



HAL
open science

Mise en place d'une formation par Chatbot à destination des éleveurs et conception de mannequins à destination des étudiants vétérinaires dans le cadre de la prise en charge de la douleur lors de gestes de mutilation des bovins : cas de l'écornage et de la castration

Alexis Augeron

► To cite this version:

Alexis Augeron. Mise en place d'une formation par Chatbot à destination des éleveurs et conception de mannequins à destination des étudiants vétérinaires dans le cadre de la prise en charge de la douleur lors de gestes de mutilation des bovins : cas de l'écornage et de la castration. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04826691

HAL Id: dumas-04826691

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04826691v1>

Submitted on 9 Dec 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

ANNEE 2024 - Thèse n° 76

**MISE EN PLACE D'UNE FORMATION PAR CHATBOT À
DESTINATION DES ÉLEVEURS ET CONCEPTION DE
MANNEQUINS À DESTINATION DES ÉTUDIANTS
VÉTÉRINAIRES DANS LE CADRE DE LA PRISE EN CHARGE
DE LA DOULEUR LORS DE GESTES DE MUTILATION DES
BOVINS : CAS DE L'ÉCORNAGE ET DE LA CASTRATION**

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant
l'UFR de Médecine de l'Université
de Nantes le 11/10/2024

par

Alexis, Thierry AUGERON

Sous la direction de
Raphaël GUATTEO

Président du jury : Madame HERVÉ Julie

Professeur en physiologie

fonctionnelle, cellulaire et moléculaire

Membres du jury : Madame TOUZOT-JOURDE Gwenola

Maître de Conférences en pathologie

chirurgicale et anesthésiologie

Monsieur GUATTEO Raphaël

Professeur en médecine des animaux d'élevage

Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

ANNEE 2024 - Thèse n° 76

**MISE EN PLACE D'UNE FORMATION PAR CHATBOT À
DESTINATION DES ÉLEVEURS ET CONCEPTION DE
MANNEQUINS À DESTINATION DES ÉTUDIANTS
VÉTÉRINAIRES DANS LE CADRE DE LA PRISE EN CHARGE
DE LA DOULEUR LORS DE GESTES DE MUTILATION DES
BOVINS : CAS DE L'ÉCORNAGE ET DE LA CASTRATION**

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant
l'UFR de Médecine de l'Université
de Nantes le 11/10/2024

par

Alexis, Thierry AUGERON

Sous la direction de

Raphaël GUATTEO

Président du jury : Madame HERVÉ Julie

Professeur en physiologie

fonctionnelle, cellulaire et moléculaire

Membres du jury : Madame TOUZOT-JOURDE Gwenola

Maître de Conférences en pathologie

chirurgicale et anesthésiologie

Monsieur GUATTEO Raphaël

Professeur en médecine des animaux d'élevage

Département **BPSA** Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment

Responsable : **Emmanuel JAFFRES** – Adjointe : **Frédérique NGUYEN**

Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Yassine MALLEM (Pr) Hervé POULIQUEN (Pr)	Antoine ROSTANG (MC) Meg-Anne MORICEAU (MC Stagiaire) Martine KAMMERER (Pr émérite) Marc GOGNY (Pr émérite)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Lionel MARTIGNAT (Pr)	Julie HERVE (Pr) Grégoire MIGNOT (MC)
Histologie et anatomie pathologique	Marie-Anne COLLE (Pr) Jérôme ABADIE (MC) Florian CHOCTEAU (MC stagiaire)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC) Pierre CORDIER (CERC)
Biochimie alimentaire industrielle	Carole PROST (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Clément CATANEO (MC) Alix KHALIL (MC) Laurent LE THUAUT (MC)
Microbiotech	Hervé PREVOST (Pr) Géraldine BOUE (MC) Nabila HADDAD (MC HDR) Emmanuel JAFFRES (MC HDR)	Mathilde MOSSER (MC) Boris MISERY (MC) Raouf TAREB (MC) Judith LORANT (MC stagiaire)
PACENV = VET1	Eléonore BOUGUYON (PRAG) Nicolas BROSSAUD (PRAG)	Charlotte MOCQUARD (PRAG) Aurore CALVEL (PRAG)

Département **SAESP** Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique

Responsable : **Raphaël GUATTEO** – Adjoint : **Jean-Michel CAPPELIER**

Elevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Nathalie BAREILLE (Pr) François BEAUDEAU (Pr) Christine FOURICHON (Pr)	Juan Manuel ARIZA CHACON (MC) Ségolène CALVEZ (Pr) Aurélien MADOUASSE (MC HDR) Nora NAVARRO-GONZALES (MC)
Infectiologie	Alain CHAUVIN (Pr) Emmanuelle MOREAU (Pr) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr) Pauline MAISONNASSE (CERC)	Albert AGOULON (MC) Suzanne BASTIAN (MC HDR) Léa LOISEL (AERC) Kenny OBERLE (MC) Nadine RAVINET (MC)

Médecine des animaux d'élevage	Catherine BELLOC (Pr) Raphaël GUATTEO (Pr) Anne RELUN (MC) Aurore BOISHARDY (CERC)	Sébastien ASSIE (MC) Isabelle BREYTON (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MC) Maud ROUAULT (AERC)
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel CAPPELIER (Pr) Louis DELAUNAY (MC) Bruno LE BIZEC (Pr)	Sofia STRUBBIA (MC) Marie-France PILET (Pr)

Département DSC Sciences cliniques		
Responsable : Olivier GAUTHIER – Adjoint : Marion FUSELLIER		
Anatomie comparée	Eric BETTI (MC) Claude GUINTARD (MC)	
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Eric AGUADO (Pr) Olivier GAUTHIER (Pr) Eric GOYENVALLE (Pr)	Pierre MAITRE (MC) Caroline TESSIER (MC) Claire DEFOURMSTRAUX (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Jacques GUILLOT (Pr) Emmanuel BENSIGNOR (Pr Ass) Vincent BRUET (MC)	Sabrina VIEU (AERC) Maria Dolores SANCHEZ (CERC)
Médecine interne, imagerie médicale et législation professionnelle vétérinaire	Anne COUROUCE (Pr) Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Françoise ROUX (Pr) Juan HERNANDEZ-RODRIGUEZ (Pr Ass) Nora BOUHSINA (MC)	Nicolas CHOUIN (MC) Amandine DRUT (MC) Marion FUSELLIER-TESSON (Pr) Catherine IBISCH (MC HDR) Aurélia LEROUX (MC) Odile SENECAT (MC)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Jean-François BRUYAS (Pr) François FIENI (Pr)	Djemil BENCHARIF (Pr) Lamia BRIAND (Pr)
Département GPA Génie des procédés alimentaires		
Responsable : Vanessa JURY – Adjointe : Cyril TOUBLANC		
Lionel BOILLEREAUX (Pr) Sébastien CURET-PLOQUIN (Pr) Marie DE LAMBALLERIE (Pr) Francine FAYOLLE (Pr) Michel HAVET (Pr)	Alain LEBAIL (Pr) Olivier ROUAUD (Pr) Kévin CROUVISIER-URION (MC) Vanessa JURY (Pr) Emilie KORBEL (MC)	Jean-Yves MONTEAU (MC HDR) Eve-Anne NORWOOD (MC) Raphaël PORYLES (MC) Laurence POTTIER (MC) Cyril TOUBLANC (MC)
PAC-ING	Cyril Gaillard (PCEA)	
Département MSC Management, statistiques et communication		
Responsable : Jean-Michel GALIHARRET – Adjointe : Sibylle DUCHAINE		
Mathématiques, statistiques, informatique	Chantal THORIN (Pr Ag) Evelyne VIGNEAU (Pr) Jean-Michel GALHARRET (MC)	Véronique CARIOU (Pr) Benjamin MAHIEU (MC) Michel SEMENOU (MC)

Economie, gestion, législation	Jean-Marc FERRANDI (Pr) Pascal BARILLOT (MC) Ibrahima BARRY (MC) Florence BEAUGRAND (MC) Franck INSGNARES (IE)	Sibylle DUCHAINE (MC) Sonia MAHJOUB (MC) Samira ROUSSELIERE (MC) Christophe PAPINEAU (Ens. Cont.)
Langues et communication	Marc BRIDOU (PLPA) David GUYLER (Ens. Cont.) Nathalie GOODENOUGH (PCEA) Patricia JOSSE (Ens. Cont.)	Shaun MEEHAN (Ens. Cont.) Linda MORRIS (PCEA) Ian NICHOLSON (ENS. Cont.)

Formations Techniciens supérieurs	
Responsable : Laurence FRERET	
	Laurence FRERET (PCEA) Françoise BRICHET (IAE) Christophe CARON (PLPA) Virginie MAGIN (Ens.cont.)

Pr Ag : Professeur Agrégé, Pr : Professeur, MC : Maître de Conférence, MCC : MC contractuel,
 PLPA : Professeur Lycée Professionnel Agricole, PCEA : Professeur Certifié Enseignement Agricole,
 HDR : Habilité à Diriger des Recherches, CERC : Chargé d'Enseignement et de Recherche Contractuel, Ens.
 Cont. : Enseignant Contractuel

La reproduction d'extraits de cette thèse est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée en incluant les éléments bibliographiques suivants :

- Nom et prénoms de l'auteur : Augeron Alexis
- Année de soutenance : 2024.
- Titre de la thèse : Mise en place d'une formation par chatbot à destination des éleveurs et conception de mannequins à destination des étudiants vétérinaires dans le cadre de la prise en charge de la douleur lors de gestes de mutilation des bovins : cas de l'écornage et de la castration
- Intitulé du diplôme : Thèse de doctorat vétérinaire
- Université de soutenance : Faculté de Médecine de Nantes.
- Ecole de soutenance : Oniris VetAgroBio : Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de L'alimentation Nantes Atlantique
- Nombre de pages : 169 p.

REMERCIEMENTS

À Madame Julie HERVE

Professeur à ONIRIS VetAgroBio,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,

Pour m'avoir accompagné lors de la conception des mannequins avec beaucoup de patience et de disponibilité,

Très sincères remerciements.

À Monsieur Raphaël GUATTEO

Professeur à ONIRIS VetAgroBio,

Pour m'avoir proposé ce sujet et encadré tout au long de ces travaux,

Pour sa réactivité à chaque fois que je l'ai sollicité et pour ses corrections,

Très sincères remerciements.

À Madame Gwenola TOUZOT-JOURDE

Maître de Conférences en pathologie chirurgicale et anesthésiologie,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter le rôle d'assesseur,

Hommages respectueux.

À Madame Anne GOGNY,

Praticien Hospitalier à ONIRIS VetAgroBio,

Pour m'avoir aidé à concevoir les notices des mannequins,

Très sincères remerciements.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	6
TABLE DES MATIÈRES.....	7
TABLE DES ANNEXES.....	12
TABLE DES FIGURES.....	13
TABLE DES TABLEAUX.....	15
TABLE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	16
INTRODUCTION.....	17
Partie I. Perceptions des éleveurs sur l'écornage et la castration.....	19
I.1. État des lieux sur l'écornage et la castration en France.....	19
I.1.1. Importance.....	19
I.1.2. Motivations des éleveurs pour pratiquer écornage et castration.....	20
I.1.2.1. Cas de l'écornage.....	20
I.1.2.1.1. Justifications de l'écornage.....	20
I.1.2.1.2. Freins à l'écornage.....	20
I.1.2.2. Cas de la castration.....	21
I.1.2.2.1. Justifications de la castration.....	21
I.1.2.2.2. Freins à la castration.....	21
I.1.3. Diversité des Pratiques pour réaliser écornage et castration.....	21
I.1.3.1. Pratiques d'écornage.....	21
I.1.3.1.1. Rappels anatomiques.....	21
I.1.3.1.2. Écornage par cautérisation.....	23
I.1.3.1.3. Écornage chimique.....	24
I.1.3.1.4. Écornage par amputation.....	24
I.1.3.1.5. Précautions particulières.....	25
I.1.3.1.6. Âge au moment de l'écornage.....	25
I.1.3.2. Pratiques de castration.....	27
I.1.3.2.1. Rappels anatomiques.....	27
I.1.3.2.2. Castration à l'élastique.....	28
I.1.3.2.3. Castration à la pince de Burdizzo.....	29
I.1.3.2.4. Castration chirurgicale.....	30
I.1.3.2.5. Précautions particulières relatives à la castration.....	32
I.1.3.2.6. Âge au moment de la castration.....	33
I.1.4. Cadre législatif.....	33
I.2. Perceptions des éleveurs vis à vis de ces mutilations chez les bovins.....	35
I.2.1. Les différents facteurs influençant les éleveurs en terme de prise en charge de la douleur.....	35
I.2.1.1. Quelques chiffres.....	35
I.2.1.2. Perception des éleveurs sur la sensibilité des bovins.....	39
I.2.1.2.1. Considérations éthiques de l'analgésie.....	39
I.2.1.2.2. Une désensibilisation des éleveurs face à la souffrance ?... 39	39

I.2.1.3. Considérations économiques.....	40
I.2.1.3.1. Perceptions du coût de la prise en charge.....	40
I.2.1.3.1.1. Différents profils d'éleveurs.....	40
I.2.1.3.1.2. Acceptabilité du coût de la prise en charge.....	40
I.2.1.3.2. Perceptions des pertes engendrées par la souffrance.....	42
I.2.1.4. L'utilisation de la douleur comme moyen de contention.....	43
I.2.1.5. Autres facteurs.....	43
I.2.2. Les éleveurs ne sont pas assez sensibilisés et informés sur de la prise en charge de la douleur.....	45
I.2.2.1. Quelques lacunes dans les connaissances.....	45
I.2.2.1.1. La notion de douleur est difficile à concevoir.....	45
I.2.2.1.2. Une confusion entre la notion de douleur et ses causes.....	45
I.2.2.1.3. Une détection de la douleur difficile.....	45
I.2.2.1.4. Une méconnaissance de la gestion de la douleur.....	46
I.2.2.2. L'enjeu de la formation pour les éleveurs.....	47
I.2.2.2.1. Intérêts des éleveurs pour la formation.....	47
I.2.2.2.2. Rôle du vétérinaire dans la formation des éleveurs.....	48
I.2.2.2.2.1. Les éleveurs ont confiance en leur vétérinaire.....	48
I.2.2.2.2.2. Le vétérinaire à une formation plus adaptée sur la prise en charge de la douleur.....	49
I.2.2.2.2.3. Un manque de communication entre vétérinaires et éleveurs.....	49
I.3. L'approche des 3S, une alternative pour limiter la souffrance lors des mutilations.....	50
I.3.1. Principe des 3S.....	50
I.3.2. Application des 3S aux cas de l'ébourgeonnage et de la castration des veaux.....	51
I.3.2.1. Supprimer.....	51
I.3.2.1.1. Ébourgeonnage.....	51
I.3.2.1.2. Castration.....	51
I.3.2.2. Substituer.....	52
I.3.2.2.1. Ébourgeonnage.....	52
I.3.2.2.1.1. Choix de la meilleure méthode d'ébourgeonnage.....	52
I.3.2.2.1.2. Choix du meilleur âge pour pratiquer l'ébourgeonnage.....	53
I.3.2.2.2. Castration.....	54
I.3.2.2.2.1. Choix de la meilleure méthode de castration.....	54
I.3.2.2.2.1. Choix du meilleur âge pour pratiquer la castration.....	55
I.3.2.3. Soulager.....	56
I.3.2.3.1. Rappels des gestes d'anesthésies locales ou loco-régionales.	56
I.3.2.3.1.1. Choix du produit.....	56
I.3.2.3.1.2. Geste d'anesthésie du nerf cornual.....	57

I.3.2.3.1.3. Geste d'anesthésie du cordon testiculaire.....	58
I.3.2.3.1.4. Geste d'anesthésie péridurale.....	59
I.3.2.3.2. Gestion de la douleur post-opératoire.....	60
I.3.2.3.3. Apports de la sédation.....	61
I.3.2.4. Persistance d'une douleur chronique malgré les 3S.....	61
Partie II : Développement d'un chatbot conversationnel pour sensibiliser et former les éleveurs sur la prise en charge de la douleur lors de l'écornage et de la castration des veaux.....	63
II.1. Matériels et méthodes.....	63
II.1.1. Apprentissage par chatbot conversationnel.....	63
II.1.1.1. Principe du chatbot.....	63
II.1.1.2. Bénéfices de l'utilisation d'un chatbot pour la formation des éleveurs.....	65
II.1.1.3. Limites de ce logiciel.....	66
II.1.2. Mise en place du chatbot.....	66
II.1.2.1. Démarche ADDIE.....	66
II.1.2.2. Conception d'un cahier des charges.....	67
II.1.2.2.1. Contexte du projet.....	67
II.1.2.2.2. Création d'un questionnaire pour cibler les attentes des éleveurs.....	67
II.1.2.2.3. Objectif stratégique et modalités de formation.....	68
II.1.2.2.4. Calendrier.....	68
II.1.3. Développement du chatbot.....	69
II.1.3.1. Support de travail.....	69
II.1.3.2. Objectifs pédagogiques.....	69
II.1.3.3. Élaboration des scénarios pédagogiques.....	73
II.1.3.4. Incorporation des médias.....	73
II.1.3.5. Rédaction du script du chatbot.....	73
II.1.4. Implémentation.....	73
II.1.5. Évaluation.....	73
II.2. Résultats.....	74
II.2.1. Conformité aux attentes des éleveurs.....	74
II.2.1.1. Attentes des éleveurs relatives au contenu.....	74
II.2.1.2. Attentes des éleveurs relatives à la forme.....	74
II.2.2. Conformité aux objectifs de refonte.....	75
II.2.2.1. Objectifs de refonte relatifs au contenu.....	75
II.2.2.2. Objectifs de refonte relatifs à la forme.....	76
II.3. Discussion.....	77
II.3.1. Modalités d'évaluation du chatbot.....	77
II.3.1.1. Évaluation statistique du chatbot.....	77
II.3.1.2. Évaluation qualitative du chatbot.....	78
II.3.1.3. Évaluation de l'efficacité du chatbot.....	78

II.3.2. Modalités d'échange à propos de la formation.....	79
II.3.2.1. Échange avec d'autres éleveurs.....	79
II.3.2.1. Échange avec un expert.....	79
Partie III : Conception de mannequins d'apprentissage aux gestes d'anesthésie du nerf cornual et du cordon testiculaire dans le cadre de l'écornage et de la castration des veaux.....	81
III.1. Mise en place de mannequins pour l'entraînement des étudiants vétérinaires aux gestes d'analgésie du nerf cornual et du cordon testiculaire.....	81
III.1.1. Définitions.....	81
III.1.2. Intérêts des mannequins pour l'apprentissage de gestes vétérinaires	82
III.1.3. Limites de l'utilisation de mannequins.....	83
III.2. Matériels et Méthodes.....	84
III.2.1. Conception du mannequin d'apprentissage au geste d'anesthésie du nerf cornual.....	84
III.2.1.1. Objectifs du mannequin d'anesthésie du nerf cornual.....	84
III.2.1.2. Mise en place d'un feedback positif.....	84
III.2.1.2.1. Principe du circuit.....	85
III.2.1.2.2. Cahier des charges du circuit.....	85
III.2.1.2.3. Matériaux employés pour le circuit.....	85
III.2.1.2.4. Design du circuit.....	86
III.2.1.3. Fabrication du mannequin de tête de veau.....	88
III.2.1.3.1. Rappel des matériaux employés pour la tête en silicone....	88
III.2.1.3.2. Protocole de fabrication de la tête de veau en silicone.....	88
III.2.2. Conception d'un mannequin d'apprentissage au geste d'anesthésie du cordon spermatique.....	93
III.2.2.1. Objectifs du mannequin d'anesthésie du cordon spermatique....	93
III.2.2.2. Fabrication d'un support.....	94
III.2.2.2.1. Design du support.....	94
III.2.2.2.2. Réalisation du support.....	96
III.2.2.3. Fabrication du scrotum et des testicules.....	96
III.2.2.3.1. Design du scrotum et des testicules.....	96
III.2.2.3.1.1. Mesures scrotales.....	97
III.2.2.3.1.2. Proportion des testicules.....	97
III.2.2.3.1.3. Calcul du périmètre de chaque testicule.....	98
III.2.2.3.1.4. Calcul du diamètre des cordons testiculaires.....	100
III.2.2.3.1.5. Choix finaux.....	101
III.2.2.3.2. Liste du matériel nécessaire à la fabrication du module d'anesthésie des cordons testiculaires.....	103
III.2.2.3.3. Protocole de fabrication du module d'anesthésie des cordons testiculaires.....	103
III.2.3. Élaboration des notices des simulateurs.....	107
III.3. Résultats.....	107

III.3.1. Une réussite du circuit électrique.....	107
III.3.1.1. Rôle de témoin positif.....	107
III.3.1.2. Facilité de conception.....	108
III.3.1.3. Un ajout financièrement abordable.....	108
III.3.1.4. Limites du circuit.....	108
III.3.2. Des résultats mitigés pour les mannequins.....	110
III.3.2.1. Critique du mannequin d'anesthésie des cordons testiculaires.	110
III.3.2.1.1. Par un vétérinaire expert.....	110
III.3.2.1.2. Par les étudiants.....	111
III.3.2.2. Critique du mannequin d'anesthésie du nerf cornual.....	111
III.4. Discussion.....	112
III.4.1. Difficultés rencontrées.....	112
III.4.1.1. Difficultés rencontrées lors de la conception du mannequin d'anesthésie du nerf cornual.....	112
III.4.1.2. Difficultés rencontrées lors de la conception du module d'anesthésie des cordons testiculaires.....	113
III.4.2. Coût des ateliers.....	114
III.4.2.1. Coût de l'atelier de réalisation de l'anesthésie du nerf cornual chez le veau.....	115
III.4.2.2 Coût de l'atelier de réalisation de l'anesthésie du cordon testiculaire chez le veau.....	116
III.4.3. Améliorations envisagées pour la conception des mannequins.....	117
III.4.3.1. Gestion des câbles et du circuit.....	117
III.4.3.2. Présence d'un témoin d'échec pour le mannequin d'anesthésie des cordons testiculaires.....	118
III.4.3.3. Présence de sang lors de l'aspiration avant injection pour le mannequin d'anesthésie des cordons testiculaires.....	121
III.4.4. Un manque d'évaluation des mannequins.....	122
CONCLUSION.....	124
BIBLIOGRAPHIE.....	125
ANNEXES.....	138

TABLE DES ANNEXES

Annexe I : Questionnaire envoyé aux éleveurs lors de l'étape d'analyse du chatbot.....	138
Annexe II A et B : Détail des calculs de taille des testicules.....	140
Annexe III A : Notice d'utilisation de l'atelier « Réalisation de l'anesthésie du nerf cornual chez le veau ».....	142
Annexe III B : Notice d'utilisation de l'atelier « Réalisation de l'anesthésie du cordon testiculaire chez le veau ».....	146
Annexe IV : Questionnaire soumis au vétérinaire expert pour l'atelier « Réaliser une anesthésie des cordons testiculaires chez le veau ».....	150
Annexe V : Questionnaire soumis aux étudiants vétérinaires pour l'atelier « Réaliser une anesthésie des cordons testiculaires chez le veau ».....	152
Annexe VI : Fiche d'entretien de l'atelier « Réaliser une anesthésie du nerf cornual chez le veau ».....	154
Annexe VII : Fiche d'entretien de l'atelier « Réaliser une anesthésie des cordons testiculaires chez le veau ».....	158

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de l'anatomie du bourgeon cornual à la naissance du veau et à deux mois d'âge.....	22
Figure 2 : Innervation de la corne du bovin.....	23
Figure 3 : Photographie de l'écornage d'un veau au fer électrique.....	24
Figure 4 : Illustration d'un tuyau d'écornage et d'un écorneur de type Barnes.....	25
Figure 5 : Schéma d'un testicule de veaux.....	28
Figure 6 : Schéma anatomique de la pose d'un élastique et schéma d'une pince servant à poser les élastiques de castration.....	29
Figure 7 : Schéma anatomique des zones de compression dans le cadre d'une castration à la pince de Burdizzo et schéma d'une pince de Burdizzo.....	30
Figure 8 : Schéma anatomique des zones de section du scrotum dans le cadre de la castration chirurgicale.....	31
Figure 9 : Schéma d'un émasculateur.....	31
Figure 10 : Photographie d'une pince de Henderson montée sur une perceuse-visseuse.....	32
Figure 11 : Pourcentage de vétérinaires britanniques déclarant utiliser un anti-inflammatoire non stéroïdien dans plus de 50% de leurs interventions et scores de douleur associées à ces interventions par les mêmes praticiens sur une échelle de 0 à 10 (0 : absence de douleur et 10 : pire douleur imaginable).....	37
Figure 12 : Classements moyens de l'importance des coûts des AINS pour les éleveurs et pour les éleveurs . Les vétérinaires ont aussi donné leur perception sur l'importance des coûts pour leurs éleveurs clients.....	42
Figure 13 : Schéma du site d'anesthésie du nerf cornual chez le veau.....	58
Figure 14 : Schéma du site d'anesthésie du cordon testiculaire sur un taureau.....	59
Figure 15 : Exemple de question à choix multiple type présente dans le chatbot....	64
Figure 16 : Exemple de question à réponse ouverte courte type présente dans le chatbot.....	64
Figure 17 : Schéma électrique du jeu Docteur Maboul.....	87
Figure 18 : Schéma électrique du circuit feedback.....	87
Figure 19 : Étapes de fabrications de la tête de veau et de son circuit intégré.....	91
Figure 20 : Photographies de l'étape de finition du mannequins.....	92
Figure 21 : Mannequin obstétrical présent en salle Virtual Vet.....	93
Figure 22 : Schéma du mannequin de veau et de ses dimensions.....	95
Figure 23 : Schéma du support et de ses dimensions.....	95
Figure 24 : Photographies du support de veau.....	96
Figure 25 : Forme et proportion des testicules ovoïdes de bovins mâles.....	98
Figure 26 : Schéma d'une coupe transversale de scrotum comprenant les testicules.....	99
Figure 27 : Étapes de fabrications du module de testicules de veau.....	106
Figure 28 : Photographie du trajet des câbles du module de testicules de veau....	109
Figure 29 : Schéma représentant deux cas possible où la LED rouge s'allume sur le mannequin d'entraînement à l'anesthésie des cordons testiculaires.....	110

Figure 30 : Photographie des annotations ajoutées sur le jersey.....	114
Figure 31 A : Schéma représentant le mannequin de veau avec un circuit de contrôle dans le cas où l'aiguille est bien positionnée, seule la LED rouge est allumée.....	119
Figure 31 B : Schéma représentant le mannequin de veau avec un circuit de contrôle dans le cas où l'aiguille mal positionnée et traverse le cordon testiculaire, une LED bleue s'allume en plus de la LED rouge.....	120
Figure 32 : Photographie des ateliers « Effectuer une injection intraveineuse dans la veine céphalique d'un chien » et « Prélever du sang dans la veine jugulaire avec une aiguille chez le chien » présents en salle Virtual Vet d'ONIRIS VetAgroBio.....	122

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Proportions d'exploitations pratiquant l'écornage jeune et l'écornage adulte parmi les exploitations pratiquant l'écornage.....	19
Tableau II : Âge des veaux et taille des cornillons au moment de l'écornage dans plusieurs études européennes.....	26
Tableau III : Recours à une prise en charge de la douleur par les éleveurs et vétérinaires concernant l'écornage et la castration des veaux dans différentes études (%)......	37
Tableau IV : Avis des éleveurs sur l'origine des coûts liés à la douleur des bovins..	42
Tableau V : Liste des autres facteurs limitant l'utilisation des analgésiques.....	44
Tableau VI : Classement par moyenne des notes attribuée par un panel de 1000 éleveurs, de 0 : absence de douleur à 10 : douleur maximale imaginable.....	46
Tableau VII : Avis des éleveurs sur la persistance de la douleur après ébourgeonnage.....	46
Tableau VIII : Avis des vétérinaires suisses sur leur activité d'ébourgeonnage et de castration des veaux depuis la mise en place de l'Anaesthesia Delegation Model... 48	48
Tableau IX : Avis des vétérinaires suisses sur la prise en charge médicale de la douleur par leurs clients éleveurs pour les gestes d'ébourgeonnage et de castration des veaux depuis la mise en place de l'Anaesthesia Delegation Model.....	48
Tableau X : Anciens objectifs pédagogiques et nouveaux objectifs pédagogiques du chatbot.....	71
Tableau XI : Thème et contenu de chaque e-mail bonus.....	76
Tableau XII : durée de chaque module.....	76
Tableau XIII : Comparaison de plusieurs mesures scrotales et testiculaires chez le veau en fonction de son âge.....	102
Tableau XIV : Coût des matériaux employés dans le circuit électrique.....	108
Tableau XV : coût approximatif de la production de l'atelier de réalisation de l'anesthésie du nerf cornual chez le veau.....	115
Tableau XVI : coût approximatif de la production de l'atelier de réalisation de l'anesthésie du cordon testiculaire chez le veau.....	116

TABLE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

PMAF : Protection Mondiale des Animaux de la Ferme

CIWF : Compassion In World Farming

OABA : Œuvre d'Assistance aux Bêtes d'Abattoirs

AccEC : Accompagner les éleveurs pour la réalisation de l'Écornage et de la Castration

Casdar : Compte d'Affectation Spéciale Développement Agricole et Rural

ADM : Anaesthesia Delegation Model

LIT Ouesterel : Laboratoire d'Innovation Territorial Ouest territoire d'élevage

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché

ENV : École Nationale Vétérinaire

Vet 5 : Étudiant en cinquième année d'études vétérinaires

Vet 6 : Étudiant en sixième année d'études vétérinaires

GMQ : Gain Moyen Quotidien

mm : Millimètre

cm : Centimètre

m : Mètre

mL : Millilitre

L : Litre

pH : Potentiel hydrogène

°C : Degré celsius

G : Gauge

% : Pourcent

€ : Euro

£ : Livre sterling

\$: Dollar américain

\$NZ : Dollar néo-zélandais

INTRODUCTION

Avec l'émergence des réseaux sociaux, la prise en compte du bien-être animal au sens large, mise en exergue par certaines associations telles que L214, est devenue une préoccupation de plus en plus forte pour le grand public (Delanoue and Roguet, 2015). Certains éleveurs souffrent de la représentation actuelle de l'élevage, jugeant certaines vidéos chocs dénonçant des pratiques de maltraitance comme condamnables mais anecdotiques. Des associations comme la PMAF, la CIWF, l'OABA ou Alsace Nature s'accordent tout de même de plus en plus sur l'intérêt croissant des éleveurs pour assurer le bien-être de leurs bêtes (Delanoue and Roguet, 2015). Qu'en est-il vraiment ?

Outre la dimension sociétale et éthique, le bien-être des animaux d'élevage relève également un important aspect zootechnique. En effet, il a été démontré que la souffrance impacte fortement la croissance des animaux (Earley and Crowe, 2002; Coetzee *et al.*, 2012; Bates, Eder and Laven, 2015) et augmente le risque de morbidité et mortalité associée (Murray *et al.*, 2016). Cet aspect zootechnique revêt donc un fort impact économique, qui n'est pas forcément évident pour l'éleveur de prime abord puisqu'un investissement économique est nécessaire pour limiter les pertes. Ainsi, il est intéressant de se demander à quel point ceux-ci en ont conscience.

Dans ce contexte éthique, sociétal, zootechnique et *in fine* économique, des recommandations ont vu le jour à la fin des années 2000 sous le sigle des 3S : Supprimer, Substituer et Soulager (Guatteo *et al.*, 2012). Dans le cadre de cette thèse, la réflexion autour de la prise en charge de la douleur en suivant le principe des 3S est axée sur deux gestes de mutilation chez le veau : la castration et l'ébourgeonnage. Bien que la stérilisation des femelles existe également, celle-ci ne sera pas traitée. Quant au terme « ébourgeonnage », celui-ci fait référence à l'écornage d'un veau dont le bourgeon cornual n'est pas soudé à la boîte crânienne. Dans la littérature ce terme est souvent associé à l'écornage des veaux de moins de deux mois. Ces deux termes sont employés indifféremment dans les travaux de cette thèse.

En première partie de ce manuscrit seront présentées l'importance de ces deux gestes dans le paysage français, puis la perception des éleveurs sur ces deux mutilations et plus particulièrement sur la prise en charge de la douleur lors de la réalisation de ceux-ci. Les recommandations actuelles en termes de technique à privilégier et d'analgésie y sont également énoncées.

Dans un second temps, seront exposées les différentes étapes de conception d'une formation par robot conversationnel, dit chatbot, ayant pour objectif la sensibilisation des éleveurs à la prise en charge de la douleur, en s'appuyant notamment sur la règle des 3S. Les avantages et inconvénients de ce type de formation sont aussi présentés dans cette partie.

Enfin, deux simulateurs d'entraînement ont été conçus dans le cadre des travaux de cette thèse, l'un est une tête de veau pour l'apprentissage de l'anesthésie du nerf cornual et l'autre un module de testicules de veau pour l'apprentissage de l'anesthésie des cordons testiculaires. L'intérêt d'utilisation de mannequins pour la formation est décrit dans cette dernière partie, ainsi que les différentes étapes de conception.

Partie I. Perceptions des éleveurs sur l'écornage et la castration

L'objectif de cette première partie est de caractériser l'importance de la prise en charge de la douleur pour les deux principaux actes de mutilation chez le veaux, à savoir l'écornage et la castration. Ensuite, les motivations des éleveurs pour réaliser cette analgésie ou non seront présentées. Enfin, en comparaison avec les pratiques les plus employées chez les éleveurs français, seront présentées les recommandations actuelles.

I.1. État des lieux sur l'écornage et la castration en France

I.1.1. Importance

En 2009 en France, 87% des vaches laitières et 61% des vaches allaitantes sont des animaux écornés (Kling-Eveillard *et al.*, 2009). En élevage laitier, l'écornage jeune, c'est-à-dire réalisé avant deux mois d'âge, concerne 97% des troupeaux (Tableau I). Un quart de ces troupeaux pratique tout de même l'écornage chez l'adulte, beaucoup moins couramment, suite à un accident ou un achat d'animal non écorné ou un écornage jeune mal réalisé. En élevage allaitant, l'écornage jeune ne concerne qu'un troupeau sur deux (Tableau I), l'écornage adulte y étant légèrement majoritaire puisque l'ébourgeonnage de veaux sous la mère est très chronophage : le regroupement des veaux en pâture est difficile et les moyens de contention sont souvent non adaptés (Kling-Eveillard *et al.*, 2009).

Tableau I : Proportions d'exploitations pratiquant l'écornage jeune et l'écornage adulte parmi les exploitations pratiquant l'écornage (n = 300) (D'après Kling-Eveillard *et al.*, 2009)

Type d'animaux	Écornage jeune	Écornage adulte
Vaches laitières	97% (+/-3%)	25% (+/-6%)
Vaches allaitantes	53% (+/-5%)	56% (+/-5%)

La castration, en revanche, est beaucoup moins répandue. En effet, seuls 2.7% des veaux mâles ont été castrés en 2022. Un chiffre à relativiser car beaucoup de ces veaux sont exportés à l'étranger très jeunes avant d'avoir pu être stérilisés le cas échéant (Seulement 2,7 % des mâles sont castrés | Réussir bovins viande, 2023). En 2015, 2% des veaux de race allaitante étaient castrés contre 7% en laitier (Aupiais and Mirabito, 2018).

I.1.2. Motivations des éleveurs pour pratiquer écornage et castration

I.1.2.1. Cas de l'écornage

I.1.2.1.1. Justifications de l'écornage

La première justification des éleveurs pour écorner leurs bovins est d'abord d'ordre sécuritaire. Les vaches ont moins tendance à attaquer l'éleveur ou leurs congénères lors de comportement de dominance et les blessures secondaires dues à de tels comportements sont jugées moins graves (Kling-Eveillard *et al.*, 2009, 2014). D'un point de vue zootechnique, les animaux porteurs de cornes occupent plus d'espace en stabulation, réduisant le nombre de places disponibles, et nécessitent des équipements et bâtiments adaptés pour garantir un accès à l'auge et à l'abreuvoir, en évitant les dits comportements de dominance (Kling-Eveillard *et al.*, 2009, 2014). La vitesse de progrès génétique est aussi altérée puisque l'agressivité des animaux devient un critère de réforme parfois plus important que les critères de production (Kling-Eveillard *et al.*, 2009).

Seules les stabulations entravées ont un intérêt dans la conservation des cornes pour la contention des animaux (Kling-Eveillard *et al.*, 2009), ce type de stabulation tend à disparaître en France (Sédillot B and Poulette B, 2018).

L'écornage est donc une pratique courante et pouvant être perçue comme obligatoire ou du moins presque systématique en élevage laitier.

I.1.2.1.2. Freins à l'écornage

Les réticences à l'écornage se manifestent surtout en troupeau allaitant (Tableau I). En effet, attraper les veaux en pâture y est plus difficile, rendant l'opération très chronophage (Kling-Eveillard *et al.*, 2009; Platel, 2019).

Les autres freins cités par les éleveurs sont le manque de matériel, une contention de l'adulte difficile sans ses cornes ou l'investissement économique que cela représente, notamment pour les broutards, dont le prix de vente ne sera pas mieux valorisé auprès des engraisseurs (Platel, 2019). Ce dernier argument est à modérer pour les ateliers naisseurs-engraisseurs et veaux de boucherie puisque le risque d'hématome et donc de saisies à l'abattoir est augmenté (Platel, 2019) ou car certains éleveurs rapportent ponctuellement une meilleure valorisation des broutards écornés (Kling-Eveillard *et al.*, 2009).

Enfin, parfois l'image de la race ou de la région motive la conservation des cornes, par exemple avec la race Salers dans le Cantal (Kling-Eveillard *et al.*, 2009).

I.1.2.2. Cas de la castration

I.1.2.2.1. Justifications de la castration

La castration des bovins mâles est également justifiée par la réduction de leur agressivité et l'augmentation de leur docilité, permettant ainsi aux éleveurs les côtoyant de travailler en sécurité (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Aupiais and Mirabito, 2018). Elle permet également de pouvoir mélanger génisses ou vaches et boeufs sur une même pâture sans risque de gestation inopinée (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Aupiais and Mirabito, 2018). Dernièrement, c'est une viande appréciée du consommateur (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007).

I.1.2.2.2. Freins à la castration

Outre les taureaux utilisés pour la reproduction ou certaines activités (comme la tauromachie), les éleveurs ont tendance à retarder l'âge de la castration pour profiter des hormones mâles et notamment de la testostérone, sécrétée à partir de 3,5 à 5,5 mois d'âge, afin de bénéficier d'une meilleure croissance (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007). Il existe bien une vitesse de croissance plus lente, un poids plus faible et un moins bon rendement de carcasse pour les bœufs par rapport à des taureaux de même âge (Brannang, 1966). Cependant, lorsque ceux-ci doivent être castrés, il semble que la castration jeune, entre 0 et 8 jours d'âge, soit plus intéressante en terme de gain moyen quotidien qu'une castration chez des animaux plus âgés de 69 à 80 jours (Norrington, 2017).

I.1.3. Diversité des Pratiques pour réaliser écornage et castration

I.1.3.1. Pratiques d'écornage

I.1.3.1.1. Rappels anatomiques

Chez le veau nouveau-né, le bourgeon cornual (à l'origine de la future corne) est flottant dans la peau (Figure 1). Il est encore peu vascularisé. Au fur et à mesure de la croissance du veau, ce bourgeon se développe, jusqu'à se rattacher aux os du crâne à un peu plus de deux mois d'âge. Une communication entre le cornillon et le sinus frontal se crée (Figure 1). De plus, la vascularisation se développe, permettant la croissance de la corne: l'artère cornuale permet l'afflux sanguin tandis que la veine cornuale le draine (Aupiais *et al.*, 2016).

