vocalises). Ils disposent pour l'étude de 5 lots : S « simulation » (simulation d'écornage seulement), SD « saline et écornage » (infiltration d'un placebo et écornage), CD « écornage » (écornage seul), AD « écornage et anesthésie » (anesthésie locale et écornage) et A « anesthésie » (anesthésie locale seulement).

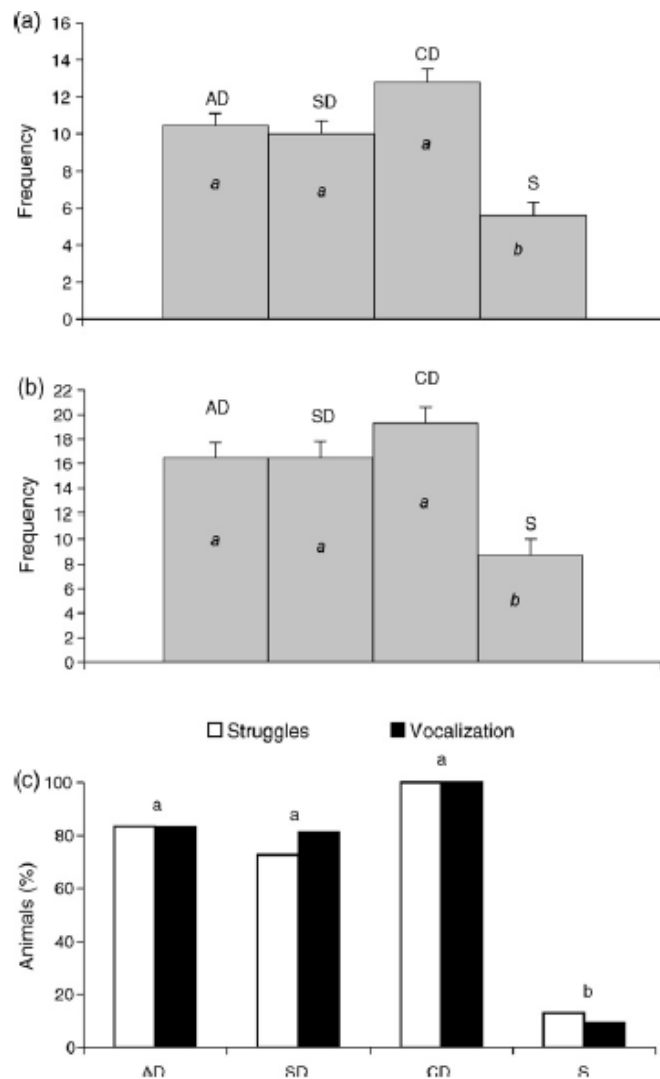
En ce qui concerne la cortisolémie, ils obtiennent des résultats comparables aux précédents chez les chevreaux subissant l'écornage. Il n'y a pas d'effets du sexe, de la race (alpine ou saanen) sur les concentrations en cortisol ($p > 0,05$). Les effets sur le comportement sont présentés figure 22. Les mouvements d'évitement et les vocalises sont plus importants (fréquence significativement augmentée) dans les lots écornés (CE, AD et SD) par rapport au lot témoin (S simulacre d'écornage) ($p < 0,05$). De plus, le pourcentage de

chevreaux ayant des mouvements vigoureux et des vocalisations de forte intensité est significativement plus élevé dans les groupes écornés que dans le groupe témoin ($p < 0,05$).

Figure 22 : Fréquences des mouvements d'évitement (a) et des vocalises (b) et pourcentage de chevreaux présentant des mouvements et des vocalises de forte intensité (c) chez des chevreaux soumis ou non à un écornage et/ou à une anesthésie locale des bourgeons (Alvarez *et al.*, 2009).

AD = « écornage et anesthésie » (anesthésie locale et écornage), SD = « saline et écornage » (infiltration d'un placebo et écornage), CD = « écornage » (écornage seul) et S = « simulation » (simulation d'écornage seulement).

a/b : différence significative ($p < 0,05$).



Ainsi, à partir de ces deux études (Alvarez *et al.*, 2009 ; Alvarez et Gutiérrez, 2010) les auteurs concluent que l'écornage des chevreaux (de moins de 20 jours) par cautérisation thermique entraîne des modifications significatives du comportement (mouvements vigoureux des pattes et tentative d'échappement, vocalises de forte intensité) et une rapide élévation de la cortisolémie qui dure pendant 1,5 à 3 heures. Toutefois l'écornage ne semble pas modifier les fréquences respiratoire et cardiaque.

En acceptant que ces paramètres sont des indicateurs fiables de la douleur, l'écorchage des chevreaux sans anesthésie et/ou analgésie associé apparaît être un acte douloureux.

2. Douleur chez les nouveau-nés : analogies inter-espèces

L'idée selon laquelle l'expérience de la douleur n'est pas accessible aux nouveau-nés dont le système nerveux est immature, est aujourd'hui largement remise en question, notamment par des travaux menés sur les nourrissons. En effet, les stimulations cutanées douloureuses en période néonatale donnent lieu à des réponses physiologiques, comportementales et métaboliques que l'on peut quantifier (Gall, 2002). Néanmoins, chez l'homme, comme chez le rat ou encore les ovins, il existe des différences d'expression face à la douleur des nouveau-nés comparés à des individus de la même espèce plus âgés.

Chez le rat nouveau-né, lors de stimulations mécaniques pour provoquer le retrait du membre postérieur, les seuils de réponse sont plus faibles et les réponses augmentées en intensité et en durée. Lors de stimulations thermiques, la température nécessaire pour provoquer une réaction de retrait de la queue est très faible au cours des 15 premiers jours de vie. Le seuil de retrait est voisin de 38 °C chez le rat nouveau-né, il augmente ensuite progressivement pour atteindre 46 °C à partir de 15 jours d'âge, ce qui correspond au seuil habituel enregistré chez les rats adultes (et également au seuil de douleur chez l'homme).

Chez l'agneau, Johnson *et al.* (2009) ont analysés des électrocardiogrammes (ECG) et des électroencéphalogrammes (EEG) enregistrés durant une procédure de castration, sur des sujets d'âge différent. Il apparaît que la fréquence cardiaque moyenne du plus jeune des agneaux (âgé de 3 heures) augmente de 2 % lors de la procédure contre 33 % chez des individus de 36 jours. Les auteurs concluent qu'il existe une différence de réceptivité du cortex cérébral à un stimulus nociceptif entre la première semaine de vie et les suivantes.

C] Gestion anesthésique

L'anesthésie dérive du grec "anaesthesia", qui veut dire insensibilité. En fait, l'anesthésie représente un mécanisme réversible d'insensibilité (analgésie) d'une partie ou de tout le corps, de perte de conscience et de relaxation musculaire. Elle comporte trois objectifs majeurs : 1) fournir une analgésie adéquate, 2) fournir des conditions optimales pour la procédure chirurgicale à effectuer et enfin 3) assurer la sécurité et la survie du patient.

L'anesthésie peut être réalisée à l'aide de diverses substances dénommées anesthésiques.

1. Préambule à l'utilisation des anesthésiques : droits et devoirs attachés à la prescription

1.1. Cascade de prescription

D'après l'article L. 5143-4 du Code de Santé Publique (CSP), « le vétérinaire doit prescrire en priorité un médicament vétérinaire autorisé pour l'animal de l'espèce considérée et pour l'indication thérapeutique visée ... ».

Selon le principe dit de « la cascade de prescription », le vétérinaire peut, dans le cas où aucun médicament vétérinaire approprié n'est disponible, prescrire les médicaments suivants :

1- Un médicament vétérinaire autorisé pour des animaux d'une autre espèce pour la même indication thérapeutique, ou pour des animaux de la même espèce dans une indication thérapeutique différente, hors Résumé des Caractéristiques du Produit (RCP) ;

2- À défaut, si le médicament mentionné en 1 n'existe pas, un médicament vétérinaire autorisé pour des animaux d'une autre espèce dans une indication thérapeutique différente ;

3- À défaut, si les médicaments mentionnés aux 1 et 2 n'existent pas, soit un médicament autorisé pour l'usage humain, soit un médicament vétérinaire autorisé dans un autre État membre pour la même espèce ou pour une autre espèce, pour l'affection concernée ou pour une affection différente, sans préjudice de l'autorisation d'importation délivrée par l'ANSES-ANMV pour ce médicament ;

4- À défaut des médicaments mentionnés aux 1, 2, 3, et 4, une préparation magistrale vétérinaire.

Les médicaments mentionnés en 1, 2, 3 et 4, sont administrés soit par le vétérinaire soit sous la responsabilité personnelle de ce dernier, par le détenteur des animaux, dans le respect de la prescription du vétérinaire.

1.2. Temps d'attente

Lorsque le vétérinaire prescrit un médicament pour des animaux dont la chair ou les produits sont destinés à la consommation humaine, il existe deux conditions supplémentaires relatives aux résidus, qui doivent satisfaire les dispositions du règlement (CEE) n°2377/90 du conseil du 26 juin 1990. D'une part, le vétérinaire ne peut prescrire qu'un médicament dont le principe actif est inscrit en annexe I, II ou III du règlement sur la Limite Maximal des Résidus (LMR) (règlement (UE) n°37/2010 de la commission). D'autre part, si le médicament utilisé n'indique aucun temps d'attente pour l'espèce à laquelle il est prescrit, le vétérinaire doit fixer un temps d'attente forfaitaire applicable aux denrées qui ne pourra être inférieur au minimum fixé par l'arrêté du 16 octobre 2002 (pour le lait : 7 jours, pour la viande : 28 jours). Le temps d'attente est le délai à observer entre la dernière administration du médicament à l'animal dans les conditions normales d'emploi et l'obtention de denrées alimentaires provenant de cet animal.

1.3. Principaux principes actifs anesthésiques autorisés en médecine d'élevage

Les caprins de compagnie, dont la chair et/ou le lait ne sont pas destinés à la consommation humaine, peuvent bénéficier de l'ensemble des produits anesthésiques et/ ou analgésiques dans le respect, de la part du prescripteur, du principe de la cascade. Par contre, les caprins d'élevage, dont la chair et/ou le lait, sont destinés à la consommation humaine, ne peuvent bénéficier que d'un nombre restreint de produits pharmaceutiques et doivent bien souvent être soustraits à des « temps d'attente forfaitaires ».

L'ensemble des principes actifs anesthésiques disponibles en France, autorisés ou non chez les caprins de rente et dont nous discuterons par la suite, sont présentées dans le tableau 7. Toutefois, la kétamine est le seul principe actif anesthésique possédant une AMM pour les caprins.

Tableau 7 : Anesthésiques et/ou sédatifs et/ou anxiolytiques +/- analgésiques utilisés en médecine vétérinaire en France.

Les produits pharmaceutiques disponibles en France sous forme injectable sont listés dans ce tableau. Les temps d'attente pour la viande et le lait ou l'interdiction d'utilisation des produits pharmaceutiques chez les caprins d'élevage sont spécifiés.

** : Temps d'attente forfaitaire, qui s'appliquent uniquement au changement d'espèce, et non aux changements d'indications, de doses et/ou de durées du traitement.

(AFSSA-ANMV règlement (UE) n° 37/2010 de la Commission ; wk-vet, 2011).

Principe actif	Famille	Nom(s) déposé(s) du(des) produit(s) pharmaceutiques (injectables) utilisables chez les caprins, avec respect des temps d'attente viande et/ou lait	Temps d'attente ou interdiction d'utilisation chez les caprins d'élevage	
			Viande	Lait
Isoflurane	Éthers halogénés	---	Interdit	Interdit
Halothane	Haloalcanes	---	Interdit	Interdit
Xylazine	α 2-Agonistes	PAXMAN ® (Interdiction chez les animaux dont le lait est destiné à la consommation humaine) ROMPUN 2% ® SEDAXYLAN ®	28 jours **	7 traites **
Détomidine		DETOGESIC ® solution injectable pour chevaux, DOMIDINE ® DOMOSEDAN ®	28 jours **	7 traites **
Dexmédétomidine		---	Interdit	Interdit
Médétomidine		---	Interdit	Interdit
Romifidine		SEDIVET ® (Interdiction chez les animaux dont le lait est destiné à la consommation humaine)	28 jours **	Interdit
Kétamine	Phencyclidines (Dissociatifs)	IMALGENE ®	0 jour	0 jour
Tilétamine		---	Interdit	Interdit
Thiopental	Barbituriques	NESDONAL ®	28 jours **	7 traites **
Pentobarbital		---	Interdit	Interdit
Acépromazine	Dérivé des Phénothiazines	CALMIVET ® (Interdiction chez les animaux dont le lait est destiné à la consommation humaine)	6 mois	Interdit
Diazépam	Benzodiazépines	---	Interdit	Interdit
Midazolam		---	Interdit	Interdit
Zolazepam		---	Interdit	Interdit
Alfaxalone	Dévirés des stéroïdes	---	Interdit	Interdit
Propofol	Dérivés du Phénol	---	Interdit	Interdit

--- : Pas de produit injectable utilisable en France chez les ruminants de rente.

2. Particularités physiologiques du nouveau-né et pharmacocinétique des anesthésiques / analgésiques

La période néonatale est définie chez l'homme comme les premiers 28 jours de vie. En médecine vétérinaire, il n'existe pas de définition unanime. Chez les petits animaux, Cornick-Seahorn (2001) la détermine comme les 12 premières semaines de vie alors que Grundy (2006) considère seulement les 4 premières. Chez les grands animaux, le poulain et le veau sont considérés comme physiologiquement matures dès 4 à 6 semaines de vie (Pettifer et Grubb, 2007).

Dans le cas du contexte de l'écornage des chevreaux, comme les animaux doivent être écornés idéalement avant l'âge de 2 semaines, tout chevreau à anesthésier est donc considéré comme « nouveau-né » ; ainsi il faut garder en tête qu'il est plus « sensible » aux produits anesthésiques qu'un adulte.

En effet, la pharmacocinétique (absorption, distribution, métabolisme et élimination) des molécules anesthésiques est différente chez les nouveau-nés et les adultes. Comparativement, un nouveau-né ou un très jeune animal présente notamment une immaturité de certaines de ses fonctions, des difficultés dans la régulation physiologique de ses grandes fonctions vitales, un volume de distribution extracellulaire élevé et une faible concentration en protéine de transport sanguin. Ces différences physiologiques doivent être prises en considération lors de la mise en œuvre d'un protocole anesthésique et d'une surveillance per-opératoire.

2.1. Appareil cardiovasculaire

Comparé à l'adulte, la masse contractile de tissu myocardique du nouveau-né est plus faible et la compliance ventriculaire est limitée. De ce fait, la contractilité cardiaque est réduite, le volume télé-diastolique (VTD) est bas et les capacités d'adaptation face aux modifications des conditions de charge sont très faibles. Chez le jeune euvoémique, le volume d'éjection systolique (VES) étant fixe, le débit cardiaque (Dc) dépend de la fréquence cardiaque (Fc) : $Dc \text{ (L/minute)} = VES \text{ (L)} \times Fc \text{ (battements/min)}$. Contrairement à l'adulte, la volémie et la pression artérielle systémique sont étroitement liées du fait de l'immaturité du système sympathique. Ainsi, en réponse à l'hypovolémie, le nouveau-né ne peut que faiblement augmenter ses résistances artérielles systémiques afin de maintenir sa pression artérielle.

La prévention et le traitement d'une bradycardie sont donc particulièrement importants en anesthésie-réanimation néonatale car toute bradycardie est source de bas débit cardiaque.

2.2. Appareil respiratoire

Le but principal du système cardiorespiratoire est d'apporter une quantité suffisante d'oxygène aux cellules afin qu'elles assurent les réactions de phosphorylation oxydative. Or, le besoin métabolique et la consommation en dioxygène (O₂) du nouveau-né sont supérieurs à ceux d'un adulte. De ce fait, la ventilation alvéolaire est importante. L'induction via des produits anesthésiques gazeux est donc plus rapide.

De plus, la réserve pulmonaire est minimale et la compliance thoracique est très élevée chez le nouveau-né du fait du manque de rigidité de la cage thoracique, du faible tonus des muscles intercostaux et de la persistance d'une pression intra-abdominale positive. Ces caractéristiques prédisposent le jeune patient à l'hypoxie, à un travail ventilatoire intense, à un risque d'obstruction des voies respiratoires ou encore à une affection pulmonaire.

Enfin, les mécanismes d'adaptation du transport de l'O₂ par rapport aux besoins de l'organisme sont moins efficaces chez le nouveau-né.

2.3. Système nerveux

À la naissance, le système nerveux sympathique n'est pas totalement mature. Ainsi, sa stimulation a des effets très limités sur la fréquence et la contractilité cardiaques ainsi que le contrôle du tonus vasomoteur. Comme nous l'avons vu précédemment, la réponse vasoconstrictrice à une hypotension est très incomplète dans les premières semaines de vie.

La barrière hémato-méningée étant davantage permissive en période néonatale, l'accessibilité des principes actifs au système nerveux central est accrue. Les nouveau-nés sont donc plus sensibles aux molécules à effet dépresseur sur le système nerveux central.

2.4. Reins et foie

Le rein est le principal organe d'élimination de la plupart des molécules anesthésiques, métabolisées ou non. Or, après la naissance, un processus de maturation morphologique et fonctionnelle du rein est nécessaire. Ceci a lieu plus précocement chez le veau, l'agneau et le chevreau par rapport au nourrisson ou au porcelet (Meyer, 1987). D'après Friis (1983), chez le chevreau, les capacités rénales atteignent celles de l'adulte dès 2 semaines.

L'immatunité du rein chez les jeunes de moins de 2 semaines limite donc l'adaptation du métabolisme rénal à une surcharge en produits anesthésiques mais aussi en eau. Il existe un risque d'œdème pulmonaire en cas d'apport trop rapide ou excessif en solutés de perfusion.

Le foie est l'organe majeur de métabolisation des principes actifs. L'oxydation microsomale puis la glucuronoconjugaison hépatique sont les principales voies métaboliques des molécules lipophiles, comme le thiopental. L'immatunité fonctionnelle du foie chez le nouveau-né peut donc perturber le métabolisme des molécules anesthésiques.

2.5. Autres

2.5.1. Thermogénèse

L'immatunité du système de régulation de la thermogénèse, l'importance du ratio surface corporelle sur poids et une vasoconstriction limitée, favorisent les pertes de chaleur. Le nouveau-né est donc plus sensible à l'hypothermie.

2.5.2. Composition grasseuse, musculaire et aqueuse

La masse grasseuse du nouveau-né est faible. Le pourcentage de masse grasseuse corporelle est de 2 à 3%, chez le poulain, contre 5% chez le cheval adulte. Lors de la redistribution des molécules anesthésiques, le compartiment adipeux est donc limité.

La maturation de la jonction neuromusculaire s'effectue durant les premiers mois suivant la naissance.

Enfin, la fraction en eau du corps est supérieure chez le nouveau-né, ce qui altère le volume de distribution des principes actifs. Meyer (1987) évalue le pourcentage en eau dans le corps entre 70 à 75 % chez le nouveau-né contre 50 à 60 % chez l'adulte. Le volume des

fluides extracellulaires représente presque le double de ceux de l'adulte. Les anesthésiques, généralement confinés dans l'espace extracellulaire, ont donc un plus grand volume de distribution chez les nouveau-nés.

2.5.3. Protéines de transport

Le nouveau-né présente une hypoalbuminémie physiologique responsable d'une large proportion de protéines de liaison actives dans l'organisme. Ainsi, les barbituriques, la kétamine, l'étomidate ou encore les AINS par exemples, sont davantage présents sous forme active chez les nouveau-nés.

3. Préparation pré-opératoire

3.1. Examen clinique

Avant toute anesthésie et toute intervention chirurgicale, il convient de faire un examen clinique du chevreau, en recherchant notamment des anomalies congénitales (anomalies cardiaques notamment) ou des infections présentes (respiratoires notamment). Les grandes fonctions (dont les fonctions respiratoire et cardiaque) sont examinées avec attention afin d'évaluer si le nouveau-né encourt un risque anesthésique ou chirurgical.

Si l'animal est notamment déshydraté, il doit être stabilisé (réhydraté) avant l'anesthésie et la chirurgie, voire l'intervention doit être différée.

3.2. Préparation de l'animal

Avant toute anesthésie, l'animal doit théoriquement être à jeun. Mais chez les nouveau-nés, prédisposés à l'hypothermie et à l'hypoglycémie, il est recommandé de ne pas imposer de diète alimentaire ou hydrique (Riebold, 2007). Hall *et al.* (2001) préconisent tout de même une diète de lait de 30 à 60 minutes avant une anesthésie ou intervention chirurgicale, chez le chevreau.

Une pesée préalable de l'animal avant l'intervention est nécessaire afin d'ajuster les posologies des molécules à injecter.

Un cathéter peut être implanté dans la veine jugulaire (d'un diamètre fin de 18 gauges chez le chevreau), voire la veine céphalique ou saphène (Hall *et al.*, 2001) afin de permettre l'administration intraveineuse de molécules anesthésiques et analgésiques et/ou de solutés de perfusion. Une infiltration d'anesthésique local au site de cathétérisme permet de faciliter la procédure. Il faut cependant faire attention à la toxicité de la lidocaïne chez le chevreau, la dose toxique est évaluée à 10 mg/kg (Riebold, 2007 ; Galatos, 2011) (voir troisième partie D] 2.).

Enfin avant de débiter l'anesthésie, l'ensemble du matériel pour l'écorchage doit être préparé.

4. Sédation

La sédation permet de réduire le stress chez un individu anxieux et de diminuer les dosages d'anesthésiques nécessaires à l'induction et au maintien de l'anesthésie.

Plusieurs molécules sont utilisables pour la sédation des caprins.

4.1. Benzodiazépines

Les benzodiazépines sont des anxiolytiques, sédatifs légers, myorelaxants et anticonvulsivants. Elles induisent une faible dépression de la fonction cardiorespiratoire. Par contre, elles n'ont pas d'effet analgésique (Pettifer et Grubb, 2007).

Le diazépam est principalement utilisé par voie IV car il est irritant pour les tissus et ses effets sont assez variables après administration IM. Chez les caprins, les posologies proposées pour une sédation modérée d'environ 30 minutes sont de 0,2 à 0,5 mg/kg, injectées lentement par voie IV (Taylor, 1991 ; Hall *et al.*, 2001 ; Murison, 2007).

Le midazolam, peut être administré par voie IM ou en IV. Son action est plus courte et plus puissante que le diazépam. Une dose de 0,4 mg/kg IV ou IM permet d'induire une sédation chez les caprins (Murison, 2007).

4.2. α 2-agonistes

Les α 2-agonistes ont tous un effet sédatif, analgésique et myorelaxant. Il faut toutefois faire attention à leur utilisation chez les caprins car cette espèce y est particulièrement sensible, notamment par rapport aux ovins (Taylor, 1991 ; Galatos, 2011).

4.2.1. Xylazine

Chez les ruminants domestiques, de très faibles doses de xylazine (0,015 à 0,025 mg/kg, par voie IM ou IV) permettent une sédation sans décubitus. Toutefois, il existerait une sensibilité variable entre les races : les petites races plus primitives nécessiteraient des doses plus importantes (Taylor, 1991). Enfin, les animaux malades ou jeunes requièrent des doses sédatives plus faibles (Hall *et al.*, 2001).

Aussi, Taylor (1991) propose d'utiliser la xylazine à une dose sédatrice de 0,025 mg/kg en IM chez les chevreux, alors que les doses chez l'adulte varient entre 0,01 mg/kg (sédation légère), 0,05 mg/kg (sédation profonde avec décubitus) (Pugh, 2001) et 0,1 mg/kg (Taylor, 1991).

4.2.2. Médétomidine

La mêtédomidine a été utilisée chez des chevreux à la dose de 0,015 mg/kg en IM pour induire une sédation (Mohammad *et al.*, 1991). Après administration de cette dose, le décubitus survient au bout de 11 ± 4 minutes et dure 59 ± 13 minutes. Les effets secondaires majeurs relevés sont une bradycardie, une hypothermie et une stase ruminale. Les autres effets secondaires rapportés, moins fréquemment, sont de la salivation, un tympanisme ruminal, des mictions fréquentes, un pouls jugulaire, une mydriase, une polypnée et une dyspnée. Les effets de la mêtédomidine à cette dose durent 1,5 à 2 h.

Des doses plus élevées sont proposées par Pugh : 0,01 à 0,07 mg/kg par voie IV (Pugh, 2001) et 0,04 mg/kg par voie IM (Pugh, 2007).

4.2.3. Détomidine

Chez les caprins, la détomidine peut être administrée par voie IV à des doses de 0,005 à 0,02 mg/kg ou par voie IM à des doses de 0,01 à 0,04 mg/kg. Elle permet une sédation de 45 à 60 minutes (Pugh, 2001).

Les effets secondaires des $\alpha 2$ -agonistes ont été surtout étudiés chez les ovins. Pour des posologies de 0,15 mg/kg de xylazine, 0,05 mg/kg de romifine, 0,030 mg/kg de détomidine et 0,01 mg/kg de médétomidine injectées par voie IV, Celly *et al.* (1997) observent une baisse de la pression partielle en oxygène (PaO₂), soit une hypoxémie sans hypercapnie associée quel que soit l' $\alpha 2$ -agoniste. Une baisse de la fréquence respiratoire est également enregistrée moins de 2 minutes après les injections. La xylazine induit une brève diminution de la fréquence cardiaque et une légère baisse de la pression artérielle moyenne. La détomidine, le médétomine et la romifidine entraînent une bradycardie, alors que la détomidine et la romifidine augmentent la pression artérielle moyenne. Une étude chez la chèvre gestante, après administration de 0,2 mg/kg de xylazine par voie IM, montre aussi une baisse significative de la fréquence respiratoire et de la pression artérielle pendant 2 heures (Sakamoto *et al.*, 1996).

4.3. Phénothiazines

Les phénothiazines sont rarement utilisées chez les petits ruminants étant donné leurs effets sédatifs réduits et l'absence d'analgésie. Elles sont susceptibles d'entraîner une hypotension, une hypothermie ou un prolapsus pénien. Toutefois, leurs effets sur la fonction cardiorespiratoire sont minimes et elles permettent de réduire la dose requise d'anesthésique à l'induction. Le réveil peut par contre être prolongé (Galatos, 2011).

Taylor (1991) propose d'utiliser l'acépromazine à des doses comprises entre 0,05 et 0,10 mg/kg en IV, chez la chèvre adulte, pour une sédation légère. Pourtant, pour les caprins de moins de 50 kg, Pugh (2001) conseille une posologie intraveineuse plus élevée : entre 0,1 et 0,2 mg/kg.

4.4. Kétamine

La kétamine est employée à la dose de 18 mg/kg par voie IM chez le chevreau (Chartier, 2009). Il s'agit d'un anesthésique à action rapide produisant un état dissociatif et une analgésie. Ses effets cardiorespiratoires sont légers. Les réflexes pharyngo-laryngés et le tonus musculaire sont préservés.

5. Anesthésie générale

L'anesthésie générale entraîne un état de narcose accompagné d'une diminution des réactions neurovégétatives, d'une altération transitoire des fonctions respiratoires et cardiovasculaires. Les objectifs sont la perte de conscience, l'absence de douleur et le relâchement musculaire.

5.1. Prémédication

Hall *et al.* (2001) considèrent que la prémédication n'est pas essentielle à une anesthésie générale chez les petits ruminants car la phase d'excitation à l'induction est rare. Les auteurs préconisent simplement l'administration d'opioïdes. À l'inverse, Galatos (2011) considère que, dans la plupart des cas, les avantages d'une prémédication priment sur les inconvénients (risques de régurgitation et de décubitus prolongé) car elle permet la contention et l'induction des animaux excités, la réduction des doses d'anesthésiques, une analgésie pré-opératoire et un réveil plus rapide.

5.1.1. Sédatifs

Galatos (2011) propose d'utiliser les sédatifs à des doses plus faibles, en prémédication, par rapport à celles préconisées pour une simple sédation.

5.1.2. Anticholinergiques

L'utilisation systématique des anticholinergiques chez les ruminants est discutable (Hall *et al.*, 2001) voire non nécessaire (Riebold, 2007, Smith et Sherman, 2009a). En effet, chez les ruminants, la posologie habituelle de l'atropine pour prévenir des bradycardies (0,06 à 0,1 mg/kg, IV) n'est pas suffisante pour réduire de façon significative les sécrétions salivaires (Riebold, 2007). Les anticholinergiques ont même tendance à cette dose à augmenter la viscosité de la salive rendant le risque d'obstruction des voies respiratoires plus important (Taylor, 1991 ; Galatos, 2011).

Hall *et al.* (2001) évaluent entre 0,2 et 0,8 mg/kg la posologie adéquate pour réduire les sécrétions salivaires chez les petits ruminants. Toutefois, les auteurs constatent des tachycardies et des effets oculaires indésirables. Une administration per-opératoire en cas de bradycardie de 0,02 mg/kg d'atropine ou de 0,005 mg/kg de glycopyrrolate, est davantage conseillée.

Certes, le débit cardiaque dépendant de la fréquence cardiaque, les anticholinergiques peuvent permettre de traiter une éventuelle bradycardie sinusale. Mais, chez le nouveau-né, ils n'ont que peu d'effets sur un système nerveux encore immature (animaux de moins de 2 semaines) et sur un large volume de distribution des principes actifs.

5.1.3. Analgésiques

Une analgésie en prémédication est vivement recommandée (voir troisième partie DJ).

5.2. Anesthésie gazeuse

L'utilisation d'une machine d'anesthésie gazeuse pour petits animaux (< 60 kg) est préconisée pour l'anesthésie du chevreau.

5.2.1. Induction par voie parentérale

L'induction correspond au passage rapide de l'état de vigilance à celui de l'inconscience. La posologie des principes actifs utilisés à cet effet doit permettre la disparition du réflexe de déglutition.

L'induction par voie IV, plus rapide, réduit le risque de régurgitation et d'aspiration du contenu ruminal par rapport aux voies IM ou inhalatoire (Galatos, 2011). D'autres auteurs préfèrent l'induction par inhalation d'anesthésiques volatiles chez le chevreau, méthode que nous détaillerons par la suite.

L'ensemble des posologies proposées dans la littérature s'adresse aux caprins adultes. Seul Matthews (2009) donnent des doses chez les chevreaux.

Chez le nouveau-né, le propofol ou l'étomidate sont considérés comme des molécules de choix pour l'induction par Pettifer et Grubb (2007) du fait de leur rapidité d'élimination et de l'existence de plusieurs voies d'élimination. De plus, les effets du propofol et de l'étomidate sont non-cumulatifs. Enfin, le réveil est rapide.

Le propofol posséderait une activité antagoniste des récepteurs acide gamma-aminobutyrique (récepteurs GABA) qui contribuerait aux effets anesthésiques et anticonvulsivants. Toutefois, le propofol induit des apnées quasiment systématiquement, d'une durée moyenne de 73 ± 8 secondes (chez 27 sur 28 chèvres) (Pablo *et al.*, 1997). L'administration d'oxygène au masque 5 minutes avant l'induction au propofol réduit ces risques d'apnée. Une prémédication via un sédatif analgésique réduit les doses d'étomidate ou de propofol nécessaires (Pettifer et Grubb, 2007). Matthews (2009) propose chez le chevreau, à l'induction (ou pour une anesthésie très rapide) une dose IV de propofol de 3 à 5 mg/kg (à injecter lentement). La posologie chez l'adulte est plus élevée : Pablo *et al.* (1997) évaluent la dose médiane pour l'intubation à 5,1 mg/kg en IV.