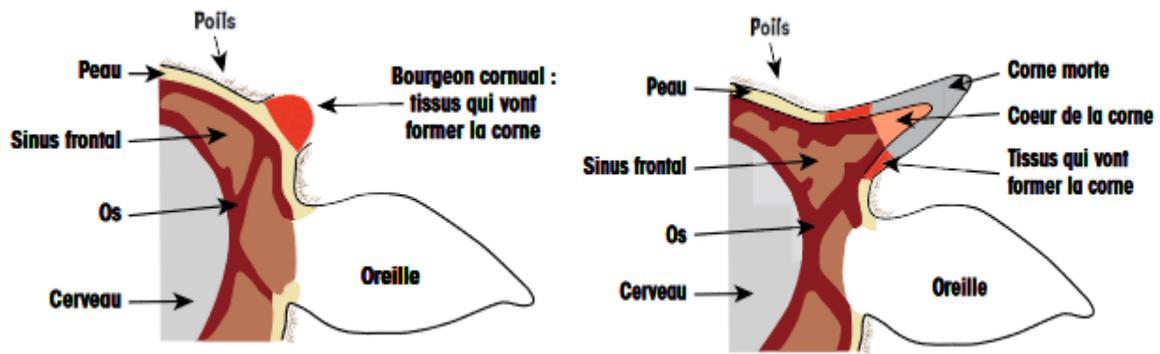


Figure 1 : Schéma de l'anatomie du bourgeon cornual à la naissance du veau (à gauche) et à deux mois d'âge (à droite) (D'après Aupiais et al., 2016)

La corne est majoritairement innervée par le rameau cornual (Figure 2). Il est principalement issu du rameau zygomatiko-temporal du nerf zygomatique (lui-même une branche du nerf maxillaire, issue du trijumeau) mais aussi d'une anastomose du nerf lacrymal latéral (une branche du nerf ophtalmique, également issue du nerf trijumeau). Ce rameau naît au niveau du bord caudal du processus zygomatique puis se dirige dorso-caudalement vers la base de la corne, donnant naissance à de nombreuses ramifications dans le derme de celle-ci (Barone and Simoens, 2010; Grimm *et al.*, 2015). Il semble également exister un rôle des nerfs infratrochléaire et supra-orbitaire dans l'innervation de la corne chez le jeune (Madekurozwa, Purton and Boyd, 2000; Grimm *et al.*, 2015).

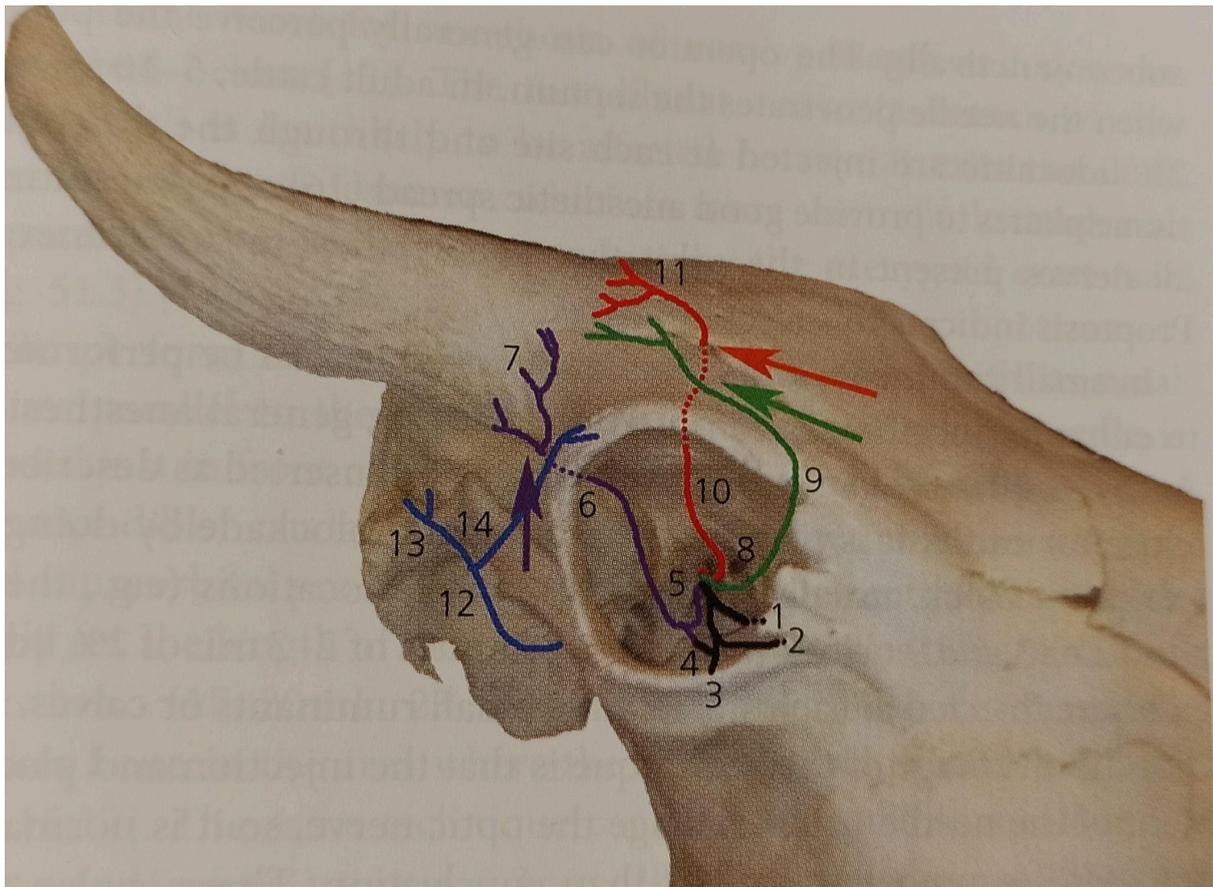


Figure 2 : Innervation de la corne du bovin (D'après Grimm *et al.*, 2015)

(1) Nerf maxillaire ; (3) Nerf zygomatique ; (4) Rameau communicant du nerf zygomatique vers le nerf lacrymal ; (5) Nerf lacrymal ; (6) Rameau zygomatico-temporal ; (7) Rameau cornual ; (9) Nerf infratrochléaire ; (11) Nerf supra-orbitaire

I.1.3.1.2. Écornage par cautérisation

La cautérisation est la pratique la plus employée, elle est réalisée dans 80% des troupeaux laitiers et 60% des troupeaux allaitants pratiquant l'écornage jeune (Kling-Eveillard *et al.*, 2009).

Après une tonte permettant la mise en évidence du cornillon, l'application d'un fer à écorner (Figure 3) sur celui-ci chez les veaux de moins de douze semaines provoque la destruction des cellules kératogènes, ce qui empêche la pousse de la corne. La cavité circulaire à l'extrémité du fer doit être rouge avant d'être posée sur la corne, ce qui correspond à une température allant de 400°C à plus de 600°C. Des mouvements de rotation doivent être effectués jusqu'à apercevoir un cercle couleur nacre autour du cornillon, sinon un risque d'échec est associé (Boesch *et al.*, 2010; Aupiais *et al.*, 2016; Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022). La désinfection de la plaie post-écornage est ensuite nécessaire pour réduire les risques infectieux (Aupiais *et al.*, 2016).



Figure 3 : Photographie de l'écornage d'un veau au fer électrique (D'après Legrand and Guérin, 2024)

I.1.3.1.3. Écornage chimique

L'application d'une pâte caustique sur le bourgeon cornual chez les veaux de moins de trois semaines détruit les cellules productrices de corne. Elle se fait en une seule fois à l'aide d'un applicateur ou d'un flacon compressible. Contrairement aux autres techniques, il est recommandé de repousser les poils autour du cornillon, en non pas de les tondre, avant d'appliquer la pâte puis de la recouvrir avec ces mêmes poils. La tonte reste possible mais retient moins la pâte en place et est susceptible de plus facilement provoquer des irritations ou des brûlures accidentelles au veau ou aux autres animaux par frottement, voire couler dans les yeux. Il est aussi possible de recouvrir la pâte avec du ruban à conduit ou de séparer individuellement les veaux dans le cas de troupeaux laitiers. Cette technique reste associée à des risques d'échec (Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022). Il est difficile de déterminer si cette technique est plus ou moins douloureuse que l'écornage thermique, la littérature étant mitigée (Morisse, Cotte and Huonnic, 1995; Petrie *et al.*, 1996; Stafford and Mellor, 2011). Cependant, les contraintes et risques d'échecs associés à cette technique tendent à faire penser que l'écornage thermique est à privilégier.

I.1.3.1.4. Écornage par amputation

Les dispositifs d'écornage par amputation visent à retirer le cornillon du veau et une partie de la chair autour de celui-ci. Elle doit être effectuée avant huit semaines d'âge dans le cas d'un tuyau d'écornage (Figure 4), et entre deux et quatre mois d'âge pour les pinces à écorner, gouges ou écorneurs de type Barnes (Figure 4) (Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022).

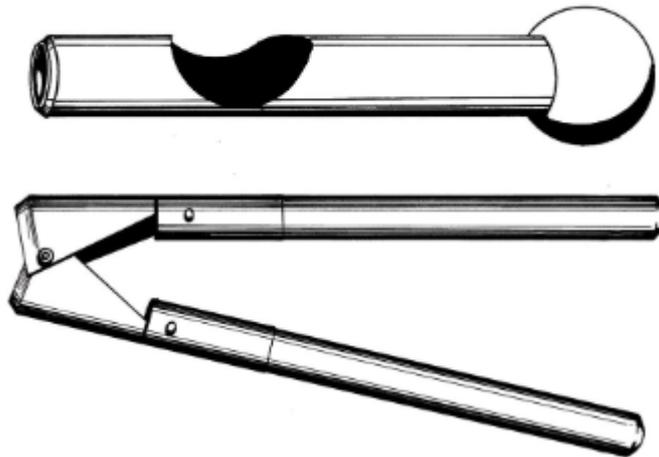


Figure 4 : Illustration d'un tuyau d'écornage (en haut) et d'un écorneur de type Barnes (en bas)
(D'après Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022)

Cette méthode n'est que très peu employée en France (Winckler *et al.*, 2009), il est possible de supposer que ce soit en raison de ses nombreux inconvénients. Tout d'abord c'est la seule technique à l'origine de saignements, laissant des plaies ouvertes et pouvant créer une communication avec le sinus frontal si le veau est trop âgé. Ces trois facteurs prédisposent à des infections ou des myiases. De plus, mal réalisée, des rudiments de corne peuvent persister (Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022). Enfin, c'est aussi la technique la plus douloureuse pour le veau (Petrie *et al.*, 1996; Stafford and Mellor, 2011).

I.1.3.1.5. Précautions particulières

Quelle que soit la technique employée, il est vivement recommandé d'assurer une contention adaptée, de porter des équipements de protection individuelle et d'assurer une prise en charge de la douleur des animaux, y compris d'âge inférieur à vingt-huit jours (Aupiais *et al.*, 2016; Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022).

I.1.3.1.6. Âge au moment de l'écornage

Peu de données existent sur les pratiques en France. Cependant, il semble que l'âge du veau au moment de l'ébourgeonnage soit lié au moment où les éleveurs commencent à apercevoir le bourgeon cornual (Marquette, Ronan and Earley, 2023), ce qui expliquerait un effet du sexe sur l'âge d'ébourgeonnage, les mâles ayant des cornillons plus développés que les femelles au même âge (Marquette *et al.*, 2021). Plusieurs études étrangères se sont intéressées à l'âge des veaux au moment de la réalisation de cette pratique, celles-ci sont consignées dans le tableau II. Il semble donc que l'écornage soit pratiqué à un âge inférieur à deux mois dans les pays européens.

Tableau II : Âge des veaux et taille des cornillons au moment de l'écornage dans plusieurs études européennes

Référence	(Marquette <i>et al.</i> , 2021) Irlande				(Staněk <i>et al.</i> , 2018) Tchéquie		(Gottardo <i>et al.</i> , 2011) Italie
	Laitier	Allaitant			Laitier		Laitier
Race	Holstein-Friesian (n = 88 veaux)	Charolais (n = 86 veaux)	Limousin (n = 67 veaux)	Simmental (n = 38 veaux)	Czech Fleckvieh (n = 51 élevages)	Holstein (n = 47 élevages)	Holstein italienne, Brune italienne, Simmental italienne, Grigio alpina, Rendena (n = 639 élevages)
Âge médian au moment de l'écornage (jours)	M : 37	F : 26 M : 24	F : 28 M : 26	F : 24 M : 23	20		32
Longueur moyenne du cornillon (mm)	16,97	15,09	13,76	14,41			
Diamètre moyen du cornillon (mm)	7,79	5,10	4,69	5,39			

M : mâle

F : femelle

I.1.3.2. Pratiques de castration

I.1.3.2.1. Rappels anatomiques

Les bourses contiennent deux testicules, chacun possédant un épидидyme commençant sur la partie proximale du testicule et descendant médialement jusqu'à la partie distale où il laisse place au canal déférent. L'épididyme est relié au testicule via le ligament propre (Figure 5) (Boesch *et al.*, 2010).

Les testicules sont hors de la cavité abdominale mais une communication existe avec celle-ci via les anneaux inguinaux. Dans ces anneaux inguinaux passent les cordons spermatiques (ou testiculaires), ceux-ci sont composés :

- de vaisseaux sanguins dont une artère, une veine et le plexus pampiniforme, permettant le refroidissement du sang arrivant au testicule. Ces vaisseaux arrivent à l'extrémité proximale des testicules ;
- de vaisseaux lymphatiques ;
- d'un canal déférent, remontant vers le cordon spermatique depuis l'extrémité distale du testicule, où il a quitté l'épididyme ;
- de nerfs sensitifs du testicule et du cordon.

Ces testicules et cordons sont recouverts de la tunique vaginale viscérale (Boesch *et al.*, 2010).

Les bourses sont, elles, composées du scrotum, lui-même structuré d'un tégument et du muscle dartos, du fascia spermatique externe et du muscle crémaster. Enfin, la dernière couche est la tunique vaginale pariétale, qui est en continuité avec le péritoine pariétal. L'innervation des bourses est assurée par un réseau nerveux différent de celui du cordon spermatique. Un schéma des enveloppes testiculaires est proposé avec la figure 5 (Boesch *et al.*, 2010).

Le plexus testiculaire, issu du plexus mésentérique, assure seul l'innervation du testicule et en grande majorité l'innervation de l'épididyme. Le plexus déférentiel, issu du plexus hypogastrique, innerve l'entièreté des canaux déférents et complète l'innervation de l'épididyme (Barone and Simoens, 2010). Le scrotum est lui innervé par deux entités. D'une part, les rameaux scrotaux dorsaux, issus du rameau cutané distal du nerf honteux et du rameau communicant du nerf cutané caudal de la cuisse. D'autre part, le rameau scrotal, directement issu du nerf honteux (Barone and Simoens, 2010).

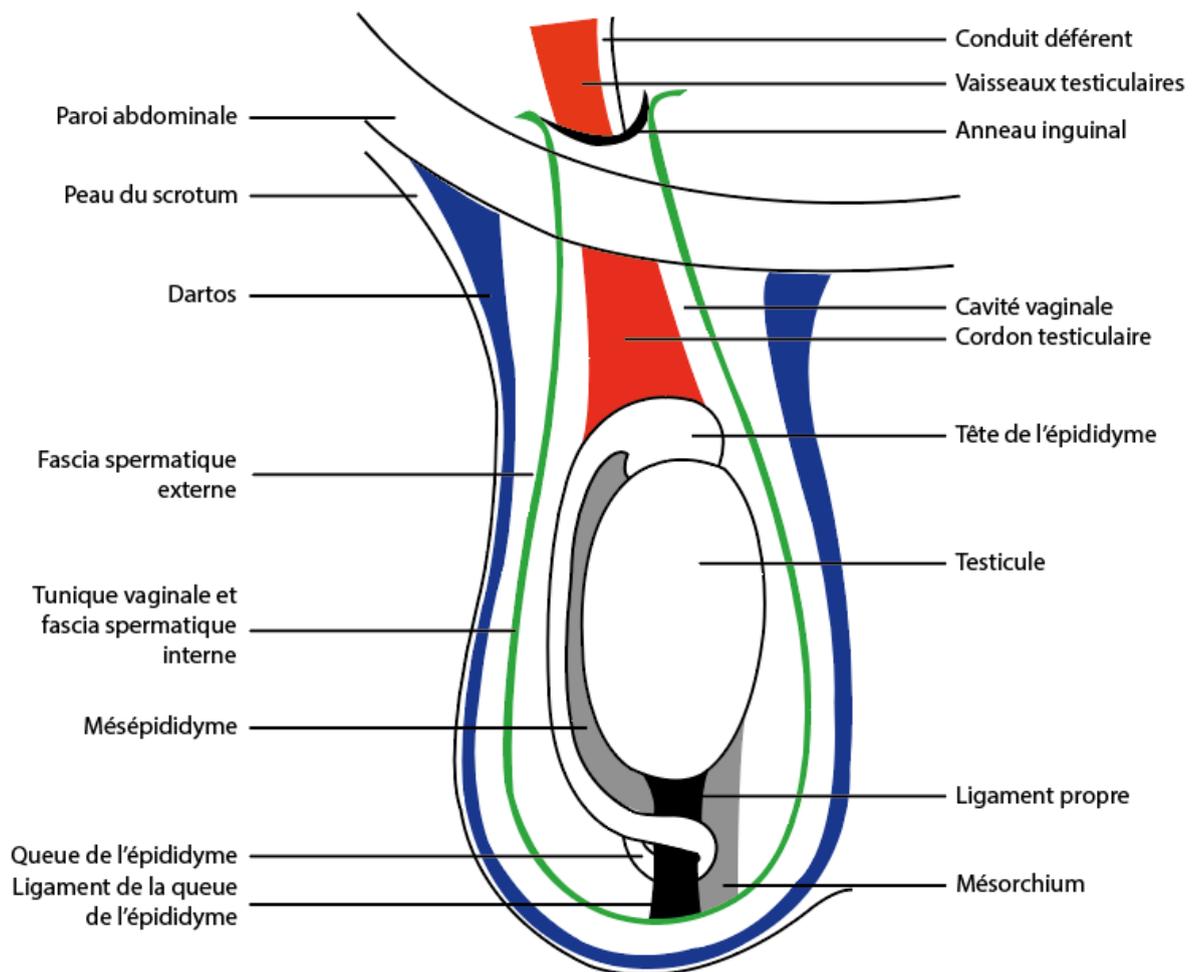


Figure 5 : Schéma d'un testicule de veaux (Inspiré par Barone, 2001)

I.1.3.2.2. Castration à l'élastique

La pose de bandes élastiques autour des cordons spermatiques à l'aide d'une pince (Figure 6) provoque l'ischémie puis secondairement la nécrose des testicules. Étant donné la faible résistance que produisent les élastiques, il est recommandé d'employer cette technique lorsque les cordons spermatiques ne sont pas trop épais, soit avant trois semaines d'âge (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Aupiais and Mirabito, 2018). En Suisse, il est recommandé de sectionner la partie nécrosée du scrotum juste sous l'élastique, dix jours après la pose de celui-ci, avant de le retirer, dans le but de réduire les douleurs chroniques (Boesch *et al.*, 2010).

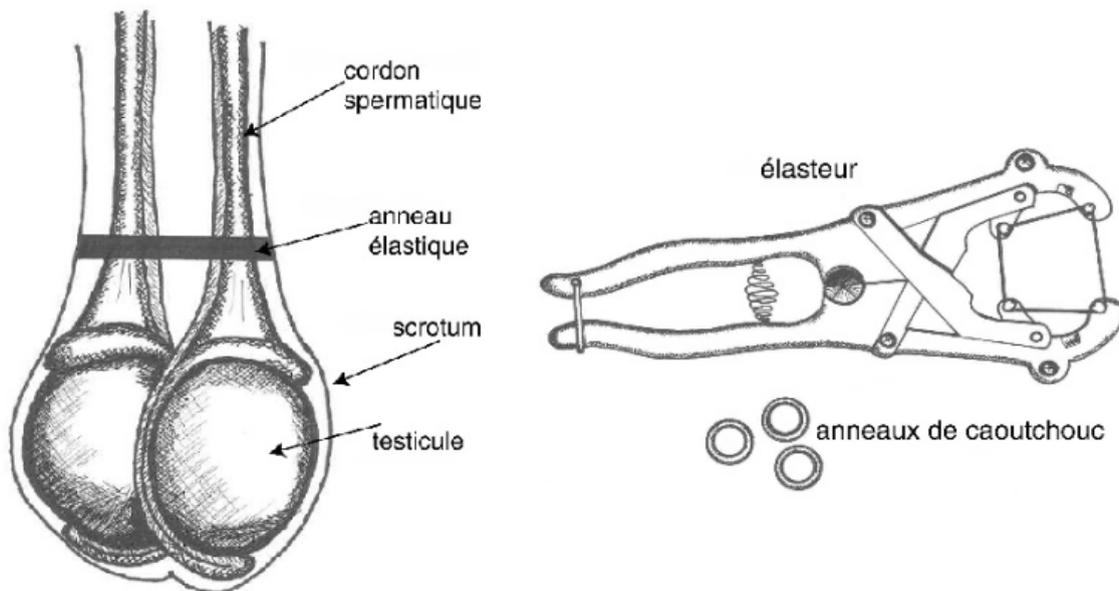


Figure 6 : Schéma anatomique de la pose d'un élastique (à gauche) et schéma d'une pince servant à poser les élastiques (à droite) (D'après Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007)

Ce type de castration est associé à un risque d'échec, soit car un ou les deux testicules n'ont pas été pris dans l'anneau élastique, soit car la résistance de l'anneau n'est pas assez forte par rapport au gabarit de l'animal, soit car l'élastique risque de se rompre (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Aupiais and Mirabito, 2018). D'un point de vue zootechnique, cette méthode est celle réduisant le plus le gain moyen quotidien des veaux (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Magnaudeix, 2019) et ne permet pas la sélection des mâles en fonction de leur croissance puisqu'elle est pratiquée jeune (Magnaudeix, 2019). Enfin, elle est perçue comme peu éthique et contraire aux principes de bien-être animal sur des animaux plus âgés en raison des souffrances provoquées (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007). En effet, cette méthode est la plus douloureuse sur le long terme (Molony, Kent and Robertson, 1995; Thüer *et al.*, 2007).

I.1.3.2.3. Castration à la pince de Burdizzo

Cette technique emploie aussi l'ischémie mais par un mécanisme différent : les cordons testiculaires sont écrasés un à un pendant au moins une à deux minutes à l'aide d'une pince de Burdizzo (Figure 7). Pour effectuer cette technique, le veau doit être âgé d'au moins un mois afin de bien pouvoir palper les cordons. La pince est placée au minimum un centimètre au-dessus de la partie proximale du testicule, avec les deux rebords permettant d'éviter le glissement du cordon situés du côté crânial du scrotum et regardant vers l'utilisateur qui est placé caudalement à l'animal. Il est nécessaire de décaler les zones de compression pour réduire la

douleur et éviter la nécrose du scrotum (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Boesch *et al.*, 2010; Aupiais and Mirabito, 2018).

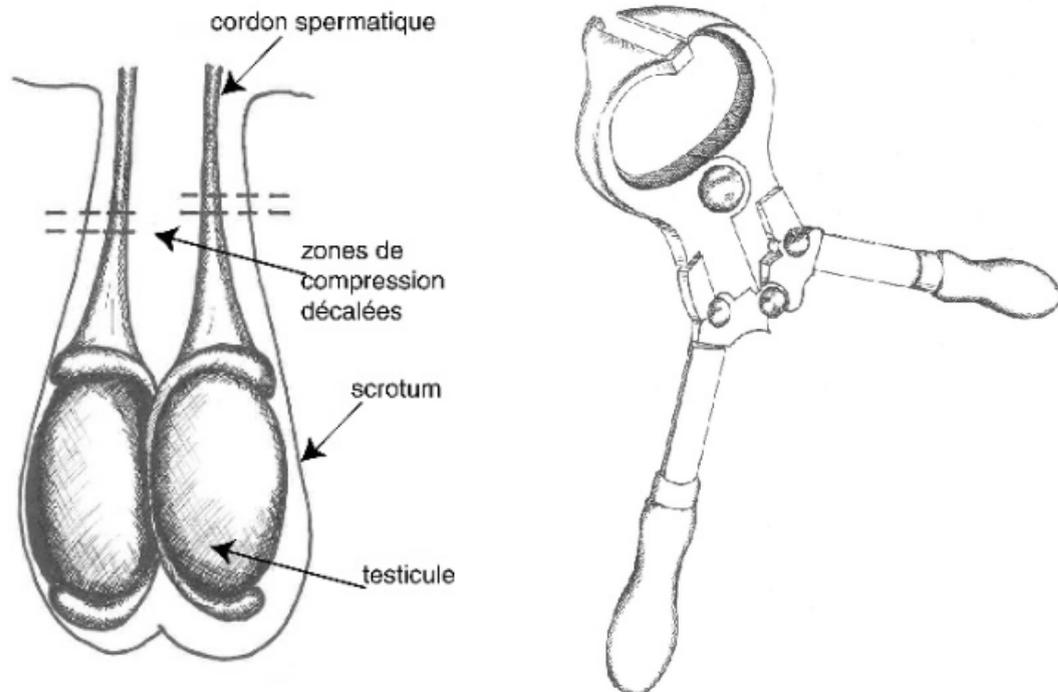


Figure 7 : Schéma anatomique des zones de compression dans le cadre d'une castration à la pince de Burdizzo (à gauche) et schéma d'une pince de Burdizzo (à droite) (D'après Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007)

Tout comme pour la castration à l'élastique, cette technique est sujette à un risque d'échec non négligeable. En effet, elle doit être réalisée par un opérateur expérimenté afin de bien réussir à pincer chaque cordon et pendant une durée suffisante (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Aupiais and Mirabito, 2018; Magnaudeix, 2019). Elle nécessite aussi une révision fréquente du matériel pour rester efficace (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007). En termes de souffrance et de guérison des lésions, cette méthode est plus recommandée que la castration à l'élastique (Molony, Kent and Robertson, 1995; Thüer *et al.*, 2007).

I.1.3.2.4. Castration chirurgicale

Cette intervention, aussi appelée castration sanglante, peut être conduite sur des veaux de tout âge. Le scrotum est incisé à l'aide d'une lame de bistouri sous les deux testicules ou latéralement à ceux-ci (Figure 8). Les testicules sont ensuite séparés de leur membrane en la dilacérant proximement. Une fois les testicules bien dégagés, ils peuvent être retirés à l'aide d'un émasculateur (Figure 9) ou par bistournage à l'aide de torchons ou d'une pince de Henderson montée sur une

perceuse-visseuse (Figure 10). Dans le cas d'une ouverture latérale du scrotum, il convient d'effectuer une incision sur la partie inférieure du septum inter testiculaire afin de permettre un drainage suffisant (Capucille, Poore and Rogers, 2002; Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007).

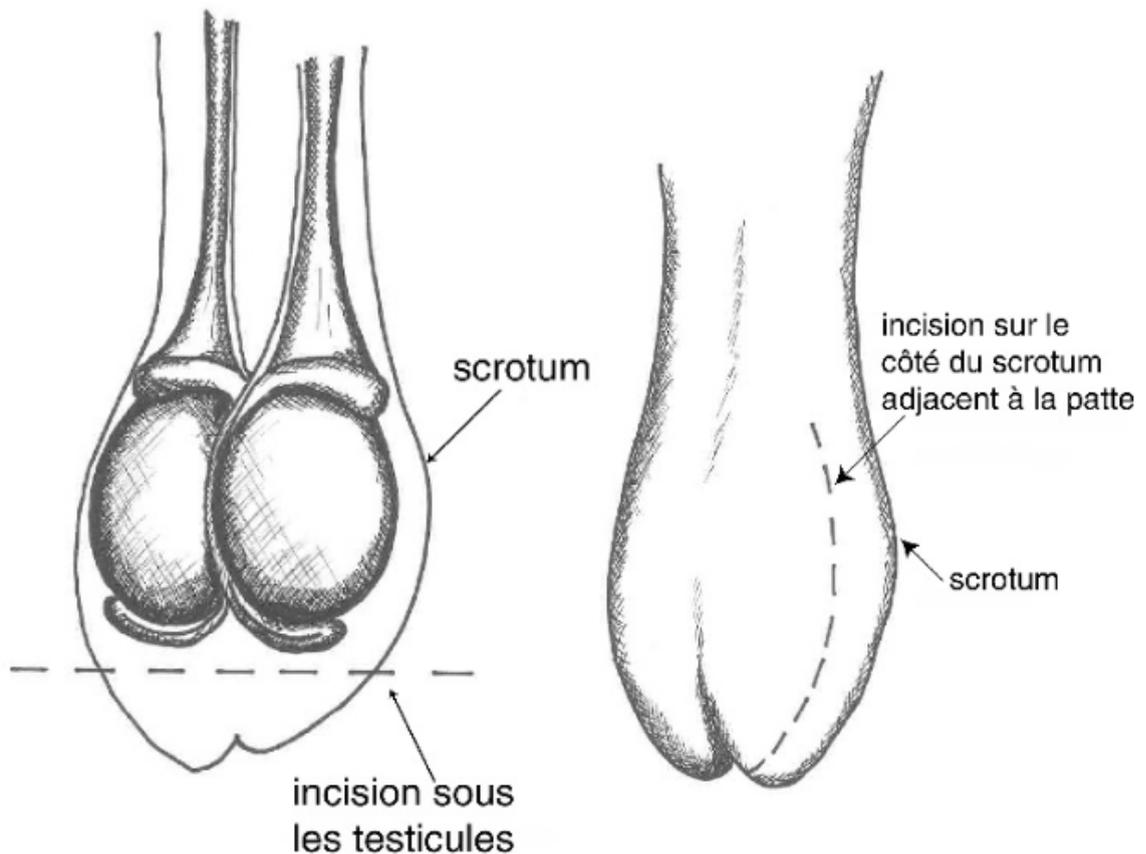


Figure 8 : Schéma anatomique des zones de section du scrotum dans le cadre de la castration chirurgicale. À gauche : incision distale aux testicules. À droite : incision latérale au testicule (D'après Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007)

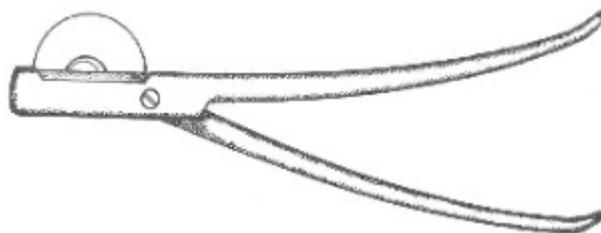


Figure 9 : Schéma d'un émasculateur (D'après Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007)



Figure 10 : Photographie d'une pince de Henderson montée sur une perceuse-visseuse (D'après Capucille, Poore and Rogers, 2002)

Cette méthode peut être à l'origine de saignements voire d'hémorragies et peut se compliquer d'une infection puisque les plaies restent ouvertes (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Aupiais and Mirabito, 2018). Cette intervention est également plus longue que pour les deux autres méthodes (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Aupiais and Mirabito, 2018) et doit être réalisée par un vétérinaire (voir partie I.1.4.). Mais contrairement à la castration aux élastiques ou à la pince, celle-ci ne présente pas de risque d'échec puisque les deux testicules sont retirés (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Aupiais and Mirabito, 2018). Cette méthode provoque une douleur aiguë très forte si celle-ci n'est pas prise en charge (Fisher *et al.*, 1996; Stafford *et al.*, 2002) mais sa persistance est beaucoup plus courte que pour les deux autres méthodes (Molony, Kent and Robertson, 1995) et elle présente une guérison plus rapide et plus propre des plaies (Molony, Kent and Robertson, 1995; Stafford *et al.*, 2002; Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007), ce qui en fait la méthode de choix.

I.1.3.2.5. Précautions particulières relatives à la castration

Tout comme pour l'écornage, il est vivement recommandé d'assurer une contention adaptée, de porter des équipements de protection individuelle et d'assurer une prise en charge de la douleur des animaux. De plus, il est recommandé de s'assurer de la bonne descente des deux testicules dans le scrotum avant d'effectuer la castration et d'assurer une prévention antitétanique via l'injection d'un sérum (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Boesch *et al.*, 2010; Aupiais and Mirabito, 2018).

I.1.3.2.6. Âge au moment de la castration

Historiquement, les veaux allaitants sont castrés lors de la rentrée en stabulation après une saison sous la mère en pâture (Muller *et al.*, 1991). C'est-à-dire vers 5 à 7 mois s'ils sont nés en fin d'hiver mais certains éleveurs repoussent volontairement cette pratique jusqu'à 12 ou 13 mois pour bénéficier d'une meilleure croissance (Muller *et al.*, 1991). La croyance que la castration jeune ampute une partie la croissance des veaux par rapport à une castration chez des animaux plus âgés a depuis été démentie (Norrington, 2017).

Aucune donnée n'existe sur l'âge de castration moyen des veaux laitiers en France mais il est concevable que ceux-ci soient castrés plus tôt que les veaux allaitants en raison de l'aisance qu'entraîne la séparation très précoce avec la mère et la sécurité apportée par la castration jeune.

I.1.4. Cadre législatif

La convention européenne sur la protection des animaux dans les élevages du 21 octobre 1988 stipule dans l'article 17 (Council of Europe, 1988) :

« 1. Les opérations résultant en la perte d'une quantité significative de tissu, ou en la modification de la structure osseuse des bovins doivent être interdites, et en particulier [...] l'écornage par d'autres méthodes que l'ablation chirurgicale

2. Des exceptions aux interdictions établies dans le paragraphe 1 peuvent être faites :

a. pour les opérations réalisées dans le cadre médical vétérinaire ;

b. pour les opérations suivantes, peuvent être réalisées dans l'intérêt de l'animal ou dans la nécessité d'assurer la protection des personnes en contact proche avec les animaux, et en suivant les conditions établies dans les paragraphes 3 et/ou 4 ci-dessous ;

i. la destruction ou le retrait des tissus producteurs de corne à un jeune âge (ébourgeonnage) dans le but d'éviter l'écornage ;

ii. l'écornage, s'il est effectué par retrait chirurgical des cornes.

[...]

c. pour les opérations suivantes, doivent être évitées si possible, mais peuvent être entreprises conformément aux paragraphes 3 ou 4 ci-dessous et dans les conditions suivantes :

i. la castration des taureaux et taurillons, préférentiellement par retrait chirurgical des testicules, en bannissant les méthodes à l'origine de souffrance et de détresse inutiles ou prolongées ; ».

Les paragraphes 3 et 4 ajoutent :

« 3. Les opérations dans lesquelles l'animal est susceptible d'éprouver une souffrance considérable doivent être effectuées sous anesthésie locale ou générale par un chirurgien vétérinaire ou toute autre personne qualifiée en accord avec la

législation nationale. Ces opérations incluent l'ovariectomie, l'écornage et l'ébourgeonnage par des méthodes chirurgicales ou par cautérisation thermique sur les animaux de plus de quatre semaines d'âge, et devraient inclure la castration et la vasectomie.

4. Les procédures pour lesquelles aucune anesthésie n'est requise doivent être effectuées sur les animaux de manière à éviter toute souffrance ou détresse inutile et prolongée. De telles opérations peuvent être effectuées par un opérateur qualifié, et incluent, selon les conditions instaurées dans le paragraphe 2 ci-dessus :

a. la destruction ou le retrait des tissus producteurs de corne pour les animaux de moins de quatre semaines d'âge :

i. par cautérisation chimique

ii. par cautérisation thermique sous condition qu'elle soit faite avec un instrument pouvant générer une température suffisante sur au moins dix secondes ».

Selon l'article L243-2 du code rural et de la pêche maritime (*Dispositions relatives à l'exercice illégal de la médecine et de la chirurgie des animaux - Article L243-2, 2011*), la délégation de certains actes vétérinaires aux éleveurs est autorisée sous certaines conditions :

« 1° Ils disposent d'une attestation de formation à la pratique des actes énumérés par l'arrêté prévu à l'article L. 243-2 délivrée par un organisme de formation continue ;

2° Ils sont titulaires d'un diplôme ou d'un titre homologué de niveau égal ou supérieur au brevet d'études professionnelles agricoles ou au brevet professionnel agricole ou d'un titre reconnu par un État membre de l'Union européenne ou par un État partie à l'accord sur l'Espace économique européen, conférant le niveau IV agricole, attestant d'une capacité professionnelle agricole ;

3° Ils disposent d'une expérience professionnelle d'au moins un an dans le domaine de l'élevage. »

Ces actes sont définis dans l'arrêté du 5 octobre 2011 et comprennent notamment :

« a) L'application de tout traitement y compris par voie parentérale, individuel ou collectif, à visée préventive ou curative ou l'application de tout traitement analgésique ou anesthésique local visant à atténuer ou supprimer la douleur ;

[...]

c) Pour les actes relevant de la conduite d'élevage :

- la castration des animaux dans l'espèce bovine, ovine, caprine et aviaire ;

[...]

- l'écornage ; »

(Arrêté du 5 octobre 2011 fixant la liste des actes de médecine ou de chirurgie des animaux que peuvent réaliser certaines personnes n'ayant pas la qualité de vétérinaire, 2011).

La castration chirurgicale est elle interdite aux éleveurs puisqu'elle répond à la définition « d'acte de chirurgie des animaux » énoncée dans l'article L243-1 du Code rural et de la pêche maritime et doit donc être réservée aux vétérinaires répondant aux conditions exposées dans l'article L241-1 (*Dispositions relatives à l'exercice illégal de la médecine et de la chirurgie des animaux - Article L243-2, 2011*).

Bilan :

La pratique de l'ébourgeonnage des veaux par les éleveurs et vétérinaires est autorisée en France. La prise en charge de la douleur est une obligation légale si le veau est âgé de plus de deux mois et est vivement conseillée sinon.

Les pratiques de castration à la pince de Burdizzo ou à l'élastique par les éleveurs et vétérinaires sont également autorisées en France si une prise en charge adéquate de la douleur est effectuée. La castration sanglante est réservée aux seuls vétérinaires.

I.2. Perceptions des éleveurs vis à vis de ces mutilations chez les bovins

I.2.1. Les différents facteurs influençant les éleveurs en terme de prise en charge de la douleur

I.2.1.1. Quelques chiffres

En 2009, le recours à la médication lors de l'ébourgeonnage lorsqu'il est pratiqué par l'éleveur, que ce soit l'emploi d'un anesthésique local, d'un sédatif ou d'un anti-inflammatoire, est de l'ordre de 8% des fermes (Tableau III). Dix ans après, ce chiffre a plus que triplé pour les sédatifs et anti-inflammatoires (Kling-Eveillard *et al.*, 2009; Vanhersel, 2019). Cette dynamique se retrouve également chez d'autres pays. En effet, Remnant rapporte en 2017 une augmentation de l'utilisation des AINS par les vétérinaires au Royaume-Uni par rapport à 2006, ceux-ci l'expliquent majoritairement par un changement de perception des éleveurs sur la prise en charge de la douleur (Huxley and Whay, 2006; Remnant *et al.*, 2017). Un phénomène similaire a aussi été mis en avant par les éleveurs américains entre 2008 et 2018 (Robles *et al.*, 2021).

Cependant en 2009, la France apparaît moins impliquée dans la prise en charge de la douleur que ses voisins européens. Il est intéressant de noter qu'un gradient semblait exister avec une prise en charge de la douleur plus importante dans le nord et l'est de l'Europe par rapport au centre et au sud de celle-ci (Tableau III), la France étant considérée en zone centre, l'Angleterre et la Finlande en zone nord et l'Italie en zone sud (Winckler *et al.*, 2009). Il est difficile de savoir si la prise en charge de la douleur par les éleveurs lors de l'ébourgeonnage suit toujours ce gradient en Europe ou si la France a rattrapé son retard par rapport aux pays du nord et de l'est.

Concernant la castration, peu de données existent. Dartevelle (Dartevelle, 2014) rapporte une augmentation plus élevée des molécules anesthésiques et analgésiques pour l'ébourgeonnage que pour la castration par les vétérinaires français (Tableau III). Cependant, il s'agit d'un rapport concernant les vétérinaires et non les éleveurs. En effet, ceux-ci pratiquent majoritairement la castration chirurgicale, procédure où la médication semble plus fréquente étant donné l'ouverture du scrotum et de l'estimation de la douleur aiguë (Edwards-Callaway *et al.*, 2023). Néanmoins, compte tenu que cette dynamique se retrouve chez les vétérinaires américains (Coetzee, Nutsch, *et al.*, 2010) et chez les éleveurs canadiens (Bilodeau, 2020), il est raisonnable d'envisager que cela soit aussi vrai pour les éleveurs français.

De plus, nonobstant l'augmentation de l'utilisation des anti-inflammatoires non stéroïdiens par les vétérinaires du Royaume-Uni, l'ébourgeonnage et la castration restent les procédures y recourant le moins chez le veau (Figure 11) (Remnant *et al.*, 2017). Il est possible de supposer que ce phénomène est aussi présent parmi les éleveurs français.

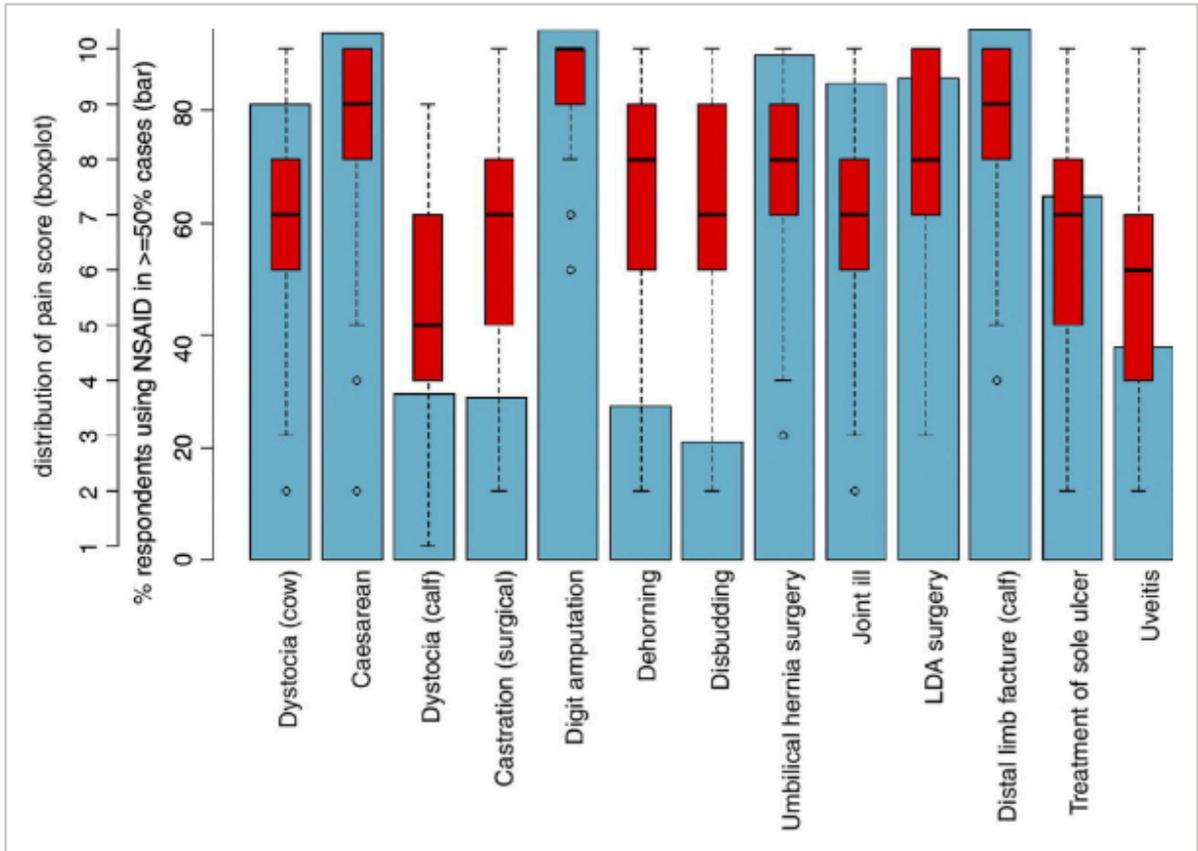


Figure 11 : Pourcentage de vétérinaires britanniques (n = 242) déclarant utiliser un anti-inflammatoire non stéroïdien dans plus de 50% de leurs interventions (barres bleues) et scores de douleur associées à ces interventions par les mêmes praticiens (écart interquartile représenté par une boîte rouge et score médian par un trait noir) sur une échelle de 0 à 10 (0 : absence de douleur et 10 : pire douleur imaginable) (D'après Remnant et al., 2017)

Tableau III : Recours à une prise en charge de la douleur par les éleveurs et vétérinaires concernant l'écornage et la castration des veaux dans différentes études (%)

Pays	France			UK		Italie	Finlande	Europe				Canada		
								Nord	Centre	Est	Sud			
Référence	Kling Eveillard <i>et al.</i> , 2009	Dartevelle, 2014	Vanhersel, 2019	Remnant <i>et al.</i> , 2017	Hambleton and Gibson, 2017	Gottardo <i>et al.</i> , 2011	Hokkanen <i>et al.</i> , 2015	Winckler <i>et al.</i> , 2009				Bilodeau, 2020		
Population	EI n = 300	V n = 243	EI n = 121	V n = 242	EI n = 118	EI n = 639	EI n = 451	EI n = non disponible				EI n = 155		
Pratique	E	E C	E	E et C	E	E	E	E				E	C	
Recours à une prise en charge de la douleur (%)	Toutes molécules confondues	8	82,7	58,0					25 - 34 *	10 - 27 *	16 - 67 *	12 - 31 *	15 - 51 **	4 - 26 **
	AINS				31,5	20 - 30	14	5	48					
	Anesthésie locale				10		86	10,4	83					
	α2-agonistes				36			4,1	91					

E : Ébourgeonnage

C : Castration

EI : Élevages

V : Vétérinaires

* : selon la production (veau laitier ou veau allaitant)

** : selon la région

I.2.1.2. Perception des éleveurs sur la sensibilité des bovins

I.2.1.2.1. Considérations éthiques de l'analgésie

La prise en charge de la douleur lors de gestes de mutilations a pour premier argument l'éthique, c'est-à-dire éviter d'engendrer inutilement des souffrances.

Dans une étude menée par Roger , parue en 2008, compilant les réponses de 1000 éleveurs français, il apparaît que 94.8% ceux-ci se considèrent très sensibles par rapport à la douleur des bovins et 84.7% pensent que cette espèce est aussi sensible à la douleur que les autres (Roger, 2008). Hors l'empathie envers les animaux impacte positivement la perception, la détection et la prise en charge de leur douleur (Huxley and Whay, 2006; Ellingsen *et al.*, 2010; Kielland *et al.*, 2010; Becker, Reist and Steiner, 2014; Remnant *et al.*, 2017).

Plus particulièrement, les pratiques comme l'écornage sont peu appréciées par ceux-ci (Kling-Eveillard *et al.*, 2009, 2014). En effet, lors de démarches formations-évaluation, les éleveurs ont avoué ne pas aimer la réalisation d'un geste de mutilation tel que l'écornage. Celui-ci est évalué par les participants à 3,5/10, l'échelle allant de 0: « Je n'apprécie pas du tout » à 10 : « J'apprécie beaucoup » (Le Guenic, 2017). C'est une des raisons poussant les éleveurs vers l'écornage jeune (voir partie I.1.1), lorsqu'il est possible, puisque cette pratique apparaît moins douloureuse à leurs yeux (Kling-Eveillard *et al.*, 2009).

Pour 89.3% des répondants au même questionnaire de Roger, la lutte contre les douleurs des bovins est une obligation. Parmi eux, près de 90% jugent qu'il ne doit pas y avoir d'exception à la règle. Pourtant, seulement 55.3% pensent qu'il est utile d'investir dans le soulagement d'un bovin faiblement douloureux (Roger, 2008). L'éthique n'est donc pas le seul facteur pris en compte.

I.2.1.2.2. Une désensibilisation des éleveurs face à la souffrance ?

La notion de désensibilisation des éleveurs face à la douleur de leurs animaux, aussi appelée « barn blindness » en anglais, est liée à une habitude aux comportements douloureux et contribue donc à altérer la perception de la souffrance des bovins (Becker, Reist and Steiner, 2014; Croyle *et al.*, 2019; 'Barn blindness', 2019). Il en résulte une moindre prise en charge analgésique par effet inverse à la notion d'empathie exposée en partie I.2.1.2.1. Par exemple, les éleveurs ont tendance à sous-estimer la prévalence des boiteries au sein de leur élevage et par conséquent à moins lutter contre celles-ci (Leach *et al.*, 2010). Il est tout à fait imaginable que ce soit aussi le cas pour la perception de la douleur lors de l'ébourgeonnage et de la castration des veaux.

Afin de prévenir ce phénomène de désensibilisation, il est conseillé de régulièrement demander l'avis d'une personne totalement externe à l'exploitation, pouvant délivrer un avis critique sur les pratiques et les animaux ou de régulièrement visiter d'autres fermes afin de se comparer (Bastide, 2019; Croyle *et al.*, 2019; 'Barn blindness', 2019).

I.2.1.3. Considérations économiques

I.2.1.3.1. Perceptions du coût de la prise en charge

I.2.1.3.1.1. Différents profils d'éleveurs

Dans une étude de 2014, une vingtaine d'éleveurs français ont été interrogés lors d'entretiens individuels sur leurs pratiques analgésiques lors de l'écornage (Kling-Eveillard *et al.*, 2014). Ces entretiens ont permis de mettre en évidence trois catégories d'éleveurs :

- Premièrement, les éleveurs qui privilégient le bien-être de leurs animaux. La souffrance de ceux-ci leur est intolérable. Par conséquent l'écornage est effectué avec une gestion médicale adaptée ;
- Deuxièmement, les éleveurs qui prennent en compte le bien-être de leurs animaux mais aussi leurs performances. La souffrance de ceux-ci les préoccupe mais n'est prise en charge que si l'évolution devient inquiétante. Ils considèrent la douleur de l'écornage comme limitée dans le temps et donc son traitement non nécessaire ;
- Enfin, les éleveurs pour lesquels les bénéfices justifient une considération de la douleur. La souffrance de leurs animaux leur importe peu, c'est la capacité de production de ceux-ci qui prime. La douleur n'est alors couverte que lorsque les performances zootechniques en sont affectées. L'écornage est vu comme peu douloureux et sa prise en charge superflue puisqu'elle ne leur semble pas apporter de bénéfices.

Pour le cas de la castration, un raisonnement parallèle est envisageable avec le cas de l'écornage énoncé ci-dessus, étant donné la ressemblance de ces deux interventions en termes de contention, de médication et de motivations.

I.2.1.3.1.2. Acceptabilité du coût de la prise en charge

Dans une étude italienne, seuls 44,5% des 639 éleveurs interrogés sont prêts à payer l'analgésie lors de l'écornage des veaux. Ces chiffres descendent à 18,9% lorsque le coût de cette analgésie est d'environ 1,3€ (\$1,40) par veau (Gottardo *et al.*, 2011). De la même manière, seuls 34% de ces éleveurs ont le désir de payer un vétérinaire pour effectuer ce geste (Gottardo *et al.*, 2011). Cette dynamique se retrouve aussi en Finlande où 42% des 438 éleveurs interrogés estiment que le coût

d'un vétérinaire est trop élevé pour l'écornage des veaux (Hokkanen *et al.*, 2015). Il n'existe pas d'étude à ce sujet pour les éleveurs français mais il est envisageable de supposer qu'ils occupent un positionnement intermédiaire entre ceux des éleveurs italiens et des éleveurs finlandais puisque c'est le cas dans le tableau III de la partie I.2.1.1 à propos de l'utilisation des analgésiques.

De plus, parmi 242 vétérinaires anglais interrogés, 43% et 51% de ceux-ci jugent qu'investir 2,33€ (£2) ou moins est acceptable pour la prise en charge de la douleur lors de la castration et de l'écornage respectivement. Ces chiffres montent même respectivement à 73% et 76% respectivement pour 5,8€ (£5) ou moins (Remnant *et al.*, 2017). Lors d'une autre étude menée au Royaume-Uni la même année, les éleveurs sont 73% à à juger acceptable d'investir moins de 2,33€ (£2) dans des AINS lors de l'ébourgeonnage contre 66% des vétérinaires, ceux-ci jugeant qu'il faut investir un peu plus pour avoir une analgésie convenable. Les éleveurs semblent donc moins enclins à vouloir payer la prise en charge de la douleur que les vétérinaires (Hambleton and Gibson, 2017). Pourtant, dans la même enquête, les éleveurs semblent paradoxalement donner moins d'importance aux coûts des médicaments que les vétérinaires et surtout ce niveau d'importance est significativement inférieur à celui que les vétérinaires imaginent du leur (Figure 12). Cette différence peut s'expliquer par un manque de communication entre éleveurs et vétérinaires.

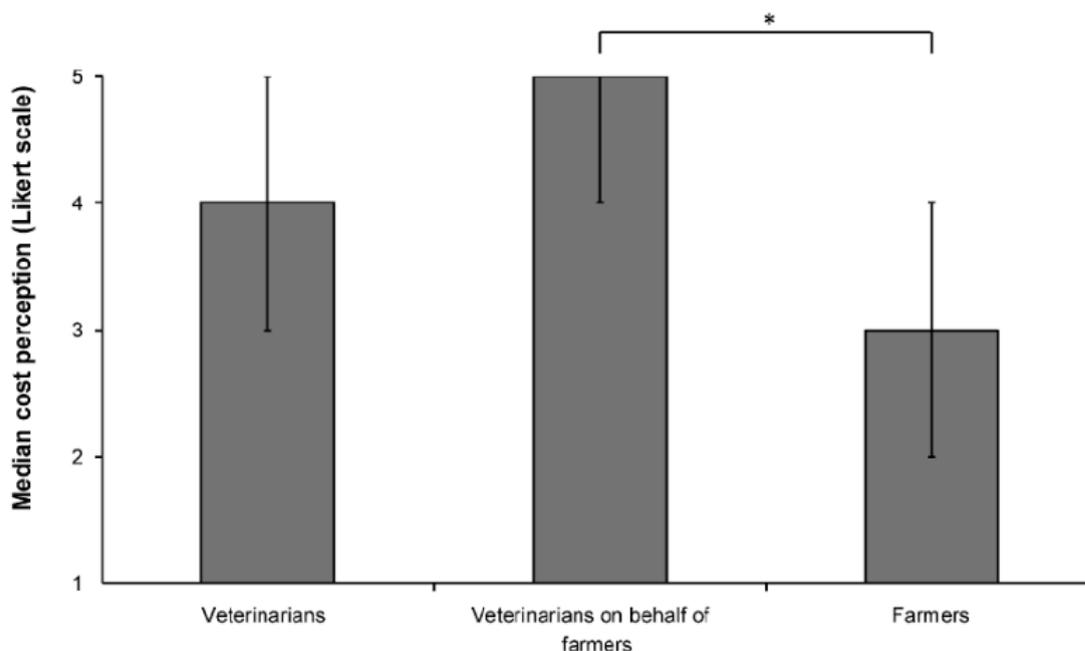


Figure 12 : Classements moyens de l'importance des coûts des AINS pour les éleveurs ($n = 116$) et pour les vétérinaires ($n = 110$). Les vétérinaires ont aussi donné leur perception sur l'importance des coûts pour leurs éleveurs clients. L'échelle de Likert : 1 = sans importance ; 2 = importance légère ; 3 = assez important ; 4 = plutôt important ; 5 = très important (D'après (Hambleton and Gibson, 2017))

I.2.1.3.2. Perceptions des pertes engendrées par la souffrance

Même si 61,6% des éleveurs français sont d'accord pour dire que le coût des traitements est un facteur limitant de l'utilisation des anti-douleurs, ils sont 98,4% à juger utile de soulager l'animal en cas de douleur forte (Roger, 2008) ; 95,6% estiment d'ailleurs que la douleur est à l'origine de pertes de productions d'un montant supérieur ou égal aux coûts des traitements (Tableau IV). Il est cependant pertinent de préciser que les résultats annoncés ci-dessus impliquent la douleur quelle qu'elle soit et non pas seulement dans le cadre des opérations de mutilation.

Tableau IV : Avis des éleveurs sur l'origine des coûts liés à la douleur des bovins (D'après Roger, 2008)

Origine des coûts	Nombre de réponses	%
Pertes de production >> Traitements	337	45,1
Pertes de production << Traitements	108	14,5
Pertes de production = Traitements	302	40,4
Total	747	100

I.2.1.4. L'utilisation de la douleur comme moyen de contention

Parmi 907 éleveurs ayant répondu au questionnaire (Roger, 2008), seuls 147 jugent qu'il est toujours inacceptable d'utiliser la douleur comme moyen de contention, c'est-à-dire seulement 16,2%. Ils sont d'ailleurs 51,0% à la considérer parfois nécessaire. Cependant, plus de deux tiers des éleveurs interrogés estiment qu'une bonne contention n'est pas nécessairement douloureuse. La contention est donc un élément à prendre en compte dans les habitudes de prise en charge de la douleur. Néanmoins, il faut modérer ce résultat. En effet, il est difficilement envisageable que le type de douleur évoqué ci-dessus soit comparable à celui ressenti lors d'un écornage ou d'une castration.

I.2.1.5. Autres facteurs

Dans la même étude (Roger, 2008), 29,1% des éleveurs citent le temps nécessaire à l'administration des traitements comme un frein à l'utilisation des analgésiques. Dix ans plus tard, ils sont toujours 12,3% à le penser (Vanhersel, 2019). Au Canada, ils jugent même qu'ajouter 5 à 10 minutes à chaque procédure de castration ou d'écornage pour que le produit soit efficace n'est pas réalisable en pratique (Moggy *et al.*, 2017). Cependant, la taille des troupeaux étant bien inférieure en France, il convient de rester prudent sur cette affirmation.

Les autres réponses sont regroupées dans le tableau V. Nous pouvons noter que l'amélioration trop limitée et les modalités d'administrations contraignantes (notamment le temps à attendre avant que le produit soit efficace) sont aussi citées dans une autre étude (Kling-Eveillard *et al.*, 2014).

Tableau V : Liste des autres facteurs limitant l'utilisation des analgésiques

Référence	Roger, 2008		Vanhersel, 2019
	Nombre d'occurrences	%	%
Amélioration trop limitée / tardive / ponctuelle en cours de traitement	55	33,3	
Mauvais pronostic avant traitement	29	17,6	
Modalités d'administration contraignantes	18	10,9	
Temps d'attente / travail supplémentaire pour trier le lait	16	9,7	
Douleur faible / amélioration spontanée attendue	11	6,7	
Nécessité et coût de l'intervention du vétérinaires	6	3,6	
Valeur du bovin / historique médical	6	3,6	
Animaux en pâturage	4	2,4	
Effets secondaires et contre-indications des traitements	4	2,4	
Manque d'information sur les solutions thérapeutiques	4	2,4	18,2
Production sous label Agriculture Biologique	3	1,8	
Existence d'une alternative au traitement allopathique	2	1,2	1,8
Diagnostic incertain / intensité de la douleur inconnue	2	1,2	
Faible nombre de médicaments anti-douleur disponibles	2	1,2	
Absence de vétérinaire à proximité de l'exploitation	1	0,6	
Négligence de la gestion de la douleur par le vétérinaire	1	0,6	6,4
Non délivrance des médicaments par le vétérinaire	1	0,6	4,5
Par habitude			1,8
Ne sait pas pratiquer l'anesthésie locale			0,9
Total	165	100	33,6

I.2.2. Les éleveurs ne sont pas assez sensibilisés et informés sur de la prise en charge de la douleur

I.2.2.1. Quelques lacunes dans les connaissances

20,9% des éleveurs français estiment que l'utilisation de médicaments pour l'ébourgeonnage des veaux n'est pas utile (Vanhersel, 2019), pourtant plusieurs études sur le sujet affirment l'inverse (Petrie *et al.*, 1996; Stilwell *et al.*, 2012; Mintline *et al.*, 2013), ce qui témoigne d'un manque de connaissances sur le sujet de la part de ces éleveurs.

I.2.2.1.1. La notion de douleur est difficile à concevoir

D'après l'enquête de Roger (Roger, 2008), 40,4% des éleveurs estiment qu'il est difficile de définir la notion de douleur et seuls 10,7% jugent que cela est facile. Cependant, 71,5% des éleveurs s'estiment suffisamment performant pour identifier la douleur des bovins et 62,1% estiment qu'ils peuvent la traiter seuls. En 2021, ces deux affirmations sont toujours vraies pour 70% des éleveurs aux États-Unis (Robles *et al.*, 2021). Cependant, ces affirmations sont à nuancer pour plusieurs raisons exposées dans les paragraphes ci-dessous.

I.2.2.1.2. Une confusion entre la notion de douleur et ses causes

Les éleveurs ont tendance à confondre les signes évocateurs de douleur et leurs origines possibles. Par exemple, certains voient la fièvre comme un signe de douleur (Roger, 2008). Dans un autre article, il ressort que la différenciation entre douleur et maladie leur est floue et que les mécanismes physiopathologiques de celle-ci sont peu connus (Kling-Eveillard *et al.*, 2014).

I.2.2.1.3. Une détection de la douleur difficile

Les éleveurs témoignent de difficultés à la détection de la douleur, à la différencier du stress lors d'interventions comme l'écornage ou ne sont pas conscients que certaines de leurs pratiques peuvent engendrer de la souffrance (Kling-Eveillard *et al.*, 2014). En outre, 46,3% des 110 éleveurs interrogés par Vanhersel en 2019 estiment que l'ébourgeonnage est peu ou pas douloureux (Vanhersel, 2019).

Pour autant, c'est lorsque la douleur devient chronique qu'elle semble la plus difficile à détecter par les éleveurs (Roger, 2008). Plusieurs références rapportent qu'ils estiment la castration à l'élastique moins douloureuse que la castration à la pince ou sanglante (Tableau VI) (Roger, 2008; Moggy *et al.*, 2017; Edwards-Callaway *et al.*, 2023). En effet, au moment d'application de l'élastique, cette technique semble peu douloureuse par rapport aux autres mais la douleur

induite par la castration à l'élastique peut durer plus de 45 jours contrairement aux autres techniques (Molony, Kent and Robertson, 1995; Thüer *et al.*, 2007). L'ébourgeonnage, pourtant bien plus pratiqué que la castration par les éleveurs, présente les mêmes écueils. En effet, bien que la plupart des éleveurs sont conscients que cette pratique occasionne plus ou moins de souffrance lorsqu'elle est réalisée mais peu savent qu'elle se poursuit ensuite pendant plus de 24 heures (Faulkner and Weary, 2000; Heinrich, 2007; Kling-Eveillard *et al.*, 2014; Le Guenic, 2017; Vanhersel, 2019). 37% des éleveurs français estiment même qu'elle ne dure que quelques minutes (Vanhersel, 2019). Sur cet aspect, les éleveurs britanniques semblent mieux informés (Tableau VII).

Tableau VI : Classement par moyenne des notes attribuée par un panel de 1000 éleveurs, de 0 : absence de douleur à 10 : douleur maximale imaginable (D'après Roger, 2008)

Pratique	Score de douleur
Castration chirurgicale	7,4
Castration à la pince de Burdizzo	7,4
Écornage	6,5
Castration à l'élastique	6,3

Tableau VII : Avis des éleveurs sur la persistance de la douleur après ébourgeonnage

Référence		France n = 121 (Vanhersel, 2019)	Italie n = 639 (Gottardo <i>et al.</i> , 2011)	UK n = 118 (Hambleton and Gibson, 2017)
Persistance estimée par les éleveurs de la douleur après ébourgeonnage (% des éleveurs)	Quelques minutes	37	48	6
	< 6 heures		43	13
	< 12 heures		9	7
	< 24 heures			18
	> 24 heures			43
	Ne sait pas			12

I.2.2.1.4. Une méconnaissance de la gestion de la douleur

Enfin, il existe une méconnaissance des produits employés (Kling-Eveillard *et al.*, 2014; Winder *et al.*, 2016; Moggy *et al.*, 2017; Vanhersel, 2019). En 2019, 18,2%

des vétérinaires français ne savent pas quel médicament utiliser pour prendre en charge la douleur lors de l'écornage (Vanhersel, 2019). De plus, lorsque la question leur est posée, peu d'éleveurs sont capables de citer une spécialité d'anesthésie locale, 20,2% d'entre eux citent des spécialités antibiotiques comme étant anti-inflammatoires et 19,4% déclarent utiliser ces dernières à des fins antalgiques (Roger, 2008).

I.2.2.2. L'enjeu de la formation pour les éleveurs

I.2.2.2.1. Intérêts des éleveurs pour la formation

Lorsqu'ils sont interrogés, les éleveurs émettent le désir de se former sur certains sujets, notamment la détection, la gestion médicale et la prévention de la douleur (Roger, 2008).

Les formations en présentiel ont d'ailleurs beaucoup de succès. Par exemple, celles organisées par le Casdar dans le cadre du projet AccEC (Accompagner les éleveurs pour la réalisation de l'Écornage et de la Castration) font preuve de retours très positifs (Le Guenic, 2017).

En Suisse, il est même possible pour un éleveur d'obtenir une certification ADM (Anaesthesia Delegation Model) pour la castration des veaux et agneaux de moins de deux semaines d'âge et l'écornage des veaux de moins de trois semaines d'âge. C'est une formation théorique de quatre heures suivie d'une partie pratique avec un vétérinaire afin de maîtriser l'acte, résultant en la réception d'une permission de réalisation de l'acte de la part de l'autorité vétérinaire cantonale. Environ 75% des 170 vétérinaires bovins suisses interrogés estiment que cette permission renforce modérément à beaucoup les obligations légales en termes d'analgésie (Alsaad *et al.*, 2014). Bien que les éleveurs puissent effectuer l'analgésie eux-mêmes avec l'ADM, les vétérinaires continuent toujours de pratiquer ces interventions dans certaines fermes (Tableau VIII), même si le nombre d'interventions a bien diminué. Il convient de nuancer cette baisse d'activité car les éleveurs peuvent aussi faire appel à d'autres personnes certifiées, non vétérinaires, pour effectuer l'anesthésie lors de travaux d'écornage ou de castration. Il convient aussi de garder une réserve car une proportion non négligeable d'éleveurs certifiés n'assurent pas une anesthésie correcte (Tableau IX). Cette proportion reste cependant bien inférieure à celle effectuant efficacement l'anesthésie. Cette mesure est donc un plutôt bon exemple de réussite en termes de sensibilisation à la prise en charge de la douleur pour les gestes de mutilation (Alsaad *et al.*, 2014).

Tableau VIII : Avis des vétérinaires suisses (n = 170) sur leur activité d'ébourgeonnage et de castration des veaux depuis la mise en place de l'Anaesthesia Delegation Model (D'après Alsaad et al., 2014)

En comparant avec la situation précédent la mise en place de l'ADM, ma clinique effectue actuellement ... d'anesthésies pour les interventions d'ébourgeonnage des veaux de moins de trois semaines d'âge ou de castration des veaux de moins de deux semaines d'âge de mes clients éleveurs.					
Réponses (% de vétérinaires)	Beaucoup moins	Moins	Autant	Plus	Beaucoup plus
Ébourgeonnage des veaux < 3 semaines	11,3	25,0	39,4	10,6	13,7
Castration des veaux < 2 semaines	9,4	26,9	44,4	8,8	10,5

Tableau IX : Avis des vétérinaires suisses (n = 170) sur la prise en charge médicale de la douleur par leurs clients éleveurs pour les gestes d'ébourgeonnage et de castration des veaux depuis la mise en place de l'Anaesthesia Delegation Model (D'après Alsaad et al., 2014)

Mon expérience avec l'ADM a montré que mes clients éleveurs ayant reçu la certification administrent correctement l'anesthésie pour les interventions d'ébourgeonnage des veaux de moins de trois semaines d'âge ou de castration des veaux de moins de deux semaines d'âge. Cette affirmation est vraie pour ... de mes clients.					
Réponses (% de vétérinaires)	0%	1-33%	34-66%	67-99%	100%
Ébourgeonnage des veaux < 3 semaines	3,8	16,7	21,2	52,5	5,8
Castration des veaux < 2 semaines	12,9	22,7	19,0	37,4	8,0

I.2.2.2. Rôle du vétérinaire dans la formation des éleveurs

I.2.2.2.1. Les éleveurs ont confiance en leur vétérinaire

D'après une étude canadienne, les éleveurs sont plus enclins à accepter les conseils d'une tierce personne si une relation de confiance s'est établie entre eux (Croyle *et al.*, 2019). Ils souhaitent que cette personne ait une bonne connaissance

de leur exploitation, de leurs objectifs et de leurs problèmes. C'est pourquoi le vétérinaire est considéré comme une personne de confiance. En ce qui concerne le bien-être animal, la problématique est la même, ils désirent l'avis d'un expert, quelqu'un en lequel ils ont confiance pour exposer les problèmes et mettre en place des solutions adaptées et jugent que le vétérinaire est la personne idéale pour cela (Croyle *et al.*, 2019). Dans une étude menée dans les Deux-Sèvres en 2019, les éleveurs qualifient majoritairement leur relation avec leur vétérinaire comme un partenariat plutôt que fournisseur ou prestataire (Bastide, 2019). Quatorze ans plus tôt, à l'échelle nationale, la proportion est similaire avec 85% (Mathevet, 2005). Parmi les éleveurs deux-sévriens, 77% estiment même qu'il s'agit du rôle du vétérinaire de réaliser des activités de conseil et 70% attendent que le vétérinaire participe à leur formation contre 81% avec Mathevet.

I.2.2.2.2. Le vétérinaire à une formation plus adaptée sur la prise en charge de la douleur

De manière générale, les éleveurs sont peu exposés au bien-être animal au cours de leur formation et celui-ci est surtout abordé sous l'angle zootechnique avec comme principaux aspects évoqués la réglementation, les bâtiments et les équipements (Simonneaux, 2012; Lipp and Simonneaux, 2018). Le vétérinaire est déjà beaucoup plus sensibilisé à ce thème en école puisque le sujet est centré sur la relation homme - animal (Lipp and Simonneaux, 2018).

Pourtant, 39,9% des étudiants vétérinaires français de vet 5 et vet 6, provenant des quatre ENV, jugent la formation insuffisante pour détecter correctement les signes de douleur et 59,7% ne s'estiment pas capables de le faire convenablement (Bouvard, 2020). Il est aussi possible que ces avis ne soient que la conséquence d'un manque de confiance des étudiants en leurs capacités.

I.2.2.2.3. Un manque de communication entre vétérinaires et éleveurs

Comme abordé dans la partie I.2.1.3.1.2, il existe un manque de communication entre éleveurs et vétérinaires. Par exemple, au Royaume-Uni 71% des vétérinaires pensent qu'ils sensibilisent suffisamment les éleveurs sur l'analgésie mais 45% des éleveurs pensent le contraire (Hambleton and Gibson, 2017). Dix ans plus tôt c'était 53% des éleveurs mais cela ne concernait pas uniquement l'analgésie (Huxley and Whay, 2007). Il est tout de même envisageable de présumer que la situation n'a que peu évolué en dix ans. Toujours dans l'étude d'Hambleton et Gibson, 78% des vétérinaires affirment avoir sensibilisé leurs clients éleveurs à propos de l'intérêt des AINS mais ceux-ci sont 78% à exprimer l'inverse. Cependant, il existe un possible biais dans cette affirmation puisque les éleveurs interrogés ne font pas forcément partie de la clientèle des vétérinaires interrogés, un possible effet régional reste possible (Hambleton and Gibson, 2017).

Deux hypothèses sont possibles pour expliquer ce manque de communication. D'une part l'existence de préjugés sur les éleveurs. En effet, le coût des traitements est le principal frein exprimé par les étudiants vétérinaires français de vet 5 et vet 6 à propos de la prise en charge de la douleur lors des gestes de mutilation : 90,7% des étudiants le citent dont 56,5% en première réponse (Bouvard, 2020). Pourtant, ces élèves n'ont été que peu ou pas confrontés à cette problématique sur le terrain. D'autre part, il est possible que la discussion soit difficile à aborder pour le vétérinaire. Pourtant, bien que les éleveurs reconnaissent ce fait, ils jugent qu'il est du devoir de celui-ci de dialoguer s'il remarque un problème (Croyle *et al.*, 2019). Ils se disent également plus réceptifs à la critique lorsque celle-ci n'est pas exposée sous forme de reproche mais est constructive, avec une volonté de trouver des solutions au problème. Ils apprécient également lorsque le propos est nuancé et que les aspects positifs sont aussi mis en avant (Croyle *et al.*, 2019).

Bien qu'une meilleure communication des vétérinaires aux éleveurs soit bénéfique en théorie, il est difficile de connaître l'efficacité réelle de cette mesure. En effet, parmi les éleveurs avouant avoir été sensibilisés sur l'usage des AINS dans l'étude d'Hambleton et Gibson, seuls 29% en utilisent couramment suite à cette discussion, soit une faible proportion (Hambleton and Gibson, 2017).

I.3. L'approche des 3S, une alternative pour limiter la souffrance lors des mutilations

I.3.1. Principe des 3S

L'approche des 3S a été pensée par analogie avec l'approche des 3R employée pour le bien-être des animaux de laboratoire (Guatteo *et al.*, 2012). Tout comme cette dernière, c'est une anagramme. Au lieu de Réduire, Raffiner et Remplacer, chaque « S » signifie Supprimer, Substituer et Soulager. Supprimer totalement la source de douleur, lorsque cela est possible, sinon substituer la technique employée avec une autre moins douloureuse. Enfin, lorsqu'il persiste une possibilité de souffrance chez l'animal, malgré la meilleure méthode employée, il convient de soulager celui-ci (Guatteo *et al.*, 2012).

I.3.2. Application des 3S aux cas de l'ébourgeonnage et de la castration des veaux

I.3.2.1. Supprimer

I.3.2.1.1. Ébourgeonnage

Il est possible d'élever des bovins sans corne tout en ne pratiquant pas l'ébourgeonnage ni l'écornage. En effet, la sélection génétique a permis d'obtenir des taureaux reproducteurs porteurs du gène acère ou « polled gene » en anglais ('Le gène "sans corne", ou "polled" : mécanismes de transmission', 2014). Les veaux nés de taureaux homozygotes naissent tous sans corne puisqu'il s'agit d'un allèle dominant. C'est donc une très bonne alternative à l'ébourgeonnage. Néanmoins en 2007, moins de 1% des bovins en sont pourvus en France (Winckler *et al.*, 2009).

Cependant, le catalogue de reproducteurs porteurs de ce gène est encore faible et limité aux principales races (*Charolais Univers*, 2024; *Gènes Diffusion*, 2024). Parfois ces taureaux sont hétérozygotes, c'est-à-dire qu'il ne possède qu'un allèle, leur descendance n'est donc pas assurée d'être sans corne selon le génotype de la mère ('Le gène "sans corne", ou "polled" : mécanismes de transmission', 2014). Cette option n'est donc pas encore assez développée pour se démocratiser.

I.3.2.1.2. Castration

L'immunocastration consiste en une vaccination permettant d'arrêter la production d'hormones mâle par les testicules (Tahenni, 2016). Celle-ci est disponible pour les bovins dans certains pays d'Amérique du Sud ou au Canada mais en Europe, elle est seulement disponible pour les porcs (Tahenni, 2016; Chevillon, 2020).

Par conséquent en Europe, il ne semble pas exister de possibilité d'élever des veaux mâles sans testicules en évitant la castration physique. Pour les élevages ne désirant pas de veaux mâles, il existe néanmoins la possibilité d'utiliser de la semence sexée femelle (*Semences sexées : une préparation optimisée pour réussir*, 2024). Celle-ci présente l'avantage d'être très répandue en élevage laitier et disponible dans beaucoup de races (Dominique, 2022) mais réduit le taux de réussite à l'insémination artificielle puisqu'elle est très fragile et possède un taux d'échec évalué à 10%, c'est-à-dire qu'un veau sur dix naît mâle (*Semences sexées : une préparation optimisée pour réussir*, 2024).

Bilan :

À l'heure actuelle peu de solutions existent pour totalement supprimer les mutilations des veaux. L'utilisation de taureaux reproducteurs porteurs du gène acère est une bonne alternative à l'ébourgeonnage mais encore trop limitée tandis que l'utilisation de l'immunocastration n'est pas disponible en Europe pour s'affranchir du geste.

I.3.2.2. Substituer

Les différentes techniques ont brièvement été présentées dans la partie I.1.3. Ces paragraphes permettent de compléter les informations précédemment présentées en mettant en avant la réduction des souffrances.

I.3.2.2.1. Ébourgeonnage

I.3.2.2.1.1. Choix de la meilleure méthode d'ébourgeonnage

Tout d'abord il est possible de comparer les trois méthodes, à savoir l'ébourgeonnage au fer chaud, à la pâte caustique et par amputation, en fonction de la souffrance provoquée au moment de l'acte et dans les premières heures suivantes. En d'autres termes, en fonction de la douleur aiguë. Tout d'abord, Morisse *et al* ont montré une moindre baisse de l'expression des comportements normaux des veaux, inculpable à la douleur malgré une anesthésie locale, dans les quatre heures suivant l'ébourgeonnage avec l'utilisation d'un fer à écorner plutôt que de la pâte caustique (Morisse, Cotte and Huonnic, 1995). De même, les veaux ayant été ébourgeonnés à la pâte caustique semblent montrer plus de comportements d'inconfort, tels que des transitions couché-debout ou des grattages, que ceux ayant bénéficié du fer. Cependant, Vickers a trouvé un résultat inverse avec un protocole associant cette fois un sédatif en plus de l'anesthésie locale (Vickers *et al.*, 2005). En effet, les veaux écornés au fer montrent significativement plus de comportements d'inconforts dans les cinq heures après l'acte s'ils ont été écornés au fer plutôt qu'à la pâte caustique. Cette tendance se conserve pendant les sept heures suivantes mais n'est plus significative. En se concentrant sur le taux de cortisol sanguin, qui augmente en fonction du niveau de stress et de souffrance de l'animal, Morisse *et al* semblent mettre en évidence un moindre pic de cortisol pour les veaux écornés au fer que ceux à la pâte mais avec une persistance plus longue au-dessus du seuil de base (Morisse, Cotte and Huonnic, 1995). Il convient tout de même de nuancer ce résultat puisque les veaux ébourgeonnés au fer sont plus âgés que ceux faits à la pâte (huit semaines contre quatre semaines) et les taux de cortisol sanguins sont plus élevés chez les jeunes veaux (Mirra *et al.*, 2018). Stafford et Mellor ont eux mis en évidence une réponse en cortisol plus faible pour le fer à écorner que les deux autres méthodes (Stafford and Mellor, 2011). Ce qui est en accord avec une autre étude comparant ébourgeonnage au fer et par amputation (Petrie *et al.*, 1996).

Concernant la douleur sur le long terme, peu de données existent pour comparer les méthodes. L'impact de l'ébourgeonnage au fer sur les douleurs chroniques est quand même documenté est abordé en partie I.3.2.4.

Chaque technique est associée à de potentielles complications. Premièrement, quelle que soit la technique employée, il est nécessaire d'assurer une désinfection de la plaie pour réduire les risques infectieux (Boesch *et al.*, 2010; Aupiais *et al.*, 2016; Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022). Pour l'ébourgeonnage chimique, il est nécessaire de faire attention à ne pas appliquer de la pâte caustique dans les yeux du veau, de l'écartier de sa mère et ainsi que de ses congénères pour éviter toute brûlure par frottement (Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022). De même, le port de gants est fortement recommandé pour ne pas blesser l'opérateur. L'écornage par amputation est une méthode sanglante pouvant aboutir à l'ouverture du sinus frontal, ce qui favorise les myiases et les infections (Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022). Enfin les trois méthodes comportent des risques d'échec. Ceux-ci semblent plus importants pour la pâte caustique puisque cette technique nécessite la persistance de celle-ci suffisamment longtemps sur le cornillon pour être efficace. C'est-à-dire que le veau ne doit pas la retirer en se frottant ou en se grattant et que le temps ne doit pas être pluvieux (Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022).

Compte tenu de ces différentes informations, l'ébourgeonnage au fer chaud semble être le plus éthique et le plus simple à réaliser. Bien qu'apparemment moins stressant pour le veau, l'ébourgeonnage chimique demande une plus grande organisation, plus de précautions et semble associé à un plus grand risque d'échec. De plus, Vickers a mis en évidence un défaut d'efficacité de l'anesthésie locale en association avec cette méthode (Vickers *et al.*, 2005). Ce phénomène pourrait être expliqué par le caractère de base forte de la pâte caustique, augmentant le pH des tissus environnants et empêchant les anesthésiques locaux (bases faibles) de s'associer à un acide au niveau des nerfs pour agir.