Pettifer et Grubb (2007) proposent quant à eux une induction à la kétamine associée à une benzodiazépine. La kétamine est un anesthésique à action rapide produisant un état dissociatif et une analgésie. Les réflexes pharyngo-laryngés et le tonus musculaire sont préservés avec l'utilisation seule de la kétamine. La kétamine est légèrement déprimeur respiratoire mais améliore la fonction cardiovasculaire par stimulation du système nerveux sympathique, toutefois immature chez les nouveau-nés. Son élimination est rénale et hépatique. Elle est recommandée en association avec un $\alpha 2$ -agoniste ou une benzodiazépine pour améliorer la relaxation musculaire, la sédation et faciliter l'intubation trachéale pour permettre par la suite une anesthésie gazeuse (Galatos, 2011). Murison (2007) propose d'utiliser pour l'induction, 2 à 4 mg/kg de kétamine par voie IV, après une sédation. Toutefois, selon Galatos (2011), les conditions d'intubation après induction à la kétamine (à la dose de 10 mg/kg) sont moins satisfaisantes et le réveil est plus long que lors de l'utilisation d'autres agents d'induction comme le propofol (3 mg/kg) ou le thiopental (8 mg/kg).

L'utilisation des barbituriques comme le thiopental est plus rare. L'importance de leur liaison aux protéines de transport et leur distribution et métabolisme hépatique obligent à utiliser de faibles doses. Le thiopental cause une dépression cardiorespiratoire, n'a pas d'effet analgésique et a un faible effet myorelaxant. De plus, le temps de réveil lors de l'emploi de thiopental chez les caprins est beaucoup plus long (au moins le double) qu'avec d'autres agents d'induction tels que le propofol. Ainsi, certains auteurs (Taylor, 1991 ; Hall *et al.*, 2001) déconseillent son utilisation chez le chevreau pour les effets évoqués précédemment. Cependant, Murison (2007) rappelle son emploi avec succès par le passé (avant l'utilisation de molécules plus récentes) par la plupart des praticiens lors de l'écorneage. Selon Casamitjana (2000), une dose IV de thiopental comprise entre 8 et 20 mg/kg permet d'obtenir l'induction d'une anesthésie générale. S'en suit une apnée de 30 à 50 secondes.

Enfin, une dernière molécule est utilisée chez le chevreau pour l'induction par Matthews (2009). Il s'agit de l'alphaxalone. Cette molécule stéroïde neuroactive possède les propriétés hypnotiques d'un anesthésique général, par interaction avec les récepteurs GABA des neurones modulateurs. L'auteur l'utilise par voie IV (injection lente) à la dose de 4,5 mg/kg pour obtenir une induction rapide associée à une bonne relaxation musculaire.

5.2.2. Induction par inhalation

Des anesthésiques volatiles peuvent également être utilisés pour l'induction. Toutefois, cette méthode est à réserver aux patient sédatisés ou débilités (Hall *et al.*, 2001). La phase d'excitation prolongée (voir troisième partie C] 5.4.) lors d'une induction par inhalation d'anesthésiques gazeux, peut être néfaste pour le patient. De plus, la pollution

environnementale et l'exposition aux gaz des manipulateurs sont deux arguments supplémentaires en faveur d'une induction par voie injectable.

Néanmoins, des protocoles d'anesthésie gazeuse chez le chevreau avec induction par inhalation au masque sont proposés par plusieurs auteurs (Hall *et al.*, 2001 ; Matthews, 2009 ; Galatos, 2011). Meyer (1987) recommande d'habituer d'abord l'animal au port du masque, en plaçant celui-ci à proximité ou sur le museau de l'animal, avec apport seulement d'oxygène. L'agent anesthésique volatil est apporté, à raison de 0,25 % supplémentaire toutes les 30 secondes. Autrement, une chambre d'induction de type aquarium est utilisable chez les chevreaux.

5.2.3. Maintien

Le maintien de l'anesthésie générale par voie gazeuse est la méthode de choix (Pettifer et Grubb, 2007). En effet, les anesthésiques gazeux sont absorbés et éliminés rapidement par les poumons, avec une métabolisation minimale, même chez les animaux dont les fonctions hépatique et rénale sont immatures, comme les nouveau-nés. Bien qu'une toxicité hépatique ait été décrite chez les chèvres lors d'une anesthésie à l'halothane, une étude de McEwen *et al.* (2000) a conclu à l'absence d'atteinte hépatique lors de l'anesthésie gazeuse des chèvres à l'halothane ou à l'isoflurane. Pour Galatos (2011), il s'agit de l'anesthésie la plus sûre et la plus satisfaisante, notamment pour les très jeunes. Le contrôle de la profondeur d'anesthésie est facile et le réveil rapide.

De l'halothane, de l'isoflurane ou encore du sevoflurane sont utilisés chez les caprins. L'isoflurane et le sevoflurane n'entraînent pas de sensibilisation du myocarde aux catécholamines, responsable d'arythmies, et sont très partiellement éliminés par l'organisme par rapport à l'halothane (Galatos, 2011). Toutefois, ces trois agents anesthésiques volatils causent des dépressions cardiovasculaire et respiratoire dose-dépendante.

Le maintien de l'anesthésie gazeuse peut être assuré au masque, chez les petits ruminants de moins de 50 kg (notamment les chevreaux nouveau-nés) lors d'une anesthésie très courte, comme c'est le cas lors de l'écorneage (Buttle *et al.*, 1986 ; White, 2004). Sinon après la disparition du réflexe de déglutition, le chevreau peut être intubé par voie orotrachéal, à l'aide d'un tube endotrachéal, soit par observation directe du carrefour pharyngo-laryngé, soit à l'aveugle. Dans le premier cas, le chevreau, placé en décubitus sternal, tête et cou en extension, est intubé avec un tube endotrachéal de 5 mm, à l'aide d'un laryngoscope. Dans le second cas, l'animal est placé en décubitus latéral, la tête légèrement en extension, alignée avec colonne vertébrale thoracique (Casamitjana, 2000). Un stylet plastique ou métal, dont les 2 derniers centimètres sont courbés à 30 degrés, permet d'apporter une rigidité et une direction au tube trachéal (Hall *et al.*, 2001). Il est possible d'avancer le tube endotrachéal face concave contre le pharynx ou, au contraire, d'appliquer la face convexe contre le pharynx et effectuer un mouvement de rotation de 180° avant l'entrée du larynx. En cas d'échec, Hall *et al.* (2001) proposent de positionner l'animal en décubitus dorsal, la tête et le cou au maximum en extension. Toutefois, cette position gêne la respiration et prédispose aux régurgitations.

La concentration alvéolaire minimale, c'est-à-dire la concentration pour que 50% des individus ne répondent pas à un stimulus nociceptif, est bien plus basse chez les nouveau-nés. Aussi la concentration d'anesthésique gazeux est à réduire chez ces derniers. Le tableau 8 présente les doses d'anesthésiques volatils employées chez les caprins pour l'induction et le maintien de l'anesthésie générale. Les doses sont habituellement indiquées pour les adultes ; seuls Buttle *et al.* (1986) et White (2004) proposent des doses pour les chevreaux.

Ainsi, l'anesthésie gazeuse serait selon plusieurs auteurs (Buttle *et al.*, 1986 ; Taylor, 1991 ; White, 2004) la méthode de choix lors de l'écorneage des chevreaux. Néanmoins, il convient d'être particulièrement vigilant lors d'écorneage au fer à gaz du fait de l'apport gazeux d'oxygène combustible (risque d'embrasement). Toutefois, l'utilisation rare d'anesthésie gazeuse en dehors des cabinets vétérinaires rend l'anesthésie gazeuse très peu pratiquée à l'heure actuelle lors d'écorneage par rapport à l'anesthésie fixe, plus facile à mettre en œuvre dans les élevages (Murison, 2007).

Tableau 8 : Doses des anesthésiques volatiles et de l'oxygène, chez les caprins (chevreau ou adulte), lors de l'induction et/ou du maintien d'une anesthésie générale, selon le circuit utilisé.

Sujets cibles et références	Débit d'oxygène	Induction	Maintien	Type de circuit
<i>Chevreau</i> Buttle <i>et al.</i> (1986)	NR	Halothane : 2 à 3 % (au masque)		NR
<i>chèvre adulte</i> Hall <i>et al.</i> (2001)	1 à 2 L/min. puis après 20 min : 0,5 à 1 L/min	Acépromazine et thiopental, ou butorphanol, diazépam et kétamine	Isoflurane : 2 à 2,5 %	Circulaire
	1 à 2 L/min. puis après 20 min : 0,5 à 1 L/min	Acépromazine et thiopental, ou butorphanol, diazépam et kétamine	Halothane : 1,5 %	
	1 à 2 L/min puis après 20 min : 0,5 à 1 L/min	Xylazine kétamine, ou tilétamine-zolazépam	Isoflurane : 1 %	
	1 à 2 L/min. puis après 20 min : 0,5 à 1 L/min	Xylazine kétamine, ou tilétamine-zolazépam	Halothane : 0,5 à 0,75 %	
	NR	NR	- Halothane : 1 à 1,5 % - Isoflurane : 1,4 à 1,8 %	Circuit semi-ouvert (T-pièce ou bain)
<i>Chevreau</i> White (2004)	NR	Halothane : 2 à 3 % (au masque)		NR
<i>Chèvre de moins de 60 kg</i> Riebold (2007)	Induction : 20 ml/kg/min Maintien : 12 ml/kg/min	Sans sédation en prémédication. - Halothane 3% - Isoflurane : 3 % - Sevoflurane : 4%	- Halothane : 1,5 % - Isoflurane : 1,5 % - Sevoflurane : 2,5 %	NR
	NR	Halothane 2 à 3 % (au masque)		NR

NR : Non Renseigné

5.3. Anesthésie fixe

Les protocoles détaillés après sont ceux utilisés chez les chevreaux dans le cadre spécifique de l'écorneage.

5.3.1. Xylazine

La xylazine est l' $\alpha 2$ -agoniste le plus communément utilisé pour l'anesthésie des chevreaux. Comme tous les $\alpha 2$ -agonistes, elle a un effet sédatif, analgésique et myorelaxant. Les caprins sont particulièrement sensibles à la xylazine, comparativement aux ovins (Taylor, 1991 ; Galatos, 2011). La majorité des cas de mortalité suite à une anesthésie chez le chevreau est due à un surdosage de la xylazine (Matthews, 2009).

5.3.1.1. Protocoles

Les jeunes requièrent des doses plus faibles que les adultes. Les posologies classiquement employées sont présentées dans le tableau 9. Pour Matthews (2009), 0,025 mg/kg de xylazine représenterait la dose la plus sécuritaire dans le cas de l'anesthésie d'un chevreau. Toutefois, à cette dose, Taylor (1991) considère qu'il s'agit d'une sédation plutôt que d'une anesthésie générale.

Les doses de xylazine à administrer aux chevreaux étant très faibles doses, il convient d'utiliser des seringues à insuline (plus précises) et de réaliser une pesée préalable des animaux pour éviter tout surdosage.

Tableau 9 : Protocoles d'anesthésie générale à la xylazine chez le chevreau.

Protocoles Auteurs	Posologie	Voie d'administration
Baker (1981)	1 mg / chevreau (chevreaux âgés de 7 à 14 jours)	IM
Bailey (1984)	1 à 3 mg / chevreau (chevreaux de moins de 10 jours)	IM
Buttle <i>et al.</i> (1986)	0,30 à 0,40 mg/kg	NR
Ivany et Muir (2004)	0,05 mg/kg	IV
White (2004)	0,06 mg/kg	IV
Matthews (2009)	0,025 mg/kg	IM

NR : Non renseigné

5.3.1.2. Antagonistes de la xylazine

En cas de surdosage de xylazine ou de tout autre $\alpha 2$ -agoniste, l'utilisation d'antagoniste(s) est possible chez la chèvre (tableau 10). À l'heure actuelle, l'atipamézole est le seul $\alpha 2$ -antagoniste vétérinaire commercialisé en France (ANTISEDAN®). Il est interdit d'utilisation chez les animaux de rente.

Tableau 10 : Posologies des antagonistes des $\alpha 2$ -agonistes employées chez les petits ruminants, par voie intraveineuse.

Principes actifs Auteurs	Yohimbine	Tolazoline	Atipamézole	4-aminopyridine	Doxapram
Hall <i>et al.</i> (2001)	0,1 mg/kg	2 mg/kg	0,05 à 0,25 mg/kg	NR	0,5 mg/kg
Mpanduji <i>et al.</i> (2001)	NR	NR	0,08 mg/kg Plus efficace que la tolazoline (à 2,2 mg/kg) en tant qu'antagoniste de la médétomidine.	NR	NR
Ndeereh <i>et al.</i> (2001)	NR	NR	NR	0,4 mg/kg associée à la yohimbine à 0,25 mg/kg Mélange plus efficace chez les chèvres, par rapport à tous les autres antagonistes administrés seuls	NR
Matthews (2009)	NR	NR	0,125 à 0,175 mg/kg Moitié dose en IV et moitié en IM	NR	NR
Smith et Sherman (2009)	0,125 mg/kg Effet antagoniste plus rapide de la yohimbine par rapport au doxapram	1,5 mg/kg	NR	NR	0,4 mg/kg

NR : Non Renseigné

5.3.2. Xylazine et kétamine

La kétamine est un anesthésique à action rapide produisant un état dissociatif et une analgésie. Les réflexes pharyngo-laryngés et le tonus musculaire sont préservés avec l'utilisation seule de la kétamine. Son association fréquente en médecine vétérinaire à la xylazine apporte une myorelaxation. De plus, l'analgésie est accrue et l'anesthésie prolongée.

Ingvast-Larsson *et al.* (2010) utilisent, chez les chevreaux, une association de xylazine (à la dose de 0,22 mg/kg en IM) et de kétamine (8,8 mg/kg en IM). L'anesthésie induite dure plusieurs heures.

5.3.3. Xylazine, kétamine et atropine

Pieterse et Van dieten (1995) (cités par Smith et Sherman, 2009b) associent de l'atropine à la combinaison xylazine - kétamine et atropine, en utilisant les posologies suivantes : 0,04 mg/kg de xylazine, 10 mg/kg de kétamine et 1 mg/kg d'atropine à 0,1 mg/kg (le tout administré en IM). Dans ce cas, le temps d'anesthésie, d'après les auteurs, est de 12 minutes en moyenne.

L'intérêt de l'atropine dans ce protocole est discutable car à la posologie utilisée ici (de 0,1 mg/kg) pour prévenir toute bradycardie, l'effet inhibiteur sur la production salivaire n'est pas suffisant (Riebold, 2007) et l'augmentation de viscosité de la salive risque de favoriser une obstruction des voies respiratoires (Taylor, 1991 ; Galatos, 2011).

5.3.4. Mélange de kétamine, xylazine et butorphanol

Le « KXB mix » est un mélange de kétamine, xylazine et butorphanol qui permet, après constitution du mélange, un emploi sur plusieurs chevreaux à la suite. De plus, l'ajout du butorphanol, opioïde agoniste des récepteurs κ et antagonistes des récepteurs μ , apporte une analgésie supplémentaire, synergique avec la xylazine.

Deux mélanges sont proposés selon les auteurs :

1) mélange de 1g de kétamine, 20 mg de xylazine et 10 mg de butorphanol (Matthews, 2009). Ce mélange est obtenu en ajoutant dans un flacon de 10 ml de kétamine à 100 mg/ml, 1 ml de xylazine 2% et 1 ml de butorphanol à 10 mg/ml. Chaque chevreau à anesthésier reçoit alors 0,1 ml de ce mélange pour 5 kg de poids vif en IV.

2) mélange de 1g de kétamine, 100 mg de xylazine et 10 mg de butorphanol (Smith et Sherman, 2009). Le mélange est obtenu en ajoutant dans un flacon de 10 ml de kétamine à 100 mg/ml, 1 ml de xylazine 10% et 1 ml de butorphanol à 10 mg/ml. Chaque chevreau à anesthésier reçoit alors par voie IV 0,1 ml de ce mélange pour 5 kg de poids vif ou par voie IM 0,2 ml pour 5 kg.