I.3.2.2.1.2. Choix du meilleur âge pour pratiquer l'ébourgeonnage

Comme évoqué dans la partie I.1.3.1.1, le bourgeon cornual s'attache au crâne du veau aux alentours de huit semaines d'âge. Il est alors déconseillé de pratiquer l'écornage à partir de cet âge si le bien-être du veau est souhaité puisque l'opération est plus douloureuse (Aupiais *et al.*, 2016; *Disbudding calves*, 2020). De plus, passé cet âge, l'ouverture du sinus frontal prédispose davantage aux complications telles que des risques hémorragiques ou des infections pouvant entraîner une sinusite (Aupiais *et al.*, 2016). Une étude a montré qu'ébourgeonner les veaux à trente-cinq jours est plus conseillé qu'à trois jours d'âge (Adcock and Tucker, 2018). En effet, ces veaux n'ont pas montré de différence dans la cicatrisation des plaies. En revanche, les veaux ébourgeonnés à trente-cinq jours d'âge ont un GMQ deux fois supérieur à ceux ébourgeonnés à trois jours même si

ces derniers semblent légèrement moins sensibles à une pression exercée sur la plaie dans les jours suivant l'acte que les premiers. Cependant, deux autres études comparant des veaux ébourgeonnés au fer à une semaine contre quatre semaines d'âge montrent peu de différences significatives concernant la douleur pour ces deux catégories d'âge (Mirra *et al.*, 2018; Casoni *et al.*, 2019). Il est donc difficile de statuer sur l'importance de l'âge au moment de l'ébourgeonnage quand il est effectué à moins de deux mois.

Pour aller plus loin, Marquette *et al.* ont mis en évidence la difficulté de fixer un âge idéal pour effectuer l'écornage (Marquette *et al.*, 2021). En effet, il semble exister une très grande variation de taille, de diamètre et de longueur des cornillons pour des veaux d'une même catégorie d'âge bien qu'il existe une tendance selon le sexe et la race : en général le cornillon est de taille supérieure pour les mâles et les races laitières (Marquette *et al.*, 2021). Il n'existe cependant pas à l'heure actuelle d'étude sur la taille idéale des cornillons pour pratiquer l'écornage dans les meilleures conditions de bien-être animal.

I.3.2.2.2. Castration

I.3.2.2.2.1. Choix de la meilleure méthode de castration

De la même façon que pour l'ébourgeonnage, il est possible de comparer les trois méthodes de castration les plus employées en fonction de la douleur aiguë provoquée. Il ressort de plusieurs études que la castration à l'élastique est la plus douloureuse (Robertson, Kent and Molony, 1994; Molony, Kent and Robertson, 1995; Bretschneider, 2005; Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Thüer *et al.*, 2007). Par exemple, Robertson *et al.* ont mis en évidence une bien plus forte augmentation des comportements traduisant la douleur dans les deux heures suivant l'acte chez les veaux castrés à l'élastique par rapport à ceux castrés à la pince de Burdizzo ou chirurgicalement (Robertson, Kent and Molony, 1994). Dans la même étude, le pic de cortisol sanguin mesuré apparaît cependant plus tardivement et est moins élevé que pour les deux autres méthodes mais persiste plus longtemps. Ce qui peut témoigner d'une opération moins stressante pour le veau mais dont la souffrance aiguë est plus longue (Robertson, Kent and Molony, 1994). Concernant les deux autres méthodes, la castration sanglante semble plus douloureuse que celle à la pince (Robertson, Kent and Molony, 1994). Toujours dans l'étude de Robertson *et al.*, les veaux ayant subi une castration chirurgicale passent anormalement plus de temps debout que ceux castrés à la pince dans les heures suivant l'acte. De plus, ils ont en moyenne un pic de cortisol plus élevé malgré une cinétique similaire (Robertson, Kent and Molony, 1994; Molony, Kent and Robertson, 1995). En revanche, la castration chirurgicale semble provoquer moins de comportements d'inconfort immédiatement après avoir été effectuée que l'emploi de la pince de Burdizzo (Molony, Kent and Robertson, 1995).

Il est aussi possible de comparer la souffrance sur le long terme en fonction des différentes techniques. De nouveaux, c'est la castration à l'élastique qui en provoque le plus. En effet, les veaux castrés à l'élastique présentent une croissance et un GMQ plus faible que les veaux castrés chirurgicalement, ce qui est imputable à une baisse d'ingestion liée à la douleur (Bretschneider, 2005; Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Magnaudeix, 2019). Il est aussi possible d'aborder ce sujet sous l'angle de la vitesse de cicatrisation des plaies. Dans ce cas, la castration sanglante est la meilleure puisque les plaies disparaissent totalement dès neuf jours post castration contre quinze jours pour la castration à la pince tandis que cette durée peut aller jusqu'à trente jours pour l'utilisation d'élastiques (Molony, Kent and Robertson, 1995). De plus, un oedème ainsi que des écoulements purulents peuvent être observés dans les deux jours suivant une castration à la pince de Burdizzo, ces signes peuvent persister jusqu'à quatre semaines dans certains cas (Thüer *et al.*, 2007). Au contraire, lors d'une castration à l'élastique, ces mêmes signes cliniques apparaissent plus tardivement, aux alentours de quatre à cinq semaines, et peuvent durer jusqu'à une cinquantaine de jours post castration (Thüer *et al.*, 2007). La castration à l'élastique peut aussi être à l'origine de complications telles que des hémorragies ou des infections puisque le scrotum reste ouvert dans la plupart des cas (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Aupiais and Mirabito, 2018).

Enfin, concernant les risques d'échec, ceux-ci sont nuls pour la castration sanglante puisque les testicules sont retirés à vue. Ce qui n'est pas le cas ni de la castration à la pince, pouvant être insuffisamment longtemps être appliquée, ou la castration à l'élastique si la striction n'est pas suffisante ou si ceux-ci se rompent (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Aupiais and Mirabito, 2018).

I.3.2.2.2.1. Choix du meilleur âge pour pratiquer la castration

Bien qu'au sevrage les veaux castrés à des âges différents aient un poids équivalent, une revue systématique a mis en évidence que la perte de poids liée à la souffrance de la castration augmente de façon quadratique en fonction de l'âge de ceux-ci (Bretschneider, 2005). Plus généralement, il ressort de cette étude que plus la castration s'effectue jeune, moins les veaux semblent souffrir et stresser. En effet, les taux de cortisol et d'haptoglobine sanguins, marqueurs de ces deux phénomènes, augmentent moins lors de castration de jeunes veaux.

Pour aller plus loin, une étude a comparé trois âges différents avec les trois méthodes de castration : six jours, vingt-et-un jours et quarante-deux jours (Robertson, Kent and Molony, 1994). Il ressort que les veaux castrés à six jours d'âge expriment moins de comportements douloureux que les autres. De plus, chez des veaux castrés chirurgicalement à trois jours d'âge, les plaies cicatrisent plus vite

que chez des veaux castrés à soixante-treize jours (Norrington, 2017). Cependant, un gonflement persiste plus longtemps.

Bilan :

En prenant en compte la douleur provoquée par l'acte, que ce soit immédiatement après ou sur le long terme, les complications potentielles et les risques d'échec, il apparaît que l'ébourgeonnage au fer chaud et la castration chirurgicale sont les méthodes à privilégier.

Bien que les différentes études s'accordent pour pratiquer ces deux actes à un jeune âge afin de réduire les souffrances provoquées, il est difficile de statuer exactement sur l'âge idéal.

I.3.2.3. Soulager

Que ce soit pour l'ébourgeonnage ou la castration des veaux, il est possible d'atténuer au maximum leur souffrance pendant et après la procédure via l'utilisation de médicaments associant anesthésies locales, sédation et gestion de la douleur pré et post-opératoire dans le cadre d'une anesthésie multimodale (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario, 2007; Webster *et al.*, 2013; Aupiais *et al.*, 2016; Aupiais and Mirabito, 2018; Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022).

I.3.2.3.1. Rappels des gestes d'anesthésies locales ou loco-régionales

I.3.2.3.1.1. Choix du produit

En France, seule la procaïne possède une AMM pour les bovins, deux concentrations différentes sont disponibles sur le marché : 2% ou 4% (*Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*, 2024). L'utilisation d'une solution dosée à 4% et épinéphrinée est recommandée pour augmenter la durée de l'analgésie, réduire les saignements et les effets secondaires tels qu'une hypotension ou des réactions allergiques (French and Sharp, 2012; Descours-Renvier, 2023; *Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*, 2024). Avec une dose conseillée de 2,5 à 10 millilitres par animal, elle agit en 5 à 10 minutes et son efficacité dure de 45 à 90 minutes (Descours-Renvier, 2023; *Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*, 2024). Il convient de vérifier que l'injection n'a pas été effectuée en intraveineuse. Celle-ci est responsable d'une excitation du système nerveux central puis d'une dépression responsable d'une paralysie respiratoire mortelle (*Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*, 2024). Cette molécule est disponible pour les éleveurs dans le cadre d'un protocole de soin s'ils veulent écorner eux-mêmes, sans aide du vétérinaire.

Pourtant, une étude de 2021 met en évidence une efficacité analgésique partielle de la procaïne. En effet, 32 des 96 veaux sur lesquels a été performée une anesthésie du nerf cornual avec 5 mL de procaïne 2% par corne montrent au moins un comportement douloureux durant l'écornage, que ce soit le fait de se relever, de

donner un coup de patte ou de lever la tête. Ces résultats sont indépendants de l'intervalle de temps entre anesthésie et ébourgeonnage (pouvant aller de 0 à 30 minutes) à part pour les intervalles 10 à 15 minutes et 15 à 20 minutes où les veaux ont montré significativement moins et plus de comportements douloureux respectivement (Thomsen, Hansen and Herskin, 2021). Dans une étude au protocole similaire (Fierheller *et al.*, 2012), 7 des 8 veaux ayant reçu 5 mL de lidocaïne 2% épinéphrinée avec la même technique ne montrent aucun comportement douloureux lors d'une neurostimulation au niveau des bourgeons cornaux dès deux minutes après l'injection. La lidocaïne, n'ayant néanmoins pas d'AMM disponible pour les bovins en France (*Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*, 2024), semble plus efficace que la procaïne pour ce type d'anesthésie locale. Il est cependant nécessaire de nuancer ces résultats puisque seuls 8 veaux ont été utilisés dans la seconde étude, ce qui représente un faible effectif et que la procaïne utilisée dans la première étude est dosée à 2% (contre 4% pour certaines spécialités récentes). En effet, pour une solution dosée à 2% il est conseillé de doubler le volume injecté pour avoir un effet similaire à celui de la lidocaïne pour une péridurale (Touzot-Jourde *et al.*, 2015), il est aussi envisageable que ce soit le cas pour une utilisation sous-cutanée ou périverneuse.

I.3.2.3.1.2. Geste d'anesthésie du nerf cornual

L'utilisation d'un anesthésique local 10 à 15 minutes avant l'écornage (Vickers *et al.*, 2005; Stilwell *et al.*, 2012; Adam *et al.*, 2021; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022) permet de gérer efficacement la douleur pendant et les deux à trois premières heures suivant l'acte (Clarke, Trim and Hall, 2014; Winder *et al.*, 2018). La technique d'anesthésie consiste à insérer une aiguille 20G à 22G (Fierheller *et al.*, 2012; Adcock, Cruz and Tucker, 2020; Stuttgen, 2020) dans la fosse temporale, perpendiculairement à la peau (Stuttgen, 2020; Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022). Il faut l'enfoncer à une profondeur variant entre 0,5 et 1,5 centimètre (Hodgkinson and Dawson, 2007; Stewart and Alexander, 2016). Avant d'injecter un volume compris entre 5 et 10 mL (Stilwell *et al.*, 2012; Clarke, Trim and Hall, 2014; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022), il est conseillé d'effectuer une aspiration avec la seringue pour éviter toute intraveineuse fortuite (Grimm *et al.*, 2015; Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022; *Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*, 2024). Certains auteurs conseillent également d'associer une anesthésie en ring block, c'est-à-dire plusieurs injections sous-cutanées le long d'un cercle parcourant le tour du cornillon (Vickers *et al.*, 2005; Fierheller *et al.*, 2012; Adam *et al.*, 2021; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022).

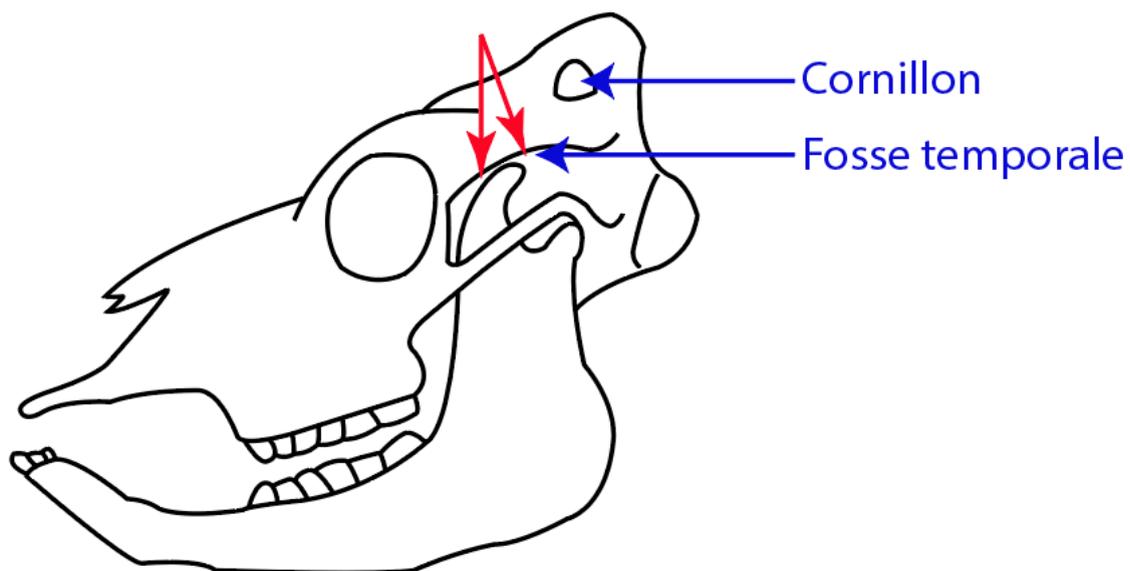


Figure 13 : Schéma du site d'anesthésie du nerf cornual chez le veau (flèches rouges)

Des alternatives à la technique présentée ci-dessus existent. Tout d'abord au niveau du site d'injection. Les auteurs s'accordent sur le fait de piquer l'aiguille sous la crête de l'os temporal mais la distance entre l'œil et le bourgeon varie. Ainsi, il est aussi possible d'injecter l'anesthésique local au niveau de la base de l'œil (*Disbudding calves*, 2020), à mi-chemin entre les deux (Passler, Clarck-Price and Lin, 2022) ou encore au deux-tiers de la distance (Clarke, Trim and Hall, 2014; Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022). L'angle d'injection peut également varier, certains auteurs recommandent de piquer avec une incidence de 30° à 45° en direction de la corne (Stewart and Alexander, 2016; *Disbudding calves*, 2020) voire de piquer dans plusieurs directions (Passler, Clarck-Price and Lin, 2022). Enfin pour maximiser les chances d'atteindre le nerf cornual, il est parfois recommandé d'injecter l'anesthésique local à des profondeurs différentes (Neil Anderson and Cynthia Miltenburg, 2022). Certains auteurs conseillent également d'injecter le produit en sous-cutané (Stuttgen, 2020; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022).

L'anesthésie des nerfs infratrochléaire et supra-orbitaire en complément de celle du nerf cornual existe (Doherty *et al.*, 2007; Grimm *et al.*, 2015; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022) mais son efficacité reste très peu documentée.

I.3.2.3.1.3. Geste d'anesthésie du cordon testiculaire

Le cordon testiculaire est saisi à travers le scrotum et isolé à l'aide des doigts, le testicule étant maintenu distalement au creux de la paume (Grimm *et al.*, 2015; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022). Une aiguille 16G à 18G est enfoncée à travers

la peau et le cordon spermatique (Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022). Le geste est présenté dans la figure 14. Il est nécessaire de s'assurer que l'aiguille n'est pas dans un des vaisseaux du cordon testiculaire via une aspiration avec la seringue (Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022) avant d'injecter 3 à 10 millilitres d'anesthésique local selon la taille du veau (Hodgkinson and Dawson, 2007; Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022). Le début de l'acte chirurgical peut débuter 5 à 10 minutes après l'anesthésie des deux cordons et dure approximativement une heure (Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013; Grimm *et al.*, 2015).



Figure 14 : Schéma du site d'anesthésie du cordon testiculaire (aiguille en rouge) sur un taureau
(Inspiré par Passler, Clarck-Price and Lin, 2022)

Il existe également une technique d'anesthésie locale par injection intra-testiculaire, réalisable 10 minutes avant la castration (Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022). Cependant, enfoncer une aiguille à cette localisation est plus douloureux que dans les cordons testiculaires et met plus de temps à agir (Hodgkinson and Dawson, 2007).

Une anesthésie locale sous-cutanée du scrotum est aussi recommandée le long de la ligne d'incision (Earley and Crowe, 2002; Hodgkinson and Dawson, 2007; Grimm *et al.*, 2015; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022).

I.3.2.3.1.4. Geste d'anesthésie péridurale

Cette anesthésie peut se pratiquer dans l'espace péridural de l'espace sacro-coccygien ou dans le premier ou deuxième espace inter-coccygien (Kamiloglu *et al.*, 2005; Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022). Afin de trouver l'ouverture de ces espaces, il est possible de mouvoir la queue selon un axe vertical tout en cherchant une dépression au niveau des

vertèbres avec l'index ou le majeur de l'autre main (Passler, Clarck-Price and Lin, 2022). Une fois le site d'injection trouvé, il est conseillé de le préparer en le tondant et en appliquant un antiseptique (Kamiloglu *et al.*, 2005; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022). Une aiguille de 18 G (Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022) voire de 19 G pour les veaux (Hodgkinson and Dawson, 2007; Condino, Suzuki and Taguchi, 2010) est insérée avec un angle de 30 à 90 degrés par rapport à l'axe de la colonne vertébrale (Hodgkinson and Dawson, 2007; Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013). Avant d'injecter le produit, il est recommandé d'effectuer un test d'aspiration (Hodgkinson and Dawson, 2007; Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013; Passler, Clarck-Price and Lin, 2022). Si l'aiguille est bien placée, une goutte déposée sur son col de l'aiguille est aspirée vers l'espace péri-dural, et l'injection se fait sans résistance.

Ce geste permet d'obtenir une zone d'insensibilisation couvrant au moins la zone périnéale et génitale (Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013) à partir de 15 minutes post-injection (Kamiloglu *et al.*, 2005; Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013). Celle-ci dure 30 minutes à deux heures (Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013) voire plus si elle est accompagnée d'une sédation, ce qui augmente aussi l'efficacité analgésique (Kamiloglu *et al.*, 2005; Guatteo, Holopherne and Fortineau, 2013). En France, la seule molécule avec AMM est la procaïne si la mention « anesthésie périnéurale » est présente dans les indications d'utilisation du RCP (*Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*, 2024).

I.3.2.3.2. Gestion de la douleur post-opératoire

Une méta-analyse recensant 21 articles met en évidence une élévation plus forte du cortisol sanguin et une augmentation des comportements douloureux pour les veaux ayant bénéficié d'une anesthésie locale, à la fin de la période d'action de celle-ci, par rapport à ceux n'en ayant pas reçu (Winder *et al.*, 2018). En revanche, la combinaison d'un anesthésique local avec un AINS révèle une meilleure prise en charge de la douleur post-écornage par rapport aux veaux n'ayant reçu qu'un anesthésique local seul. L'utilisation d'un anti-inflammatoire non stéroïdien pour prendre le relais de l'anesthésie du nerf cornual, est donc recommandée. Plusieurs études conseillent également l'utilisation d'AINS lors de la castration (Stafford *et al.*, 2002; Coetzee *et al.*, 2012; Van der Saag *et al.*, 2018). Bien que bénéfiques, ces molécules ne doivent pas être employées seules, par manque d'action sur la douleur aiguë (Reedman *et al.*, 2022).

L'utilisation de butorphanol est décrite pour la gestion de la douleur, cette molécule est souvent associée à la xylazine, que ce soit en intraveineux ou en intra-musculaire (Grøndahl-nielsen *et al.*, 1999; Seddighi and Doherty, 2016; Gittel *et al.*, 2021), et permet de réduire les doses tout en prolongeant l'effet analgésique et sédatif (Seddighi and Doherty, 2016). Cependant, il n'existe aucune spécialité avec

AMM en France, son emploi suit donc le principe de la cascade (*Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*, 2024).

I.3.2.3.3. Apports de la sédation

Afin de limiter le stress des veaux et faciliter leur contention avant les mutilations, une sédation est recommandée (Grøndahl-nielsen *et al.*, 1999; Coetzee, Gehring, *et al.*, 2010; Aupiais *et al.*, 2016). Les sédatifs possèdent également un effet analgésique, bien que souvent insuffisant s'ils sont utilisés seuls (*Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*, 2024).

En France, les α 2-agonistes tels que la xylazine et la détomidine ou un inhibiteur du R-NMDA du glutamate comme la kétamine ont une AMM pour les bovins (*Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*, 2024). Cependant, l'usage de la kétamine est réservé aux vétérinaires puisqu'elle est inscrite sur la liste des stupéfiants (*Arrêté du 19 janvier 2017 modifiant l'arrêté du 22 février 1990 fixant la liste des substances classées comme stupéfiants*, 2017; *Article R5132-74*, 2022; *Article R5132-76*, 2023) tandis que les α 2-agonistes peuvent être incorporés dans un protocole de soin. Il est possible d'associer ces deux molécules afin de réduire les doses administrées et de bénéficier d'une sédation de plus longue durée (Coetzee, Gehring, *et al.*, 2010).

I.3.2.4. Persistance d'une douleur chronique malgré les 3S

Il a été démontré que la douleur provoquée par la brûlure du fer à écorner peut persister plusieurs jours. En effet, les veaux présentent encore onze jours après ébourgeonnage une augmentation des comportements d'inconforts tels que de se gratter la tête avec leurs onglons ou sur une surface, secouer la tête, les oreilles ou la queue, donner des coups de pattes ou effectuer des transitions couché-debout répétées (Adcock, Cruz and Tucker, 2020). Ils présentent même une douleur à la pression de la zone d'ébourgeonnage jusqu'à trois semaines après l'acte malgré une anesthésie locale et un traitement anti-inflammatoire, bien qu'elle soit moins prononcée au fur et à mesure des jours (Adcock and Tucker, 2018). Un phénomène similaire a été mis en évidence pour la castration à l'élastique (Molony, Kent and Robertson, 1995). Les veaux de cette étude ont présenté une augmentation anormale des léchages aux niveau des organes génitaux jusqu'à quarante-huit jours après la pose de l'élastique. De telles augmentations ont aussi été observées pour les veaux castrés à la pince de Burdizzo et la castration chirurgicale jusqu'à respectivement trente-neuf et vingt-et-un jours après l'acte.

Plusieurs études ont aussi montré une augmentation de sensibilité tactile lors d'une stimulation autour des zones d'ébourgeonnage par des filaments de von Frey compatibles avec une allodynie, c'est-à-dire une douleur déclenchée par un stimulus

normalement indolore jusqu'à plus de huit semaines après écornage malgré un écornage au fer chaud et un protocole d'analgésie multimodale adapté avec sédation, anesthésie locale et anti-inflammatoire non stéroïdien (Mintline *et al.*, 2013; Mirra *et al.*, 2018; Casoni *et al.*, 2019).

Mirra *et al.* ont également mis en évidence un phénomène d'hyperalgésie, c'est-à-dire une augmentation de sensibilité à un stimulus nociceptif, jusqu'à trois semaines après écornage, avec le même protocole d'analgésie multimodale (Mirra *et al.*, 2018). Cependant, une autre étude ayant étudié les caractéristiques physiologiques et immunohistochimiques des nerfs des mêmes veaux que ceux utilisés par Mirra *et al.* ne parvient pas à mettre en évidence de particularités en faveur d'une neuropathie chronique comme cela pourrait être le cas en médecine humaine (Vidondo *et al.*, 2019).

Bilan de la partie I:

La gestion de la douleur lors de la castration et de l'ébourgeonnage semble s'améliorer dans les élevages français mais en regard des recommandations suivant le principe des 3S, il existe encore du progrès à effectuer par rapport à l'âge optimal, la technique employée et la médication apportée pour ces deux procédures. Certains éleveurs sont conscients de ces lacunes et plébiscitent différentes modalités de formations et sources de conseil afin de progresser dans ce domaine. Parmi les sources de conseil, le vétérinaire occupe une place importante pour l'éleveur, néanmoins un manque de communication semble exister entre ces deux acteurs. C'est dans ce contexte que ces travaux visent à mettre au point un outil de sensibilisation à la prise en charge de la douleur lors des gestes de mutilation des veaux via l'utilisation d'un robot conversationnel, abordé en partie II, et la création de mannequins d'entraînement aux gestes d'anesthésies locales à destination aussi bien des éleveurs que des étudiants vétérinaires, exposée en partie III.

Partie II : Développement d'un chatbot conversationnel pour sensibiliser et former les éleveurs sur la prise en charge de la douleur lors de l'écornage et de la castration des veaux

Cette partie se concentre sur la mise en place d'une formation à destination des éleveurs par robot conversationnel. Plus particulièrement, l'objectif était de sensibiliser les éleveurs sur la prise en charge de la douleur des bovins, notamment sur l'ébourgeonnage et la castration des veaux. Ce projet a été commandé par l'école vétérinaire de Nantes ONIRIS VetAgroBio, en partenariat avec l'association LIT Ouesterel.

II.1. Matériels et méthodes

II.1.1. Apprentissage par chatbot conversationnel

Un logiciel de type chatbot a déjà été conçu pour les travaux de thèse de Victor Martin avec l'aide de l'entreprise Askovet, dans le but de faciliter l'apprentissage d'un cours de pathologie locomotrice aux étudiants vétérinaires (Martin, 2023). Pour en apprendre plus sur cet outil, il est conseillé de se référer à sa thèse.

II.1.1.1. Principe du chatbot

Un chatbot (ou robot conversationnel) est un logiciel informatique avec lequel une personne peut converser par écrit en ayant l'illusion de dialoguer avec une personne "réelle" ('Chatbot', 2024). Dans le cadre de cette thèse, le chatbot est programmé par l'entreprise Askovet et est appelé "Doog". Il discute avec l'utilisateur, en alternant de courts paragraphes informatifs et des questions en suivant un scénario préconçu. Il y a un scénario par jour pendant cinq jours. L'interaction se produit la plupart du temps sous forme de questions à choix multiples (Figure 15), l'utilisateur doit alors cliquer sur la réponse qu'il choisit, et parfois sous forme de questions à réponse ouverte courte (Figure 16) dont les réponses sont analysées via un système de mots-clefs. La suite de la conversation est adaptée aux choix de l'utilisateur, ce qui est intéressant pour un éleveur afin de donner des exemples concrets, en accord avec les situations que celui-ci peut rencontrer lors de son activité professionnelle. Entre autres, les éleveurs n'auront pas toujours les mêmes situations selon leur activité d'élevage, laitière ou allaitante. À la fin de chaque scénario journalier, un e-mail bonus approfondissant un thème abordé est envoyé au participant.

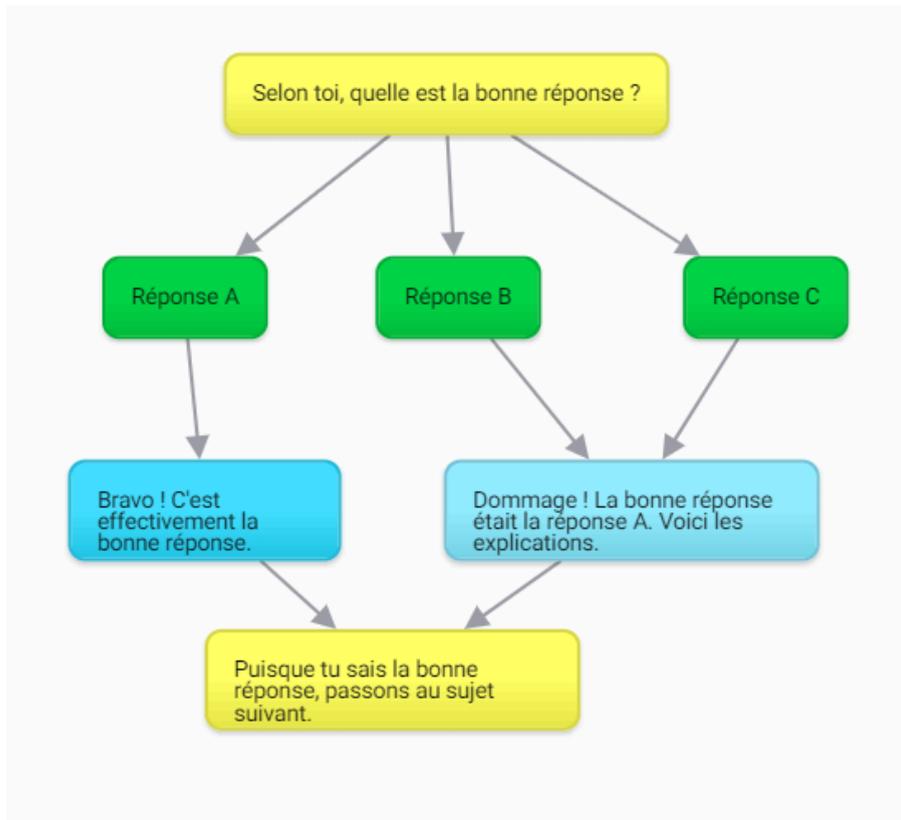


Figure 15 : Exemple de question à choix multiple type présente dans le chatbot

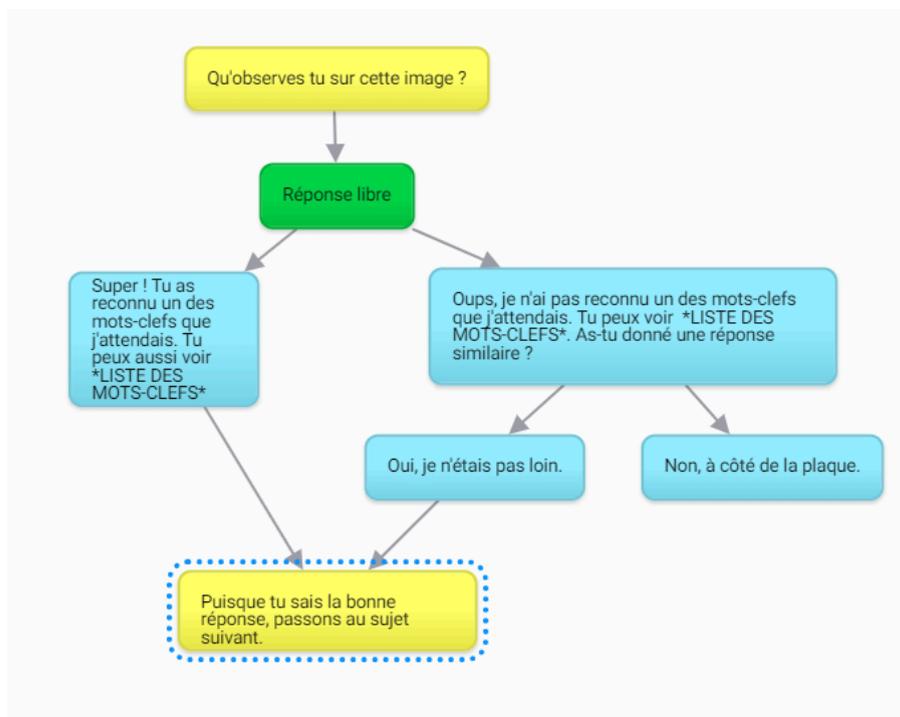


Figure 16 : Exemple de question à réponse ouverte courte type présente dans le chatbot

II.1.1.2. Bénéfices de l'utilisation d'un chatbot pour la formation des éleveurs

L'utilisation d'un tel outil présente plusieurs avantages pour les éleveurs.

Tout d'abord, il peut être massivement diffusé auprès de ceux-ci par système de messagerie électronique puisqu'il ne nécessite pas d'enseignant "physique". Cela permet d'envisager une opération de sensibilisation à la prise en charge de la douleur, débouchant sur la possibilité d'inscription à une formation pratique, en présentiel, pour les éleveurs intéressés.

Ensuite, l'emploi du temps des agriculteurs étant très rempli, il leur est difficile de pouvoir se libérer, une demi-journée par exemple, pour assister à une formation. Pour les éleveurs laitiers, cela est d'autant plus dur puisque certaines activités, comme la traite deux fois par jour tous les jours, ne peuvent être évitées. Ce type de formation assure une liberté d'horaire. En effet, étant constitué d'un module par jour, du lundi au vendredi, soit cinq modules et chacun de ces modules étant d'une durée d'environ cinq minutes, elle peut être réalisée à une heure arrangeante, sur place dans la ferme. De fait, plus de la moitié des élèves ayant suivi le chatbot sur les pathologies locomotrices de Martin Victor attribue leur principale motivation au format court de celui-ci (Martin, 2023).

Par ailleurs, ce court format présente un autre avantage, il permet de maximiser la concentration. En effet, de par la quantité de choses à réaliser et à prévoir dans une entreprise agricole, les éleveurs laitiers avouent subir une forte charge mentale en raison du nombre de tâches à gérer (chantiers d'ensilage, soin des bêtes, gestion économique, gestion administrative, etc.) (Beguin, Hostiou and Jacquot, 2022). La surcharge cognitive est connue pour impacter négativement la concentration dans une tâche donnée et donc par exemple le processus d'apprentissage (Kirsh, 2000). Un court format quotidien est une solution pour améliorer la concentration et la motivation dans ces conditions, c'est le principe du microlearning (Sözmen, Karaca and Batı, 2023). Cependant, un emploi du temps chargé semble favoriser une moindre participation à ce type de formation, au vu des retours reçus sur le chatbot pathologies locomotrices (Martin, 2023).

De plus, cet outil est interactif. Il demande une participation active de la part de l'apprenant, ce qui maximise la mémorisation (Voss *et al.*, 2011).

Enfin, l'aspect bienveillant des réponses est apprécié par l'utilisateur. En effet, c'est un des retours majoritaires reçu sur le chatbot pathologie locomotrice (Martin, 2023).

II.1.1.3. Limites de ce logiciel

Bien que présentant plusieurs avantages, le chatbot n'est pas un outil parfait. En effet, celui-ci présente plusieurs inconvénients, certains inhérents aux formations en ligne.

En premier lieu, il ne permet pas la discussion entre élèves, vectrice du partage d'expérience et très appréciée de ceux-ci. En effet, l'argument prononcé par un pair a plus tendance à être accepté que celui énoncé par une personne tierce par un biais de favoritisme intragroupe ('Groupes interne et externe (sociologie)', 2024).

Deuxièmement, ce format nécessite une participation quotidienne. Pour une raison ou une autre, un agriculteur peut manquer de temps ou simplement oublier de se connecter un jour. Pour pallier ce problème, quelques heures après avoir reçu le sms de la formation du jour, un e-mail de rappel est envoyé à l'utilisateur s'il ne s'est pas connecté. De plus, les journées sont rattrapables dès le lendemain.

Ensuite, comme exposé dans la partie précédente, le principal avantage du micro-learning est son court format. Cependant, cela peut aussi être vu comme un inconvénient. En effet, il n'est pas possible de dispenser suffisamment de connaissances pour maîtriser le sujet. C'est pourquoi, dans le cadre de ces travaux, le chatbot est conçu en tant qu'outil de sensibilisation, pour inciter les élèves à se former.

Dernièrement, les formations en e-learning ne permettent pas d'assurer un retour pour aider un élève lorsqu'il a une question ou présente une incompréhension en raison de l'absence de « professeur ». De la même manière, il est très difficile d'évaluer l'impact de la formation sur l'acquisition des compétences de l'apprenant.

II.1.2. Mise en place du chatbot

II.1.2.1. Démarche ADDIE

La conception du chatbot suit une démarche ADDIE. C'est l'acronyme des différentes étapes, dans l'ordre, d'élaboration du chatbot. Elles signifient Analyse, Définition, Développement, Implémentation et Évaluation.

L'étape d'analyse correspond à l'identification, la récolte et l'analyse des données nécessaires à la conception du chatbot. Dans notre cas, les attentes des élèves à propos d'une formation en ligne sur la douleur lors des gestes de mutilation. L'étape de définition, aussi appelée de design, permet d'établir la stratégie de formation avec la conception du cahier des charges et du scénario pédagogique. L'étape de développement se concentre sur la rédaction du script de

la formation et des médias associés. L'implémentation correspond au déploiement de la formation aux apprenants. Enfin, l'évaluation se concentre sur l'efficacité réelle de la formation par rapport à l'objectif stratégique fixé dans l'étape de définition.

II.1.2.2. Conception d'un cahier des charges

La conception du cahier des charges sert de cadre au projet en définissant un objectif stratégique et un calendrier en accord entre Oniris et le prestataire (Askovet). Il représente les deux premières étapes d'analyse et de définition de la démarche ADDIE.

II.1.2.2.1. Contexte du projet

Le chatbot « Doog » portant sur la prise en charge de la douleur et ayant pour fil rouge l'écornage est antérieur aux travaux de cette thèse. Celui-ci existe en deux versions, une pour les éleveurs et une pour les vétérinaires, toutes deux en cinq modules (un par jour, du lundi au vendredi) de cinq à sept minutes chacun. L'objectif des travaux n'a donc pas été de concevoir un chatbot mais d'aménager le script pré-existant conçu pour les éleveurs afin de répondre à plusieurs objectifs :

- réduire la durée journalière des apprentissages. En effet, l'aspiration d'Askovet est de produire des formations d'environ cinq à sept minutes par jour. L'expérience utilisateur a rapporté des durées plus longues. En chronométrant le temps nécessaire pour réaliser les scénarios en entier, seul le jour quatre semble adapté avec une durée d'environ cinq minutes et trente secondes. Les autres jours mettent environ sept minutes à plus de dix minutes pour être complétés ;
- intégrer l'équivalent d'une journée d'apprentissage, soit cinq à sept minutes, sur les bonnes pratiques de castration des bovins. L'idée étant de sensibiliser les éleveurs à arrêter la castration à l'élastique ;
- adapter les e-mails bonus quotidiens pour qu'ils soient plus adaptés aux nouveaux scénarios.

II.1.2.2.2. Création d'un questionnaire pour cibler les attentes des éleveurs

Comme évoqué dans la partie précédente, afin d'adapter au mieux cette formation aux demandes de la population cible, c'est-à-dire les éleveurs de bovins, un questionnaire (Annexe I) leur a été distribué via plusieurs pages facebook avec une relance. N'ayant reçu que 33 réponses, seules les idées les plus citées ont été retenues :

- Les éleveurs appréhendent plus l'écornage que la castration
- Il existe une méconnaissance globale des analgésiques et sédatifs ainsi que leurs indications et posologies
- La plupart ne sont que partiellement au fait sur la législation concernant les mutilations

- Les formations en ligne présentent l'avantage d'offrir une liberté horaire pour leur réalisation mais ne permettent pas un échange entre éleveurs
- Une formation aux gestes techniques via un atelier permettrait de compléter ce type de formation. Une possibilité de s'inscrire à une telle formation en présentiel est justement proposée à la fin des cinq modules Celle-ci peut s'appuyer sur des mannequins de veaux comme ceux proposés dans la partie III ou des veaux vivants.

II.1.2.2.3. Objectif stratégique et modalités de formation

En prenant en compte les réponses des éleveurs au questionnaire ci-dessus et les objectifs de refonte du chatbot exposés en partie II.1.2.2.1, le cahier des charges a pu être mis en place. Il a pour objectif stratégique :

« Améliorer le bien-être des bovins lors de procédures sensibles telles que l'écornage et la castration, mettre en œuvre des pratiques basées sur des approches modernes de gestion de la douleur, contribuant ainsi à une agriculture plus éthique et respectueuse du bien-être animal ».

Pour répondre à cet objectif, les éleveurs suivront cinq formations de cinq à sept minutes, une par jour, chacune sur un thème bien défini. Étant donné la modalité « en ligne » de la formation, une contrainte matérielle existe. En effet, la disposition d'un appareil connecté tel qu'un ordinateur, un téléphone ou une tablette est nécessaire, ainsi qu'une adresse e-mail.

II.1.2.2.4. Calendrier

Un calendrier des différentes échéances prévues dans la conception du chatbot a été mis en place :

- Période d'analyse (questionnaire) : octobre à début janvier 2023
- Validation du dispositif et mise en place du cahier des charges : 25 janvier 2023
- Design de la formation : fin janvier
- Envoi de la première version : mi-février
- Validation de la première version : fin février
- Envoi de la seconde version : début mars
- Validation de la seconde version : mi-mars
- Date de test Askovet : mi-mars
- Date de test externe : fin mars
- Intégration : fin mars
- Date de lancement : mars-avril 2024, possibilité jusqu'à fin d'été 2024

II.1.3. Développement du chatbot

Le développement du chatbot a majoritairement été réalisé par Alexis Augeron, étudiant vétérinaire en dernière année à ONIRIS VetAgroBio et Marie Petit, ingénieure pédagogique chez Askovet. Alexis Augeron s'est majoritairement occupé de la récolte de références bibliographiques et de l'organisation des différents modules tandis que Marie Petit s'est principalement employée à la rédaction et la mise en forme informatique.

À la fin de chaque étape, une réunion est organisée avec Alexis Augeron, l'équipe d'Askovet et Raphaël Guatteo, enseignant-chercheur à ONIRIS VetAgroBio et supervisant le projet, afin de mettre en commun les idées et pistes d'améliorations.

II.1.3.1. Support de travail

Toutes les étapes de développement du chatbot se sont effectuées sur Bubblus (<https://bubbl.us/>), un site internet permettant la création de bulles colorées contenant un texte et que l'on peut relier entre elles pour créer une suite logique.

L'avantage de ce support de travail était de pouvoir créer les bulles de dialogue du chatbot et de les connecter pour visualiser le fil de la conversation que l'utilisateur aura, ainsi que les chemins qu'il peut emprunter selon ses choix. (Figure 15 dans la partie II.1.1.1.).

Il permet aussi par son système de couleur de personnaliser les remarques que chacun des « auteurs » peut faire. Ainsi, il est possible de directement dialoguer via l'interface du site lors de phases de réflexion sur un système de carte mentale.

II.1.3.2. Objectifs pédagogiques

Afin d'organiser le script des scénarios quotidiens, la définition d'objectifs pédagogiques est nécessaire. Ils permettent d'instaurer un thème par jour avec un objectif principal se déclinant en plusieurs compétences à acquérir.

En s'appuyant sur les anciens objectifs pédagogiques, de nouveaux ont pu être mis en place. Certains objectifs ont été ajoutés pour être plus en accord avec notre cahier des charges ou objectifs de refonte, entre autres sur la castration. D'autres ont été rassemblés pour plus de cohésion et permettre ainsi un gain de temps quotidien. Par exemple, les objectifs sur les anti-inflammatoires non stéroïdiens ont été rassemblés. Enfin, certains objectifs ont été raccourcis voire retirés car plus éloignés des thèmes de la castration et de l'écornage, également dans un souci de gain de temps.

La liste de l'ensemble des objectifs pédagogiques de la formation en ligne, anciens comme nouveaux, est présentée dans le tableau X.

Tableau X : Anciens objectifs pédagogiques (à gauche) et nouveaux objectifs pédagogiques (à droite) du chatbot

Module	<ul style="list-style-type: none"> ● Thème du module <ul style="list-style-type: none"> ○ Objectif principal <ul style="list-style-type: none"> ■ Compétences à acquérir dans le module 	<ul style="list-style-type: none"> ● Objectif principal <ul style="list-style-type: none"> ○ Compétences à acquérir dans le module
Jour 1	<ul style="list-style-type: none"> ● La douleur au quotidien <ul style="list-style-type: none"> ○ Connaître les situations à risque de douleur chez les bovins afin de mieux la prévenir <ul style="list-style-type: none"> ■ Redonner une place centrale à la douleur en élevage ■ Comparer ses propres perceptions de la douleur au quotidien aux publications scientifiques ■ Distinguer la douleur non prévue (type maladie) de la douleur prévisible des interventions de mutilation ■ Connaître le cadre législatif de l'écornage ■ Connaître les notions de durée et d'intensité de la douleur 	<ul style="list-style-type: none"> ● Être capable de repérer et d'évaluer la douleur chez les bovins <ul style="list-style-type: none"> ○ Je suis capable de classer les interventions stressantes et douloureuses ○ Je suis capable de repérer quand un bovin souffre ○ Je suis capable d'évaluer l'intensité de la douleur ressentie par un bovin en utilisant une échelle
Jour 2	<ul style="list-style-type: none"> ● L'expression de la douleur chez les bovins <ul style="list-style-type: none"> ○ Reconnaître les signes de la douleur chez les bovins pour la prendre en charge de manière adaptée <ul style="list-style-type: none"> ■ Bien prendre conscience que les bovins peuvent souffrir ■ Savoir évaluer la douleur ■ Application au cas de l'écornage ■ Comprendre l'anatomie de la corne, et son évolution avec l'âge. Introduire l'intérêt des anti-inflammatoires non stéroïdiens 	<ul style="list-style-type: none"> ● Connaître la réglementation en matière de douleur chez les bovins dans le cadre de l'écornage ou de la castration <ul style="list-style-type: none"> ○ Je suis capable de me référer à la réglementation dans ma pratique ○ Je suis capable de mentionner l'âge auquel est obligatoire l'analgésie chez le veau ● Identifier l'intérêt physique et physiologique d'une prise en charge de la douleur chez le veau <ul style="list-style-type: none"> ○ Je suis capable de distinguer les potentielles complications lors de l'écornage et de la castration selon l'anatomie du veau ○ Je suis capable d'expliquer en quoi la douleur altère négativement le veau
Jour 3	<ul style="list-style-type: none"> ● Mécanismes de la douleur et introduction du concept 3S 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prendre en charge la douleur le plus précocement possible <ul style="list-style-type: none"> ○ Je suis capable d'identifier l'origine de la douleur

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Intégrer la nécessité de prendre en charge la douleur le plus précocement possible <ul style="list-style-type: none"> ■ Savoir que la douleur inflammatoire est un mécanisme néfaste et peut être évitée ■ Questionner l'éleveur sur ses habitudes de médication au quotidien pour déclencher une prise de conscience ■ Connaître les conséquences d'une douleur mal gérée ■ Appliquer la règle des 3S au quotidien pour s'auto-contrôler 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Je suis capable de différencier les signes de douleur en fonction de leur précocité ou chronicité ○ Je suis capable de mentionner quand et pendant combien de temps doit être appliquée l'analgésie multimodale ○ Je suis capable d'appliquer la règle des 3S à l'écornage et la castration
Jour 4	<ul style="list-style-type: none"> ● Intérêts de la prise en charge de la douleur chez les animaux d'élevage <ul style="list-style-type: none"> ○ Comprendre que prendre en charge la douleur dans les opérations de convenance est un bénéfice à tous niveaux dans l'élevage <ul style="list-style-type: none"> ■ Comprendre les intérêts dans la prise en charge de la douleur (médical, productif, économique, zootechnique) ■ Intégrer la prise en charge de la douleur dans le cadre du bien-être animal ■ Utiliser les anti-inflammatoires non stéroïdiens sur des problématiques douloureuses variées ■ Introduction aux techniques d'écornage 	<ul style="list-style-type: none"> ● Comprendre les intérêts économiques de la prise en charge de la douleur chez les animaux d'élevage <ul style="list-style-type: none"> ○ Je suis capable de calculer les pertes coûts engendrés par un écornage ou une castration non soulagés ○ Je suis capable de reconnaître et juger l'origine des dégradations de performances zootechniques qu'un manque de prise en charge de la douleur peut engendrer
Jour 5	<ul style="list-style-type: none"> ● Rappel et fin : les bonnes pratiques d'écornage <ul style="list-style-type: none"> ○ Savoir recommander les bonnes pratiques d'écornage en élevage et orienter ses éleveurs vers des formations et accompagnements spécifiques <ul style="list-style-type: none"> ■ Savoir choisir l'âge le plus pertinent pour l'écornage (réglementation, bonnes pratiques d'élevage, périodes à risque) ■ Utiliser le matériel adapté ■ Utiliser des méthodes analgésiques (Protocole analgésique complet) ■ S'auto-évaluer sur ses pratiques actuelles 	<ul style="list-style-type: none"> ● Apprécier les bonnes pratiques d'écornage et de castration et leurs avantages <ul style="list-style-type: none"> ○ Je suis capable de choisir quelles molécules je vais utiliser ○ Je suis capable de choisir quelle technique je vais utiliser ○ Je suis capable de comprendre l'avantage de ces bonnes pratiques

II.1.3.3. Élaboration des scénarios pédagogiques

Les scénarios pédagogiques correspondent au plan d'action de chaque module, ils s'appuient sur les objectifs pédagogiques en détaillant le contenu pédagogique et les médias permettant d'atteindre les compétences à acquérir ainsi qu'en définissant les modalités d'évaluation des dites compétences. La comparaison des différents scénarios pédagogiques permet aussi d'équilibrer les durées de chaque journée. C'est à cette étape que sont choisis les e-mails bonus.

II.1.3.4. Incorporation des médias

Les médias représentent tous les supports visuels employés au cours de la formation. Il peut s'agir de photographies, de vidéos, de tableaux, de schémas ou encore d'infographies.

Un certain nombre de ces médias a été récupéré depuis l'ancien chatbot et incorporé dans celui-ci tandis que d'autres ont été produits en compilant les données de plusieurs recherches bibliographiques.

II.1.3.5. Rédaction du script du chatbot

Selon le dictionnaire Le Robert, un script est un « scénario (d'un film, d'une émission, ...), comprenant le découpage technique et les dialogues » (*Le Robert - Dico en ligne*, 2024). Par analogie, le script du chatbot comprend la rédaction de toutes les bulles de dialogue et l'enchaînement logique de celles-ci en fonction des choix de l'utilisateur. Cette étape est majoritairement réalisée par l'ingénieur pédagogique d'Askovet : Marie Petit.

II.1.4. Implémentation

Une fois toutes les étapes du développement terminées, le script est codé par l'équipe d'Askovet pour obtenir la première version du chatbot. Après une phase de test interne à l'entreprise, une seconde phase de test externe est réalisée par Raphaël Guatteo et Alexis Augeron pour apporter des corrections et ainsi donner la version finale. Mille licences de cette version finale vont être distribuées par le LIT Ouesterel à ses partenaires en fin d'année 2024. La possibilité de réserver quelques-unes de ces licences à des élèves de lycée agricole est aussi étudiée.

II.1.5. Évaluation

La dernière étape de la démarche ADDIE est l'évaluation. À ce jour, seules quelques questions présentes à la fin du premier module et du cinquième module sont présentes. Les autres modalités envisagées sont présentées en discussion.

II.2. Résultats

Étant donné l'absence d'évaluation au moment de la rédaction de ces travaux, les résultats présentés dans les paragraphes ci-dessous ne se réfèrent qu'aux objectifs énoncés en début de partie II.1.

II.2.1. Conformité aux attentes des éleveurs

Les principales attentes des éleveurs sont exposées dans la partie II.1.2.2.2, elles sont extraites du questionnaire envoyé préalablement au travail de refonte du chatbot.

II.2.1.1. Attentes des éleveurs relatives au contenu

Les éleveurs ont présenté plus de craintes à propos de l'ébourgeonnage que de la castration des veaux. Ainsi, il a été choisi de principalement mettre l'accent sur ce sujet au cours de la formation. En effet, 195 bulles de dialogue se réfèrent uniquement à la pratique de l'ébourgeonnage soit 31,8% du total des bulles ou 37,4% si l'on retire les bulles structurelles, par exemple les bulles de salutations en début et fin de module, d'évaluation de la formation ou encore de préférences. 117 bulles de dialogue traitent uniquement de la castration soit 19,1% du total des bulles ou 22,5% des bulles structurelles. Il y a 59 bulles abordant indifféremment le thème de la douleur chez les bovins (dont ces deux procédures) et 50 bulles ne traitant spécifiquement pas de ces procédures, hors bulles structurelles.

Ils ont également fait part de leur méconnaissance globale sur la pharmacologie. C'est pourquoi ce thème a été approfondi par rapport à la précédente version. Par exemple, un schéma explicatif des mécanismes d'action des différentes molécules utilisables a été mis au point pour éviter les confusions ou encore un tableau comprenant les principales molécules avec leurs indications, posologies, voies d'administrations et leur pharmacocinétique. Dans l'optique que ce tableau puisse leur servir, il leur est proposé de le recevoir par e-mail afin de pouvoir le télécharger ou l'imprimer et s'y référer sur le terrain.

La plupart jugeaient également manquer de connaissances sur la législation, peu de changements ont été effectués sur ce point par rapport à l'ancienne version, estimée très correcte.

II.2.1.2. Attentes des éleveurs relatives à la forme

Les deux principaux aspects avantageux d'une telle formation selon les éleveurs sont son format court et le fait qu'elle soit réalisable à n'importe quelle heure de la journée. Le choix d'effectuer un court format a été respecté puisque l'ensemble de la formation se réalise en un peu moins de 38 minutes, ce qui représente moins de 8 minutes par jour en moyenne. Le choix de recevoir le lien de

participation aux formations par sms permet d'effectuer les modules en tout lieu et à toute heure dans un moment de temps libre par exemple, à condition que le réseau internet soit disponible.

Au contraire, ils préfèrent les formations où la possibilité d'échanges avec d'autres éleveurs est possible. Ce n'est pas le cas pour une formation en ligne. De même, en réponse au questionnaire, certains éleveurs ont émis la crainte de ne pas pouvoir poser une question s'ils ne comprennent pas un concept. En revanche, l'idée d'une communauté en ligne pour échanger sur cette formation pour pallier au premier problème, ainsi qu'une option pour communiquer avec une personne réelle en capacité de répondre aux interrogations pour le second sont étudiées et présentées en discussion. Dans la même optique, deux e-mails bonus sont des témoignages vidéos d'éleveurs (Tableau XI). Ainsi, même s'ils ne peuvent pas directement converser avec eux, les éleveurs participants à la formation peuvent recueillir les avis de leurs pairs.

II.2.2. Conformité aux objectifs de refonte

Les objectifs de refonte du chatbot sont exposés dans la partie II.1.2.2.1.

II.2.2.1. Objectifs de refonte relatifs au contenu

Un des objectifs primordiaux de la refonte du chatbot est l'intégration de l'équivalent d'un module, soit 20% de la formation, sur la sensibilisation à la prise en charge de la douleur lors de la castration des veaux. Avec 176 bulles de dialogues évoquant directement ou non la castration, cet objectif est plus que rempli. En effet, 254 bulles se réfèrent directement ou indirectement à l'ébourgeonnage et 50 ne se réfèrent spécifiquement à aucun des deux. 33,7% de la formation est donc au moins en partie axée autour de la castration. De plus, il a été choisi d'insister particulièrement sur les différentes méthodes existantes et notamment les avantages et inconvénients de chacune afin de sensibiliser au maximum les éleveurs sur la douleur infligée lors de la castration à la pince et à fortiori sur la castration à l'élastique. Une démarche équivalente a été conservée pour l'ébourgeonnage puisque cet aspect était déjà traité avant la refonte.

D'autre part, il a été choisi d'adapter les e-mails bonus pour que ceux-ci correspondent davantage au contenu du module. Par exemple, la Cow Pain Scale est envoyée par e-mail à la suite au premier module abordant l'intensité de la douleur (Tableau XI).

Tableau XI : Thème et contenu de chaque e-mail bonus

Numéro du module	Thème de l'e-mail bonus	Média
1	Scorer la douleur des bovins	Cow Pain Scale et Échelle UNESP Botucatu
2	Comparer ses pratiques d'écornage	Témoignages vidéo
3	Récapitulatif des 3S	Tableau récapitulatif sur la réalisation de l'analgésie multimodale
4	Paroles d'éleveurs : quels avantages à traiter la douleur chez les bovins ?	Témoignages vidéo
5	Récapitulatif de la semaine	Figures, tableaux et textes

II.2.2.2. Objectifs de refonte relatifs à la forme

Comme précédemment exposé, une attention particulière a été portée quant à la durée de chaque module. En effet, les durées de chaque module ont été reportées dans le tableau XII.

Tableau XII : durée de chaque module

Numéro du module	Durée approximative du module
1	7 minutes et 10 secondes
2	9 minutes et 45 secondes
3	7 minutes et 10 secondes
4	7 minutes et 50 secondes
5	5 minutes et 50 secondes

La précédente version avait dépassé l'objectif de durée fixé à cinq à sept minutes pour la plupart des modules. Dans ces travaux, cette durée n'a également pas été respectée, sauf pour le cinquième module. Cependant, parmi les quatre autres modules, trois dépassent de moins d'une minute la limite, ce qui est considéré comme correct étant donné que les tests ont été effectués avec une vitesse de lecture pouvant être qualifiée de « lente ». Ainsi, seul le module numéro 2 dépasse franchement le seuil de sept minutes, mais celui-ci comporte beaucoup

d'illustrations et c'est le temps passé à étudier celles-ci qui augmente la durée de la journée. C'est pourquoi il a été choisi de ne pas retirer de contenu à cette journée.

Enfin, le calendrier a été respecté. Mis à part le lancement prévu pour fin 2024, chaque étape a été réalisée avant les dates butoir.

II.3. Discussion

II.3.1. Modalités d'évaluation du chatbot

Comme évoqué en partie II.1.5, la seule modalité d'évaluation implémentée au moment de la rédaction de cette thèse est un questionnaire « à chaud » sous la forme de bulles de questions directement intégrée à la fin des scripts des modules 1 et 5. D'autres modalités d'évaluation sont étudiées et présentées dans les paragraphes ci-dessous.

II.3.1.1. Évaluation statistique du chatbot

Tout d'abord, il est possible d'évaluer la formation par l'étude de ses statistiques. Le taux d'inscription permettrait d'apprécier l'intérêt du public pour la formation, il n'évalue cependant que le nombre de personnes ayant effectué la démarche de s'inscrire en ligne mais ne donne aucune information sur la participation et l'engagement réel de la formation. C'est pourquoi le taux de participation, c'est-à-dire le nombre d'inscrits ayant lancé la formation au moins une fois, renseigne déjà plus sur la motivation initiale pour la formation. Pour compléter les données il est aussi possible de s'intéresser au taux d'engagement, rendant compte de la persistance des participants au fil des modules. Ainsi, il est possible d'évaluer si des participants ont décroché et à quel moment de la formation. Par exemple, en imaginant un nombre hypothétique important de décrochage entre le module X et le module X+1, une réflexion peut être menée pour comprendre son origine.

L'intérêt et l'engagement pour la formation peut aussi s'évaluer en termes de taux de demande des e-mails bonus. En effet, ceux-ci sont représentatifs de la curiosité des apprenants sur un sujet donné et donc bien de l'intérêt porté vers le thème du module. Ce taux est d'autant plus intéressant s'il existe une grande disparité entre les journées. Par exemple, s'il existe un faible taux de demande d'e-mail bonus pour le module X seulement, il est envisageable que le thème abordé ne soit pas le plus adapté pour la formation et donc marqué d'un désintérêt. À l'inverse, si un e-mail bonus est particulièrement demandé par rapport aux autres, il est aussi possible que le thème n'ait pas été assez abordé ou ne soit pas suffisamment compréhensible. Dans un autre cas de figure, il est aussi envisageable que le nombre de demande d'e-mail bonus chute fortement après le module X et ne

remonte pas sur les modules suivants. Dans ce cas, il est vraisemblable que le format des e-mails bonus ne soit pas adapté et ne plaise pas aux apprenants. Le taux de demande des e-mail bonus peut tout aussi bien être comparé au taux d'engagement confirmant un éventuel décrochage.

II.3.1.2. Évaluation qualitative du chatbot

Comme énoncé en introduction de cette section, une évaluation qualitative du chatbot par les apprenants est déjà partiellement implémentée. Quelques questions sont présentes à la fin du premier et du dernier module sous forme de questionnaire de satisfaction pour obtenir une réaction « à chaud » des apprenants sur leur ressenti par rapport au contenu de la formation. Cependant, ce type d'évaluation est susceptible de subir un biais de participation. En effet, il est fort probable que les personnes motivées pour y répondre soient majoritairement les apprenants motivés à continuer la formation et non pas ceux ayant abandonné avant d'arriver à ces questions. Ce qui est surtout vrai pour le questionnaire à la fin du cinquième module.

Pour obtenir des avis des personnes n'ayant pas fait la formation dans son entièreté, il est envisageable de leur faire parvenir un questionnaire par sms ou par e-mail. Les différentes justifications exposées permettraient alors d'améliorer le chatbot. Néanmoins, dans ce cas aussi, il est très probable que le taux de réponse soit faible.

II.3.1.3. Évaluation de l'efficacité du chatbot

Il est difficile de parler d'efficacité pour le chatbot puisqu'il s'agit avant tout de sensibiliser les élèves à la prise en charge de la douleur. Cependant, il est tout de même pertinent de mesurer à quel point les apprenants ont retenu les informations dispensées au cours des différents modules afin d'apprécier si celles-ci ont été suffisamment bien amenées et de manière suffisamment compréhensible.

Pour cela, il est possible d'imaginer des quizz disponibles à la fin de chaque module sur le thème du jour. Ce type d'évaluation est intéressant pour juger de l'efficacité immédiate des modules par rapport à la sensibilisation des élèves. Ils présentent aussi l'avantage de favoriser la mémorisation en faisant « réviser » les notions tout juste abordées. En revanche, il y a aussi des contreparties. Premièrement, cela rallonge le temps pour compléter chaque module de quelques minutes. Ensuite, il se peut que ces quizz ne soient pas appréciés de tous les apprenants. Ces deux points peuvent alors avoir tendance à faire baisser le taux d'engagement.

Une alternative est d'effectuer un quizz plusieurs jours après la fin de la formation comme ce qui a été effectué par Martin avec le chatbot sur les boiteries des bovins (Martin, 2023). Effectivement, une évaluation finale des étudiants

vétérinaires inscrits à la formation a été mise en place plusieurs jours après la fin de celle-ci. Cependant, cette évaluation a été réalisée durant une séance de travaux dirigés à laquelle les étudiants sont obligés d'assister. Le taux de participation à l'évaluation est donc de 100%. Dans le contexte des travaux de cette thèse, il n'est pas envisageable d'obtenir un tel taux de réponse puisque ce quizz serait envoyé par mail ou par sms et la réponse ne dépendant que du bon vouloir de l'apprenant.

Enfin, plus anecdotiquement, il est possible d'évaluer les chemins empruntés par les éleveurs ayant réalisé le chatbot. En effet, certains sujets abordés dans un module peuvent être de nouveau mentionnés dans un module suivant, accompagnés d'une question afin d'évaluer à quel point a été mémorisée cette notion. Il est alors possible de quantifier le taux de bonne réponse à ces questions.

II.3.2. Modalités d'échange à propos de la formation

II.3.2.1. Échange avec d'autres éleveurs

Comme exposé dans la partie II.1.2.2.2, les éleveurs regrettent le manque d'échange avec leurs pairs dans les formations en ligne. Actuellement, aucune modalité dans le chatbot ne permet de répondre à cette demande.

L'option de créer un groupe entre les participants ou entre les partenaires du LIT Ouesterel a été évoquée pour leur permettre de communiquer entre eux. Une autre option envisagée est de proposer l'inscription à une formation en présentiel à l'issue du cinquième module, permettant d'une part d'apprendre les techniques présentées au cours du chatbot ainsi que d'approfondir les connaissances en matière de gestion de la douleur et d'autre part de fournir le lien social demandé.

II.3.2.1. Échange avec un expert

Il existe également une demande de communication avec un expert pour répondre aux questions sur d'éventuelles incompréhensions de notions abordées au cours de la formation.

L'éventualité de laisser à disposition les coordonnées d'un ou plusieurs vétérinaires est en réflexion mais se pose le problème de la disponibilité. En effet, il est fort probable qu'avec une telle modalité, le ou les experts reçoivent une grande quantité de questions. Ce qui ajoute une charge de travail supplémentaire aux vétérinaires volontaires. De plus, il n'est pas assuré que la réponse parvienne à l'éleveur dans un laps de temps qui lui convienne, ce qui rend, au final, cette modalité inutile.

Il est également possible d'ajouter un encadré en fin de formation où les éleveurs peuvent y inscrire leurs incompréhensions. Cependant, le même problème se pose. Il n'est, en effet, pas garanti que le nombre d'interrogations soit moindre et à cela s'ajoute le fait que l'éleveur doit se souvenir de toutes ses incompréhensions rencontrées au cours de la semaine. De fait, il ne semble pas exister de solution pour cette demande.

Bilan de la partie II:

Le microlearning est une méthode d'apprentissage très adaptée à l'emploi du temps très souvent chargé des éleveurs bovins pour les sensibiliser à la prise en charge de la douleur lors de gestes de mutilation des veaux. C'est dans ce contexte que la refonte d'un chatbot a été effectuée, notamment en y ajoutant des éléments sur la castration, tout en respectant les attentes des éleveurs.

En suivant les différentes étapes de la démarche ADDIE, cette refonte a pu être effectuée. Malgré un manque d'évaluation consécutif à une incompatibilité avec le calendrier de distribution du chatbot, les différents objectifs fixés lors de la conception du cahier des charges et les attentes des éleveurs ont été dans l'ensemble respectés.

Différentes modalités d'évaluation sont donc actuellement en réflexion afin d'être implémentées au moment de la distribution de ce robot conversationnel dans le but d'obtenir un retour critique et ainsi améliorer celui-ci.

Partie III : Conception de mannequins d'apprentissage aux gestes d'anesthésie du nerf cornual et du cordon testiculaire dans le cadre de l'écornage et de la castration des veaux

Cette troisième et dernière partie s'intéresse à la conception de deux mannequins d'apprentissage aux gestes d'anesthésie locale utiles à l'ébourgeonnage et à la castration des veaux dans le cadre du principe « Soulager » de la règle des 3S. L'objectif final est de mettre ces deux simulateurs à disposition des étudiants vétérinaires dans la salle Virtual Vet d'ONIRIS VetAgroBio. L'atelier de réalisation d'une anesthésie du nerf cornual peut également être proposé à des organismes de formations pour apprendre le geste aux éleveurs lors de journées d'apprentissage afin qu'ils le pratiquent en autonomie par la suite.

III.1. Mise en place de mannequins pour l'entraînement des étudiants vétérinaires aux gestes d'analgésie du nerf cornual et du cordon testiculaire

Les travaux de cette thèse poursuivent ceux de Marie Masselot (Masselot, 2019), ayant notamment réalisé un mannequin de tête de veau pour l'entraînement au geste d'anesthésie du nerf cornual. Pour en savoir plus sur ces simulateurs, il est conseillé de se référer à sa thèse.

III.1.1. Définitions

Selon la Haute Autorité de Santé : « La simulation en santé est une méthode de formation. Elle permet de réaliser une action d'évaluation et d'amélioration des pratiques et de gestion des risques ». Elle équivaut « à l'utilisation d'un matériel, de la réalité virtuelle ou d'un patient dit standardisé pour reproduire des situations ou des environnements de soins, pour enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et permettre de répéter des processus, des situations cliniques ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels » (*Simulation en santé*, 2019).

Plusieurs techniques de simulations sont disponibles en médecine humaine (Granry and Moll, 2012):

- La simulation organique se dichotomise en simulation sur l'animal ou sur l'humain. Parmi la simulation humaine, il existe le cadavre mais aussi le vivant avec le patient standardisé, c'est-à-dire un acteur assurant le rôle d'un patient

dans une situation donnée. Ce type de simulation permet l'entraînement aux relations sociales entre soignant et soigné (*Techniques de simulation*, 2020) ;

- La simulation synthétique comprend les simulateurs procéduraux et les simulateurs patients (*Simulation en santé*, 2019). Les simulateurs procéduraux permettent l'entraînement à tout processus, c'est-à-dire « une succession d'opérations pour accomplir une tâche déterminée ». Ce sont souvent des mannequins ne représentant que la partie du corps essentielle pour le geste et fréquemment associés à une basse-fidélité, soit un moindre réalisme (Granry, 2021). Les simulateurs patients sont des mannequins corps entier à taille réelle, le plus souvent très réalistes, pouvant posséder des réactions mimant la physiologie grâce à des circuits électroniques complexes et dans un environnement proche du réel. Ils sont alors dits « haute fidélité » (Carey and Rossler, 2024).
- La simulation électronique sur support informatique. Elle inclut la réalité virtuelle, la réalité augmentée, les environnements 3D et le jeu sérieux.

Ces différentes techniques de simulation peuvent permettre de répondre à divers objectifs (*Simulation en santé*, 2019) :

- « l'entraînement à des gestes techniques (usuels ou exceptionnels) ;
- la mise en oeuvre de procédures (individuelles ou en équipe) ;
- l'entraînement au raisonnement clinique diagnostique et/ou thérapeutique ;
- la gestion des comportements (mise en situation professionnelle, travail en équipe, communication, etc.) ».

III.1.2. Intérêts des mannequins pour l'apprentissage de gestes vétérinaires

L'apprentissage de gestes techniques chirurgicaux peut être vécu comme une situation anxiogène par les étudiants vétérinaires (Rikke Langebæk *et al.*, 2012). Le mannequin permet ainsi aux étudiants de réaliser ce geste pour la première fois dans des conditions peu stressantes et respectueuses du bien-être animal puisque celui-ci est remplacé, leur permettant ainsi de prendre confiance dans un contexte où l'échec n'entraîne pas de répercussion pour le patient (Rikke Langebæk *et al.*, 2012; R. Langebæk *et al.*, 2012; Krishnan, Vasu Keloth and Ubedulla, 2017). Lorsque interrogés, 75% des étudiants jugent ces simulateurs utiles à très utiles pour apprendre un geste avant de l'effectuer en conditions réelles (R. Langebæk *et al.*, 2012). Dans la même étude, certains étudiants rapportent un effet positif sur leur implication dans l'apprentissage du geste, notamment lorsque le mannequin ressemble visuellement à un animal.

De plus, les mannequins d'entraînement permettent, dans certains cas, de pratiquer certains gestes peu fréquemment réalisés en pratique ou de s'affranchir

des aléas des motifs de consultation, rencontrés en école vétérinaire (Krishnan, Vasu Keloth and Ubedulla, 2017).

Enfin, ils permettent d'assurer un contrôle des savoir-faire de l'étudiant, par l'intermédiaire d'objectifs adaptés au niveau attendu ou de feedbacks délivrés par le mannequin lui-même ou par un encadrant (Krishnan, Vasu Keloth and Ubedulla, 2017).

III.1.3. Limites de l'utilisation de mannequins

Un certain nombre de limites à l'utilisation des mannequins pour l'apprentissage en milieu médical et plus généralement à l'utilisation de la simulation, ont été mises en avant par Krishnan et al (Krishnan, Vasu Keloth and Ubedulla, 2017).

Tout d'abord, bien qu'ils puissent parfois être très ressemblants et complexes, les mannequins n'imitent jamais parfaitement les réactions d'un organisme vivant. Ce qui peut mener à une seconde limite. En effet, les étudiants peuvent avoir tendance à négliger certaines procédures, inutiles sur le mannequin mais importantes sur un animal, pour gagner du temps lors de l'entraînement. Le risque est de garder ces habitudes en condition réelle.

Ensuite, ils peuvent avoir tendance à changer l'attitude de l'étudiant. Par exemple avec une implication excessive de celui-ci s'il anticipe qu'un événement est sur le point de survenir, ou au contraire, avec désinvolture, ne prenant pas au sérieux l'exercice en sachant qu'il n'est pas en condition réelle.

Du point de vue de l'organisation, ce type de formation demande à l'étudiant de dégager du temps libre pour venir s'entraîner ou à l'établissement de fixer des créneaux d'apprentissage entre les autres cours. Il demande aussi de disposer d'un espace pour entreposer ces outils. Du personnel qualifié pour aider les étudiants et entretenir les mannequins est également nécessaire.

Enfin, d'un point de vue économique, les mannequins peuvent être très onéreux, surtout s'ils sont de haute fidélité. Cependant, les mannequins de basse fidélité assurent un bon compromis puisqu'ils sont souvent assez peu chers (Rikke Langebæk *et al.*, 2012).

III.2. Matériels et Méthodes

III.2.1. Conception du mannequin d'apprentissage au geste d'anesthésie du nerf cornual

Comme précédemment évoqué, les travaux de cette thèse reprennent pour partie ceux de la thèse de Marie Masselot et bénéficient donc d'une partie de son travail (Masselot, 2019). Nous réutilisons, en effet, le moule de tête de veau que celle-ci a conçu, ainsi que les mêmes matériaux étant donné la réussite du premier mannequin. Quelques points diffèrent cependant dans le protocole de conception. C'est pourquoi nous le présentons dans la partie III.2.1.3.2.

III.2.1.1. Objectifs du mannequin d'anesthésie du nerf cornual

La reprise des travaux d'une précédente thèse (Masselot, 2019) a été motivée par différents objectifs :

- d'une part, la multiplication du nombre de mannequins. Les précédents étant vieillissants, il est nécessaire de renouveler le pool disponible afin de garantir un équipement optimal pour la formation des étudiants vétérinaires. De plus, il est envisagé de donner accès à ce mannequin à des organismes de formation technique afin de permettre aux éleveurs de pouvoir eux aussi s'entraîner à ce geste qui leur est bien souvent délégué. Par exemple, à l'issue de formations, certains éleveurs rapportent appréhender l'injection de l'anesthésique local (Le Guenic, 2017). L'entraînement du geste sur un mannequin peut leur permettre de prendre confiance et d'effacer cette crainte avant de s'exercer sur un animal vivant.
- d'autre part de prendre en considération une limite du précédent ouvrage. C'est-à-dire ajouter un indicateur de réussite du geste à l'aide d'une diode qui s'allume lorsque l'opérateur réalise correctement l'exercice.

III.2.1.2. Mise en place d'un feedback positif

Jusqu'ici c'est l'absence de feedback négatif qui permettait d'assurer à l'élève la réussite de l'atelier. C'est-à-dire que si l'élève arrive à suffisamment enfoncer l'aiguille, il est au bon endroit, mais si ce n'est pas le cas, il est à côté du site.

Hors cela pose un problème, si l'élève coupe le capuchon trop court, il pourra quand même enfoncer l'aiguille jusqu'à la butée, sans pour autant avoir réussi le geste. C'est pourquoi un circuit électrique intégré a été ajouté afin de procurer un feedback positif à l'utilisateur lorsqu'il a coupé le bouchon de l'aiguille à la bonne taille et a réussi à parfaitement placer son aiguille.

III.2.1.2.1. Principe du circuit

Dans le jeu Docteur Maboul ®, le joueur doit récupérer des corps étrangers présents à différentes parties du corps d'un patient sans toucher les parois des cases qui contiennent les objets. En cas d'échec, une diode s'allume et un signal sonore est émis.

L'idée est d'exploiter ce principe afin d'obtenir un feedback positif, lorsque l'aiguille est anatomiquement insérée au bon endroit et à la bonne profondeur via l'allumage d'une diode. Nous n'avons pas conservé le signal sonore, jugé non pertinent.

III.2.1.2.2. Cahier des charges du circuit

Le circuit a été imaginé selon le cahier des charges suivant :

- Être économiquement raisonnable. La fabrication de la tête de veau en silicone a été étudiée dans cette optique, il convient de ne pas rajouter un coût supplémentaire trop important pour conserver cet objectif.
- Facilité de conception. De même que la tête de veau a été conçue selon un protocole facilement répétable. Il convient que la fabrication de la tête de veau ainsi que du circuit soit reproductible par n'importe qui afin de renouveler le mannequin lorsque celui-ci ne sera plus utilisable.
- Résistance dans le temps. Ce circuit ne doit pas ou peu réduire la durée d'utilisation initiale du mannequin. Pour cela sa conception doit nécessiter le minimum de consommables et ne pas se détériorer trop vite au fur et à mesure des utilisations, compte tenu qu'une fois moulée il sera impossible de l'ouvrir pour changer une pièce.

III.2.1.2.3. Matériaux employés pour le circuit

Les matériaux employés pour la constitution du montage électrique sont :

- des feuilles d'aluminium en rouleau trouvables en grande surface ;
- une bobine de 25 mètres de fil électrique LiY rouge de section 1,50 mm² en cuivre étamé avec isolant PVC TRU COMPONENTS® ;
- une pile 9V 6LR61 ALKALINE INDUSTRIAL Ansmann® ;
- un connecteur de pile 9V RND® ;
- une barrette de dominos 12x2 de section 2,5 mm² d'intensité maximale 3A KINGFISHER INTERNATIONAL® ;
- une diode de 5 mm 12V électroluminescentes précablées LYETEUNG® ;
- une aiguille HENKE-JECT® 20G 0,9x40mm ;
- deux bouchons de 1,5 cm de diamètre et de 1,5 cm de profondeur.

III.2.1.2.4. Design du circuit

Le circuit électrique élaboré s'inspire de circuits proposés par l'INSPE de Bretagne ('Électricité et jeu d'adresse : le Docteur Maboul', 2021) dans le cadre de travaux pratiques sur l'électricité à destination d'élèves du cycle 2 et 3 (figure 17).

Le circuit a été adapté de la manière suivante :

- la pince a été remplacée par une aiguille servant à effectuer l'anesthésie du nerf cornual dans des conditions réelles ;
- la plaque conductrice en aluminium a été remplacée par deux cibles, identiques aux précédentes mais recouvertes d'aluminium et montées en série ;
- la pile a été remplacée par une pile 9 volts, permettant une fixation plus solide au circuit grâce à son connecteur ;
- Les connexions des différents éléments du circuit ont été effectuées à l'aide de dominos pour plus de résistance.

Nous avons alors obtenu le circuit suivant : (figure 18)

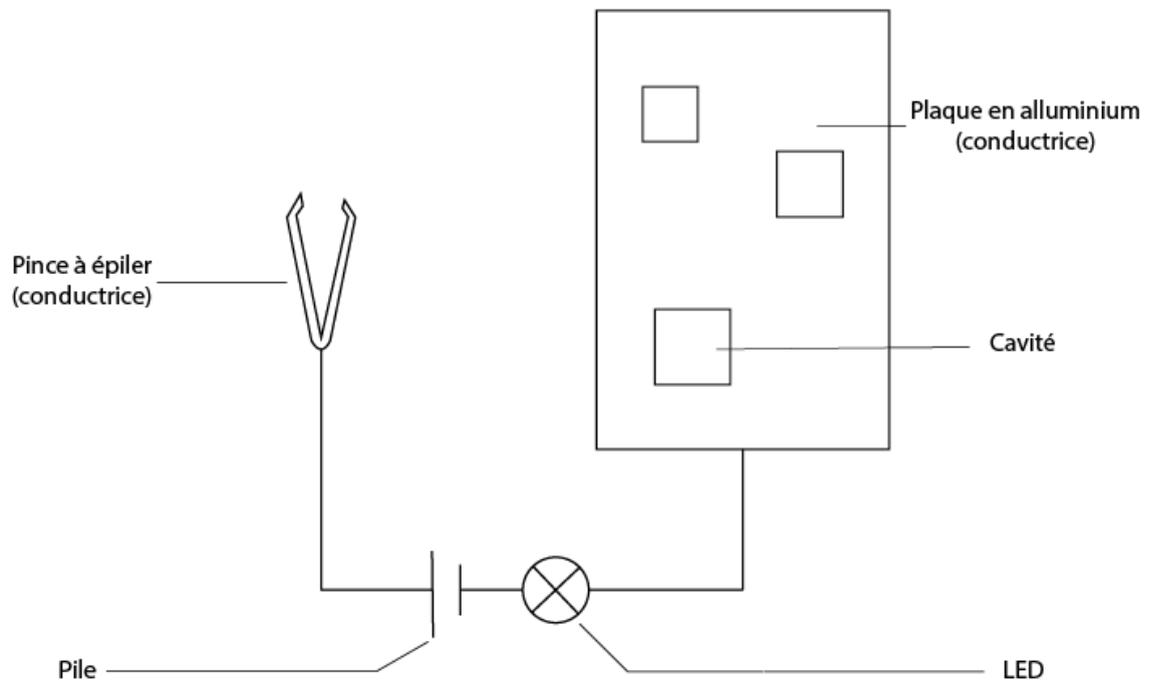


Figure 17 : Schéma électrique du jeu Docteur Maboul (Inspiré par 'Électricité et jeu d'adresse : le Docteur Maboul', 2021)

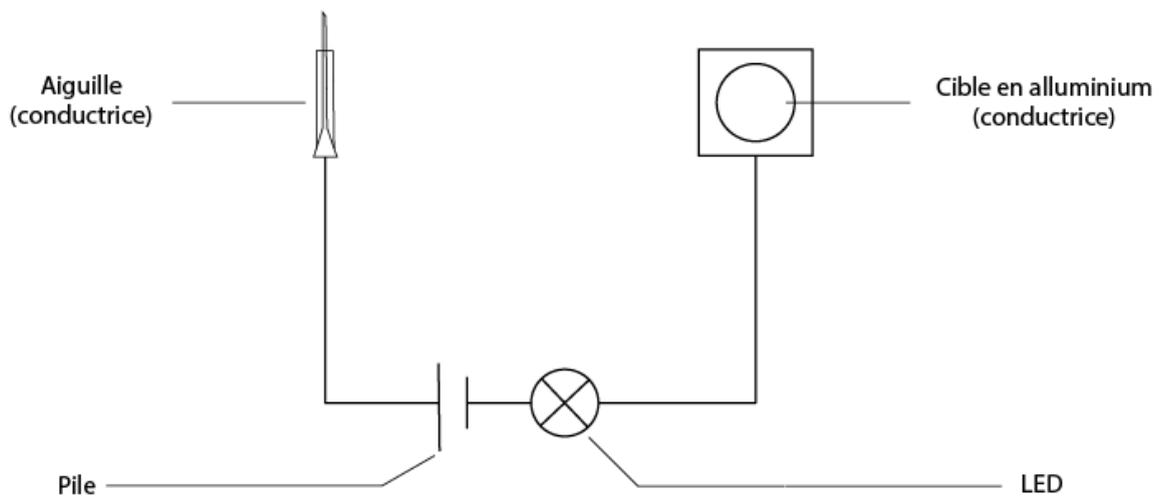


Figure 18 : Schéma électrique du circuit feedback

III.2.1.3. Fabrication du mannequin de tête de veau

III.2.1.3.1. Rappel des matériaux employés pour la tête en silicone

Les différents composants utiles au moulage de la tête de veau sont les suivants :

- du silicone RTV 181 ESPRIT COMPOSITE® ;
- du catalyseur silicone 24H ESPRIT COMPOSITE® ;
- de l'agent thixotropant transparent ESPRIT COMPOSITE® ;
- de la cire de démoulage liquide PST-4 ESPRIT COMPOSITE® ;
- du colorant pour silicone noir ESPRIT COMPOSITE® ;
- de la résine polyuréthane 78A ESPRIT COMPOSITE® ;
- de la mousse polyuréthane dure ESPRIT COMPOSITE® ;
- de la polymousse souple ESPRIT COMPOSITE® ;
- du mastic SIKAFLEX® 11 FC TOUT EN UN ;
- de la bombe JULIEN COLOR TOUCH® noire mat multi-support.