5.3.5. Propofol

Le propofol est un anesthésique général intraveineux de courte durée d'action, principalement utilisé pour l'induction d'une anesthésie générale. Molécule de la famille des phénols, il posséderait une activité antagoniste des récepteurs GABA qui contribuerait aux effets anesthésiques et anticonvulsivants.

Matthews (2009) propose chez le chevreau, à l'induction, ou éventuellement pour une anesthésie très rapide comme lors d'un écornage, d'employer une dose intraveineuse de propofol de 3 à 5 mg/kg (injectée lentement).

5.3.6. Alphaxalone

L'alphaxalone est une molécule stéroïde neuroactive possédant les propriétés hypnotiques d'un anesthésique général résultant de son interaction avec les récepteurs GABA des neurones modulateurs. En anesthésie, elle est éventuellement associée à l'alphadolone, aux propriétés neuroactives et analgésiques.

L'alphaxalone seule pourrait être utilisée chez les chevreaux lors d'écornage. Selon Murison (2007), la dose d'alphaxalone à employer est de 1 à 2 mg/kg (injection IV lente) afin de minimiser les risques d'apnée. Matthews (2009) évalue la dose à injecter plus élevée, soit 4,5 mg/kg. Cette dose induit une anesthésie générale rapide et de court effet, associée à une bonne relaxation musculaire. Autrement, un relai gazeux peut être mis en œuvre pour poursuivre l'anesthésie générale.

Autrement, l'association alphaxalone-alphadolone est très utilisée lors d'anesthésie fixe en vue d'un écornage chez les chevreaux (Boyd, 1988 ; Mc Keating et Pilsworth, 1984 ; Chapman, 1985 ; Williams, 1985 ; Taylor, 1991 ; Smith et Sherman, 2009). Comparativement aux associations xylazine-kétamine ou xylazine-diazépam, elle permet un réveil plus court (Taylor, 1991).

La posologie intraveineuse utilisée varie de 2 à 6 mg/kg selon les auteurs (Boyd, 1988 ; Taylor, 1991 ; Williams, 1985 ; Smith et Sherman, 2009 ; Hall *et al.*, 2001). L'anesthésie dure une quinzaine de minutes et l'animal est debout 30 minutes après l'injection.

Cependant, l'association alphaxalone-alphadolone n'est pas disponible en France.

5.4. Surveillance

5.4.1. Stades de Guedel

La surveillance de l'induction puis de la profondeur de l'anesthésie repose sur la détermination des stades de Guedel :

- Stade 1 : stade d'analgésie. Il y a une mydriase en début d'induction avec conservation du réflexe photomoteur. Ce stade se termine avec la perte de conscience.

- Stade 2 : stade de délire. Ce stade se caractérise par une brève phase d'agitation, accompagnée d'une respiration irrégulière et d'une augmentation de la fréquence cardiaque. Les mouvements oculaires autour de l'orbite sont asynchrones puis synchrones. Les réactions aux stimuli nociceptifs sont potentiellement dangereuses (vomissements, laryngospasme, mouvements désordonnés). Ce stade est assez rare chez les petits ruminants (Hall *et al.*, 2001).

- Stade 3 : stade chirurgical (à 4 plans). À ce stade, l'intubation endotrachéale est réalisable grâce à l'hypotonie musculaire, le réflexe laryngé disparaissant. Le tonus de la mâchoire diminue et devient absent au plan 4. Les pupilles sont centrées en myosis au plan 1 (superficiel), puis en mydriase progressive pour les plans 2, 3 et 4 (profond). La position des yeux est ventrale au plan 1 puis centrale pour les plans suivants. Chez les caprins, la position du globe oculaire n'est pas un bon indicateur de la profondeur de l'anesthésie (Murison, 2007 et Riebold, 2007). La respiration est automatique et pendulaire. Elle devient irrégulière au plan 4. La fréquence cardiaque ralentit et le temps de recoloration capillaire augmente (> 2 secondes). Une cyanose des muqueuses apparaît au plan 4.

- * Stade 4 : surdosage. Il y a à ce stade, dépression de toutes les fonctions vitales, caractérisée par un collapsus, une bradycardie majeure et une mydriase.

Ainsi, le réflexe cornéen doit être présent pendant toute la durée de l'anesthésie. Une mydriase indique une anesthésie légère ou profonde. Si elle est associée à l'absence de réflexe palpébral, l'anesthésie est profonde. Enfin, un mouvement des membres ou de la tête, une mastication ou encore une activité péristaltique de l'œsophage perceptible sous la peau indiquent une anesthésie insuffisante par rapport à l'acte réalisé (Galatos, 2011).

5.4.2. Monitoring

La plupart des agents anesthésiques induisent des effets sur les fonctions cardiovasculaire et respiratoire, le système nerveux central et les mécanismes de thermorégulation. Il convient donc de les surveiller.

La fréquence cardiaque, le pouls artériel, la fréquence respiratoire, la couleur et le temps de recoloration des muqueuses sont des paramètres faciles à contrôler lors d'une anesthésie chez les caprins (Murison, 2007). Autrement, un suivi à l'aide d'instruments peut être mis en œuvre en ayant recours à l'emploi d'un électrocardiogramme, d'un oxymètre (suivi de la saturation en oxygène du sang), d'un manomètre ou doppler (détermination de la pression artérielle) et/ou un capnographe. Pour rappel, la saturation en oxygène doit être

supérieure à 90%, et préférentiellement à 95% et la pression artérielle moyenne doit être comprise entre 70 et 100 mgHg (Murison, 2007).

Par rapport à l'adulte, le nouveau-né a une surface corporelle proportionnellement plus grande, une fonction rénale immature, une fréquence respiratoire plus élevée et une teneur en eau plus élevées. Les risques de déshydratation et d'hypothermie sont plus élevés. Si une perfusion doit être mise en œuvre, il est conseillé d'utiliser un soluté de ringer lactate dextrosé à 5%, à la dose de 2 à 7,5 ml/kg/h chez les petits ruminants de moins de 3 mois (Meyer, 1987 ; Hall *et al.*, 2001 ; Pettifer et Grubb, 2007).

5.4.3. Réveil

Après l'intervention (à savoir, dans notre cas, l'écornage), le chevreau est placé en décubitus sternal pour faciliter l'éruclation des gaz, dans un endroit confortable, sec, au chaud et à l'abri des courants d'air. Si l'animal a été intubé, l'extubation est réalisée lorsque le réflexe laryngé est présent.

Le nouveau-né est sujet à l'hypothermie. Or, ce processus perturbe notamment la cinétique des anesthésiques, ce qui peut retarder le réveil. De plus, le réchauffement par tremblement augmente la consommation et donc la demande en oxygène. Ainsi la température corporelle est un paramètre important à contrôler. Une lampe chauffante, une bouillote ou encore une couverture chauffante peut être utilisée pour réchauffer le jeune suite à une anesthésie.

D] Gestion analgésique

La perte de conscience n'entraîne pas une perte de la nociception. La plupart des anesthésiques et des sédatifs ont un effet analgésique léger voire nul. Comme l'écornage, quelle que soit la technique employée, est un acte douloureux, il convient de mettre en œuvre une analgésie en phase pré-opératoire (avant la stimulation nociceptive) qui dure au-delà du temps de l'écornage lui-même. Enfin, la gestion de l'analgésie doit être multimodale, c'est-à-dire inhiber tous les mécanismes responsables de la douleur.

1. Préambule à l'utilisation des analgésiques : droits et devoirs attachés à la prescription

Aucun analgésique commercialisé en France possède une AMM pour les caprins. L'application du principe de la cascade et la vérification de l'existence de LMR sont donc de rigueur avant leur utilisation (tableau 11).

Tableau 11 : Principes actifs analgésiques utilisés en médecine vétérinaire en France.

Les produits pharmaceutiques disponibles en France sous forme injectable sont listés dans ce tableau. Les temps d'attente pour la viande et le lait ou l'interdiction d'utilisation des produits pharmaceutiques chez les caprins d'élevage sont spécifiés.

** : Temps d'attente forfaitaire, qui s'appliquent uniquement au changement d'espèce, et non aux changements d'indications, de doses et/ou de durées du traitement.

(AFSSA-ANMV (règlement (UE) n° 37/2010 de la Commission ; wk-vet, 2011).

Principe actif	Famille	Nom(s) déposé(s) du (des) produit(s) pharmaceutiques (injectables sauf pour l'acide acétylsalicylique) utilisables chez les caprins, avec respect des temps d'attente viande et/ou lait	Temps d'attente ou interdiction d'utilisation chez les caprins d'élevage	
			Viande et abats	Lait
Lidocaïne	Amino-amides	LAOCAÏNE ®, LUROCAÏNE ®, XYLOVET ®, (utilisation uniquement pour l'anesthésie locale et régionale)	28 jours **	7 traites **
Morphine	Opioïdes	---	Interdit	Interdit
Fentanyl		---	Interdit	Interdit
Buprénorphine		---	Interdit	Interdit
Butorphanol		BUTADOR ®, DOLOREX ® 10 mg/ml, TORBUGESIC ® 1 %, TORPHASOL ®10 mg/ml.	28 jours **	7 traites **
Méloxicam	Oxicams	MELOXIDYL®20 mg/ml, METACAM® 20 mg/ml.	28 jours **	7 traites **
Kétoprofène	aryl-carboxy- liques	COMFORION Vet 100 mg/ml ®.	28 jours **	7 traites **
Carprofène		RIMADYL ® Bovins 50 mg/ml, NOROCARP ® Injectable Bovins.	28 jours **	7 traites **
Acide tolfénamique		TOLFINE®.	28 jours **	7 traites **
Ibuprofène		---	Interdit	Interdit
Méglumine de flunixin	Fénamates	AVLEZAN ®, FINADYNE ®, Flunixin 5% NORBROOK ®, GENIXINE ®, MEFLOSYL ®.	28 jours **	7 traites **
Acide acétylsalicylique	Salicylés	ACTISPIRINE 50 ®, Aspirine 50 COOPHAVET ®, PYRÉVALGINE®, SALICYLINE 50 % PO, VALPIRINE ®.	28 jours **	Interdit (chez les animaux dont le lait est destiné à la consommation humaine)
Phénylbutazone	Pyrazolés	---	Interdit	Interdit

--- : Pas de produit injectable utilisable en France chez les ruminants de rente.

2. Anesthésie locale cornuale

L'anesthésie locale consiste à induire une perte de sensation dans une partie déterminée du corps par injection plus ou moins locale d'un anesthésique. Elle peut être utilisée seule après une sédation ou associée à une anesthésie générale ce qui réduit dans ce cas la dose d'anesthésique injectée (ce qui est plus sécuritaire chez les patients à risque anesthésique élevé comme les nouveau-nés). C'est la méthode la plus efficace pour traiter une douleur aiguë.

En France, en médecine vétérinaire, le seul anesthésique local disponible sous forme injectable est la lidocaïne.

2.1. Effets de l'anesthésie locale

De nombreux auteurs (McKeating et Pilsworth, 1984 ; Williams, 1985 ; Al-Sobayil, 2007) conseillent de réaliser une anesthésie locale de la corne lors d'écornage. Cependant, il n'existe pas de preuves scientifiques concernant l'efficacité réelle de cette anesthésie sur le contrôle de la douleur lors d'écornage chez le chevreau.

Seule une étude, celle d'Alvarez *et al.* (2009), a évalué l'effet de l'anesthésie locale des bourgeons cornuaux par « ring block » lors d'écornage au fer électrique chez des chevreaux de moins de 20 jours. Pour apprécier la douleur, les auteurs ont évalué, avant et après (jusqu'à 4 heures) écornage, la cortisolémie, les fréquences cardiaque et respiratoire, le comportement (mouvement des pattes, tentative d'échappement) et les vocalises (bêlements bouche ouverte ou fermée, intensité des vocalises) chez des chevreaux de moins de 20 jours.

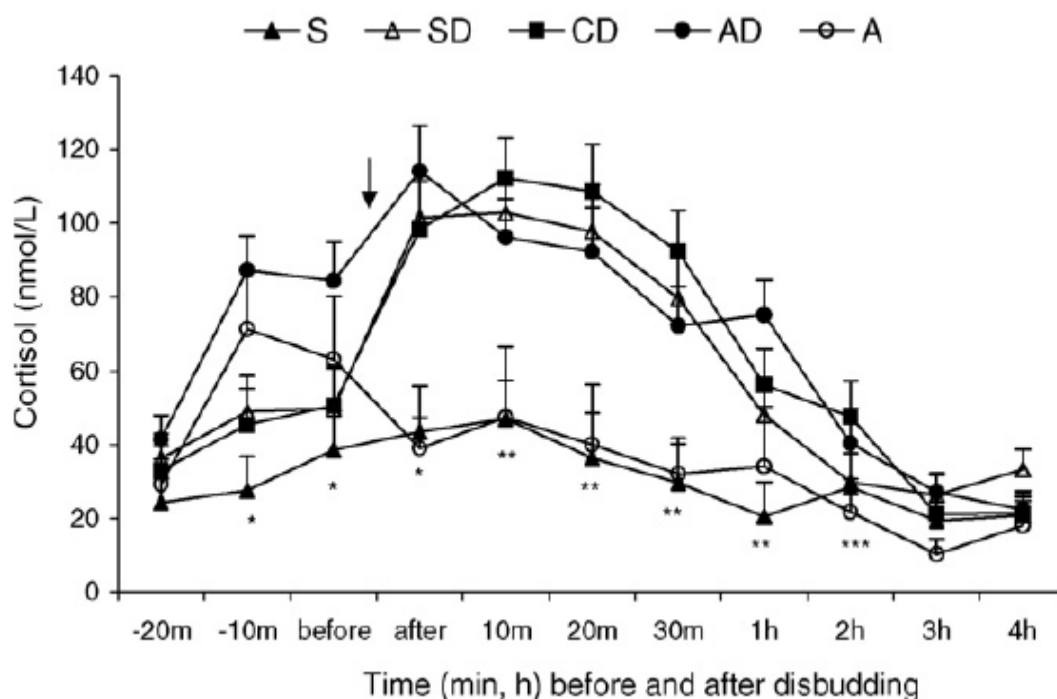
L'écornage augmente significativement les concentrations en cortisol pendant la première heure post-écornage ($p < 0,05$) (figure 23). Par contre, le nombre et/ou l'intensité des mouvements d'évitement et des vocalises ne sont pas significativement différents entre le groupe anesthésié (AD) et les groupes non anesthésiés (c'est-à-dire ceux sans anesthésie (CD) et ceux ayant reçu un placebo (SD)) avant écornage. De plus, les fréquences cardiaques et respiratoires ne sont pas différentes entre les différents groupes.

Figure 23 : Cinétique de la cortisolémie moyenne (nmol/L) chez des chevreaux soumis ou non à un écornage et/ou à une anesthésie locale des bourgeons cornuaux (Alvarez *et al.*, 2009).

↓ : Moment de l'écornage (pour les groupes AD, SD et CD) ou de la simulation d'écornage (pour le groupe S) ;

Groupe S = « simulation » (simulation d'écornage seulement), groupe SD = « saline et écornage » (infiltration d'un placebo et écornage), groupe CD = « écornage » (écornage seul), groupe AD = « écornage et anesthésie » (anesthésie locale et écornage) et groupe A = « anesthésie » (anesthésie locale seulement).

*, ** et *** valeurs significativement différentes ($p < 0,05$).



Ainsi, les auteurs (Alvarez *et al.*, 2009) concluent que l'infiltration de 2 mL de lidocaïne 2%, en ring block, 20 minutes avant l'écornage de chevreaux ne prévient pas l'augmentation rapide puis le maintien élevé de la cortisolémie pendant 1 à 2 heures. Elle ne modifie pas non plus significativement les réactions d'échappement et les vocalises pendant l'écornage.