III.2.1.3.2. Protocole de fabrication de la tête de veau en silicone

Étant donné la présence du contre moule en plâtre et du moule en silicone conçus par Masselot (Masselot, 2019), la production de la tête de veau est directement réalisable. Les différentes étapes de fabrication sont très semblables à celles énoncées par Masselot mais l'incorporation du circuit électrique nécessite de les ré-exposer. Plusieurs de ces étapes ont été réalisées concomitamment.

Étape 1 : Formation du masque en silicone

- 1) Les deux parties du contre-moule en plâtre ont été assemblées autour du moule en silicone et maintenues grâce à des pinces, tout en faisant attention à bien assurer une bonne jointure (Figure 19 A). Puis la cire de démoulage est étalée le long des parois internes du moule en silicone.
- 2) 300 grammes de silicone ont ensuite été mélangés avec 15 grammes de catalyseur (mélange à 5%) et à du colorant noir. Le silicone noir obtenu reste alors malléable lors de l'application pour bien imprimer les reliefs du moule lors de cette première couche (Figure 19 B).
- 3) Suite aux 24 heures de séchage, un second mélange à base de 600 grammes de silicone, 30 grammes de catalyseur, 6 grammes d'agent thixotropant (mélange à 1%) et de colorant noir permet de faire une deuxième couche plus solide que la première.
- 4) Après 24 autres heures de séchage, une troisième couche identique à la seconde, mais sans colorant, a été ajoutée. Enfin, une quatrième couche de

mélange, dont les quantités ont été divisées par deux, a complété celle-ci pour combler les zones manquant d'épaisseur (Figure 19 C).

5) Enfin, le masque a été démoulé (Figure 19 D)

Étape 2 : Conception du circuit électrique

- 1) Deux bouchons ont été percés en leur centre à l'aide d'une aiguille chauffée jusqu'à obtenir un trou de 2 millimètres de diamètre, il peut être utile de s'aider d'une pince mousse pour arrondir et agrandir le trou. Deux fils électriques de 50 centimètres ont été coupés de la bobine et insérés de l'extérieur vers l'intérieur de chaque bouchon afin d'en dépasser de quelques centimètres. Leurs extrémités courtes se trouvent face interne des bouchons. La cavité du bouchon est ensuite comblée de plastiline (Figure 19 E).
- 2) Chaque bouchon est ensuite fixé bien centré au fond d'un gobelet en plastique ou en carton (Figure 19 F). Un mélange de résine polyuréthane (20 grammes de partie A avec 20 grammes de partie B) est ensuite coulé par-dessus. Durant cette étape, il est nécessaire de bien maintenir le bouchon au centre du gobelet pour éviter qu'il ne se déplace à cause du poids du fil (Figure 19 G).
- 3) Après 10 minutes de solidification, le gobelet et la plastiline sont retirés. Un disque d'aluminium est ensuite disposé au fond du bouchon, avant que le fil, dénudé, ne soit disposé en spirale par-dessus. De l'aluminium a ensuite rempli le bouchon jusqu'à 6 millimètres du bord (Figure 19 H et I).
- 4) Une fois ces pièces obtenues, elles sont placées aluminium vers le haut sur des gobelets pour plus de stabilité, le fil le traversant. Puis, le reste du bouchon est recouvert d'un mélange de silicone avec catalyseur. Ce qui forme nos deux cibles après séchage (Figure 19 J).
- 5) Le circuit peut ensuite être assemblé grâce à des dominos. Pour fixer l'aiguille, le fil a été dénudé et seul un filament de cuivre a été conservé et placé dans la partie métallique de l'aiguille et fixé avec du mastic SIKAFLEX® 11 FC TOUT EN UN (Figure 19 K).

Étape 3 : Mise en place du circuit dans le masque et remplissage

- 1) Les deux emplacements où se fixent les cibles ont été repérés à l'aide d'aiguilles.
- 2) Un mélange de 60 grammes de silicone et de 0,6 grammes d'agent thixotropant a été réalisé pour recouvrir les deux cibles. Puis celles-ci sont enfoncées sur les aiguilles et maintenues en place par du tissu en attendant un séchage complet après environ 12 heures.
- 3) Afin de ne pas déformer le masque pour l'étape suivante, celui-ci a été réintroduit dans le contre moule en plâtre.
- 4) 300 grammes de mousse polyuréthane dure (mélange de 150 grammes de partie A avec 150 grammes de partie B) ont ensuite été versés dans le fond

du moule. Puis, après 10 minutes de durcissement, 300 grammes de polymousse souple (mélange de 200 grammes de partie A avec 100 grammes de partie B) ont été ajoutés (Figure 19 L).

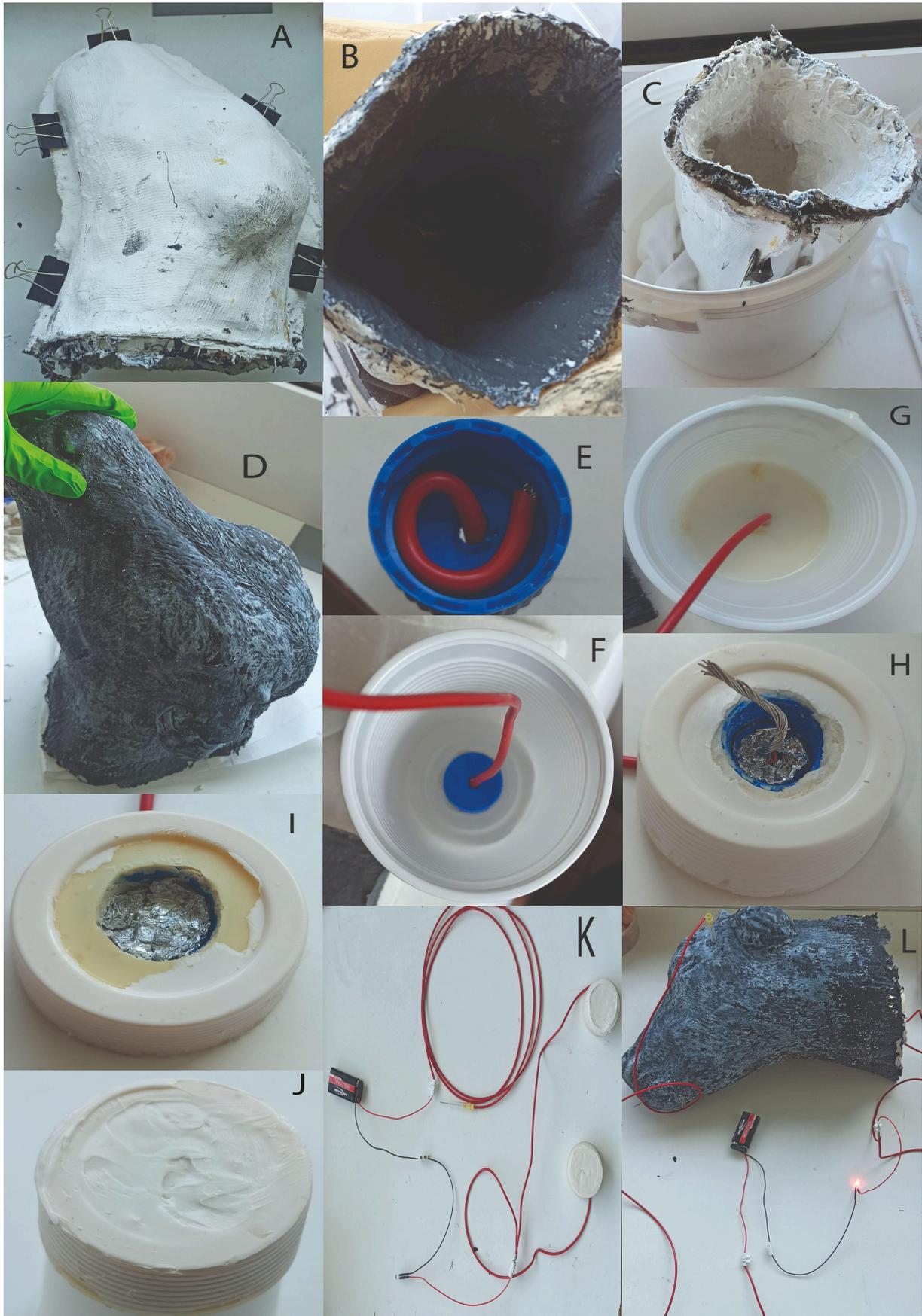


Figure 19 : Étapes de fabrications de la tête de veau et de son circuit intégré

Étape 4 : Finition

- 1) La cire de démoulage résiduelle a été retirée du mannequin en le frottant avec un chiffon en micro-fibre.
- 2) Un calendrier en carton 55 x 36,5 cm a été percé de deux trous en son centre afin de laisser passer les fils du mannequin. Afin de le fixer à la tête du veau, 225 grammes de mousse souple ont été confectionnés (150 g de partie A avec 75 grammes de partie B) et versés dans l'encolure du mannequin avec le calendrier appliqué solidement à la base de celle-ci afin de les lier.
- 3) Une fois ces deux éléments assemblés, la structure a été renforcée à l'aide d'un joint en mastic SIKAFLEX® 11 FC TOUT EN UN disposé sur le pourtour de l'encolure à la limite avec le carton.
- 4) Pour avoir un aspect plus uniforme de la surface du mannequin, un mélange de 60 grammes de silicone avec 3 grammes de catalyseur et du colorant noir a été appliqué au pinceau à la surface de la tête afin d'obtenir une très fine couche. Après 24 heures de séchage, de la bombe JULIEN COLOR TOUCH® noire multi-support a été appliquée afin de donner une teinte mat (Figure 20 A).
- 5) Un tissu noir est ensuite cousu sur le pourtour de l'encolure du veau afin de recouvrir le calendrier (Figure 20 B). Il est ensuite agrafé au dos de celui-ci. Un autre calendrier en carton de même dimension est ensuite de nouveau agrafé au dos du premier calendrier.

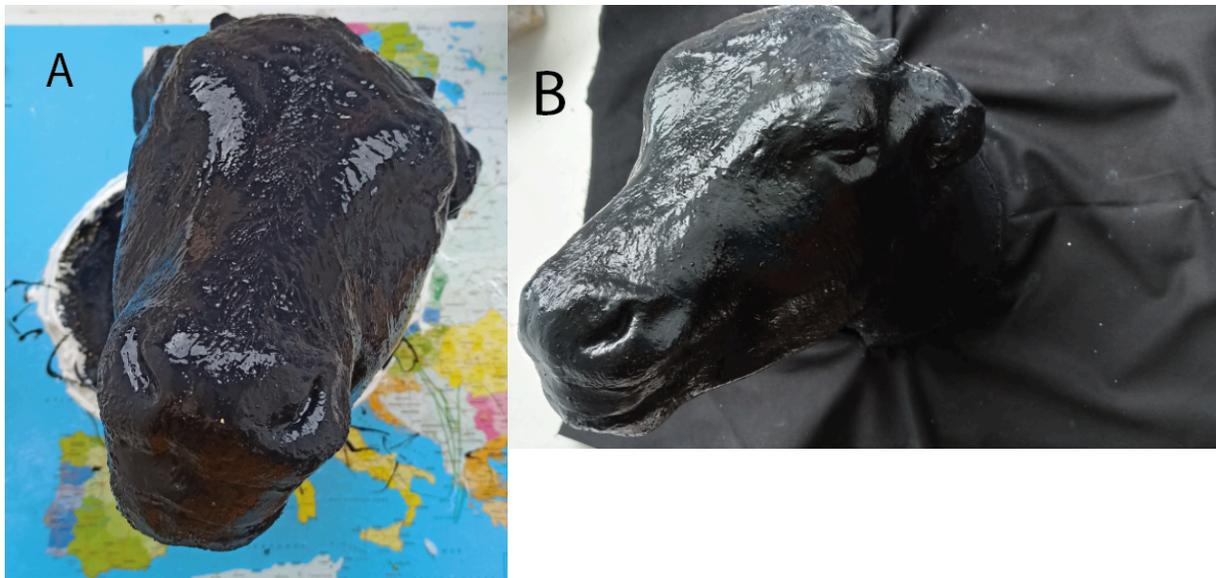


Figure 20 : Photographies de l'étape de finition du mannequins

III.2.2. Conception d'un mannequin d'apprentissage au geste d'anesthésie du cordon spermatique

III.2.2.1. Objectifs du mannequin d'anesthésie du cordon spermatique

Cet atelier est conçu dans l'optique d'entraîner les étudiants vétérinaires au geste d'anesthésie locale du cordon spermatique. Afin de rester économiquement raisonnable, il a été choisi d'ajouter ce module à un mannequin déjà existant. Ainsi, ce module doit pouvoir être installé et désinstallé sur le mannequin obstétrical de veau de la salle VirtualVet d'Oniris VetAgroBio Nantes (Figure 21) pour que celui-ci soit toujours utilisable dans sa fonction première. Ce mannequin étant souple, un support permettant de simuler une station debout est nécessaire pour rendre compte de l'encombrement spatial des membres pelviens. Les matériaux employés pour le support, tout comme pour le module, doivent avoir un coût raisonnable et être résistants. De plus, la conception doit être simple et répétable pour permettre de changer aisément le module une fois celui-ci endommagé par l'usage. Il a également été choisi d'implémenter un témoin positif de réussite informant l'étudiant lors de la réussite de son geste, en prenant exemple sur ce qui a été fait avec le mannequin d'apprentissage au geste d'anesthésie du nerf cornual.



Figure 21 : Mannequin obstétrical présent en salle Virtual Vet

III.2.2.2. Fabrication d'un support

III.2.2.2.1. Design du support

En plus des objectifs précédemment énoncés en partie 3.2.2.1, plusieurs contraintes ont été prises en compte pour concevoir un support permettant de garder le veau en station debout :

- respecter les dimensions du veau (Figure 22) et supporter son poids d'environ 25 kilogrammes ;
- assurer un soutien de la tête et du corps du veau tout en laissant un dégagement suffisant de l'arrière-train afin de ne pas interférer avec l'atelier ;
- permettre une mise en place et un déchargement aisés du veau.

Ainsi, le schéma du support est exposé dans la figure 23.

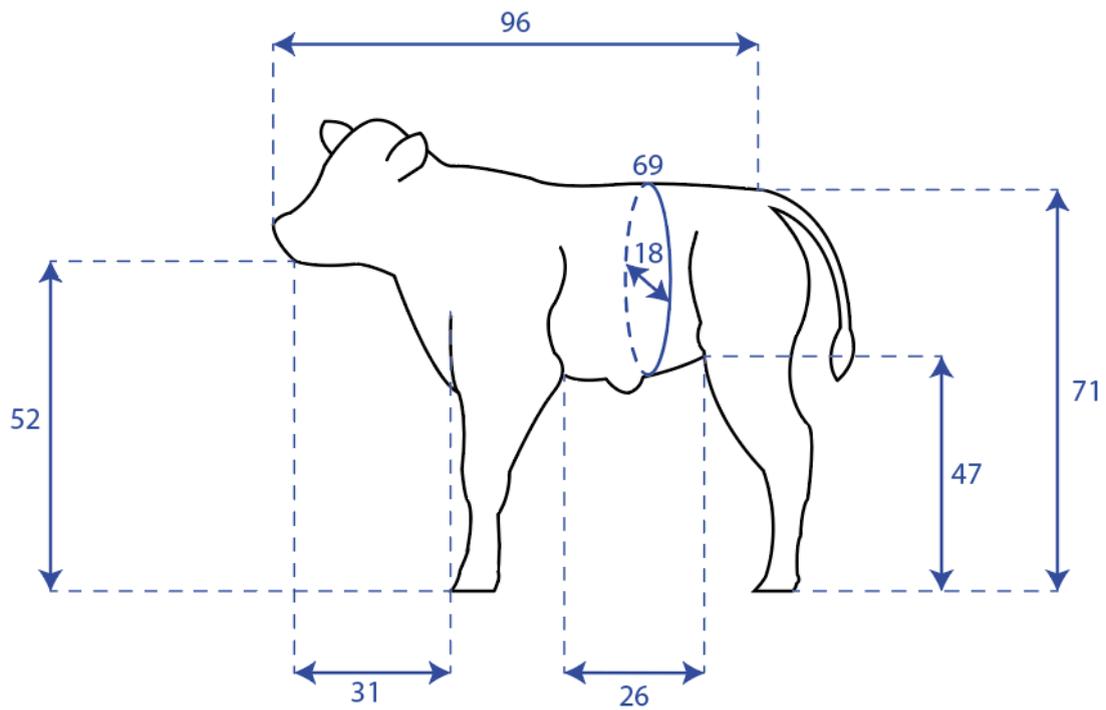


Figure 22 : Schéma du mannequin de veau et de ses dimensions (en centimètres)

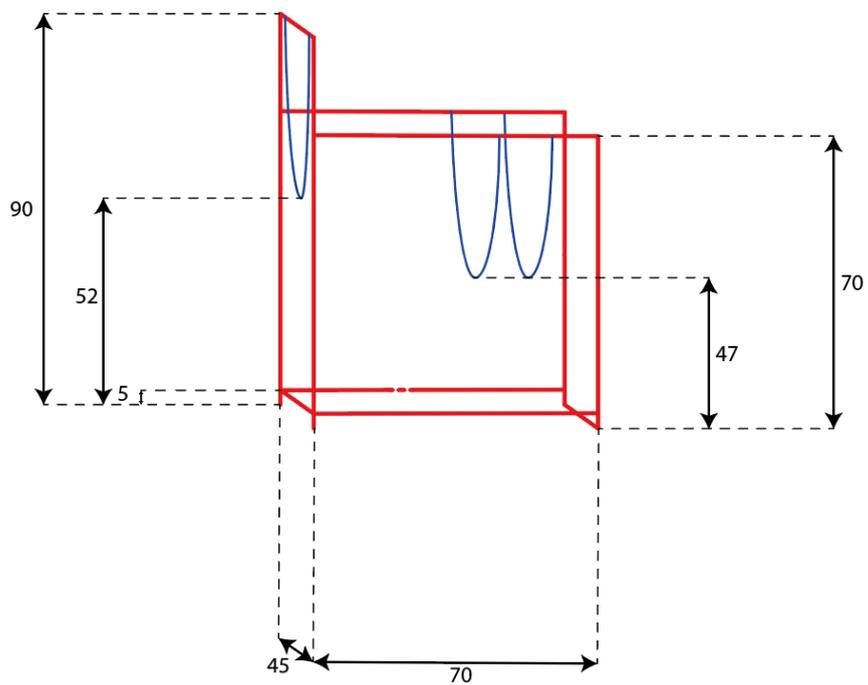


Figure 23 : Schéma du support et de ses dimensions (en centimètres)

III.2.2.2. Réalisation du support

Des chutes de fer à béton ont été employées comme matériaux pour ce support. Elles présentent l'avantage d'être gratuites (puisqu'elles proviennent de récupération), solides et relativement peu encombrantes. Ces fers ont été coupés aux longueurs désirées à l'aide d'une disqueuse et soudées entre elles. Plusieurs couches de peinture anti-rouille blanche PROCHI-ROUILLE brillante RAL 9010 (aussi issue de récupération) ont été appliquées dans le but de préserver la structure de l'oxydation. Des sangles ont été utilisées pour assurer la suspension du veau. Le résultat final est présenté dans la figure 24.



Figure 24 : Photographies du support de veau

III.2.2.3. Fabrication du scrotum et des testicules

III.2.2.3.1. Design du scrotum et des testicules

En l'absence de veau pour prendre des mesures des organes génitaux au moment du design du mannequin, il a été décidé de chercher ces données dans la littérature.

III.2.2.3.1.1. Mesures scrotales

Dans une étude de 2005, Ting a calculé la circonférence scrotale de veaux holsteins friesiens à différents âges (Ting *et al.*, 2005). En 2017, Norring a mesuré l'épaisseur de scrotum de veaux croisés angus x hereford de 0 à 8 jours et de 2 à 3 mois d'âge (Norrington, 2017). Ces différentes mesures sont reportées dans le tableau XIII.

En utilisant les données de Norring et de Ting (tableau XIII) il est possible de calculer le périmètre interne du scrotum. En effet, celui-ci étant déformable, il est possible de l'imaginer comme un cercle de périmètre P1 et de diamètre d. Son périmètre interne étant P2, il est aisé de le calculer à partir de d et de l'épaisseur du scrotum comme exposé ci-dessous. Le détail du calcul est disponible en annexe (Annexe II A).

$$P2 = P1 - 2\pi$$

Pour un veau de 1,5 mois, ce périmètre interne est compris entre 10,0 et 10,2 cm. Afin d'avoir de la marge lors de la conception du mannequin, la circonférence interne a été retenue entre 10 et 10,5 mm. Les résultats sont présentés dans le tableau XIII.

III.2.2.3.1.2. Proportion des testicules

La forme des testicules de bovins a été étudiée par Bailey (Bailey *et al.*, 1996). Celui-ci rapporte trois morphotypes principaux :

- les testicules de forme ovoïde, dont la coupe est un cercle, sont les plus fréquents ;
- les testicules de forme plus longue et plus élancée ;
- les testicules de forme plus courte qu'il qualifie de sphérique.

Compte tenu que le morphotype ovoïde est le plus fréquemment rencontré dans l'espèce bovine, il a été choisi d'utiliser ces proportions pour le design du mannequin. Ainsi, le testicule est de forme ovoïde avec une hauteur « h » (du pôle proximal au pôle distal) égale à 1,6 fois le diamètre « d » transversal (Figure 25).

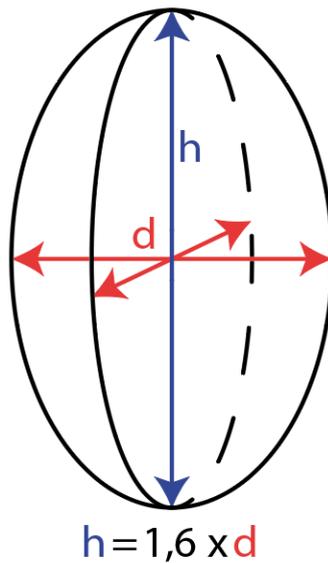


Figure 25 : *Forme et proportion des testicules ovoïdes de bovins mâles (avec h la hauteur et d le diamètre du testicule)*

En 2024, il ne semble pas exister de données sur la taille de testicules de veaux de moins de 6 mois. Celles-ci ont donc été calculées.

III.2.2.3.1.3. Calcul du périmètre de chaque testicule

Assumant que la forme en coupe d'un testicule est circulaire d'après le morphotype ovoïde, l'objectif a été de calculer comment optimiser l'espace permis par le périmètre interne du scrotum. Ainsi pour cette étape, le scrotum est considéré comme une ellipse (ce qui est une forme plus proche de la réalité qu'un cercle) avec deux cercles inscrits dans celle-ci représentant les testicules (Figure 26). Il s'agit néanmoins d'une légère approximation.

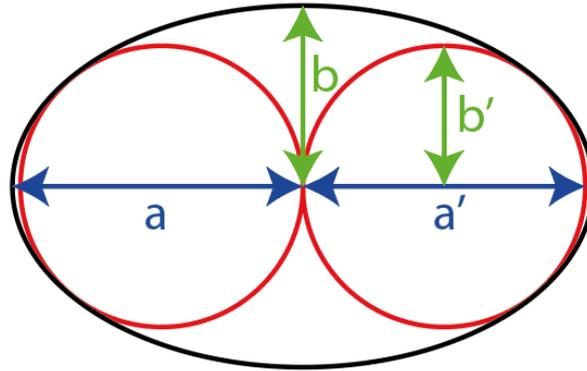


Figure 26 : Schéma d'une coupe transversale de scrotum (en noir) comprenant les testicules (en rouge). a représente le demi grand axe et b le demi petit axe de l'ellipse scrotale. a' représente le diamètre et b' le rayon des testicules.

Il existe une formule exacte pour déterminer les périmètres d'ellipses mais celle-ci est peu manipulable, on ne peut pas en déterminer la valeur exacte (Pasquet, 2022). Cette formule est la suivante :

$$P = 4a \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - e^2 \sin^2(t)} dt$$

Avec :

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \quad \text{l'excentricite de l'ellipse}$$

a le demi grand axe et b le demi petit axe

P le perimetre de l'ellipse

Ainsi, une formule d'approximation ayant une précision à 12 chiffres significatifs a été employée. C'est l'une des formules de Ramanujan (Pasquet, 2022; *Périmètre d'une ellipse*, 2024):

$$P \approx \pi(a + b) \left(1 + \frac{3h}{10 + \sqrt{4 - 3h}} \right)$$

Avec :

$$h = \frac{(a - b)^2}{(a + b)^2}$$

a le demi grand axe et b le demi petit axe

P le perimetre de l'ellipse

Il est possible de simplifier cette opération en approximant le demi grand axe « a » et le demi petit axe « b » de l'ellipse respectivement au diamètre « a' » et au rayon « b' » du testicule (figure 26). Ainsi, « a' » équivaut à deux fois « b' ». La formule simplifiée est alors la suivante :

$$a' \approx \frac{2 \cdot P2}{3\pi \left(1 + \frac{1}{30 + 3\sqrt{\frac{11}{3}}} \right)}$$

Par conséquent, cette formule permet de calculer le diamètre testiculaire à partir de la circonférence interne du scrotum (tableau XIII). Le détail du calcul est exposé en annexe (Annexe II B)

Étant donné que ce résultat repose sur plusieurs approximations, une autre méthode a été employée pour comparer les résultats obtenus. En plus d'avoir comparé les formes des testicules, Bailey a mesuré les circonférences scrotales et les diamètres testiculaires de bovins pubères (Bailey *et al.*, 1996). Ainsi, en supposant une proportionnalité conservée entre circonférence scrotale et diamètre testiculaire quel que soit l'âge des bovins, les mêmes résultats sont obtenus majorés de 0,3 cm près pour les deux tranches d'âge (1,5 mois et 2,5 mois) via un produit en croix. Par exemple, Bailey a mesuré pour des bovins sur une chaîne d'abattage, une circonférence scrotale moyenne de 43 cm pour un diamètre testiculaire moyen de 8,5 cm. Ce qui donne après calcul 2,4 cm pour le veau de 1,5 mois et 2,8 cm pour le veau de 2,5 mois. Par conséquent, il a été choisi de se fier aux résultats de calculs de périmètres d'ellipse par la formule de Ramanujan. Les périmètres testiculaires ont ensuite été calculés à partir de leur diamètre (tableau XIII).

III.2.2.3.1.4. Calcul du diamètre des cordons testiculaires

De nouveau, il ne semble pas exister de données sur le diamètre des cordons testiculaires de veaux non pubères. Il a été choisi d'utiliser le principe de proportionnalité entre diamètre testiculaire et diamètre du cordon. Ainsi avec les diamètres testiculaires précédemment calculés et l'étude de Cook (Cook, Coulter and Kastelic, 1994). De fait, il rapporte que chez un bovin mâle d'un an, le cordon testiculaire mesure 4,3 cm de diamètre pour une circonférence scrotale de 34,5 cm, il a alors été obtenu les résultats présentés dans le tableau XIII.

III.2.2.3.1.5. Choix finaux

Dans la version finale du mannequin, il a été décidé d'utiliser les données obtenues et calculées du veau de 1,5 mois puisque c'est l'âge le plus proche du mannequin de veau nouveau-né de la salle VirtualVet d'ONIRIS VetAgroBio. C'est à dire un testicule de forme ovoïde de 2,1 centimètre de diamètre pour une hauteur de 3,4 centimètres. Il a également été choisi de réduire le diamètre du cordon testiculaire de 1,5 cm à 1,0 cm puisque la différence entre cordon et testicule semblait trop minime sinon. Il a été empiriquement choisi de fixer la hauteur du scrotum à 9 centimètres et donc la longueur des cordons à 5,5 centimètres.

Tableau XIII : Comparaison de plusieurs mesures scrotales et testiculaires chez le veau en fonction de son âge

Mesure (cm)		Circonférence scrotale externe	Épaisseur du scrotum	Circonférence scrotale interne	Diamètre testiculaire	Hauteur du testicule	Périmètre testiculaire	Diamètre du cordon testiculaire
Référence		Ting <i>et al.</i> , 2005	Norring, 2017	Calculée	Calculé	Calculée	Calculé	Calculé
Âge	0 - 8 jours		0,29 +/- 0,04					
	1,5 mois	12,1 +/- 0,41		10,0 à 10,2	2,1	3,4	6,6	1,5
	2,5 mois	14,0 +/- 0,41	0,33 +/- 0,04	11,9	2,5	4	7,6	1,7
	3,5 mois	15,4 +/- 0,41						1,9
	4,5 mois	17,6 +/- 0,41						2,2
	5,5 mois	20,5 +/- 0,41						2,6

III.2.2.3.2. Liste du matériel nécessaire à la fabrication du module d'anesthésie des cordons testiculaires

La liste des matériaux nécessaires à la conception de ce module est très semblable à celle utilisée pour la tête de veau. Elle comprend :

- du silicone RTV 181 ESPRIT COMPOSITE® ;
- du catalyseur silicone 24H ESPRIT COMPOSITE® ;
- de l'agent thixotropant transparent ESPRIT COMPOSITE® ;
- de la plastiline ;
- des tuyaux genre anglais de 7 mm et 10 mm de diamètre interne et externe respectivement ;
- du mastic SIKAFLEX® 11 FC TOUT EN UN ;
- du mastic en silicone Rubson® Special MATERIALS Isolation portes et fenêtres ;
- du jersey tubulaire médical en coton ;

Pour la réalisation du circuit électrique, sont nécessaires :

- une bobine de 25 mètres de fil électrique LiY rouge de section 1,50 mm² en cuivre étamé avec isolant PVC TRU COMPONENTS® ;
- une pile 9V 6LR61 ALKALINE INDUSTRIAL Ansmann® ;
- un connecteur de pile 9V RND® ;
- une barrette de dominos 12x2 de section 2,5 mm² d'intensité maximale 3A KINGFISHER INTERNATIONAL® ;
- une diode de 5 mm 12V électroluminescentes précablées LYETEUNG® ;
- une aiguille HENKE-JECT® 18G 1,2x40mm ;
- une seringue de 10 mL.

III.2.2.3.3. Protocole de fabrication du module d'anesthésie des cordons testiculaires

Étape 1 : Réalisation des testicules et leurs cordons

- 1) De la plastiline est moulée selon une forme ovoïde d'environ 2 centimètres de diamètre pour environ 3,2 centimètres de hauteur. Puis ces testicules sont placés sur des supports plantés dans des gobelets retournés afin d'être maintenus à la verticale (Figure 27 A). Une fine couche de silicone thixotropé est ensuite appliquée à la surface de chaque testicule en plastiline. Un mélange de 20 grammes de silicone, 1 gramme de catalyseur et 0,2 grammes d'agent thixotropant permet de couvrir l'équivalent de quatre testicules. Après 24 heures de séchage, la plastiline est retirée de l'intérieur du testicule (Figure 27 B).
- 2) Deux testicules sont ensuite emplis d'un mélange de 5 grammes de silicone, 0,25 grammes de catalyseur et 0,05 grammes d'agent

thixotropant chacun. Deux morceaux d'environ 10 centimètres de tuyau genre anglais sont coupés et placés à l'intérieur de l'ouverture du testicule, à l'endroit où se trouvait le support lors de l'étape 1 (Figure 27 C).

Étape 2 : Fabrication du scrotum et du circuit électrique

- 1) De la plastiline est moulée selon une forme de « langue » de 10 centimètres de hauteur pour 12 centimètres de circonférence (Figure 27 D). Une couche épaisse de silicone thixotropé (environ 3 millimètres d'épaisseur) y est ensuite appliquée à la surface (Figure 27 E). 40 grammes de silicone thixotropé permettent de réaliser cette étape.
- 2) Après séchage, la plastiline est retirée de l'intérieur et le module est retourné sur lui-même afin d'avoir un aspect lisse. Les testicules obtenus lors de l'étape 1 sont ensuite insérés à l'intérieur. L'ensemble du montage est sectionné à une distance de 9 centimètres.
- 3) Pour chaque testicule, 50 centimètres de fil électrique est sectionné et dénudé sur environ 4,5 centimètres puis inséré dans les cordons. Le cuivre ne doit pas être apparent une fois dans chaque tuyau. Pour solidifier le montage, les fils sont scellés à l'entrée de chaque cordon à l'aide d'une noisette de SIKAFLEX® 11 FC TOUT EN UN (Figure 27 F).
- 4) Un circuit équivalent à celui conçu pour le mannequin de tête est ensuite réalisé (voir partie III.2.1.2.4). La seule différence réside dans la seringue et l'aiguille permettant de fermer le circuit. En effet, une seringue de 10 mL a été percée sur un côté, au-delà des graduations, afin d'y faire passer un câble électrique dénudé sur quelques centimètres à son extrémité, de sorte à ce que la partie dénudée entre dans la lumière d'une aiguille 18 G (Figure 27 G). Cette seringue est ensuite remplie de SIKAFLEX® 11 FC TOUT EN UN et le piston positionné à l'extrémité.

Étape 3 : Réalisation du scrotum et du circuit électrique

- 1) Un morceau de jersey de récupération, pouvant atteindre un diamètre de 20 centimètres une fois étiré, a été placé sur le mannequin de veau à l'instar d'une couche de bébé.
- 2) Des emplacements pour les deux membres postérieurs ainsi que pour la queue ont été réalisés directement sur le veau pour correspondre parfaitement à ses dimensions. Le surplus de jersey a également été retiré.
- 3) L'ensemble du module a ensuite été fixé au jersey à l'aide d'une importante couche de joint en silicone (Figure 27 H). Les fils du circuit sont passés à travers le jersey via deux incisions puis ressortent à

l'avant de celui-ci afin que le circuit complet soit sous le ventre du veau (Figure 27 I).



Figure 27 : *Étapes de fabrications du module de testicules de veau*

III.2.3. Élaboration des notices des simulateurs

Pour chaque atelier présent à Virtual Vet, il existe une notice permettant de guider les élèves dans la réalisation de celui-ci. Cette notice est standardisée et comprend :

- le titre de l'atelier ;
- l'année d'étude recommandée pour la réalisation de celui-ci ;
- le niveau de difficulté estimé de l'atelier ;
- la durée minimum pour la réalisation de l'atelier ;
- le référent de l'activité ;
- un court paragraphe permettant de présenter et contextualiser l'atelier ;
- le ou les objectifs d'apprentissage de cet atelier ;
- les connaissances et compétences pré-requises pour la réalisation de l'atelier ;
- le matériel nécessaire à la réalisation de l'atelier ;
- les différentes étapes illustrées pour réaliser le geste ;
- une grille d'auto évaluation permettant à l'apprenant de juger son niveau de maîtrise de l'atelier ;
- les consignes de remise en ordre de l'atelier après réalisation.

Pour chacun des deux ateliers conçus, une notice a été rédigée à l'aide du Dr Anne Gogny, responsable de la salle Virtual Vet d'Oniris VetAgroBio. Ces fiches sont présentées en annexe III A et B.

III.3. Résultats

Afin de recueillir les retours les plus fiables, une évaluation des ateliers a été effectuée pour le mannequin d'entraînement à la réalisation de l'anesthésie des cordons testiculaires. Par manque de temps, il n'a pas été possible d'évaluer le mannequin d'entraînement au geste d'anesthésie du nerf cornual. Ces deux points sont abordés en discussion.

III.3.1. Une réussite du circuit électrique

III.3.1.1. Rôle de témoin positif

Le but premier du circuit est d'être un témoin positif de réussite. Que ce soit pour l'un ou l'autre des deux mannequins, le circuit accomplit cet objectif. En effet, le modèle présenté avec la figure 18 dans le paragraphe III.2.1.2.4 ainsi que son équivalent pour le second mannequin sont fonctionnels. Lorsque l'aiguille ferme le circuit, c'est-à-dire lorsqu'elle atteint indifféremment une des deux cibles en aluminium pour le mannequin d'entraînement à l'anesthésie du nerf cornual ou un des deux fils de cuivre dénudés compris dans les cordons testiculaires du module d'entraînement à l'anesthésie du cordon testiculaire, la LED rouge s'allume.

Malgré l'absence de bêta-tests, aucun dysfonctionnement du circuit n'a été relevé durant les phases de conception et de test en interne des mannequins. Ainsi, la fiabilité de fonctionnement de celui-ci en tant que témoin positif est considérée comme assurée.

III.3.1.2. Facilité de conception

Le circuit électrique présente une autre qualité, sa facilité de conception. En effet, seuls une paire de ciseaux et un tournevis sont nécessaires pour le confectionner. De plus, sa réalisation ne demande que peu de connaissances et de technique en bricolage ou en électricité. Ainsi celui-ci est facilement reproductible.

III.3.1.3. Un ajout financièrement abordable

Enfin ce circuit est peu onéreux. Effectivement, son coût de revient est d'environ 3,67 euros, à l'exception des cibles utilisées pour le mannequin de tête de veau. Les détails du calcul sont exposés dans le tableau XIV.

Tableau XIV : Coût des matériaux employés dans le circuit électrique

Matériel		Coût approximatif (€)
Pile		1,30
Connecteur de pile		0,37
Connecteur de domino	à l'unité	0,13
	pour le circuit (3 sont employés)	0,39
Câble en cuivre (150 cm)		1,35
LED		0,26
Total		3,67

III.3.1.4. Limites du circuit

Il existe néanmoins quelques limites à ce circuit. Tout d'abord, celui-ci provoque un certain encombrement à prendre en compte lors de la conception des mannequins. En effet, il existe une partie impérativement externe au mannequin, complexifiant la fabrication de celui-ci, en plus d'être peu esthétique. Il est alors nécessaire d'anticiper le trajet des fils pour pouvoir réaliser le mannequin comme souhaité. Par exemple, les fils ont été passés à travers le jersey pour le module de castration (Figure 28). De plus, l'ajout d'un tel circuit augmente la nécessité en

consommables du mannequin via les piles 9V nécessaires à son bon fonctionnement.



Figure 28 : Photographie du trajet des câbles du module de testicules de veau

Enfin, plus spécifiquement au module d'anesthésie des cordons testiculaires, un témoin positif d'échec devrait être ajouté puisque si l'étudiant enfonce trop profondément l'aiguille dans le cordon testiculaire et le traverse, la LED rouge s'allume alors que l'aiguille est mal positionnée (Figure 29). Ce sujet est plus profondément abordé en partie III.4.3.2.