En l'état des connaissances actuelles, l'anesthésie locale cornuale des chevreaux ne semble pas satisfaisante pour prévenir la douleur et le stress subi lors d'un écornage. Par contre, chez le veau, il a été démontré que l'anesthésie locale atténue les signes imputables à une douleur lors de l'écornage (Morisse, 1995 ; Mc Meekan *et al.*, 1998 ; Grondahl-Nielsen *et al.*, 1999, Stafford and Mellor, 2005). La lidocaïne injectée localement modifie après l'écornage, le comportement des veaux durant 2 à 5 heures (Mc Meekan, 1999 ; Grondahl-Nielsen *et al.*, 1999), la cortisolémie pendant au moins 1 à 2 heures (Morisse *et al.*, 1995 ; Petrie *et al.*, 1995), la température oculaire et la fréquence respiratoire pendant 2 à 3 heures (Stewart *et al.*, 2009).

2.2. Réalisation de l'anesthésie locale cornuale

La réalisation de l'anesthésie locale des cornes peut nécessiter une sédation préalable afin de faciliter la contention de l'animal. Une tonte, suivie d'une préparation aseptique des zones à anesthésier est recommandée au préalable avant la réalisation de l'anesthésie locale (Elmore, 1981).

2.2.1. Sites d'injection et technique

L'anesthésie locale de la corne repose, chez les caprins, sur un blocage périphérique des 2 rameaux cornuaux (voir première partie B] 2.) :

- le rameau cornual du nerf zygomaticotemporal,
- le ou les rameau(x) cornuaux du nerf infratrochléaire.

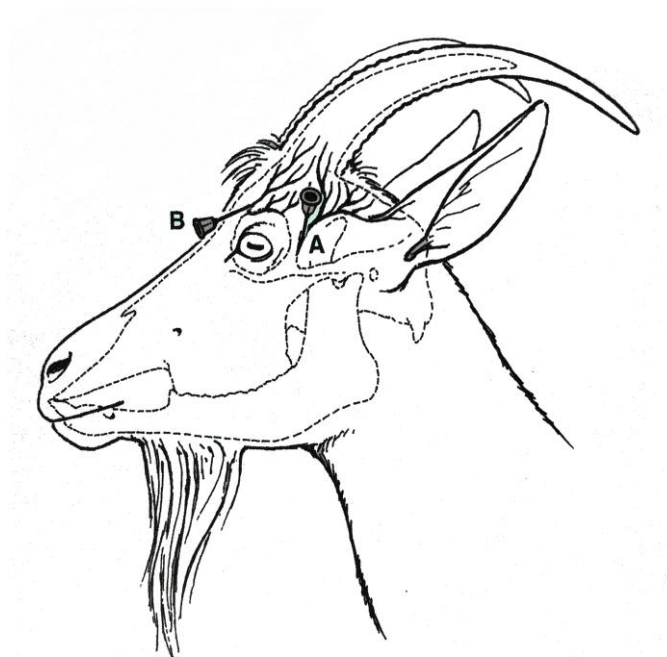
Vitums (1954) est certainement le premier auteur à décrire précisément les sites d'anesthésie chez la chèvre. Depuis, un grand nombre d'auteurs (dont Short, 1987 ; Hall *et al.*, 2001 ; Matthews, 2009 ; Smith et Sherman, 2009) reprennent exactement les mêmes indications.

La branche cornuale du nerf zygomatiko-temporal est anesthésiée entre le canthus latéral des paupières et la base latérale de la corne (figure 24). L'aiguille est insérée d'1 à 1,5 cm en profondeur (chez l'adulte), au plus près du bord caudal du processus supra-orbital, ventralement à la ligne temporale de l'os frontal (Vitums, 1954).

Le(s) site(s) d'injection pour l'anesthésie de la (ou des) branche(s) cornuale(s) du nerf infratrochléaire est (sont) situé(s) entre le canthus médial de l'œil et la base médiale de la corne (figure 24). L'aiguille est insérée de 0,5 cm en profondeur (pour un adulte), parallèlement et dorsomédialement à la marge de l'orbite (Vitums, 1954). En cas de plusieurs injections, l'anesthésique local est déposé selon une ligne orientée parallèlement à la marge de l'orbite). Ceci est conseillé du fait des probables ramifications nerveuses du nerf infratrochléaire (Skarda et tranquilli, 2007b). Ce nerf est souvent palpable chez l'adulte.

Figure 24 : Sites d'injection de l'anesthésique local chez les caprins en vue de l'anesthésie de la corne (Skarda et tranquilli, 2007b).

A = site d'injection pour l'anesthésie locale de la branche cornuale du nerf zygomatiko-temporal ; B = site d'injection pour l'anesthésie de la branche cornuale du nerf infratrochléaire.



Chez le chevreau de moins de 14 jours, certains auteurs (Short, 1987 ; Skarda et Tranquilli, 2007b) recommandent plutôt une anesthésie périphérique en « ring block », c'est à dire tout autour de la base de la corne.

Il convient quelle que soit la technique d'aspirer avec la seringue avant d'injecter l'anesthésique local afin de vérifier que l'aiguille n'ait pas pénétré à l'intérieur d'un vaisseau (Hall *et al.*, 2001).

2.2.2. Posologie

Les protocoles d'anesthésie locale de la corne proposés dans la littérature sont présentés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Protocoles anesthésiques employés lors d’anesthésie locale cornuale chez le chevreau.

« Anesthésie des rameaux cornuaux » = anesthésies respectivement du nerf zygomatiko-temporal et du nerf infratrochléaire pour chacune des deux cornes, soit 4 points d’injection.

Auteurs	Posologie	Type d’anesthésie
Baker (1981)	0,5 mL de lidocaïne 2% par corne.	Ring block
Skarda (1986)	Emploi d’une solution de lidocaïne diluée à 0,5% (mélange d’1 ml de lidocaïne 2%, de l’adrénaline (posologie non indiquée) et de 3 mL de NaCl 0 ,9%). 1 ml par site anesthésié pour un chevreau de 3 kg.	Anesthésie des rameaux cornuaux
Taylor (1991)	1 à 2 mL de lidocaïne 0,5 % à chaque site d’anesthésie.	Anesthésie des rameaux cornuaux
Hall <i>et al.</i> (2001)	6 mg/kg de lidocaïne par petit ruminant.	NR
Ivany et Muir (2004)	1 mL de lidocaïne 2% à répartir entre les 4 sites pour un chevreau de moins de 14 jours	Anesthésie des rameaux cornuaux
White (2004)	Emploi d’une solution de lidocaïne diluée à 0,5% (mélange d’1 ml de lidocaïne 2% et de 3 mL de NaCl 0 ,9%). 1 mL de cette solution par site anesthésié.	Anesthésie des rameaux cornuaux
Murison (2007)	0,5 mL de procaïne 5% diluée dans 1,5 à 2 mL d’eau stérile.	NR
Skarda et Tranquilli (2007b)	0,5 ml de lidocaïne 5% à injecter à la base des deux cornes, pour un chevreau âgé de 7 à 14 jours	Ring block
Matthews (2009)	Emploi d’une solution de procaïne diluée à 1,25% (mélange d’1 ml de procaïne 5%, d’adrénaline (posologie non indiquée) et de 3 mL de NaCl 0 ,9%). 1 mL maximum injecté par site anesthésié.	Anesthésie des rameaux cornuaux
Smith et Sherman (2009)	5 mg/kg de lidocaïne par chevreau.	NR

NR : non renseigné

2.2.3. Effets

Par voie sous-cutané, le délai d’action de la lidocaïne 2% est court (3 à 5 minutes) et la durée de l’anesthésie locale est d’environ 1 heure (Skarda et Tranquilli, 2007a).

La lidocaïne peut induire des signes de toxicité, principalement lors d’administration IV non intentionnelle ou lors d’utilisation par voie locale sous-cutanée d’une dose excessive.

La toxicité systémique des anesthésiques locaux impliquent en premier lieu le système nerveux central puis le système cardiovasculaire. Ainsi, lors d’administration IV de lidocaïne, les signes de toxicité sont très rapidement visibles : excitation, décubitus latéral, rigidité,

tremblements musculaires, convulsions, opisthotonos et bruxisme. Puis les symptômes évoluent vers un coma, un arrêt respiratoire et un arrêt cardiaque (si la concentration plasmatique en lidocaïne est supérieure à 15 µg/ml) (Williams et Tranquilli, 2007b). Des effets mineurs ou plus rarement observés sont une toxicité locale (nerveuse et musculaire), une méthémoglobinémie (peu fréquente lors de l'utilisation de lidocaïne par rapport à d'autres molécules) ou une réaction allergique (Williams et Tranquilli, 2007a).

Les chevreaux, animaux de faible poids, peuvent être victimes de ces effets toxiques suite à l'emploi d'une dose excessive, rapidement atteinte du fait des multiples sites d'injection pour anesthésier les cornes (Murison, 2007). Ainsi, certains auteurs déconseillent strictement l'anesthésie locale chez les chevreaux, jugée trop dangereuse (Buttle *et al.*, 1986 ; Lee, 2006).

La dose toxique de lidocaïne rapportée chez les petits ruminants est évaluée à 10 mg/kg (Short, 1987 ; Hall *et al.*, 2001, Smith et Sherman, 2009, Matthews, 2009), ce qui équivaut à 0,5 mL/kg de lidocaïne (soit 2 mL de lidocaïne 2% pour un chevreau de 4 kg). Toutefois, lorsque les injections sont réalisées en SC stricte, le risque est certainement faible. Sur 16 chevreaux, 10 mg/kg ont été injectés aux 4 sites anesthésiques des nerfs cornuaux sans effets secondaires toxiques liés à l'utilisation de lidocaïne (observations personnelles).

2.3. Discussion

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'efficacité de l'anesthésie locale :

- la dose d'anesthésique utilisée : une importante dose (en volume et/ou en concentration) d'anesthésique locale facilite l'efficacité de l'anesthésie, puisque qu'elle permet un délai d'action plus rapide et augmente la probabilité de succès et la durée de l'anesthésie. Malheureusement, l'augmentation de la dose est risquée chez le chevreau (risque de toxicité) ;

- la précision des sites d'injection : les sites d'injection doivent être connus précisément. Chez le veau, à la différence des chevreaux, le site d'anesthésie périphérique du nerf cornual est unique et le sujet a été largement documenté. Il se peut que l'innervation cornuale soit variable dans son trajet chez le chevreau (Boyd, 1988). De plus, en l'absence de contention chimique préalable, le chevreau par son comportement (débattements vigoureux et bêlements puissants) peut empêcher la bonne réalisation de l'anesthésie locale (Bailey, 1984) ;

- l'emploi d'additifs (épinéphrine ou hyaluronidase) : l'ajout d'un vasoconstricteur (épinéphrine) diminue l'absorption vasculaire, ce qui augmente l'intensité et prolonge l'activité de l'agent anesthésique ;

- d'autres paramètres comme le pH du milieu, la baricité, la température, le mélange d'agents anesthésiques locaux (Skarda et Tranquilli, 2007a).

Afin de réaliser au mieux l'anesthésie locale des cornes chez les chevreaux, il est conseillé de précéder l'anesthésie d'une sédation préalable. Ivany et Muir (2004) proposent l'administration IV de 0,05 mg/kg de xylazine avant l'anesthésie locale à l'aide de 1 ml de lidocaïne 2% réparti en 4 sites.

Autrement, il conviendrait d'étudier plus précisément le trajet des rameaux nerveux innervant les cornes chez le chevreau, pour établir le protocole le plus efficace (en termes de

sites d'administration : ring block ou anesthésie locale pour chacun des 2 nerfs cornuaux, et de dose nécessaire en chacun des sites).

3. Opioides

Les opioïdes pourraient être intéressants à employer chez les chevreux lors d'écorchage du fait de leur effet analgésique. Comme leurs effets sont réversibles, Pettifer et Grubb (2007) considèrent qu'ils représentent le meilleur choix pour l'analgésie des nouveau-nés dont le métabolisme est immature.

Les agonistes des récepteurs μ , tels que la morphine ou le fentanyl, permettent une analgésie profonde et ont un effet sédatif. Toutefois, ils sont dépresseurs des fonctions cardiovasculaire et respiratoire.

La morphine est recommandée chez les ruminants à des doses comprises entre 0,05 et 0,10 mg/kg, par voie IV ou IM, pour un effet analgésique qui dure de 4 à 6 heures (Rialland *et al.*, 2008). Smith et Sherman (2009c) recommandent une dose IM de 0,1 mg/kg de morphine chez la chèvre. Le fentanyl par voie IV à la dose de 2,5 μ g/kg chez les chèvres a une durée de vie très courte ce qui limite son utilisation pour le contrôle de la douleur. Par voie transdermique (utilisation de patch), à la dose de 50 μ g/h, la concentration plasmatique du fentanyl est variable et peut même excéder le taux théoriquement délivré (Galatos, 2010). Ainsi, des études complémentaires sont nécessaires avant d'envisager l'utilisation du fentanyl chez les caprins.

Les agonistes partiels (buprénorphine) et les agonistes des récepteurs κ - antagonistes des récepteurs μ (butorphanol) n'apportent qu'une analgésie légère à moyenne. Par contre, les effets de ces molécules sur les fonctions cardiovasculaire et respiratoire sont minimes. Les tableaux 13 et 14 présentent respectivement les protocoles analgésiques à base de butorphanol et de buprénorphine proposés dans la littérature. À la dose de 4 mg/kg de butorphanol administrée par voie IV, Pugh (2001) rapporte une sédation et une ataxie.

Cependant, en France, seul le butorphanol peut être utilisé chez les animaux de rente en appliquant le principe de la cascade et les délais d'attente forfaitaires minimaux. Or, son coût reste pour l'instant un facteur limitant pour son utilisation en élevage.

Tableau 13 : Protocoles analgésiques à base de butorphanol chez les caprins.

Protocoles Auteurs	Posologie (mg/kg)	Voie d'administration	Durée d'analgésie (en heure(s))
Taylor (1991)	0,20	NR	2 à 3
Carroll <i>et al.</i> (1996)	0,05 à 0,20	IM	NR
Hall <i>et al.</i> (2001)	0,05 à 0,20	IV ou IM	1 à 2
Pugh (2001)	0,05 à 0,50	IM	NR
Matthews (2009)	0,20	IV	> 2

NR : Non Renseigné

Tableau 14 : Protocoles analgésiques à base de buprénorphine chez les caprins.

Protocoles Auteurs	Posologie (mg/kg)	Voie d'administration	Durée d'analgésie (en heures)
Taylor (1991)	0,010	NR	4
Hall <i>et al.</i> (2001)	0,006 à 0,010	IM	4
Murison (2007)	0,020	IV ou IM	NR

NR : Non Renseigné

4. Anti-inflammatoires non stéroïdiens

Les effets anti-inflammatoires périphériques des anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) sont liés à la diminution de la synthèse des prostaglandines par inhibition de la cyclo-oxygénase (COX). Il existe deux isoformes identifiées à ce jour : la COX de type 1 (COX-1) et la COX de type 2 (COX-2). La COX-1 est présente dans la plupart des tissus et permet la synthèse des prostaglandines « physiologiques » cytoprotectrices. Dans un contexte inflammatoire, elle peut être surexprimée. La COX-2 est majoritairement inductible sous l'action des cytokines, des endotoxines et des facteurs mitogènes présents dans un foyer inflammatoire. Elle est également présente naturellement au niveau du duodénum, du rein et du système nerveux central. Lors d'une inflammation, les COX-1 sont augmentées de 2 à 3 fois par rapport à la normale, alors que les COX-2 le sont jusqu'à 20 fois (Rialland *et al.*, 2008), ce qui laisse supposer l'intervention majeure des COX-2 dans l'inflammation et la transmission de la douleur.

La plupart des AINS sont inhibiteurs de ces deux isoformes, ce qui explique à la fois leurs effets antalgiques et anti-inflammatoires liés à l'inhibition de la COX-2 et leurs divers effets indésirables, notamment digestifs et rénaux, liés à l'inhibition de la COX-1. Certains AINS ont aussi un effet central. Tous les AINS n'ont pas exactement le même pouvoir antalgique, ces disparités sont probablement à rapprocher des effets centraux variables.