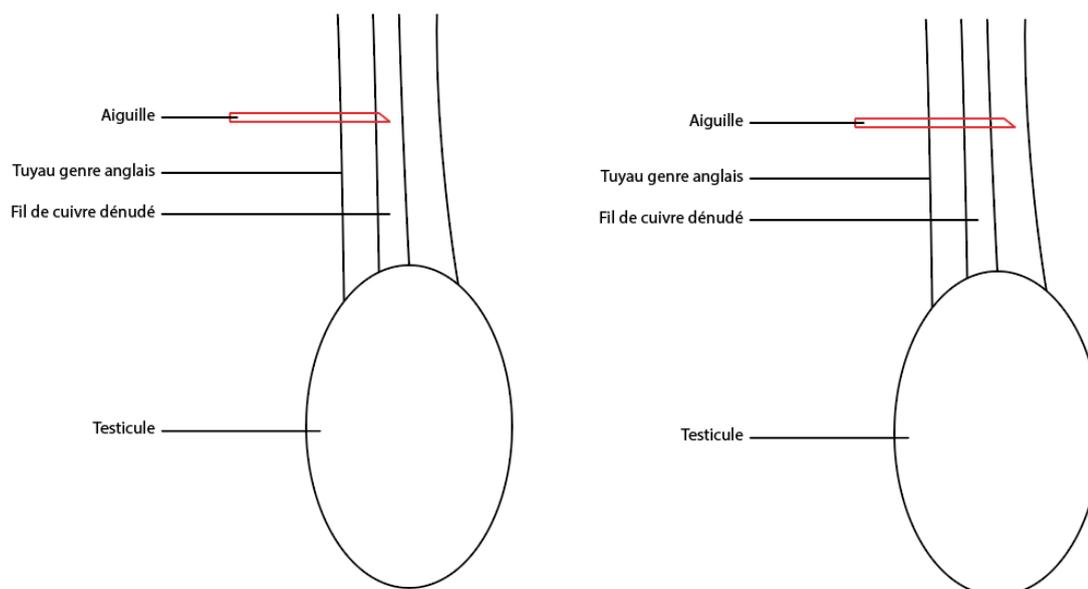


Figure 29 : Schéma représentant deux cas possible où la LED rouge s'allume sur le mannequin d'entraînement à l'anesthésie des cordons testiculaires (à gauche : position correcte de l'aiguille, à droite : position incorrecte de l'aiguille)

Bilan :

Malgré quelques limites mineures, le circuit électrique conçu dans le cadre de cette thèse est considéré comme une réussite. Celui-ci est en effet fiable, peu onéreux et facilement reproductible par quiconque. Il est donc envisageable de l'implémenter à d'autres mannequins dans le but d'apporter un signal de réussite de l'atelier.

III.3.2. Des résultats mitigés pour les mannequins

III.3.2.1. Critique du mannequin d'anesthésie des cordons testiculaires

III.3.2.1.1. Par un vétérinaire expert

Raphaël Guatteo, professeur en médecine des animaux d'élevage à ONIRIS VetAgroBio a testé le module de castration de veau puis répondu au questionnaire présenté en annexe IV. Celui-ci est inspiré du questionnaire de Masselot (Masselot, 2019).

Il ressort que le simulateur est simple d'utilisation et sa notice correctement détaillée. Selon lui, il permet aux étudiants d'acquérir une idée générale de la sensation tactile ressentie lors de la réalisation du geste, ce qui valide le choix des matériaux. Cependant, il met en évidence une disproportion entre la taille du veau et

la taille du module. En effet, le veau est un nouveau-né tandis que les testicules sont ceux d'un veau d'un mois et demi. Il ajoute également qu'un veau si petit ne permet pas de se positionner en sécurité, l'opérateur étant courbé en deux. De plus, bien que le feedback positif ajouté par le circuit permette de gagner en autonomie, le manque de feedback négatif est décrié. Par exemple, avec un liquide mimant du sang pour mimer la ponction d'un vaisseau. Enfin, la fragilité du dispositif et notamment du jersey a été mise en avant.

Malgré cela, le simulateur est tout de même jugé utile pour apprendre le geste à des étudiants en Vet 6 STER ou production animales avant de le pratiquer en conditions réelles.

III.3.2.1.2. Par les étudiants

Tout comme l'évaluation par un vétérinaire expert, trois anciens étudiants de Vet 6 ont essayé le simulateur et émis leur avis en répondant au questionnaire également inspiré par Masselot présenté en annexe V.

Les trois étudiants statuent que le simulateur est suffisamment fidèle, bien contextualisé et permet de reconnaître les repères anatomiques utiles pour la réalisation du geste d'anesthésie des cordons testiculaires. Ils en concluent donc que celui-ci est utile pour apprendre à réaliser le geste, notamment en augmentant leur confiance en eux pour sa réalisation.

III.3.2.2. Critique du mannequin d'anesthésie du nerf cornual

L'évaluation de ce mannequin par un jury d'expert ou les étudiants n'a pas été réalisée par manque de temps. Seules les critiques observées durant la conception de celui-ci sont exposées dans cette partie.

Tout d'abord, même plusieurs années après sa création par Masselot, les moule et contre-moule restent en très bon état, permettant un rendu fidèle et soigné de la tête de veau en silicone. Il est également nécessaire de notifier que ce rendu est possible grâce à la description fine des étapes de conception initiales (Masselot, 2019).

D'un point de vue fonctionnel, la cible gauche est parfaitement placée, que ce soit en termes de profondeur comme de localisation anatomique. Le feedback positif est donc parfaitement fonctionnel. En revanche, la cible droite n'est pas correctement positionnée. Celle-ci est en effet un peu trop caudale et dorsale, bien qu'à la bonne profondeur, ce qui peut induire en erreur l'opérateur lors de la réalisation du geste. Ce point est plus amplement développé en discussion.

III.4. Discussion

III.4.1. Difficultés rencontrées

III.4.1.1. Difficultés rencontrées lors de la conception du mannequin d'anesthésie du nerf cornual

Compte tenu de la présence d'un plan de fabrication de ce mannequin par Masselot (Masselot, 2019), la réplique du mannequin avec l'ajout du circuit électrique n'est pas favorable à l'existence de difficultés. Pourtant, il y en a eu plusieurs.

Tout d'abord, un premier mannequin a été fabriqué mais celui-ci n'a pas été conservé pour deux raisons. Premièrement, la tête s'est déformée au moment de l'étape 3 (étape présentée en partie III.2.1.3.2) par l'ajout de polymousse dure. En effet, la pression exercée par la mousse sur les parois en silicone du masque a déformé le veau. Pour pallier ce problème un second mannequin a été fabriqué selon le même protocole mais la tête a été remplacée dans le moule en plâtre au moment de verser la mousse. Cette précaution a permis au second mannequin de conserver sa forme originelle. Secondairement, les cibles électriques de ce mannequin ne sont pas placées à la bonne profondeur. Bien que parfaitement centrées sur la zone à atteindre, une profondeur d'un peu plus de deux centimètres est nécessaire pour activer la LED rouge du circuit, ce qui est anatomiquement trop profond pour un veau d'un mois en situation réelle. Ainsi, ce mannequin aurait pu enseigner des pratiques fausses aux étudiants vétérinaires et ainsi qu'aux éleveurs pouvant éventuellement pratiquer sur ce mannequin. Pour améliorer ce point, il a été ajouté plus d'aluminium dans le bouchon de la cible pour artificiellement rapprocher la zone de conduction de l'aiguille dans le mannequin.

Le problème de la profondeur a pu être réglé par ce moyen sur le second mannequin. Cependant, la cible droite du mannequin n'est pas parfaitement placée, celle-ci est un peu trop caudo-dorsale. Il résulte de ce problème une non activation de la LED rouge lorsque l'aiguille est positionnée en partie rostro-ventrale de la fosse temporale, même de manière correcte. Puisque le temps a manqué pour confectionner un troisième mannequin, ce défaut est conservé mais notifié dans la notice d'utilisation de l'atelier (Annexe III A). Ainsi, il est conseillé aux apprenants de s'entraîner sur la cible gauche du mannequin dans un premier temps. L'existence de ce problème est imputable à la façon dont a été maintenue la tête de veau lors de l'étape de pose des cibles. En effet, la tête est placée dans un seau avec des morceaux de tissu pour la maintenir. Hors, lors du positionnement des cibles, il est fort probable que la tête est légèrement bougée et que les tissus aient appuyé sur l'aiguille maintenant la cible droite, déviant son axe et déplaçant par la même

occasion la dite cible. Pour prévenir cela, il peut être envisagé d'utiliser moins de tissu pour maintenir la tête, quitte à ce que celle-ci soit moins stable.

III.4.1.2. Difficultés rencontrées lors de la conception du module d'anesthésie des cordons testiculaires

La conception de l'atelier d'anesthésie des cordons testiculaires a été à l'origine de plus de difficultés que l'atelier d'anesthésie du nerf cornual. Ceci peut raisonnablement être attribué au fait qu'il ne semble pas exister de mannequin équivalent à ce jour.

À l'origine, il était prévu de concevoir un arrière-train de veau comprenant les deux membres postérieurs, le bassin, la queue et les testicules. Cependant, aucun veau n'était disponible pour réaliser des moulages. C'est pourquoi il a été choisi de créer un module sur le mannequin obstétrical de veau disponible dans la salle Virtual Vet d'Oniris VetAgroBio. Cette décision présente après-coup un autre avantage, celui d'être très économique. Cet aspect est abordé plus en détail dans la partie III.4.2. L'absence de disponibilité d'un veau à néanmoins posé un autre problème. En effet, aucune mesure de taille de scrotum et de testicules n'a été possible. C'est pourquoi, les dimensions utilisées pour la conception du mannequin ont été calculées à partir de données bibliographiques, assez rares pour des veaux de moins de six mois d'âge. Il est ainsi difficile de statuer de la fidélité réelle de celles-ci, les études utilisées pour les calculs sont, en effet, menées sur des veaux de races différentes et d'âge différent. Ce deuxième point suppose une croissance homogène des organes sexuels pour appliquer certaines formules de proportionnalité. Enfin, comme énoncé ci-dessus, le mannequin de veau utilisé est théoriquement nouveau-né. En revanche, les références bibliographiques n'ont permis de calculer l'âge que d'un veau d'un mois et demi, ce qui est à l'origine d'une légère discordance entre la taille du mannequin et la taille des testicules. Cette discordance n'a pas été jugée dérangeante pour la fiabilité de l'environnement de l'atelier puisque cette discordance est jugée faible et qu'elle n'entraîne pas la réalisation d'un geste faux.

Ensuite, une troisième difficulté a été de trouver un moyen de conserver la fonction d'origine du mannequin obstétrical. La fixation d'une prothèse de testicules directement sur le mannequin est possible et assez aisée puisqu'il s'agit de coller du silicone sur du silicone. Cependant, il cet ajout aurait très certainement été très fragile lors de manœuvres obstétricales. Une première alternative aurait été de concevoir une ceinture sur laquelle la prothèse est fixée. Cette option n'a pas été conservée au vu de la difficulté de conception. Il a alors été décidé d'utiliser un jersey comme une couche de bébé avec un espace pour chaque membre et la queue. L'aspect élastique du jersey permet effectivement un bon maintien mais est plus dure à enfiler au veau. Pour simplifier l'opération, des indications ont été

ajoutées au jersey. Par exemple, l'annotation « membre postérieur droit » a été renseignée au niveau de l'espace pour le membre (Figure 30).



Figure 30 : Photographie des annotations ajoutées sur le jersey

Dernièrement, le choix du jersey en coton a demandé une ultime réflexion. En effet, il est difficile de coller du silicone sur une matière autre que le silicone. Possédant déjà du mastic SIKAFLEX® 11 FC TOUT EN UN contenant notamment du silicone, cette option a été testée pour y attacher le scrotum contenant les testicules. Bien que ce mastic adhère extrêmement bien au jersey en coton, celui-ci ne se fixe que faiblement au silicone. Ainsi, il a été choisi d'investir dans un second mastic de marque Rubson®, contenant une plus grande proportion de silicone afin de maintenir solidement la prothèse sur le jersey. Cependant, il semble que cette jointure reste un point de faiblesse du module. Une mise en garde a donc été inscrite sur la notice d'utilisation de l'atelier (Annexe III B) afin de ne pas tirer sur le scrotum pour ne pas le décrocher.

III.4.2. Coût des ateliers

Les détails du coût du circuit électrique seul sont abordés dans la partie III.3.1.3.

III.4.2.1. Coût de l'atelier de réalisation de l'anesthésie du nerf cornual chez le veau

La production d'un simulateur revient environ à 151,7 € (Tableau XV). Puisque deux simulateurs ont été produits pour les travaux de cette thèse, le coût total revient environ à 300 €. Dans ces calculs, les consommables tels que la plastiline ou les gobelets servant à la conception ou les gants et aiguilles utiles à la réalisation de l'atelier n'ont pas été pris en compte. Ce prix reste tout de même très acceptable quand il est comparé aux produits du commerce. Par exemple, il faut investir environ 1863 € (3 347,65 \$NZ) pour se procurer le kit d'écornage HOLSIM® (*Calf Disbudding Kit*, 2024).

Tableau XV : coût approximatif de la production de l'atelier de réalisation de l'anesthésie du nerf cornual chez le veau

Étape	Coût approximatif (€)
Étape 1 : Formation du masque en silicone	112,6
Étape 2 : Conception du circuit électrique	7,1
Étape 3 : Mise en place du circuit dans le masque et remplissage	21,3
Étape 4 : Finition	10,7
Total	151,7

Il est intéressant de noter que plusieurs économies ont été faites. En effet, il n'a pas été nécessaire de re-fabriquer le moule en plâtre ainsi que le moule en silicone puisque ceux-ci ont persisté aux travaux de Masselot (Masselot, 2019).

Cependant, il est assez étonnant d'observer une différence de prix de conception si grande avec les travaux de Masselot. En omettant l'étape 2, le mannequin revient à environ 144,6 € soit une fois et demi le prix de celui fabriqué par Masselot (Masselot, 2019), pourtant les étapes de conceptions conservées sont quasiment identiques. Parmi les différences notables de conception pouvant expliquer un tel écart de prix, il existe l'apport d'une quatrième couche de silicone dans l'étape 1 pour renforcer le modèle ainsi que l'étape 4 de finition, peu détaillée dans les travaux de Masselot. Néanmoins, ces deux étapes créent une différence de 26,8 €, ce qui n'est pas suffisant pour comprendre l'écart (53,1 €). Il est aussi possible d'imaginer une différence dans la façon de calculer le coût de revient.

Quant à la résistance du mannequin dans le temps, il est difficile d'estimer l'usure des cibles du circuit électrique. Celles-ci semblent néanmoins suffisamment résistantes pour résister au moins aussi longtemps à l'usure que ce que Masselot a estimé lors de ses travaux. La durabilité des pièces ponctionnables avait été estimée à deux ans (Masselot, 2019). En revanche, le coût de renouvellement est plus élevé compte tenu de la présence du circuit électrique. Il faut compter environ 26 euros pour remplacer les cibles et les mousses. Enfin, le changement de pile coûte environ 1,3 €, auquel il faut ajouter le coût des consommables.

III.4.2.2 Coût de l'atelier de réalisation de l'anesthésie du cordon testiculaire chez le veau

Étant donné la petite taille du module de testicule, le coût de revient est très faible, il s'élève à environ 14 € en comptant les testicules et scrotum fabriqués pour des fins de test des techniques de conception. Pour un module complet, il s'élève à 10,7 € (Tableau XVI). Il ne semble pas exister de mannequin d'entraînement à l'anesthésie des cordons testiculaires dans le commerce. Seul un mannequin d'entraînement à la castration chirurgicale semble avoir été développé dans des projets de recherche et son coût s'élève à 18 € (\$20) lorsqu'il est fabriqué une première fois puis celui-ci peut être reconstitué pour environ 9 € (\$10), ce qui est dans la même tranche de prix que le mannequin fabriqué lors de ces travaux (Anderson *et al.*, 2021).

Tableau XVI : coût approximatif de la production de l'atelier de réalisation de l'anesthésie du cordon testiculaire chez le veau

Étape	Coût approximatif (€)
Support du veau	2,5
Étape 1 : Réalisation des testicules et leurs cordons	1,1
Étape 2 : Fabrication du scrotum et du circuit électrique	5,1
Étape 3 : Réalisation du scrotum et du circuit électrique	2,0
Total	10,7

Tout comme pour le mannequin d'anesthésie du nerf cornual, plusieurs économies ont été effectuées. En effet, pour la conception du support de veau, seules les sangles ont été achetées, tout le reste a été fabriqué à l'aide de matériaux de récupération. Il en est de même pour le jersey utilisé en étape 3. De manière plus générale, l'utilisation d'un mannequin pré-existant comme support pour ce module permet de réaliser de fortes économies.

Il est également difficile d'estimer la résistance dans le temps du circuit électrique. Cependant, le silicone employé est identique à celui utilisé pour l'atelier d'anesthésie du nerf cornual et les tuyaux employés pour les cordons ne contiennent pas de liquide. En effet, Masselot a estimé devoir les changer quatre fois par an pour prévenir les fuites (Masselot, 2019). Ainsi, il est raisonnable de penser que ces tuyaux peuvent être changés à une fréquence bien moindre. Compte-tenu du faible coût du module, il est judicieux de renouveler l'entièreté de celui-ci lorsqu'il sera usé, mis à part la partie externe du circuit, ce qui représente un coût de 3,9 €. Il semble aussi exister une faiblesse au niveau de la zone de fixation du scrotum au jersey. L'application de joint en silicone pour re-fixer ces deux parties en cas de détérioration est estimée à 1,2 €. La notice d'entretien du simulateur est exposée en annexe VII.

III.4.3. Améliorations envisagées pour la conception des mannequins

III.4.3.1. Gestion des câbles et du circuit

Comme évoqué dans la partie III.3.1.4, l'apport d'un circuit tel que celui présenté dans ce manuscrit ajoute une notion de gestion des câbles à prendre en compte dans la fabrication du mannequin. Il est notamment nécessaire de prévoir le passage de ceux-ci à l'arrière du mannequin, par exemple à travers le carton des calendriers pour le mannequin de tête de veau.

Néanmoins, cette section s'intéresse à l'aspect esthétique du mannequin. Outre la « beauté » apparente de celui-ci, la vision des câbles lors de la réalisation d'un atelier de simulation diminue la fidélité psychologique et par conséquent l'implication de la personne le pratiquant (Carey and Rossler, 2024). De plus, cela permet également de renforcer le circuit, celui-ci est moins sensible à une rupture accidentelle en « raccrochant » dedans.

Cacher le circuit est donc une piste d'amélioration future importante des deux mannequins. Pour l'atelier d'anesthésie du nerf cornual, il est envisageable de le sécuriser à l'arrière des calendriers en le collant à ceux-ci. Il reste néanmoins impératif de laisser suffisamment de câble relié à l'aiguille afin de ne pas brider les mouvements de l'utilisateur.

Concernant, l'atelier d'anesthésie des cordons testiculaires, la tâche semble plus ardue à réaliser de par son aspect modulable. À ce jour, seule une seule idée paraît envisageable. Celle de condenser au maximum le circuit électrique, mis à part le câble relié à la seringue pour une fois de plus ne pas brider l'utilisateur dans ses mouvements, afin de le fixer à la face interne du jersey, contre le veau. Cependant,

cette option semble fragiliser le module au moment de mettre ou d'enlever le module du mannequin obstétrical de veau puisque de la tension est appliquée sur le jersey lors de ces étapes.

Enfin, que ce soit pour l'un ou l'autre des mannequins, il se pose la question de réussir à fixer ou au moins supporter la pile, élément le plus lourd du circuit, afin que celle-ci ne crée pas de tension sur le circuit en étant suspendue par les câbles. Il semble possible de la faire adhérer au carton via de la pâte adhésive mais ce n'est pas le cas au jersey. Il n'est, de plus, pas envisageable de la coller puisque celle-ci doit être changée une fois vide.

Même si quelques pistes sont avancées, la gestion des câbles et du circuit reste encore à déterminer.

III.4.3.2. Présence d'un témoin d'échec pour le mannequin d'anesthésie des cordons testiculaires

Comme évoqué dans la section III.3.1.4, il est actuellement possible de transpercer le cordon testiculaire du module d'anesthésie des cordons testiculaires et de ne pas se rendre compte que le geste est raté puisque la LED rouge s'allume. En effet, le circuit se ferme quel que soit la partie de l'aiguille en contact avec le cuivre dénudé.

Dans l'optique d'éviter l'apprentissage d'un geste erroné, il peut être intéressant d'ajouter à ce module un témoin d'échec. Pour cela, il peut être envisagé d'ajouter sur la face externe des cordons opposée à l'utilisateur un système de cible comparable avec celles employées dans le mannequin de tête de veau (Figures 31 A et B). Dans ce cas, si l'aiguille transperce le cordon, une seconde LED, potentiellement d'une couleur différente, s'allume.

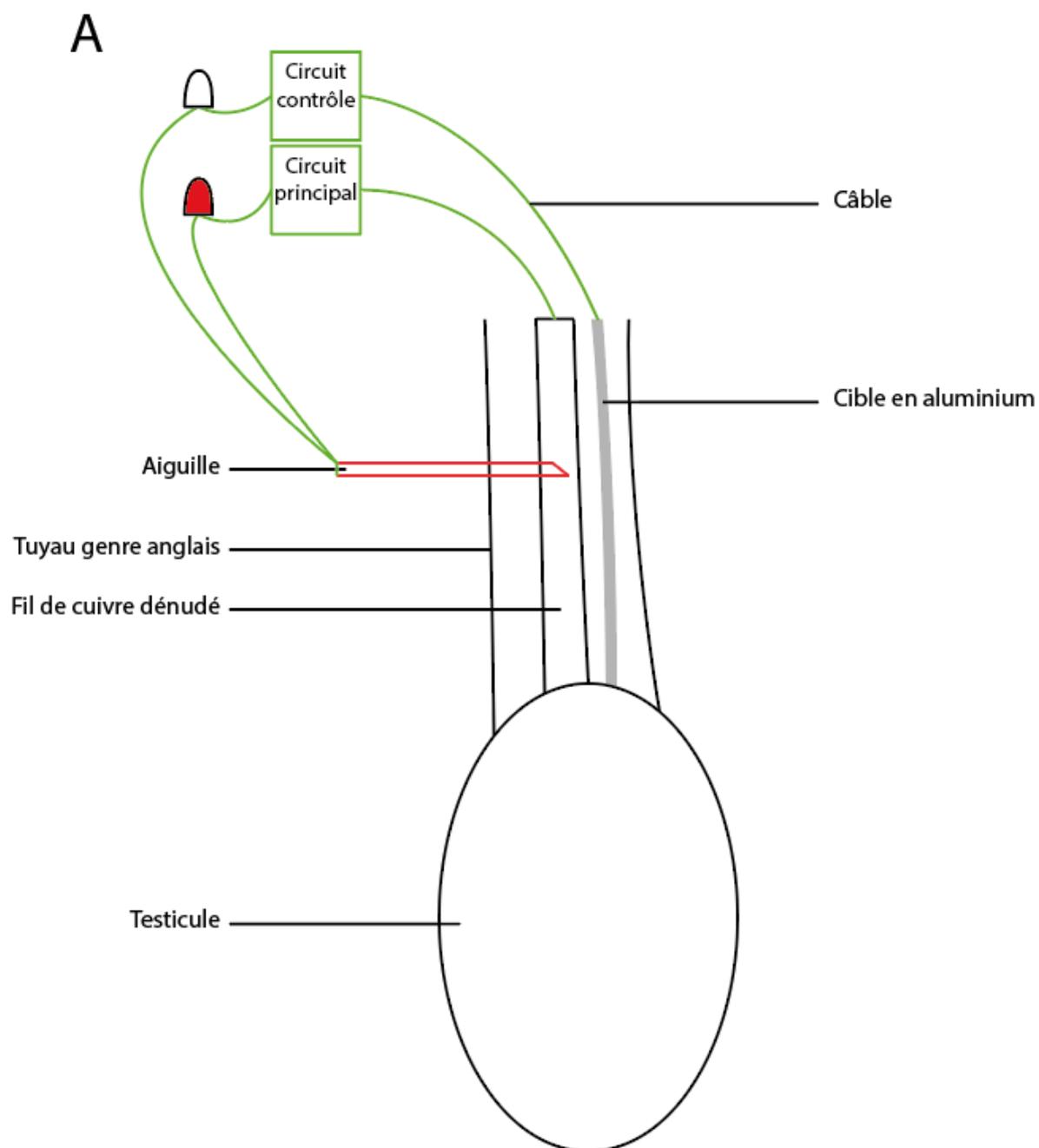


Figure 31 A : Schéma représentant le mannequin de veau avec un circuit de contrôle dans le cas où l'aiguille est bien positionnée, seule la LED rouge est allumée

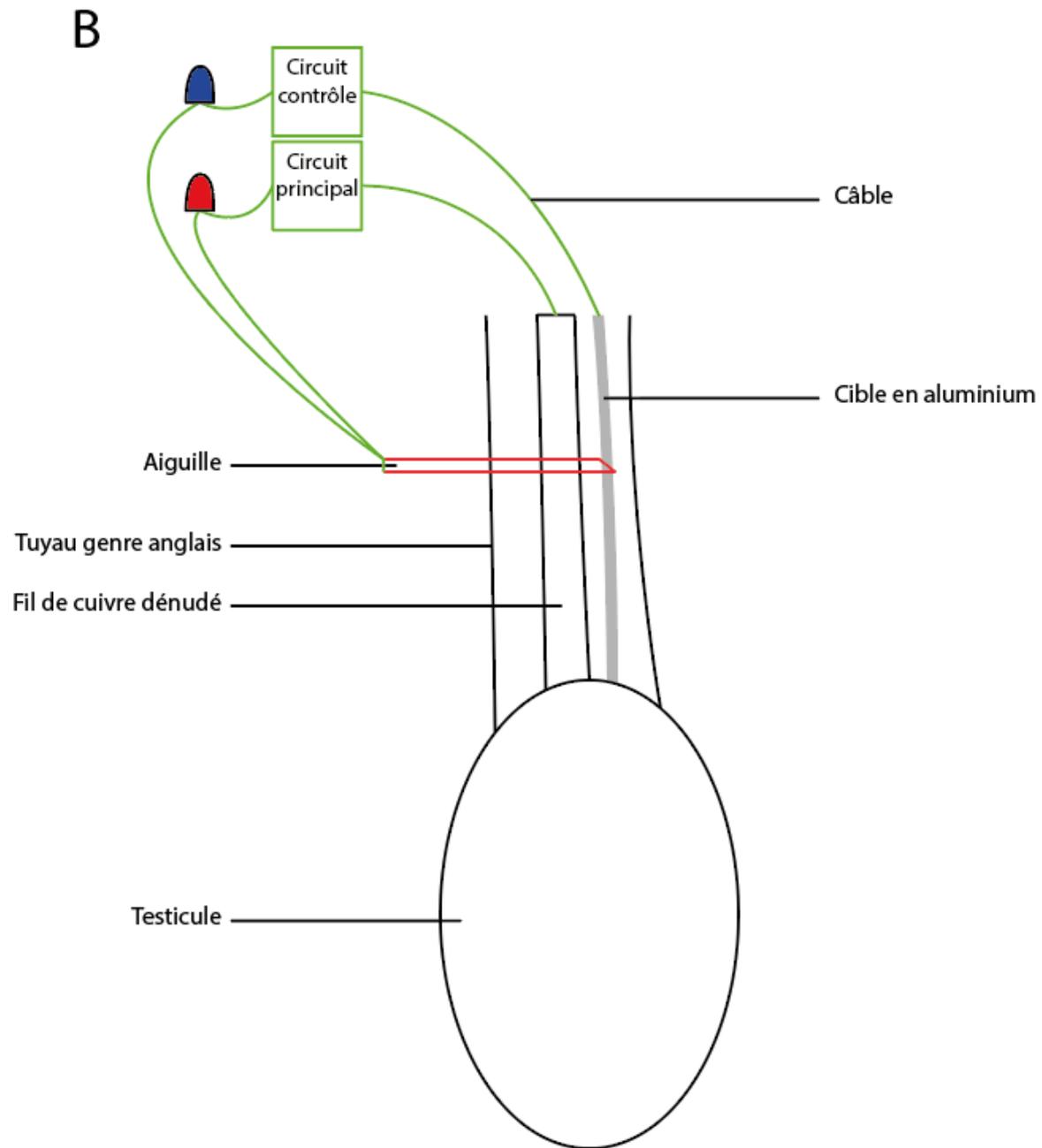


Figure 31 B : Schéma représentant le mannequin de veau avec un circuit de contrôle dans le cas où l'aiguille mal positionnée et traverse le cordon testiculaire, une LED bleue s'allume en plus de la LED rouge

Cependant, un tel système oblige à concevoir un second circuit électrique, ce qui d'une part fait monter le prix du mannequin et d'autre part rend encore plus difficile la gestion des câbles comme exposé en partie précédente. Il est également probable qu'un tel ajout fragilise davantage l'atelier.

III.4.3.3. Présence de sang lors de l'aspiration avant injection pour le mannequin d'anesthésie des cordons testiculaires

L'aspiration avant injection d'anesthésique local est essentielle pour éviter d'injecter le produit en intraveineux. Afin de rendre cette étape plus réaliste qu'actuellement, il est concevable d'ajouter un tuyau contenant un liquide coloré comme en sont équipés certains ateliers de la salle Virtual Vet. Il est par exemple possible de citer l'atelier « Effectuer une injection intraveineuse dans la veine céphalique d'un chien » ou encore « Prélever du sang dans la veine jugulaire avec une aiguille chez le chien » présentés en figure 32. Ce point a d'ailleurs été évoqué par Raphaël Guatteo lors de l'évaluation de l'atelier.

Cependant, il se pose la question de la fidélité anatomique. En effet, le testicule est notamment irrigué par le plexus pampiniforme, lui-même composé d'une multitude de vaisseaux tortueux qu'il peut être difficile d'imiter sur un simulateur. Ensuite, l'implémentation d'un système équivalent à celui présenté dans les ateliers ci-dessus entraîne diverses complications. Premièrement, ce système est volumineux et nécessite une extrémité assurant une sortie du liquide, ce qui semble impossible puisque les testicules sont suspendus à l'abdomen. Il faudrait alors réaliser un demi-tour dans le scrotum avec les deux tubulures pour les faire ressortir au même point d'entrée, ce qui ajoute de l'encombrement et réduit encore la fidélité anatomique. Deuxièmement, un tel montage semble fragiliser l'atelier, tout particulièrement au moment de mettre ou d'enlever le jersey du veau à l'instar de la gestion des câbles. Dernièrement, cela réduit aussi considérablement la durabilité du module puisque Masselot estime que des tuyaux genre anglais emplis de liquide doivent être changés environ quatre fois par an pour rester étanches (Masselot, 2019).

Il a aussi été envisagé d'emplir entièrement chaque cordon testiculaire de sorte à ce que l'aspiration soit impossible si l'extrémité de l'aiguille est bien positionnée. Il serait alors possible de laisser une zone contenant de l'air à proximité du cordon mimant les vaisseaux testiculaires. Un tel montage permettrait aussi d'assurer un témoin d'échec puisque l'aspiration d'air serait possible dans la cavité scrotale. Néanmoins, ce dispositif changerait la texture des cordons testiculaires, ce qui les rendrait moins réalistes et ne garantirait pas la bonne position de la pointe de l'aiguille puisque celle-ci peut aussi se planter dans la face interne du scrotum opposée à l'utilisateur.



Figure 32 : Photographie des ateliers « Effectuer une injection intraveineuse dans la veine céphalique d'un chien » (à droite) et « Prélever du sang dans la veine jugulaire avec une aiguille chez le chien » (à gauche) présents en salle Virtual Vet d'ONIRIS VetAgroBio

III.4.4. Un manque d'évaluation des mannequins

Comme évoqué en introduction de la partie résultats, les mannequins n'ont que peu ou pas été évalués, que ce soit par un jury d'experts ou des étudiants, faute de temps.

Ce problème n'est pas considéré comme majeur en ce qui concerne le mannequin de tête de veau. En effet, celui-ci a déjà été évalué par de tels jurys lors de la thèse de Masselot (Masselot, 2019). La différence de conception entre les deux mannequins ne se traduisant qu'avec l'ajout du circuit, il est possible d'imaginer que les critiques auraient sensiblement été les mêmes, en y ajoutant fort probablement la mauvaise position de la cible droite, déjà évoquée.

Concernant le module de castration de veau, il aurait été très intéressant d'obtenir plus de retours. Seul un expert a évalué le mannequin, l'avis d'autres vétérinaires ayant pratiqué le geste de nombreuses fois aurait très certainement apporté plus de critiques constructives. De plus, seuls trois anciens étudiants l'ont évalué, ce qui est très peu. Il est important d'ajouter que ces trois étudiants n'ont que peu d'expérience dans le geste, ainsi leur avis est à nuancer. En effet, ceux-ci l'ont pratiqué 0, 3 et 15 fois seulement avant de réaliser l'évaluation du mannequin. Enfin, il est nécessaire de souligner un possible biais dans les réponses. Aucune critique

négative n'a été émise par ces anciens étudiants mis à part la disproportion entre veau et testicules, ce qui paraît très surprenant. Il est possible d'imaginer que le manque d'expérience de ces derniers ne leur permet pas d'apprécier suffisamment les défauts du simulateur. Il est également envisageable que ceux-ci aient volontairement omis les critiques négatives avec l'intention de ne pas blâmer les travaux de cette thèse.

Bilan de la partie III:

La création d'un circuit de feedback positif apparaît être une réussite peu coûteuse dans son rôle de feedback positif, ce qui peut permettre d'entrevoir des perspectives d'exportation à d'autres mannequins. Cependant, son intégration au sein d'un mannequin complique grandement sa conception. En effet, il est à l'origine d'un encombrement amenant à la réflexion de la gestion des câbles. Son impact sur la durabilité du simulateur est également inconnu.

Malgré un manque important d'évaluation des deux ateliers mis en place lors des travaux de cette thèse, plusieurs défauts non négligeables pouvant impacter la fidélité des mannequins et donc l'apprentissage des étudiants ont été mis en avant.

CONCLUSION

Les travaux de cette thèse consistaient à effectuer une refonte d'un robot conversationnel sur la prise en charge de la douleur des veaux lors de l'ébourgeonnage et de la castration, ainsi que la conception de deux mannequins d'entraînement à la réalisation de gestes d'anesthésies locales pour ces deux pratiques, dans le cadre de la règle des 3S.

La refonte du chatbot est motivée par l'ajout de l'équivalent d'un module de cinq à sept minutes sur la sensibilisation aux bonnes pratiques de castration, tout en conservant une volonté d'assurer formation en microlearning pour être compatible avec la charge cognitive des éleveurs. Cet objectif a été globalement respecté. Il est cependant difficile d'avoir du recul quant à l'appréciation par le public cible, c'est-à-dire les éleveurs et l'efficacité de celui-ci compte tenu du manque de modalités d'évaluation et de son implémentation tardive.

L'atelier de réalisation d'une anesthésie du nerf cornual chez le veau est également une adaptation d'un projet préexistant. La volonté d'ajouter un témoin positif de réussite pour confirmer la maîtrise du geste à des apprenants en autonomie est une réussite partielle. En effet, seule l'une des deux cibles est correctement positionnée. L'atelier de réalisation d'une anesthésie des cordons testiculaires chez le veau est lui un projet nouveau. Bien que celui-ci semble adapté à l'apprentissage du geste par les étudiants vétérinaires, sa conception se base sur des calculs issus de données présentes dans la littérature dont la fiabilité anatomique n'a pas pu être acertainée.

Ces deux ateliers respectent également l'intention de concevoir des produits peu coûteux et facilement remplaçables. Le mannequin de tête de veau est plus de dix fois moins onéreux que des produits équivalents disponibles dans le commerce. Quant au module de testicules, son coût de production inférieur à quinze euros est extrêmement raisonnable.

Enfin, à l'instar de sa première version, le mannequin d'anesthésie du nerf cornual peut être reproduit en plusieurs exemplaires pour être mis à disposition d'éleveurs dans le cadre de formations à ce geste. Ce n'est cependant pas le cas du module d'anesthésie des cordons testiculaires puisqu'il nécessite le mannequin obstétrical de veau comme support.

BIBLIOGRAPHIE

Adam, M. *et al.* (2021) 'A comparison of sedative effects of xylazine alone or combined with levomethadone or ketamine in calves prior to disbudding', *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 48(6), pp. 906–913. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2021.08.004>.

Adcock, S.J.J., Cruz, D.M. and Tucker, C.B. (2020) 'Behavioral changes in calves 11 days after cautery disbudding: Effect of local anesthesia', *Journal of Dairy Science*, 103(9), pp. 8518–8525. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18337>.

Adcock, S.J.J. and Tucker, C.B. (2018) 'The effect of disbudding age on healing and pain sensitivity in dairy calves', *Journal of Dairy Science*, 101(11), pp. 10361–10373. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14987>.

Alsaad, M. *et al.* (2014) 'Experience with the delegation of anaesthesia for disbudding and castration to trained and certified livestock owners', *BMC Veterinary Research*, 10(1), p. 35. Available at: <https://doi.org/10.1186/1746-6148-10-35>.

Anderson, S.L. *et al.* (2021) 'Development and Validation of a Bovine Castration Model and Rubric', *Journal of Veterinary Medical Education*, 48(1), pp. 96–104. Available at: <https://doi.org/10.3138/jvme.2018-0016>.

Arrêté du 5 octobre 2011 fixant la liste des actes de médecine ou de chirurgie des animaux que peuvent réaliser certaines personnes n'ayant pas la qualité de vétérinaire (2011) *Code rural et de la pêche maritime*.

Arrêté du 19 janvier 2017 modifiant l'arrêté du 22 février 1990 fixant la liste des substances classées comme stupéfiants (2017) *Code de la santé publique*. Available at: <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/1/19/AFSP1701887A/jo/texte> (Accessed: 4 August 2024).

Article R5132-74 (2022) *Code de la santé publique*. Available at: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000045186762 (Accessed: 4 August 2024).

Article R5132-76 (2023) *Code de la santé publique*. Available at: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000048665302 (Accessed: 4 August 2024).

Aupiais, A. *et al.* (2016) 'Ecorner les jeunes bovins efficacement, facilement et sans douleur'.

Aupiais, A. and Mirabito, L. (2018) 'Castration des bovins - Des conseils pour améliorer la prise en charge de la douleur des veaux et la sécurité des intervenants'. Institut de l'élevage IDELE. Available at: <https://gdsreseau3m.com/wp-content/uploads/2018/10/Castration-des-bovins-planches-imprim%C3%A9-1.pdf> (Accessed: 11 April 2024).

Bailey, T.L. *et al.* (1996) 'Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls', *Theriogenology*, 46(5), pp. 881–887. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(96\)00245-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(96)00245-2).

'Barn blindness' (2019) *Progressive dairy*, May. Available at: <https://www.agproud.com/blogs/1-progressive-dairy-from-the-editor/post/37779-barn-blindness> (Accessed: 11 August 2024).

Barone, R. (2001) *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 4. Splanchnologie II. Appareil uro-génital, foetus et ses annexes, péritoine et topographie abdominale*. Vigot.

Barone, R. and Simoens, P. (2010) *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 7. Neurologie II. Système nerveux périphérique, glandes endocrines, esthésiologie*. Vigot.

Bastide, L. (2019) *Les attentes des éleveurs bovins vis-à-vis du vétérinaire : étude à partir d'une enquête menée dans une clientèle des Deux-Sèvres*. other. Available at: <https://oatao.univ-toulouse.fr/25504/> (Accessed: 7 September 2023).

Bates, A., Eder, P. and Laven, R. (2015) 'Effect of analgesia and anti-inflammatory treatment on weight gain and milk intake of dairy calves after disbudding', *New Zealand Veterinary Journal*, 63(3), pp. 153–157. Available at: <https://doi.org/10.1080/00480169.2014.982739>.

Becker, J., Reist, M. and Steiner, A. (2014) 'Factors influencing the attitudes of cattle veterinarians, farmers, and claw trimmers towards the pain associated with the treatment of sole ulcers and the sensitivity to pain of dairy cows', *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 200(1), pp. 38–43. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.01.016>.

Beguín, E., Hostiou, N. and Jacquot, A.-L. (2022) 'Conditions de travail et temps libre dans les grandes exploitations laitières', *Institut de l'élevage IDELE* [Preprint].

Bilodeau, C. (2020) *Évaluation par sondage des pratiques d'élevage entourant le bien-être animal dans les entreprises vache-veau du Québec*. Faculté de Médecine vétérinaire de Montréal. Available at: https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/24264/Bilodeau_Catherine_2020_memoire.pdf?sequence=4&isAllowed=y (Accessed: 22 April 2024).