L'emploi des AINS est à réserver aux animaux dont la fonction rénale est mature et ne doit pas excéder 3 jours de traitement à cause des risques d'ulcères abomasaux. Chez le chevreau, les capacités rénales atteignent celles de l'adulte dès 2 semaines (Friis, 1983).

L'analgésie provoquée par un AINS est moindre que celle des opioïdes. Toutefois, leur durée d'action est plus longue. Combiné à d'autres analgésiques, les AINS permettent donc d'apporter une longue analgésie post-opératoire. À l'heure actuelle, l'efficacité analgésique des AINS lors de l'écorneage des chevreaux a été étudiée uniquement pour le méloxicam (Ingvast-Larsson *et al.*, 2010). L'utilisation d'autres AINS est discutée en fonction des résultats obtenus chez les bovins lors de l'écorneage.

4.1. Oxicams

En médecine vétérinaire, le méloxicam représente le chef de file de la famille des oxicams. Il est sélectif COX-2 et donc potentiellement moins toxique pour la muqueuse gastrique et pour la coagulation.

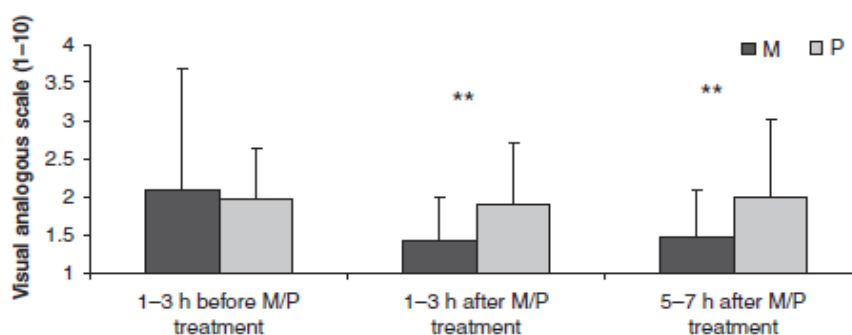
Ingvast-Larsson *et al.* (2010) ont étudié sa pharmacocinétique chez la chèvre. La voie orale est une bonne voie d'administration pour le méloxicam. À la dose de 0,5 mg/kg, sa biodisponibilité est de 79 % et sa demi-vie longue (10,9 heures). Ainsi, une seule administration par jour suffit.

Ces auteurs ont ensuite testé l'efficacité du méloxicam, lors de l'écornage thermique, chez des chevreaux âgés d'environ 3 semaines. Avant l'écornage, les animaux sont anesthésiés avec une administration IM combinée de xylazine (0,22 mg/kg) et de kétamine (8,8 mg/kg). Un lot reçoit 0,5 mg/kg en IM de méloxicam au moment de l'écornage puis une fois par jour les 2 jours suivants, alors que l'autre lot reçoit un placebo (solution isotonique de NaCl). Des signes de douleur (par exemple : isolement du reste du troupeau ou augmentation des mouvements de la tête) sont recherchés et quantifiés pendant plusieurs jours ; la cortisolémie et la glycémie sont également mesurées. Seul le score de douleur (établi à partir d'une échelle visuelle analogique et variant de 1 à 10) est significativement différent entre les 2 lots. Les chevreaux traités au méloxicam présentent significativement moins de signes de douleur 1 à 3 heures et 5 à 7 heures après le traitement, 24 heures après l'écornage (figure 25).

Figure 25 : Moyenne (+/- écart-type) du score de douleur chez les chevreaux traités ou non au méloxicam le lendemain de l'écornage (Ingvast-Larsson *et al.*, 2010).

« M » traité au méloxicam ; P = témoin (traité au placebo) ;

** différence significative ($p < 0,01$)



Chez le veau, des résultats similaires ont été trouvés. Heinrich *et al.* (2010) ont testé les effets de l'administration de méloxicam à la même posologie (0,5 mg/kg, IM) associée à une anesthésie locale du nerf cornual chez les veaux de 6 à 12 semaines. Les veaux traités présentent moins de mouvements d'oreilles et de tête, et sont moins sensibles à l'algomètre de pression que les veaux témoins. D'autres études portant cette fois-ci sur l'effet du méloxicam (à la même dose) sur la cortisolémie et les fréquences cardiaque et respiratoire chez des veaux de 6 à 12 semaines (Heinrich *et al.*, 2009) ou de 4 semaines (Stewart *et al.*, 2010) ont également montré un effet significatif.

4.2. Dérivés aryl-carboxyliques

4.2.1. Kétoprofène

Pour la plupart des pays (sauf les États-Unis), le kétoprofène est sans doute le principal AINS utilisé chez les caprins (Smith et Sherman, 2009b).

Mc Meekan *et al.* (1998b) ont montré chez les veaux que l'administration seule de kétoprofène ne semblait pas suffisante pour prévenir le pic de cortisolémie post-écorne lié à la phase « lésionnelle ». Par contre, la même équipe en 1999 a démontré que seule l'association du kétoprofène (3 mL d'une solution à 10% par veau) à une anesthésie locale cornuale permet d'éliminer les manifestations comportementales liées à la douleur (Mc Meekan *et al.*, 1999). De même, Duffield *et al.* (2010) ont trouvé qu'à la posologie de 3 mg/kg en IM, associé à une anesthésie locale, le kétoprofène atténue les manifestations

comportementales (mouvements des oreilles et de la tête) et favorise l'ingestion post-écorne.

Chez la chèvre, la dose de 3 mg/kg, IV (Arifah *et al.*, 2003) ou IM (Smith et Sherman, 2009b), semble indiquée. L'étude d'Arifah *et al.* (2003) conclut à une non-sélectivité du kétoprofène vis-à-vis de COX-1 ou COX-2.

4.2.2. Carprofène

Le carprofène est un COX-2 préférentiel dont le mécanisme d'action pourrait se situer en amont des COX dans la cascade inflammatoire. Ceci expliquerait sa très bonne tolérance digestive. Initialement, il a été utilisé par voie orale en Angleterre à la dose de 50 mg par caprin adulte, une fois par jour. Aujourd'hui, on l'emploie par voie SC ou IV à la dose de 1,4 mg/kg pour des résultats anti-inflammatoires satisfaisants (Hodgkinson et Dawson, 2007).

4.2.3. Ibuprofène

L'ibuprofène appartient à la famille des aryl-carboxyliques. Il est bien absorbé et les doses appropriées chez les caprins semblent similaires à celles préconisées en médecine humaine, soit 10 mg/kg (DeGraves *et al.*, 1993).

4.2.4. Acide tolfénamique

L'acide tolfénamique appartient aussi à la famille des aryl-carboxyliques. La dose de 2 mg/kg par voie IM a montré des résultats anti-inflammatoires satisfaisants chez la chèvre (Sidhu *et al.*, 2006).

4.3. Fénamates

En médecine vétérinaire, la méglumine de flunixin constitue le chef de file de la famille des fénamates. Elle est dite mixte car non-sélective sur les deux iso-enzymes COX-1 et COX-2. Certains auteurs la considèrent plus efficace pour traiter les douleurs viscérales (Anderson et Muir, 2005). Néanmoins, elle représente l'AINS le plus utilisé chez les caprins aux États-Unis (du fait de son utilisation autorisée chez les animaux de rente).

Chez le veau, dans le cadre de la prévention de la douleur post-écorne (écorne par la pâte caustique), il convient d'employer la méglumine de flunixin, à la dose d'environ 2,2 mg/kg par voie IV, associée à une anesthésie locale (Stilwell *et al.*, 2008 ; Stilwell *et al.*, 2009).

Le tableau 15 présente les protocoles à base de méglumine de flunixin proposés, dans la littérature, chez les caprins. D'après la RCP, le délai d'action est de 15 minutes à 1 heure après injection et la durée des effets anti-inflammatoire et analgésique, de 30 à 48 heures après l'injection. Néanmoins, Smith et Sherman (2009c) recommandent 1 à 2 injections par jour à la posologie de 1,1 à 2,2 mg/kg.

Tableau 15 : Protocoles d'administration de la méglumine de flunixin chez les caprins.

Protocoles Auteurs	Posologie (mg/kg)	Voie d'administration
Taylor (1991)	2	NR
Skarda et Tranquilli, (2007b)	1	IV
Murison (2007)	2	NR
Smith et Sherman (2009c)	1,1 à 2,2, 1 à 2 fois par jour	NR

NR : Non Renseigné

4.4. Salicylés

L'acide acétylsalicylique (ou aspirine), chef de file de la famille des salicylés, inhibe de façon irréversible la COX. Or, les plaquettes étant incapables de synthétiser de nouvelles COX-1, l'effet anticoagulant de l'aspirine est prolongé. De ce fait, son emploi n'est pas conseillé dans la gestion de la douleur lors d'écornage.

4.5. Pyrazolés

La phénylbutazone appartient à la famille des pyrazolés. Bien que l'emploi du phénylbutazone soit indiqué lors de douleur musculo-squelettique (Anderson et Muir, 2005 ; Smith et Sherman, 2009c), son utilisation lors de l'écornage chez le veau n'a pas été concluante, aux doses de 3,00 à 3,75 mg/kg, par voie IV (Sutherland *et al.*, 2002).

Cependant, la phénylbutazone est interdite d'utilisation chez les animaux de rente en France.

4.6. Discussion

Chez le veau, les modifications de la cortisolémie et les changements de comportements perdurent au-delà de 24 heures après l'écornage (Faulkner et Weary, 2000 ; Heinrich *et al.*, 2010). À contrario, chez le chevreau, les concentrations en cortisol et en glucose sanguins redeviennent normales 24 heures après l'écornage (Ingvast-Larsson *et al.*, 2010). Ceci suggérerait donc que la réponse inflammatoire est limitée, au moins lorsque le chevreau reçoit une analgésie per-opératoire lors d'un écornage thermique.

Toutefois, des études supplémentaires sont nécessaires afin d'évaluer l'intérêt de l'analgésie des AINS par rapport à d'autres molécules analgésiques.

5. Anesthésiques analgésiques

Les $\alpha 2$ -agonistes sont des sédatifs analgésiques très populaires en médecine vétérinaire. Ils agissent sur les récepteurs $\alpha 2$ -adrénergiques dans le système nerveux central, en colocation avec les récepteurs morphiniques. Leur effet antalgique central est puissant.

Cependant, des résultats chez les veaux lors d'administration de la xylazine seule à la dose de 0,1 mg/kg (Stafford *et al.*, 2003) ou 0,2 mg/kg (Stilwell *et al.*, 2009), montrent que l'effet analgésique est limité dans le temps. Ce fait a aussi été démontré chez les caprins où la xylazine à la dose de 0,05 à 0,1 mg/kg a une durée analgésique de 45 minutes (Taylor, 1991). Ainsi, l'administration de xylazine doit être préconisée en association avec une anesthésie locale et un anti-inflammatoire (Petrie *et al.*, 1995 ; Mc Meekan *et al.*, 1998b).

Autrement, il faut recourir à l'emploi de perfusions à débit continu utilisant des faibles doses afin d'optimiser l'effet analgésique (Rialland *et al.*, 2008).

La kétamine antagonise les récepteurs NMDA des acides aminés excitateurs (glutamate, aspartate) au sein du système nerveux central. L'installation de l'analgésie est favorisée par l'ouverture préalable du canal NMDA, ce qui explique que les résultats les plus francs soient observés dans des cas de douleurs chroniques. Galatos (2010) propose d'utiliser de la kétamine chez les petits ruminants avec une première injection IV de 1,5 mg/kg, suivie d'une perfusion à 15 µg/kg/min.

En conclusion, comme l'écornage provoque une douleur aiguë (immédiate, vive et brève) liée à un excès de nociception, il convient d'associer à la procédure d'écornage, une anesthésie mais aussi une analgésie, car la plupart des anesthésiques ne procure qu'une analgésie légère voire nulle. Une prémédication analgésique multimodale est donc conseillée. Toutefois, il n'existe pas de protocole anesthésique et/ou analgésique parfait. Il faut tenir-compte de plusieurs paramètres ; molécules disponibles, particularités physiologiques du jeune, faisabilité, contraintes légales et enfin contraintes économiques. L'anesthésie locale cornuale pourrait être une solution de choix chez le nouveau-né. Toutefois des investigations supplémentaires concernant le protocole à réaliser chez le chevreau sont nécessaires. L'association des opioïdes et des AINS permet une couverture analgésique optimale dans le temps, par l'action rapide des opioïdes et différée des AINS. Mais le coût des premiers rend leur utilisation encore limitée en élevage.

CONCLUSION

Compte-tenu de notre compréhension actuelle de la douleur chez l'animal, il n'est plus acceptable de perpétuer sans gestion analgésique, des procédures d'élevage jugées douloureuses, comme l'écornage. De plus, tout acte douloureux doit être justifié au cas par cas, avant sa réalisation. La chèvre de compagnie, en parc clôturé et sécurisé, au sein d'une famille sans enfants en bas âge, ne doit pas nécessairement être écornée. Par contre, à partir du moment où l'écornage constitue une avancée indéniable à la bonne conduite zootechnique d'un élevage ; tous les moyens pour minimiser la douleur et le stress induits doivent être mis en œuvre.

Pour traiter la douleur, il faut savoir la reconnaître. Les études sur les manifestations de la douleur chez les caprins manquent cruellement. De même, les différentes pratiques anesthésiques et/ou analgésiques lors de l'écornage, très étudiées chez le veau, reposent seulement sur deux études scientifiques chez le chevreau. La douleur induite par les différents procédés d'écornage a encore peu été étudiée dans cette espèce. Ainsi, il faut se contenter, pour le moment, de nombreuses analogies avec le veau et de « conseils » d'auteurs basés sur leur expérience personnelle.

Pour rendre un écornage le plus facile mais surtout le moins douloureux et stressant possible, il convient d'écorner les chevreaux avant leur 2^{ème} semaine de vie sous anesthésie (locale et/ou générale), en choisissant la méthode d'écornage jugée « la moins douloureuse » et en minimisant le stress des animaux. Ainsi, l'écornage doit être réalisé avec un minimum de manipulation et de contention du chevreau. Le temps d'isolement de l'animal du reste du groupe doit être minimisé. L'anesthésie doit être de courte durée tout en étant sûre pour un nouveau-né et efficace. L'anesthésie locale n'a pas fourni à l'heure actuelle de résultats analgésiques probants lors de l'écornage du chevreau, contrairement au veau. Enfin, l'analgésie doit être multimodale, administrée en phase pré-opératoire et poursuivie si nécessaire jusqu'à la fin de la phase inflammatoire.

En élevage, l'absence de gestion de la douleur est principalement liée à des contraintes économiques et réglementaires. Certains produits pharmaceutiques tels que les anesthésiques ne peuvent pas être utilisés par l'éleveur sans la présence du vétérinaire. La question du coût des médicaments et le recours à un vétérinaire pour un écornage, acte couramment réalisé par les éleveurs eux-mêmes, est un réel obstacle. L'évaluation de l'impact de la douleur sur la croissance ultérieure du chevreau pourrait faire évoluer cette situation. Toutefois, les présentes études n'utilisent que très rarement des critères zootechniques comme indicateurs de douleur. Autrement, une sensibilisation de la part des vétérinaires quant aux méthodes d'analgésie disponibles, en regard des connaissances actuelles, pourrait améliorer la situation à court terme.

Enfin, si les éleveurs d'eux-mêmes ne décident pas d'améliorer la gestion de la douleur lors des interventions routinières qu'ils réalisent, ne serait-ce pas à la société consommatrice des produits issus de ces élevages, de faire pression en exigeant la création par exemple d'un label « bien-être » ?

BIBLIOGRAPHIE

ANMV-AFSSA. Site de l'ANMV-AFSSA [en-ligne], [http://www.anmv.afssa.fr/documents%202011/r%C3%A8glement-LMR-37-2010-consolid%C3%A9.pdf], (consulté le 30 juillet, 2011).

Agreste. La statistique, l'évaluation et la prospective agricole. Site du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire. [en ligne], [http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/recensement-agricole-2010/], (consulté le 16 janvier 2011).

Al-Sobayil, F.A. 2007. A new simple device for dehorning in small ruminants. *Small Rumin. Res.* 67, 232-234.

Alley J. C., Fordham R. A. 1994. Social events following the introduction of unfamiliar does to a captive feral goat (*Capra hircus* L.) herd. *Small. Rumin. Res.* 13, 103-107.

Alvarez L., Nava R.A., Ramirez A., Ramirez E., Gutiérrez J. 2009. Physiological and behavioural alterations in disbudded goat kids with and without local anaesthesia. *App. Anim. Behav. Sci.* 117(3), 190-196.

Alvarez L., Gutiérrez J. 2010. A first description of the physiological and behavioural responses to disbudding in goat kids. *Animal Welfare.* 19, 55-59.

AVMA. 8 juin 2011. Welfare implications of dehorning and disbudding of cattle [en ligne], [http://www.avma.org/reference/backgrounders/dehorning_cattle_bgnd.pdf], (consulté le 21 juin 2011).

Anderson D.E., Muir W.W. 2005. Pain management in ruminants. *Vet. Clin. North. Am. Food. Anim. Pract.* 21, 19-31.

Arifah, A.K., Landoni M.F., Lees P. 2003. Pharmacodynamics and chiral pharmacokinetics and PK-PD modelling of ketoprofen in the goat. *J. Vet. Pharmacol. Ther.*, 26, 139-150.

Aschwanden J., Gygax L., Wechsler B., 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. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 114, 116-131.

Asdell S.A., 1944. The genetic sex of intersexual goats and a probable linkage with the gene for hornlessness. *Science, N.Y.*, 99, 124.

Asdell S.A., Crew F.A.E. 1925. The inheritance of horns in the goat. *J. Genet.*, 15, 367-374.

Bailey D.E., 1984. The skin and subcutaneous tissue. Sheep and Goat. *In* : The large practice of large animal surgery. Vol 1. P.B. Jennings. Jr., Philadelphia, W.B. Saunder Co. 272-273.

Baker J.S. 1981. Dehorning goat. *Bov. Prac.* 2(1), 33-38.

Barone, R., 1996. Terminales de l'artère carotide externe. *In* : Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 5 : Angiologie. Paris, Vigot. 157-191.

Barone, R., 1999. Cornes frontales. *In* : Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1 : Ostéologie. 2nd ed, Paris, Vigot. 523-563.

Barone, R., Bortolami, R. 2010a. Nerf trijumeau. *In* : Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 7 : Neurologie 2. Système nerveux périphérique. Glandes endocrines. Esthésiologie. Paris. Vigot. 41-47.

Barone, R., Bortolami, R. 2010b. Ruminants. *In* : Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 7 : Neurologie 2. Système nerveux périphérique. Glandes endocrines. Esthésiologie. Paris, Vigot. 65-66.

Barroso F.G., Alados C.L., Boza J. 2000. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 69, 35-53.

Bateson P. 1991. Assessment of pain in animals. *Anim. Behav.* 42, 827-839.

Baxendell S.A. 1984. Demonstration notes : disbudding. *In* : Refresher Course for Veterinarians, Proceedings No. 73, Goats, The university of Sydney, The post-Graduate Committee in Veterinary Science, Sydney, N.S.W., Australia. 561-562.

Begin P. 1990. Cornes et bois des mammifères : anatomie, physiologie, pathologie et utilisation par l'homme. Thèse vétérinaire. Alfort. 171 p.

Bouesse M. 2010. Les bâtiments d'élevage caprin entre 2001 et 2008, la production de lait de chèvre en forte hausse. *Agreste primeur*. 244.

Boyajeau D. 1969. Intersexualité associée à l'absence de cornes chez la chèvre d'origine alpine. *Ann. Génét. Sél. Anim.* 1(4), 447-463.

Boyd J.H., 1988. Disbudding goat kids. *Vet. Rec.* 122(20), 494.

Bowen J.S. 1981. On descending goats. Reply from a goat practitioner (letter). *Vet. Med. Small. Anim. Clin.* 76, 6.

Brandsch H. 1959. Die Vererbung geschlechtlicher Missbildung und des Hornes bei der Hausziege in ihrer gegenseitigen Beziehung. *Arch. Geflügelzucht kleintierkde.* 8, 310-362.

Brenet J. 1926. Dictionnaire pratique et historique de la musique. A. Colin, Paris, 102.

Buffon G.L.L., Cuvier G., Daubenton L.J.M. 1860. La chèvre. *In* : Œuvres complètes de Buffon : avec des extraits de Daubenton et la classification de Cuvier. Vol 3. Furne et C^e éditeurs-libraire. Paris. 597-601.

Buechi H.F., 1957. Untersuchungen über das verschobene Geschlechtsverhältnis, die Intersexualität und die Fruchtbarkeit bei der Milchziege. *Z. Tierzüchtl. ZüchtBiol.*, 69, 39-90.

Bullock D.J., Pickerinc S. P. 1984. The validity of horn ring counts to determine the age of Scottish feral goats (*Capra* (domestic)). *J. of Zoology*. 202 (4), 561-564.

Buttle H., Mowlen A., Alastair M. 1986. Disbudding and dehorning of goats. *In Pract.* 63-65.

Casamitjana P. 2000. Particularités de l'anesthésie chez les petits ruminants. *In : Chirurgie des bovins et des petits ruminants*. Point vét. 31, 19.

Chartier C. 2009. Élevage caprin et bâtiment. *In : Pathologie caprine. Du diagnostic à la prévention*. Les Éditions du Point Vétérinaire. Rueil-Malmaison.18-24.

Celly C.S., McDonell W.N., Young S.S., Black W.D. 1997. The comparative hypoxaemic effect of four alpha 2 adrenoceptor agonists (xylazine, romifidine, detomidine and medetomidine) in sheep. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 20(6), 464-471.

Chapman M.J. 1985. Disbudding kids (correspondence). *Vet. Rec.* 116(20), 551.

Comité permanent de la Convention Européenne sur la protection des animaux d'élevage. Recommandations concernant les caprins, 1992 [en-ligne] [http://www.coe.int/t/e/legal_affairs/legal_cooperation/biological_safety_and_use_of_animals/farming/Rec%20goats%20E.asp], (consulté le 3 Août 2011).

Cornick-Seahorn J.L. 2001. *Veterinary Anesthesia*. Butterworth-Heinemann, Boston, 299-300.

Côté S.D., Festa-Bianchet M., Smith K.G. 1998. Horn Growth in Mountain Goats (*Oreamnos americanus*). *J. Mamm.* 79 (2), 406-414.

Daudet A. 1887. *Les lettres de mon Moulin – La chèvre de monsieur Seguin*. Charpentier et Cie, édiétrus, Paris. 42.

Davis L.E., Westfall B.A. 1972. Species differences in biotransformation and excretion of salicylate. *Am. J. Vet. Res.* 33, 1253-1262.

DEFRA. 2009. The code of recommendations for the welfare of goats. *In : Section 3(1) of the Agriculture (Miscellaneous Provisions) Act 1968* [en-ligne], [<http://archive.defra.gov.uk/foodfarm/farmanimal/welfare/onfarm/othersps/goatcode.htm>], (consulté le 21 juillet 2011).

DeGraves F.J., Anderson K.L., Aucoin D.P. 1993. Pharmacokinetics of ibuprofen in lactating dairy goats. *Am. J. Vet. Res.* 54, 434-437.

Doherty T.J., Kattesh H.G., Adcock R.J, Welborn M.G., Saxton A.M., Morrow J.L., Dailey J.W. 2007. Effects of a concentrated lidocaine solution on the acute phase stress response to dehorning in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 90, 4232-4239.

Dubeuf J.P., Boyazoglu J., 2009. An international panorama of goat selection and breeds. *Livestock Science* 120, 225–231.

Duffield T.F., Heinrich A., Millman S.T., DeHaan A., James S., Lissemore K. 2010. Reduction in pain response by combined use of local lidocaine anesthesia and systemic ketoprofen in dairy calves dehorned by heat cauterization. *Can. Vet. J.* 51, 283-288.

Duncan I.J.H, 2005. Science-based assessment of animal welfare : farm animals. *Rev. Sci. tech. Off. Int. Epiz.* 24 (2), 483-492.

Dyce K.M., Sack D.V.M. Wensing J.G. 2010. Chapter 10 : The common integument. The Horn. *In : Textbook of Veterinary Anatomy*, Saunders, 4^{ème} édition. 359-360.

Eaton N.O. 1944. The relation between polled and hermaphroditic characters in dairy goats. *Genetics.* 30(1), 51-61.

El Balaa R., Marie M. 2004. Évaluation du bien-être animal dans les élevages de petits ruminants. *Renc. Rech. Rum.* 210.

Elmore R.G. 1981. Caprine Block Cornual. *In : Food-Animal Regional Anesthesia.* Veterinary medicine Publishing company, Bonner Springs Kansas. 28.

Faulkner P., Weary D.M. 2000. Reducing pain after dehorning in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 83, 2037-2041.

Farke A.A. 2008. Function and Evolution of the Cranial Sinuses in Bovid Mammals and Ceratopsian Dinosaurs. Dissertation. Anatomical Sciences Stony Brook University. 213 p.

FAWC (Farm Animal Welfare Council). 1979. Five Freedoms. [en-ligne] Londres, [<http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>], (consulté le 25 septembre 2011).

Free dictionary, 2011. [en-ligne], [<http://www.thefreedictionary.com>], (consulté le 26 octobre 2011).

Friis C. 1983. Postnatal development renal function in goats. *In : Ruckebusch Y., Toutain PL., Koritz GD. Veterinary Pharmacology and Toxicology.* Westport. 57 p.

Galatos A.D., 2011. Anesthesia and analgesia in sheep and goats. *Vet. Clin. Food. Anim.* 27, 47-59.

Gall O. 2002. Physiologie de la nociception chez le nouveau-né. *In : Prise en charge de la douleur du nouveau-né. Médecine thérapeutique / pédiatrique.* 5(2), 72-77.

Garrett P.D. 1988. The head. *In : Guide to ruminant anatomy based on the dissection of the goat.* Iowa state university Press. 78-82.

Gendreau L.A. 1953. The dehorning of cattle. *Canadian Journal of Comparative Medecine.* 12(8), 344-349.

Gibson T.J., Johson C.B., Stafford K.J., Mitchinson S.L., Mellor D.J. 2007. Validation of the acute electroencephalographic responses of calves to noxious stimulus with scoop dehorning. *N. Z. Vet.* 55(4), 152-157.

Graf B., Senn, M. 1999. Behavioural and physiological responses of calves of dehorning by heat cauterization with or without local anaesthesia. *App. Anim. Behav. Sci.* 62, 153-171.

Grondahl-Nielsen, C., Simonsen, H.B, Damkjer Lund, J., Hesselholt, M. 1999. Behavioural, endocrine and cardiac responses in young calves undergoing dehorning without and with use of sedation and analgesia. *Vet. J.* 158, 14-20.

Grundy SA. 2006. Clinically Relevant Physiology of the Neonate. *Vet. Clin. Small. Anim.* 36, 443-459.

Haenlein G.F.W., Caccese R., Sammelwitz P.H. 1992. Behaviour. *Goat Extension Handbook*. University of Delaware. USA. 49-56.

Hall L.W., Clarke K.W., Trim C.M., 2001. Anaesthesia of sheep, goats and other herbivores. *In : Veterinary Anaesthesia*. Saunders. 13, 341-366.

Hansen I., Christiansen F., Hansen H.S., Braastad B., Bakken M. 2001. Variation in behavioural responses of ewes towards predator-related stimuli. *Appli. Anim. Behav. Sci.* 70, 227-237.

Haskell S.R.R. 2004. Chapter 17 : Surgery of the sheep and goat integumentary system. Part IV : Sheep and goat surgery. *In : Fubini S.L., Ducharme N.G. Farm animal Surgery*. W. B. Saunders, Philadelphia. 509-515.

Heinrich A., Duffield T.F., Lissemore K.D., Squires E.J., Millman S.T. 2009. The impact of meloxicam on postsurgical stress associated with cautery dehorning. *J. Dairy Sci.* 92, 540-547.

Heinrich A., Duffield T.F., Lissemore K.D., Millman S.T. 2010. The effect of meloxicam on behaviour and pain sensitivity of dairy calves following cautery dehorning with a local anesthetic. *J. Dairy Sci.* 93, 2450-2457.

Hewson C.J., Dohoo I.R., Lemke K.A., Barkema H.W. 2007. Factors affecting canadian veterinarians' use of analgesics when dehorning beef and dairy calves. *Can. Vet. J.* 48, 1129-1136.

Hodgkinson O., Dawson L. 2007. Practical anaesthesia and analgesia in sheep, goats and calves. *In Pract.* 29, 596-603.

Hull, B. 1995. Dehorning the adult goat. *Vet. Clin. North. Am. Food Anim. Pract.* 11, 183-185.

Hyttel P., Sinowatz F., Vejlsted M. 2010. Essentials of domestic animal embryology. Saunders. 17, 325.

Ingvast-Larsson C., Högberg M., Mengistu U., Olson L., Bondesson U., Olsson K. 2010. Pharmacokinetics of meloxicam in adult goats and its analgesic effect in disbudded kids. *J. vet. Pharmacol. Therap.* 34, 64-69.

INRA. 2009. Douleurs animales : les identifier, les comprendre, les limiter chez les animaux d'élevage. Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. 339 p.

Ivany J.M., Muir W.W. 2004. Farm animal anesthesia. *In* : Fubini S.L., Ducharme N.G. Farm animal Surgery. Elsevier science, W. B. Saunders, Philadelphia. 97-103.

Johnson C.B., Sylvester S.P., Stafford K.J., Mitchinson S.L., Ward R.N., Mellor D.J. 2009. Effects of age on the electroencephalographic response to castration in lambs anaesthetized with halothane in oxygen from birth to 6 weeks old. *Vet. Anaesth. Analg.* 36(3), 273-279.

Koger L.M., Mc Niece L., 1982. Using the hydrefrecator for dehorning the kid. *In* : Proc 3ème International Conference on goat production and disease, Dairy Goat Journal Pub. Co., Scottsdale, AZ, 530.

König H.E., Liebich H.G. 2004. Veterinary anatomy of domestic mammals. *In* : Textbook and color atlas. Schattauer. 633-635.

Lancker S. V., Van Den Broeck W. V., Simoens P. 2004. Morphology of caprine skin glands involved in buck odour production. *The Vet. J.* 170, 351-358.

Larousse. [en-ligne], [<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>], (consulté le 12 octobre 2011).

Lauvergne J.J. 1969. Progrès des connaissances génétiques sur l'intersexualité associée à l'absence de cornes chez la chèvre d'origine alpine. *Genet. Select. Evol.* 1, 403-412.

Lee L. 2006. Local anaesthesia and analgesia [en-ligne], [<http://cvm-u.cvhs.okstate.edu/vmed5412/pdf/14LocalAnesthesia2006b.pdf>], (consulté le 09 Août 2011).

Ley S., Waterman A., Livingston A. 1990. Variation in the analgesic effects of xylazine in different breeds of sheep. *Vet. Rec.* 126, 508.

Loretz, C., Wechsler, B., Hauser, R., Rusch, P. 2004. A comparison of space requirements of horned and hornless goats at the feed barrier and in the lying area. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 87, 275-283.

Lush, J.L. 1926. Inheritance of Horns, Wattles, and Color in Grade Toggenburg Goats. *J. Hered.* T. 73.

Machen N., Holland U. E., Thigpen W., Site de publication concernant le bétail, caprins, Disbudding kids – Is it commercially applicable ?, Texas [en ligne], [<http://uvalde.tamu.edu/staff/Machen5.htm>], (consulté le 23 juin 2011).

Matthews J. 2006. Descending of male goats. *Goat vet. Soc. J.* 25.

Matthews J. 2007. Kids : to disbud or not disbud. *Goat vet. Soc. J.* 26-29.

- Matthews J.G. 2009. Disbudding and dehorning. *In* : Disease of the goat. 3rd ed. Chelmsford. Wiley Blackwell. 25, 370-377.
- McEwen M.M., Gleed R.D., Ludders J.W., Stokol T., Del Piero F. 2000. Hepatic effects of halothane and isoflurane anesthesia in goats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 217(11), 1697-1700.
- McKeating, F. J., Pilsworth R. C. 1984. Disbudding of kids. [Correspondence : use of alfadolone/alfaxalone anaesthesia]. *Vet. Rec.* 115(16), 419.
- McMeekan C.M., Mello D.J., Stafford K.J., Bruce R.A., Ward R.N., Gregory N.G. 1997. Effects of shallow scoop and deep scoop dehorning on plasma cortisol concentrations in calves. *N. Z. Vet.* 45, 72-74.
- McMeekan C.M., Stafford K.J., Mello, D.J., Bruce R.A., Ward R.N., Gregory N.G. 1998. Effects of regional analgesia and/or non-steroidal anti-inflammatory analgesic on the acute cortisol response to dehorning in calves. *Res. Vet. Sci.* 64, 147-150.
- McMeekan C.M., Stafford K.J., Mello D.J., Bruce R.A., Ward R.N., Gregory, N.G. 1999. Effects of a local anaesthetic and a non-steroidal anti-inflammatory analgesic on the behavioural responses of calves to dehorning. *N. Z. Vet.* 47, 92-96.
- Mellor D.J., Fisher M.W., Stafford K.J. 2008. Cost-Benefit Analysis of Pain Relief for Farm Animals. *In* : Scientific assessment and management of animal pain, Technical series. 10, 47-55.
- Mellor D., Stafford K. 1999. Assessing and minimising the distress caused by painful husbandry procedures in ruminants. *In Pract.* 21, 436-446.
- Menke C., Waiblinger S., Fölsch D.W., Wiepkema P.R. 1999. Social behaviour and injuries of horned cows in loose housing systems. *Anim. Welf.* 8, 243-258.
- Meyer R.E. 1987. Anesthesia for neonatal and geriatric patients. *In* : Short CE. Principles and practices of veterinary anesthesia. Williams and Wilkins, Baltimore. 330-337.
- Milligan B.N., Duffield T., Lissemore K. 2004. The utility of ketoprofen for alleviating pain following dehorning in young dairy calves. *Can. Vet. J.* 45, 140-143.
- Miranda-de-la-lama G.C., Mattiello S. 2010. The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. *Small Rum. Res.* 90, 1-10.
- Misch L.J., Duffield T.F., Millman S.T., Lissemore K.D. 2007. An investigation into practices of dairy producers and veterinarians in dehorning dairy calves in Ontario. *Can. Vet. J.* 48, 1249-1254.
- Mobini S. 1991. Cosmetic dehorning of adult goats. *Small Rum. Res.* 5(1-2), 187-191.
- Mohammad F.K., Zangana I.K., Al-Kassim N.A. 1991. Clinical observations in Shami goat kids sedated with medetomidine. *Small Rum. Res.* 5(1-2), 149-153.

Montané L., Bourdelle E., Bressou C. 1978. Dissection de la tête. Cornes. *In* : Anatomie régionale des animaux domestiques. Tome II Les ruminants. Paris, J-B la Baillière. 89-92.

Mounier L., Marie M., Lensink B.J. 2007. Facteurs déterminants du bien-être des ruminants en élevage. *INRA Prod. Anim.* 20(1), 65-72.

Morisse J.P, Cotte J.P, Huonnic D. 1995. Effect of dehorning on behaviour and plasma cortisol responses in young calves. *App. Anim. Behav. Sci.* 43, 239-247.

Mpanduji D.G., Bittegeko S.B.P., Mgasu M.N., Batamuzi E.K., Shami C.L. 2001. Comparison of effects of atipamezole and tolazoline on analgesia, cardiopulmonary and rectal temperature changes induced by lumbosacral epidural injection of medetomidine in goats. *Small Rumin. Res.* 40, 117-122.

Muir W.W., Hubbell J.A.E., Skarda R.T., Bednarski R. 2000. Handbook of veterinary anesthesia, 3rd, St Louis, Mosby. 656 p.

Murison P.J. 2007. Anaesthesia in goats. *Goat vet. Soc. J.* 283, 22-24.

Ndeereh D.R., Mbithi P.M.F., Kihurani D.O. 2001. The reversal of xylazine hydrochloride by yohimbine and 4- aminopyridine in goats. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 72, 64-67.

Nuss K. 2007. Abteilung Chirurgie und Orthopädie, Klinik für Wiederkäuer (Prof. W. Klee) der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität München. Chirurgische Eingriffe am Kopf des Rindes.

Pablo L.S., Bailey J.E., Ko J.C. 1997. Median effective dose of propofol required for induction of anaesthesia in goats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 211(1), 86-88.

Paget R.F. 1943. Hermaphrodites. *Mon. J. Brit. Goat Soc.* 36, 57-59.

Pailhoux E., Vigier B., Chaffaux S., Servel N., Taourit S., Furet J.P., *et al.* 2001. A 11.7-kb deletion triggers intersexuality and polledness in goats. *Nat. Genet.* 29, 453-458.

Pettifer G.R., Grubb T.L. 2007. Neonatal and Geriatric Patients. *In* : Tranquilli W., Thurmon J.C., Grimm K.A. Lumb & Jones Veterinary Anesthesia and Analgesia. Blackwell publishing, 4th ed, Iowa. 47, 985-991.

Petrie N.J., Mellor D.J., Stafford K.J., Bruce R.A., Ward R.N. 1995. Cortisol responses of calves to two methods of disbudding used with or without local anaesthetic. *N. Z. Vet. J.* 44, 9-14.

Picard K., Thomas D.W., Festa-Bianchet M., Lanthier C. 1994. Bovid horns : an important site for heat loss during winter ? *J. Mamm.* 15(3), 710-713.

Pugh D.G. 2001. Anesthetic management. *In* : Sheep and Goat medicine. Saunders. 16, 408-417.

Putelat O. 2005. Le bestiaire polycère. *Revue de Paléobiologie, Genève.* 10, 293-301

Rialland P., Holopherne D., Gogny M., Rondenay Y., Guitton E., Massard R., Hugnet C., Villard T., Troncy E. 2008. Pharmacologie anti-douleur chez les animaux d'élevage. Bull. GTV. 44, 27-34.

Ricordeau G. 1969. Surprolificité des génotypes sans cornes dans les races caprines alpines Saanen, alpine chamoisée et poitevine. Ann. Génét. Sél. Anim. 1, 391-395.

Ricordeau, G., Bouillon, J. 1969. Variations de l'âge d'apparition du cornage dans les races caprines Alpine, Saanen, Alpine chamoisée et Poitevine. Ann. Génét. Sél. Anim. 1(4), 397-501.

Ricordeau G., Lauvergne J.J. 1967. Hypothèse génétique unique pour expliquer la présence d'intersexués, de mâles en excès et de mâles stériles en race caprine Saanen. Ann. Zootech. 16, 323-334.

Ricordeau G., Poujardieu B., Bouillon J. 1972. Paramètres génétiques de la croissance des chevrettes Saanen en station de testage. Ann. Génét. Sél. Anim. 4(3), 477-480.

Ricordeau G., Sanchez F.Y.G.F. 1981. Évolution de la fréquence du cornage dans 4 races françaises. Ann. Génét. Sél. Anim. 14(4), 353-362.

Riebold T.W. 2007. Ruminants. In : Tranquilli W., Thurmon J.C., Grimm K.A., Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia and Analgesia. Blackwell publishing, Iowa. 4th edition. 28, 731-745.

Rudge M.R. 1973. Les cornes pour la détermination de l'âge chez les caprins (*Capra hircus* L.). Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop. 2(3), 275.

Sakamoto H., Misumi K., Nakama M., Aoki Y. 1996. The effects of xylazine on intrauterine pressure, uterine blood flow, maternal and fetal cardiovascular and pulmonary function in pregnant goats. J. Vet. Med. Sci. 58(3), 211-217.

Sanford S.E. 1989. Ontario : meningoencephalitis caused by thermal disbudding in goat kids. Can. Vet. J. 30(10), 832.

Schibler L., Crihiu E.P., Oustry-Vaiman A., Furet J.P., Vaiman D. 2000. Fine mapping suggests that the goat Polled Intersex Syndrome and the Human Blepharophimosis Ptosis Epicanthus Syndrome map to a 100 kb homologous region. Genome Research. 10, 311-318.

Schönherr S., 1954. Die Unfruchtbarkeit der Ziegenbocke, ihre Verbreitung, frühertige Erkennung und Bekämpfung. Vet. med. Diss. Frei Universität, Berlin.

Short C.E. 1987. Local and regional Anesthesia. In : Short CE. Principles and practices of veterinary anesthesia. Williams and Wilkins, Baltimore. 8, 111-112.

Sidhu P.K., Landoni M.F., Lees P. 2006. Pharmacokinetic and pharmacodynamic interactions of tolafenamic acid and marbofloxacin in goats. Res. Vet. Sci. 80(1), 79-90

Skarda R.T. 1986. Techniques of local analgesia in ruminants and swine. Vet. Clin. North. Am. Food. Anim. Pract. 2, 621-663.

Skarda R.T., Tranquilli W. 2007a. Chapter 14 : Local anesthetics. *In* : Tranquilli W., Thurmon J.C., Grimm K.A., Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia and Analgesia. Blackwell publishing, Iowa. 4th edition. 395-413.

Skarda R.T., Tranquilli W. 2007b. Chapter 23 : Local and regional Anesthetic and Analgesic Techniques : Ruminants and swine. *In* : Tranquilli W., Thurmon J.C., Grimm K.A., Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia and Analgesia. Blackwell publishing, Iowa. 4th edition. 643-650.

Smith C.K. 2010. Raising goats for dummies. Wiley publishing, Indiana. 145-150.

Smith M.C. 1982. A propane-heated dehorner for use on calves and goat kids. *Vet. Med. Small Anim. Clinician*. 77(7), 1116-1117.

Smith M.C., Sherman D.M., 2009a. Chapter 17 : Anesthesia. *Goat medicine*, 2nd edition. Wiley LTD., 709-720.

Smith M.C., Sherman D.M., 2009b. Chapter 18 : Dehorning and descenting. *Goat medicine*, 2nd edition. Wiley LTD. 723-753.

Smith M.C., Sherman D.M., 2009c. Appendix A : Drug dosages used in goats. *Goat medicine*, 2nd edition. Wiley LTD. 809-812.

Smith P.W., Parks O.W., Schwartz D.P. 1984. Characterization of male goat odors: 6-trans nonenal. *J. Dairy Sci*. 67(4), 794-801.

Soller M., Laor M., Barnea R., Weiss Y., Ayalon N. 1963. Polledness and infertility in male Saanen goats. *J. Hered*. 54, 237-240.

Soller M., Kempenich O. 1964. Polledness and litter size in Saanen goats. *J. Hered*. 55, 301-304.

Spaulding C.E. 1977, Procedure for dehorning the dairy goat. *Vet. Med. Small Anim. Clin*. 72(2), 228-230.

Stafford K.J, Mellor D.J. 2005. Dehorning and disbudding stress and its alleviation in calves. *Vet. J*. 169, 337-349.

Stafford K.J., Mellor D.J., Todd S.E., Ward R.N., Mc Meekan C.M. 2003. The effect of different combinations of lignocaine, ketoprofen, xylazine and tolazoline on the acute cortisol response to dehorning in calves. *N. Z. Vet. J*. 51(5), 219-226.

Stewart M., Stafford K.J., Dowling S.K., Schaefer A.L., Webster J.R. 2007. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Phy. Beh*. 93, 789-797.

Stewart M., Stookey J.M., Stafford K.J., Tucker C.B., Rogers A.R., Dowling S.K., Verkerk G.A., Schaefer A.L., Webster J.R. 2008. Effects of local anesthetic and a nonsteroidal anti-

inflammatory drug on pain responses of dairy calves to hot-iron dehorning. *J. Dairy Sci.* 92, 1512-1519.

Stilwell G., Lima M.S., Broom D.M., 2008. Comparing plasma cortisol and behaviour of calves dehorned with caustic paste after non-steroidal-anti-inflammatory analgesia. *Livest. Sci.* 119, 63-69.

Stilwell G., Campos de Carvalho R., Lima M.S., Broom D.M. 2009. Effect of caustic paste disbudding, using local anaesthesia with or without analgesia, on behaviour and cortisol of calves. *App. Anim. Behav. Sci.* 116, 35-44.

Stilwell G., Campos de Carvalho R., Lima M.S., Broom D.M. 2010. Effect of hot-iron disbudding on behavior and plasma cortisol of calves sedated with xylazine. *Research in Vet. Sci.* 88, 188-193.

Stookey J.M. 2005. The veterinarian's role in controlling pain in farm animals. *Can. Vet. J.* 46, 453-457.

Sutherland M.A., Mellor D.J., Stafford K.J., Gregory N.G., Bruce R.A., Ward R.N. 2002. Cortisol responses to dehorning of calves given 5-h local anaesthetic regimen plus phenylbutazone, ketoprofen, or adrenocorticotrophic hormone prior to dehorning. *Vet. Sci.* 73, 115-123.

Taylor C.R. 1966. The vascularity and possible thermoregulatory function of the horns in goats. *Phy. Zoo.* 39 (2), 127-139.

Taylor P.M. 1991. Anesthesia in sheep and goats. *In Pract.* 13, 31-36.

Thompson K.G., Bateman R.S., Morris P.J. 2005. Cerebral infarction and meningoencephalitis following hot-iron disbudding of goat kids. *N. Z. Vet. J.* 53(5), 568-570.

Tolü C., Savas T. 2007. A brief report on intra-species aggressive biting in a goat herd. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 102, 124-129.

Toussaint G. 1997. The housing of milk goats. *Livest. Prod. Sci.* 49, 151-164.

Vaiman D. 2005. Mammifères, sexe, genes et genome : les leçons du modèle de la chèvre intersexuée. *Bull. Acad. Vet. France.* 158, 509-518.

Vaiman D., Koutita O., Oustry A., Elsen J.M., Manfredi E., Fellous M., Cribiu E.P. 1996. Genetic mapping of the autosomal region involved in XX sex-reversal and horn development in goats. *Mammal. Genom.* 7, 133-137.

Valdmanis L., Menzies P., Millman S. 2007. A survey of dehorning practices and pain management in goats. In: Galindo F. and Alvarez L. (eds) 41st Congress of the International Society for Applied Ethology. 30 July-3 August 2007, Mérida, México.

Vickers K.J., Niel L., Kiehlbauch L.M., Weary D.M. 2005. Calf response to caustic paste and hot-iron dehorning using sedation with and without local anesthetic. *J. Dairy Sci.* 88, 1454-1459.

Vitums A. 1954. Nerve and arterial blood supply to the horns of the goat with reference to the sites of anesthesia for dehorning. J. Am. Vet. Med. Assoc. 125, 284-286.

White E.C. 2004. Caprine dehorning. *In* : Fubini SL., Ducharme NG. 2004. Farm animal Surgery. W. B. Saunders, Philadelphie. 511-515.

Williams B.M. 1984. Disbudding of kids (Correspondence). Vet. Rec. 114(20), 503-504.

Williams B.M. 1985. Disbudding kids (Correspondence). Vet. Rec. 116(17), 480.

Wk-vet, 2011. Consulter DMV. [en-ligne], [<http://www.wk-vet.fr/mybdd/?moteur=156>], mise à jour en octobre 2011 (consulté le 26 octobre 2011).

Wright, H.J., Adams, D.S., Trigo, F.J. 1983. Meningoencephalitis after hot-iron disbudding of goat kids. Vet. Med. and Small. Anim. Clinic. 78(4), 599-601.