Boesch, D. *et al.* (2010) 'ANESTHÉSIE, CASTRATION ET ÉCORNAGE'. Available at: https://www.blv.admin.ch/dam/blv/fr/dokumente/tiere/nutztierhaltung/rinder/anaesthesie-kastration-enthornung.pdf.download.pdf/Anesthesie_Castration_Ecornage.pdf (Accessed: 23 April 2024).

Bouvard, A. (2020) *Étude de l'évaluation et de la prise en charge de la douleur des bovins par les étudiants vétérinaires*. other. Available at: <https://oatao.univ-toulouse.fr/26751/> (Accessed: 7 September 2023).

Brannang, E. (1966) 'Studies on monozygous cattle twins. 18. The effect of castration and age of castration on the growth rate, feed conversion and carcass traits of Swedish Red and White cattle', *Lantbrukshogsk. Ann*, 32, pp. 329–415.

Bretschneider, G. (2005) 'Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review', *Livestock Production Science*, 97(2), pp. 89–100. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.04.006>.

Calf Disbudding Kit (2024) *Holsim Veterinary*. Available at: <https://fr.holsim.co.nz/product-page/calf-disbudding-model> (Accessed: 7 September 2024).

Capucille, D.J., Poore, M.H. and Rogers, G.M. (2002) 'Castration in Cattle: Techniques and Animal Welfare Issues'.

Carey, J.M. and Rossler, K. (2024) 'The How When Why of High Fidelity Simulation', in *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559313/> (Accessed: 3 July 2024).

Casoni, D. *et al.* (2019) 'Can disbudding of calves (one versus four weeks of age) induce chronic pain?', *Physiology & Behavior*, 199, pp. 47–55. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.11.010>.

Charolais Univers (2024). Available at: <https://www.charolais-univers.com/> (Accessed: 19 August 2024).

'Chatbot' (2024) *Wikipédia*. Available at: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Chatbot&oldid=216371746> (Accessed: 4 August 2024).

Chevillon, P. (2020) *Les porcs mâles entiers ou l'immunocastration à la place de la castration des porcelets: IPEMA fournit des solutions, IFIP*. Available at: <https://ifip.asso.fr/actualites/les-porcs-males-entiers-ou-limmunocastration-a-la-place-de-la-castration-des-porcelets-ipema-fournit-des-solutions/> (Accessed: 25 August 2024).

Clarke, K.W., Trim, C.M. and Hall, L.W. (2014) *Veterinary Anaesthesia*. Eleventh Edition. SAUNDERS Elsevier.

Coetzee, J.F., Nutsch, A.L., *et al.* (2010) 'A survey of castration methods and associated livestock management practices performed by bovine veterinarians in the United States', *BMC Veterinary Research*, 6(1), p. 12. Available at: <https://doi.org/10.1186/1746-6148-6-12>.

Coetzee, J.F., Gehring, R., *et al.* (2010) 'Effect of sub-anesthetic xylazine and ketamine ('ketamine stun') administered to calves immediately prior to castration', *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 37(6), pp. 566–578. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2010.00573.x>.

Coetzee, J.F. *et al.* (2012) 'Pharmacokinetics and effect of intravenous meloxicam in weaned Holstein calves following scoop dehorning without local anesthesia', *BMC veterinary research*, 8, p. 153. Available at: <https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-153>.

Condino, M.P., Suzuki, K. and Taguchi, K. (2010) 'Antinociceptive, sedative and cardiopulmonary effects of subarachnoid and epidural xylazine-lidocaine in xylazine-sedated calves', *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 37(1), pp. 70–78. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2009.00494.x>.

Cook, R.B., Coulter, G.H. and Kastelic, J.P. (1994) 'The testicular vascular cone, scrotal thermoregulation, and their relationship to sperm production and seminal quality in beef bulls', *Theriogenology*, 41(3), pp. 653–671. Available at: [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(94\)90175-I](https://doi.org/10.1016/0093-691X(94)90175-I).

Council of Europe (1988) *Recommendation concerning Cattle adopted by the Standing Committee of the European Convention for the Protection of Animals kept for Farming Purposes (T-AP) on 21 October 1988, European Committee on Legal Co-operation*. Available at: <https://www.coe.int/en/web/cdcj/1988-rec-cattle> (Accessed: 15 April 2024).

Croyle, S.L. *et al.* (2019) 'Dairy farmers' expectations and receptivity regarding animal welfare advice: A focus group study', *Journal of Dairy Science*, 102(8), pp. 7385–7397. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15821>.

Dartevelle, G. (2014) *Étude des pratiques analgésiques des vétérinaires ruraux chez les bovins en France*. other. Available at: <https://oatao.univ-toulouse.fr/12268/> (Accessed: 7 September 2023).

Delanoue, E. and Roguet, C. (2015) 'Acceptabilité sociale de l'élevage en France : recensement et analyse des principales controverses à partir des regards croisés de différents acteurs', *INRAE Productions Animales*, 28(1), pp. 39–50. Available at: <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2015.28.1.3009>.

Discours-Renvier, C. (2023) *Premiers retours sur un nouvel anesthésique local longue durée d'action à base de procaine et d'adrénaline*, *La Dépêche Vétérinaire*. Available at: https://www.depecheveterinaire.com/premiers-retours-sur-un-nouvel-anesthesique-local-longue-duree-d-action-a-base-de-procaine-et-d-adrenaline_679750873A6BA869.html (Accessed: 26 July 2024).

Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires (2024) *Le Point Vétérinaire.fr*. Available at: <https://www.lepointveterinaire.fr/dmv/consulter.html> (Accessed: 24 July 2024).

Disbudding calves (2020). Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=1iv9orxiFW0> (Accessed: 24 July 2024).

Dispositions relatives à l'exercice illégal de la médecine et de la chirurgie des animaux - Article L243-2 (2011) *Code rural et de la pêche maritime*. Available at: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000024395971 (Accessed: 15 April 2024).

Doherty, T.J. *et al.* (2007) 'Effects of a Concentrated Lidocaine Solution on the Acute Phase Stress Response to Dehorning in Dairy Calves', *Journal of Dairy Science*, 90(9), pp. 4232–4239. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0080>.

Dominique, S. (2022) *Le point sur l'utilisation de la semence sexée - Campagne IA 2020-2021*, Institut de l'Élevage. Available at: <https://idele.fr/detail-article/le-point-sur-l'utilisation-de-la-semence-sexee-campagne-ia-2020-2021> (Accessed: 19 August 2024).

Earley, B. and Crowe, M.A. (2002) 'Effects of ketoprofen alone or in combination with local anesthesia during the castration of bull calves on plasma cortisol, immunological, and inflammatory responses', *Journal of Animal Science*, 80(4), pp. 1044–1052. Available at: <https://doi.org/10.2527/2002.8041044x>.

Edwards-Callaway, L.N. *et al.* (2023) 'A nationwide survey on producer and veterinarian perceptions of the painfulness of procedures and disease states in dairy and beef cattle', *Frontiers in Pain Research*, 4. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpain.2023.1059224>.

'Électricité et jeu d'adresse: le Docteur Maboul' (2021), 30 March. Available at: <http://blog.espe-bretagne.fr/prodm1vannes/electricite-et-jeu-dadresse-le-docteur-maboul/> (Accessed: 10 April 2024).

Ellingsen, K. *et al.* (2010) 'The Relationship between Empathy, Perception of Pain and Attitudes toward Pets among Norwegian Dog Owners', *Anthrozoös*, (23), pp. 241–243. Available at: <https://doi.org/10.2752/175303710X12750451258931>.

Faulkner, P.M. and Weary, D.M. (2000) 'Reducing Pain After Dehorning in Dairy Calves', *Journal of Dairy Science*, 83(9), pp. 2037–2041. Available at: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75084-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75084-3).

Fierheller, E.E. *et al.* (2012) 'Onset, duration and efficacy of four methods of local anesthesia of the horn bud in calves', *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 39(4), pp. 431–435. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2012.00717.x>.

Fisher, A.D. *et al.* (1996) 'Effect of castration method and the provision of local anesthesia on plasma cortisol, scrotal circumference, growth, and feed intake of bull calves', *Journal of Animal Science*, 74(10), pp. 2336–2343. Available at: <https://doi.org/10.2527/1996.74102336x>.

French, J. and Sharp, L. (2012) 'Local anaesthetics', *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*, 94(2), pp. 76–80. Available at: <https://doi.org/10.1308/003588412X13171221502185>.

Gènes Diffusion (2024). Available at: <https://www.genesdiffusion.com/> (Accessed: 19 August 2024).

Gittel, C. *et al.* (2021) 'Xylazine or detomidine in dairy calves: a comparison of clinically relevant pharmacodynamic parameters under sedation', *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere*, 49(1), pp. 21–29. Available at: <https://doi.org/10.1055/a-1306-3331>.

Gottardo, F. *et al.* (2011) 'The dehorning of dairy calves: practices and opinions of 639 farmers', *Journal of Dairy Science*, 94(11), pp. 5724–5734. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4443>.

Granry, J.-C. (2021) 'Simulation procédurale - Réflexions du Pr. Granry', *Medicaem*, June. Available at: <https://www.medicaem.com/actualite-simulation-medicale/simulation-procedurelle-reflexions-du-pr-granry> (Accessed: 3 July 2024).

Granry, J.-C. and Moll, M.-C. (2012) *État de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé*. Haute Autorité de Santé. Available at: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-01/simulation_en_sante_-_rapport.pdf (Accessed: 3 July 2024).

Grimm, K.A. *et al.* (2015) *Veterinary Anesthesia and Analgesia: The fifth edition of Lumb and Jones*. Fifth Edition. WILEY Blackwell.

Grøndahl-nielsen, C. *et al.* (1999) 'Behavioural, Endocrine and Cardiac Responses in Young Calves Undergoing Dehorning Without and With Use of Sedation and Analgesia', *The Veterinary Journal*, 158(1), pp. 14–20. Available at: <https://doi.org/10.1053/tvj.1998.0284>.

'Groupes interne et externe (sociologie)' (2024) *Wikipédia*. Available at: [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Groupes_interne_et_externes_\(sociologie\)&oldid=212840928](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Groupes_interne_et_externes_(sociologie)&oldid=212840928) (Accessed: 22 April 2024).

Guatteo, R. *et al.* (2012) 'Minimising pain in farm animals: the 3S approach - "Suppress, Substitute, Soothe"', *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 6(8), pp. 1261–1274. Available at: <https://doi.org/10.1017/S1751731112000262>.

Guatteo, R., Holopherne, D. and Fortineau, O. (2013) *Gestion de la douleur bovine*. Med'com.

Hambleton, S.Y.N. and Gibson, T.J. (2017) 'Study investigating the attitudes and opinions of cattle farmers and veterinarians in the UK on the use of non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) for post-disbudding analgesia of calves', *Animal Welfare*, 26(3), pp. 323–334. Available at: <https://doi.org/10.7120/09627286.26.3.323>.

Heinrich, A. (2007) *An investigation of meloxicam for the relief of pain associated with dehorning of dairy calves*. University of Guelph. Available at: <https://hdl.handle.net/10214/21913> (Accessed: 6 September 2023).

Hodgkinson, O. and Dawson, L. (2007) 'Practical anaesthesia and analgesia in sheep, goats and calves', *In Practice*, 29(10), pp. 596–603. Available at: <https://doi.org/10.1136/inpract.29.10.596>.

Hokkanen, A.-H. *et al.* (2015) 'Perceptions and practices of Finnish dairy producers on disbudding pain in calves', *Journal of Dairy Science*, 98(2), pp. 823–831. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7668>.

Huxley, J. and Whay, H.R. (2007) 'Attitudes of UK veterinary surgeons and cattle farmers to pain and the use of analgesics in cattle', *Cattle Practice*, 15, pp. 189–193.

Huxley, J.N. and Whay, H.R. (2006) 'Current attitudes of cattle practitioners to pain and the use of analgesics in cattle', *Veterinary Record*, 159(20), pp. 662–668. Available at: <https://doi.org/10.1136/vr.159.20.662>.

Kamiloglu, A. *et al.* (2005) 'Clinical assessment of epidural analgesia induced by xylazine-lidocaine combination accompanied by xylazine sedation in calves | Irish Veterinary Journal | Full Text', *Irish Veterinary Journal*. 58th edn. Available at: <https://irishvetjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/2046-0481-58-10-567> (Accessed: 12 September 2024).

Kielland, C. *et al.* (2010) 'Dairy farmer attitudes and empathy toward animals are associated with animal welfare indicators', *Journal of Dairy Science*, 93(7), pp. 2998–3006. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2899>.

Kirsh, D. (2000) 'A Few Thoughts on Cognitive Overload', *Intellectica Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, 30(1), pp. 19–51. Available at: <https://doi.org/10.3406/intel.2000.1592>.

Kling-Eveillard, F. *et al.* (2009) 'Cattle dehorning in France: farmers' practices and attitudes.', *16 èmes Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris, les 2 et 3 Décembre 2009*, pp. 249–252.

Kling-Eveillard, F. *et al.* (2014) *Douleur en élevage : représentations et pratiques des éleveurs, exemple de l'écornage*. Available at: https://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte_2_Sante-Bien_etre_F-Kling_Eveillard.pdf (Accessed: 9 April 2024).

Krishnan, D., Vasu Keloth, A. and Ubedulla, S. (2017) 'Pros and cons of simulation in medical education: A review', *International Journal of Medical and Health Research*, June, pp. 84–87.

Langebæk, Rikke *et al.* (2012) 'Anxiety in veterinary surgical students: a quantitative study', *Journal of Veterinary Medical Education*, 39(4), pp. 331–340. Available at: <https://doi.org/10.3138/jvme.1111-111R1>.

Langebæk, R. *et al.* (2012) 'Features that contribute to the usefulness of low-fidelity models for surgical skills training', *The Veterinary Record*, 170(14), p. 361. Available at: <https://doi.org/10.1136/vr.100181>.

'Le gène "sans corne", ou "polled": mécanismes de transmission' (2014). Association française des éleveurs de race Prim'Holstein. Available at: https://primholstein.com/wp-content/uploads/fiche-sans-corne-web_v4.pdf (Accessed: 19 August 2024).

Le Guenic, M. (2017) 'Quelle perception et quels progrès après une formation des éleveurs en matière d'écornage?', *Le Point Vétérinaire expert rural* [Preprint], (377). Available at: <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/le-point-veterinaire/article-rural/n-377/quelle-perception-et-quels-progres-apres-une-formation-des-eleveurs-en-matiere-d-ecornage.html> (Accessed: 5 April 2024).

Le Robert - Dico en ligne (2024). Available at: <https://dictionnaire.lerobert.com/> (Accessed: 2 July 2024).

Leach, K.A. *et al.* (2010) 'Working towards a reduction in cattle lameness: 1. Understanding barriers to lameness control on dairy farms', *Research in Veterinary Science*, 89(2), pp. 311–317. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2010.02.014>.

Legrand, A. and Guérin, D. (2024) *Ecornage des veaux, contention, clôture électrique permanente: 2 nouveaux après-midi de démonstrations*. Available at: <https://www.reussir.fr/agriculture-massif-central/ecornage-des-veaux-contention-cloture-electrique-permanente-2-nouveaux-apres-midi-de-demonstrations> (Accessed: 13 April 2024).

Lipp, A. and Simonneaux, L. (2018) 'Savoirs et controverses liés au bien-être des bovins: comment des enseignants de zootechnie les prennent-ils en compte?', *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (18), pp. 137–160. Available at: <https://doi.org/10.4000/rdst.2072>.

Madekurozwa, M.-C., Purton, M. and Boyd, J.S. (2000) 'Re-examination of horn innervation in cattle using Fluorogold', *Zimbabwe Veterinary Journal*, 31(2), pp. 65–72. Available at: <https://doi.org/10.4314/zvj.v31i2.5359>.

Magnaudeix, D. (2019) 'UNE OPPORTUNITÉ POUR VALORISER LES MÂLES EN BIO', *ProFilBio*, June, pp. 10–12.

Marquette, G.A. *et al.* (2021) 'Horn bud size of dairy-bred and suckler-bred calves at time of disbudding', *Irish Veterinary Journal*, 74(1), p. 17. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13620-021-00196-0>.

Marquette, G.A., Ronan, S. and Earley, B. (2023) 'Calf disbudding – animal welfare considerations', *Journal of Applied Animal Research*, 51(1), pp. 616–623. Available at: <https://doi.org/10.1080/09712119.2023.2264912>.

Martin, V. (2023) *Micro apprentissage par robot conversationnel à ONIRIS en filière vétérinaire: mise en place et évaluation de l'efficacité sur un cours de pathologie locomotrice des ruminants*. Oniris.

Masselot, M. (2019) *Conception de simulateurs réalistes pour l'apprentissage du cathéterisme de la veine jugulaire chez le veau et de l'anesthésie du nerf cornual chez les bovins*. Oniris. Available at: https://doc-veto.oniris-nantes.fr/GED_CHN/197375791555/na_19_064.pdf (Accessed: 18 November 2023).

Mathevet, P. (2005) 'Perceptions et attentes de l'éleveur bovin concernant le rôle du vétérinaire.', *Journées Nationales des GTV à Nantes*, May, pp. 959–960.

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation d'Ontario (2007) *La castration des veaux*. Available at: <http://www.ontario.ca/fr/page/la-castration-des-veaux> (Accessed: 2 December 2023).

Mintline, E.M. *et al.* (2013) 'Play behavior as an indicator of animal welfare: Disbudding in dairy calves', *Applied Animal Behaviour Science*, 144(1), pp. 22–30. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.12.008>.

Mirra, A. *et al.* (2018) 'Acute pain and peripheral sensitization following cautery disbudding in 1- and 4-week-old calves', *Physiology & Behavior*, 184, pp. 248–260. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.11.031>.

Moggy, M.A. *et al.* (2017) 'Management practices associated with pain in cattle on western Canadian cow–calf operations: A mixed methods study¹', *Journal of Animal Science*, 95(2), pp. 958–969. Available at: <https://doi.org/10.2527/jas.2016.0949>.

Molony, V., Kent, J.E. and Robertson, I.S. (1995) 'Assessment of acute and chronic pain after different methods of castration of calves', *Applied Animal Behaviour Science*, 46(1), pp. 33–48. Available at: [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00635-4](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00635-4).

Morisse, J.P., Cotte, J.P. and Huonnic, D. (1995) 'Effect of dehorning on behaviour and plasma cortisol responses in young calves', *Applied Animal Behaviour Science*, 43(4), pp. 239–247. Available at: [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00569-E](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00569-E).

Muller, A. *et al.* (1991) 'Choix de l'âge à la castration en production de viande bovine semi-intensive', *INRAE Productions Animales*, 4(4), pp. 287–295. Available at: <https://doi.org/10.20870/productions-animales.1991.4.4.4342>.

Murray, C.F. *et al.* (2016) 'Calf management practices and associations with herd-level morbidity and mortality on beef cow-calf operations', *Animal*, pp. 468–477.

Neil Anderson and Cynthia Miltenburg (2022) 'Écornage des veaux'. Santé et bien-être des animaux, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO).

Norring, M. (2017) 'The age of surgical castration affects the healing process in beef calves', *Translational animal science*, 1, pp. 358–366. Available at: <https://doi.org/10.2527/tas2017.0044>.

Pasquet, S. (2022) 'Périmètre d'une ellipse – Mathweb.fr', 15 April. Available at: <https://www.mathweb.fr/euclide/2022/04/15/perimetre-dune-ellipse/> (Accessed: 16 August 2024).

Passler, T., Clarck-Price, S. and Lin, H. (2022) *Farm Animal Anesthesia : Cattle, Small Ruminants, Camelids, and Pigs*. Second Edition. WILEY.

Périmètre d'une ellipse (2024). Available at: <https://calculis.net/perimetre/ellipse> (Accessed: 16 August 2024).

Petrie, N.J. *et al.* (1996) 'Cortisol responses of calves to two methods of disbudding used with or without local anaesthetic', *New Zealand Veterinary Journal*, 44(1), pp. 9–14. Available at: <https://doi.org/10.1080/00480169.1996.35924>.

Platel, D. (2019) *Elevage : l'adieu aux cornes, Réussir - L'action agricole picarde*. Available at: <https://www.action-agricole-picarde.com/elevage-ladieu-aux-cornes> (Accessed: 2 July 2024).

Reedman, C.N. *et al.* (2022) 'Graduate Student Literature Review: Role of pain mitigation on the welfare of dairy calves undergoing disbudding', *Journal of Dairy Science*, 105(8), pp. 6809–6819. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21349>.

Remnant, J.G. *et al.* (2017) 'Clinician attitudes to pain and use of analgesia in cattle: where are we 10 years on?', *Veterinary Record*, 181(15), pp. 400–400. Available at: <https://doi.org/10.1136/vr.104428>.

Robertson, I.S., Kent, J.E. and Molony, V. (1994) 'Effect of different methods of castration on behaviour and plasma cortisol in calves of three ages', *Research in Veterinary Science*, 56(1), pp. 8–17. Available at: [https://doi.org/10.1016/0034-5288\(94\)90189-9](https://doi.org/10.1016/0034-5288(94)90189-9).

Robles, I. *et al.* (2021) 'Producer and Veterinarian Perspectives towards Pain Management Practices in the US Cattle Industry', *Animals: an open access journal from MDPI*, 11(1), p. 209. Available at: <https://doi.org/10.3390/ani11010209>.

Roger, O. (2008) *Enquête sur les attitudes des éleveurs de bovins vis-à-vis de la détection et de la prise en charge de la douleur*. Oniris. Available at: https://doc-veto.oniris-nantes.fr/GED_CHN/192010291029/na_08_061.pdf (Accessed: 31 December 2023).

Seddighi, R. and Doherty, T.J. (2016) 'Field Sedation and Anesthesia of Ruminants', *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 32(3), pp. 553–570. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.05.002>.

Sédillot B and Poulette B (2018) 'Enquêtes pratiques d'élevage 2015 : Pratiques de stabulation et de gestion des effluents en élevages de bovins', *Agreste Primeur*, December, p. 6.

Semences sexées : une préparation optimisée pour réussir (2024). Available at: <https://www.groupe-techna.com/fr/natural/conseils/insemination-vache-semences-sexees> (Accessed: 19 August 2024).

Seulement 2,7 % des mâles sont castrés | Réussir bovins viande (2023). Available at: <https://www.reussir.fr/bovins-viande/seulement-27-des-males-sont-castres> (Accessed: 5 March 2024).

Simonneaux, L. (2012) 'Rationalités d'enseignants en productions animales sur des questions socialement vives en élevage', *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (5), pp. 9–46. Available at: <https://doi.org/10.4000/rdst.554>.

Simulation en santé (2019) *Haute Autorité de Santé*. Available at: https://www.has-sante.fr/jcms/c_2807140/fr/simulation-en-sante (Accessed: 3 July 2024).

Sözmen, E.Y., Karaca, O. and Batı, A.H. (2023) 'The effectiveness of interactive training and microlearning approaches on motivation and independent learning of medical students during the COVID-19 pandemic', *Innovations in Education and Teaching International*, 60(1), pp. 70–79. Available at: <https://doi.org/10.1080/14703297.2021.1966488>.

Stafford, K.J. *et al.* (2002) 'Effects of local anaesthesia or local anaesthesia plus a non-steroidal anti-inflammatory drug on the acute cortisol response of calves to five different methods of castration', *Research in Veterinary Science*, 73(1), pp. 61–70. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(02\)00045-0](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(02)00045-0).

Stafford, K.J. and Mellor, D.J. (2011) 'Addressing the pain associated with disbudding and dehorning in cattle', *Applied Animal Behaviour Science*, 135(3), pp. 226–231. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.018>.

Staněk, S. *et al.* (2018) 'Survey of disbudding practice on Czech dairy farms', *Journal of Dairy Science*, 101(1), pp. 830–839. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13143>.

Stewart, K. and Alexander, D. (2016) 'Regional anaesthesia of the bovine head', *Livestock*, 21(6), pp. 354–360. Available at: <https://doi.org/10.12968/live.2016.21.6.354>.

Stilwell, G. *et al.* (2012) 'Effects of hot-iron disbudding, using regional anaesthesia with and without carprofen, on cortisol and behaviour of calves', *Research in Veterinary Science*, 92(2), pp. 338–341. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.02.005>.

Stuttgen, S. (2020) 'Disbudding calves'. Available at: <https://livestock.extension.wisc.edu/files/2020/10/Disbudding-Calves-Print-Version.pdf> (Accessed: 8 July 2024).

Tahenni, S. (2016) 'Castration des ruminants', *Bulletin de l'Alliance Pastorale N°870*, 3 October. Available at: <https://www.alliance-elevage.com/informations/article/castration-des-ruminants> (Accessed: 25 August 2024).

Techniques de simulation (2020) *Faculté de médecine université Paris-Saclay*. Available at: <http://www.medecine.universite-paris-saclay.fr/labforsims/techniques-de-simulations> (Accessed: 3 July 2024).

Thomsen, P., Hansen, J. and Herskin, M. (2021) 'Dairy calves show behavioural responses to hot iron disbudding after local anaesthesia with procaine', *Veterinary Record*, (52), pp. 270–276. Available at: <https://doi.org/10.1002/vet.52>.

Thüer, S. *et al.* (2007) 'Effect of local anaesthesia on short- and long-term pain induced by two bloodless castration methods in calves', *The Veterinary Journal*, 173(2), pp. 333–342. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2005.08.031>.

Ting, S.T.L. *et al.* (2005) 'Effects of age of Holstein-Friesian calves on plasma cortisol, acute-phase proteins, immunological function, scrotal measurements and growth in response to Burdizzo castration', *Animal Science*, 80(3), pp. 377–386. Available at: <https://doi.org/10.1079/ASC42150377>.

Touzot-Jourde, G. *et al.* (2015) 'Détermination de la dose optimale de procaïne 2% pour l'anesthésie péridurale caudale chez la vache adulte : résultats préliminaires', *Le bulletin des GTV*, 1 January, pp. 821–824.

Van der Saag, D. *et al.* (2018) 'Effects of Topical Anaesthetic and Buccal Meloxicam Treatments on Concurrent Castration and Dehorning of Beef Calves', *Animals: an open access journal from MDPI*, 8(3), p. 35. Available at: <https://doi.org/10.3390/ani8030035>.

Vanhersel, S. (2019) *Le bien-être des veaux laitiers : demandes des sociétales, réglementation, connaissances scientifiques, perception par les éleveurs et leurs pratiques*. ENVA.

Vickers, K.J. *et al.* (2005) 'Calf Response to Caustic Paste and Hot-Iron Dehorning Using Sedation With and Without Local Anesthetic', *Journal of Dairy Science*, 88(4), pp. 1454–1459. Available at: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72813-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72813-7).

Vidondo, B. *et al.* (2019) 'Assessment of potential neuropathic changes in cattle after cautery disbudding', *Research in Veterinary Science*, 126, pp. 9–16. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.08.003>.

Voss, J.L. *et al.* (2011) 'Hippocampal brain-network coordination during volitional exploratory behavior enhances learning', *Nature Neuroscience*, 14(1), pp. 115–120. Available at: <https://doi.org/10.1038/nn.2693>.

Webster, H.B. *et al.* (2013) 'Effects of local anesthesia and flunixin meglumine on the acute cortisol response, behavior, and performance of young dairy calves undergoing surgical castration', *Journal of Dairy Science*, 96(10), pp. 6285–6300. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6238>.

Winckler, C. *et al.* (2009) *Report on dehorning across EU member states*.

Winder, C.B. *et al.* (2016) 'Practices for the disbudding and dehorning of dairy calves by veterinarians and dairy producers in Ontario, Canada', *Journal of Dairy Science*, 99(12), pp. 10161–10173. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11270>.

Winder, C.B. *et al.* (2018) 'Effects of local anesthetic or systemic analgesia on pain associated with cautery disbudding in calves: A systematic review and meta-analysis - PubMed', *Journal of Dairy Science*, 101(6), pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14092>.

ANNEXES

Annexe I : Questionnaire envoyé aux éleveurs lors de l'étape d'analyse du chatbot (réponses en gras)

Question I : Quelles sont les principales difficultés auxquelles vous êtes confrontés sur le terrain en matière de douleur ?

Réponse libre

Question II : Pensez-vous être au point sur les connaissances à avoir concernant la réglementation concernant la castration et l'écornage ?

- Oui, je suis très au point**
- Oui, partiellement**
- Non**

Question III : Spécifiquement lors de l'écornage et de la castration, quels sont les principaux défis auxquels vous êtes confrontés en matière de gestion de la douleur chez les bovins ?

Réponse libre

Question IV : Sur quels aspects de la castration et de l'écornage des bovins pensez-vous avoir besoin d'être formés ?

Réponse libre

Question V : À quel point vous sentez-vous à l'aise sur les gestes d'analgésie lors de la castration ou de l'écornage (sédation intraveineuse, anesthésie du nerf cornual, anesthésie du cordon testiculaire) ?

Réponse libre

Question VI : Avez-vous déjà effectué des formations en ligne, quel que soit le sujet ?

- Oui**
- Non**

Question VII : Si oui, quels sont pour vous les principaux avantages et inconvénients de ce type de formation ?

Réponse libre

Question VIII : Seriez-vous prêt à vous former en ligne pour développer vos connaissances sur la castration et l'écornage ?

- Oui**
- Non**

Question IX : Si oui, quels points apprécieriez-vous particulièrement aborder dans une telle formation ?

Réponse libre

Annexe II : Détail des calculs de taille des testicules

A

Soit $P1$ le perimetre externe du scrotum et $P2$ le perimetre interne du scrotum.

Soit d le diametre de $P1$ et e l'epaisseur du scrotum.

$$P1 = \pi d \text{ et } P2 = \pi (d - 2e)$$

Alors :

$$P1 - P2 = \pi d - \pi (d - 2e)$$

$$\Leftrightarrow P1 - P2 = \pi (d - d + 2e)$$

$$\Leftrightarrow P1 - P2 = 2\pi e$$

$$\Leftrightarrow P2 = P1 - 2\pi e$$

B

Soit $P2$ le perimetre interne du scrotum

Soit a le demi grand axe et b le demi petit axe de $P2$

Soit a' le diamètre et b' le rayon du testicule tels que :

$$a' = 2b' \text{ avec } a = a' \text{ et } b = b'$$

Alors :

$$h = \frac{(a - b)^2}{(a + b)^2}$$

$$\Leftrightarrow h = \frac{(a' - b')^2}{(a' + b')^2}$$

$$\Leftrightarrow h = \frac{(2b' - b')^2}{(2b' + b')^2} = \frac{b'^2}{(3b')^2}$$

$$\Leftrightarrow h = \frac{b'^2}{9b'^2} = \frac{1}{9}$$

Ainsi :

$$P2 \approx \pi (a + b) \left(1 + \frac{3h}{10 + \sqrt{4 - 3h}} \right)$$

$$\Leftrightarrow P2 \approx \pi (a' + b') \left(1 + \frac{3 \cdot \frac{1}{9}}{10 + \sqrt{4 - 3 \cdot \frac{1}{9}}} \right)$$

$$\Leftrightarrow P2 \approx \pi (2b' + b') \left(1 + \frac{\frac{1}{3}}{10 + \sqrt{\frac{11}{3}}} \right)$$

$$\Leftrightarrow P2 \approx 3\pi b' \left(1 + \frac{1}{30 + 3\sqrt{\frac{11}{3}}} \right)$$

$$\Leftrightarrow b' \approx \frac{P2}{3\pi \left(1 + \frac{1}{30 + 3\sqrt{\frac{11}{3}}} \right)}$$

$$\Leftrightarrow a' \approx \frac{2 \cdot P2}{3\pi \left(1 + \frac{1}{30 + 3\sqrt{\frac{11}{3}}} \right)}$$

Annexe III A : Notice d'utilisation de l'atelier « Réaliser une anesthésie du nerf cornual chez le veau »

 Plateforme de simulation médicale virtuelle OpenVet	Réaliser une anesthésie du nerf cornual chez le veau	
	Réf : DSC-VVET-NO-XXX-V1	Rédacteur : A. Augeron
Date d'application : 01/09/24	Diffusion : Poste Veau, salle Virtual Vet	

Recommandé en : 6A	Niveau :  MOYEN
 3 min	 2 fois au moins
Ordre recommandé dans une série : -	Référent : Raphaël Guatteo

L'anesthésie du nerf cornual est une anesthésie locale pratiquée avant la réalisation de l'ébourgeonnage chez les veaux.

Si l'injection de l'anesthésique se fait trop profondément, le produit est administré dans l'aponévrose du muscle temporal et l'anesthésie est moins efficace. Il en est de même si elle se fait trop superficiellement en sous-cutané.

Objectifs d'apprentissage

- Être capable de repérer et d'enfoncer une aiguille dans la zone du nerf cornual chez le veau

Prérequis

- Savoir enfiler et retirer des gants non stériles
- Savoir effectuer une friction des mains avec une solution hydro-alcoolique
- Être capable de manipuler et de jeter des déchets d'activité de soins perforants

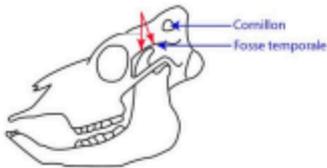
Préparatifs

Pour cet atelier, vous avez besoin de :

- la tête de bovin « Luigi » **(1)**
- une aiguille jaune de 20 G avec son capuchon
- une paire de ciseaux
- gants d'examen non stériles



Réalisation pratique



1. Repérer le point d'injection de l'anesthésique local (représenté par le cercle rouge).
Commencer par le côté gauche du mannequin.



2. Brancher la pile 9V sur le connecteur.



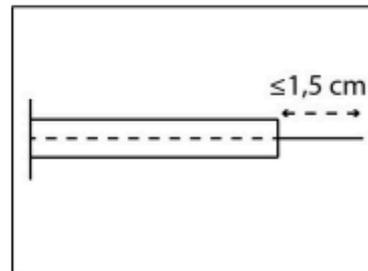
3. Enfiler les gants d'examen.



4. S'assurer de la bonne contention du veau. Le veau est déjà maintenu en place. *En situation réelle, une contention mécanique est assurée par le blocage du veau dans un cornadis ou dans une cage de contention adaptée.*



5. Préparer le capuchon de l'aiguille de telle sorte qu'il serve d'arrêt à l'aiguille qui sera enfoncée : pour cela, couper le capuchon à son extrémité afin de laisser dépasser l'aiguille de 1,5 cm.



6. Une fois sectionné, le capuchon **ne doit pas être plus petit** que le gabarit ci-dessus, sinon vous risquez d'injecter l'anesthésique local trop profondément.



7. Placer le capuchon préalablement coupé sur l'aiguille connectée au circuit, **en faisant attention de ne pas se piquer.**



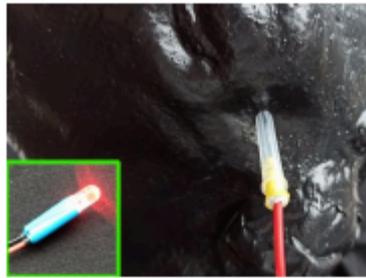
8. *En situation réelle, la tête du veau peut être maintenue à l'aide du genou et 10 mL de procaïne sont ponctionnés dans un flacon.* Ici, aucun produit n'est injecté pour ne pas endommager le mannequin.



9. Repérer au toucher la zone du nerf cornéal : c'est la zone située à mi-distance entre le canthus externe de l'oeil et le bourgeon cornéal, juste ventralement à la crête osseuse de l'os frontal.



10. En situation réelle, la crête osseuse de l'os frontal constitue un relief dur tandis que la fosse temporale est plus souple au toucher.



11. Enfoncer l'aiguille perpendiculairement à la peau en regard de la zone du nerf cornual, jusqu'à ce que le capuchon vienne buter contre la peau. Si le geste est correctement réalisé, la LED rouge s'allume.



12. Si l'aiguille n'est pas enfoncée au bon endroit, sa progression est bloquée à environ 5 mm de profondeur et la LED rouge ne s'allume pas. Dans ce cas, repositionner l'aiguille jusqu'à ce que la LED rouge s'allume.



13. Si l'aiguille est enfoncée trop profondément (plus de 2 cm), elle heurte une structure dure : le capuchon arrêtoir a été coupé trop court. Dans ce cas, recommencer avec un nouveau capuchon.



14. En situation réelle, injecter 5 mL de procaïne.



15. Recommencer l'opération de l'autre côté à partir de l'étape 4. **Attention : ici la cible est moins bien positionnée, la LED rouge peut ne pas s'allumer même en cas de réussite.**



16. En situation réelle, il est conseillé d'attendre au moins 15 minutes que l'anesthésique local fasse effet avant de réaliser l'ébourgeonnage.



17. Retirer les gants, les jeter dans la poubelle à DAOM (= poubelle à ordures ménagère), puis procéder à une désinfection des mains par friction.

Grille d'évaluation de l'activité

Pendant l'activité	Acquis <i>si toutes les conditions ci-dessous sont réunies</i>	Maîtrisé <i>si toutes les conditions ci-dessous sont réunies</i>
J'ai réussi à localiser la zone du nerf cornual ...	Facilement même si j'ai un peu hésité	Très facilement
Lorsque j'ai piqué dans la zone du nerf cornual ...	J'ai senti l'aiguille buter sur une surface dure ou la LED rouge ne s'est pas allumée à la première tentative mais cela n'a pas été le cas lors du second essai	La LED rouge s'est allumée dès la première tentative sans buter contre une structure dure.
Lorsque j'ai vérifié la taille du capuchon sectionné (voir étape 6) ...	La longueur du capuchon était correcte dès la seconde tentative	La longueur du capuchon était correcte dès la première tentative
Je suis allé au bout de l'exercice ...	En moins de 10 minutes	En moins de 5 minutes

Consignes après réalisation

Afin de **prolonger au maximum la vie du mannequin** ainsi que la propreté du poste de travail, merci de bien vouloir **respecter attentivement les consignes suivantes** :

- Jeter le reste des déchets dans la poubelle à DAOM (déchets assimilables aux ordures ménagères).
- Débrancher la pile 9V de son connecteur
- Remettre en ordre le poste de travail

Annexe III B : Notice d'utilisation de l'atelier « Réaliser une anesthésie des cordons testiculaires chez le veau »

 Plateforme de simulation médicale vétérinaire Online	Réaliser une anesthésie des cordons testiculaires chez le veau	
	Réf: DSC-VVET-NO-199-V1	Rédacteur : A. Augeron
Date d'application : 01/09/24	Diffusion : Poste Veau, salle Virtual Vet	

Recommandé en : 6A	Niveau :  FACILE
 5 min	 2 fois au moins
Ordre recommandé dans une série : -	Référent : Raphaël Guatteo

L'anesthésie des cordons testiculaires est une anesthésie locale pratiquée avant la réalisation de la castration chez les bovins mâles.

Si l'injection de l'anesthésique se fait trop superficiellement ou trop profondément, celle-ci est moins efficace. Au vu de la grande concentration en vaisseaux sanguins dans la région du cordon testiculaire, il est nécessaire de ne pas injecter le produit en intraveineux pour éviter des complications cardiovasculaires.

Objectifs d'apprentissage

- Être capable de repérer et d'enfoncer une aiguille dans le cordon testiculaire chez le veau

Prérequis

- Savoir enfiler et retirer des gants non stériles
- Savoir effectuer une friction des mains avec une solution hydro-alcoolique
- Être capable de manipuler et de jeter des déchets d'activité de soins perforants

Préparatifs

Pour cet atelier, vous avez besoin de :

- mannequin obstétrical de veau « Mojito » **(1)**
- module de testicules de veau **(2)**
- armature de maintien du veau en station debout **(3)**
- gants d'examen non stériles

Attention, la taille du module de testicule correspond à un veau de six semaines alors que la taille du mannequin correspond à celle d'un veau nouveau-né.



Réalisation pratique



1. Placer le veau sur l'armature lui permettant la station debout. **La croupe du veau doit dépasser de l'armature.**



2. Enfiler le module de testicules de veau sur le mannequin obstétrical de veau.



3. *En situation réelle, une bonne contention mécanique est assurée par le blocage du veau entre deux barrières ou dans un couloir avec une barre au niveau de la croupe.*



4. Brancher la pile 9V sur le connecteur prévu à cet effet.



5. Enfiler les gants d'examen.



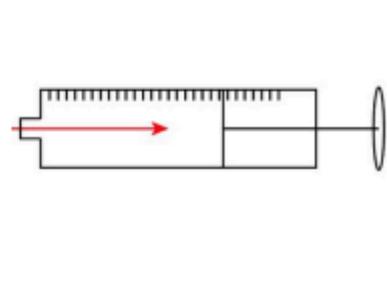
6. Repérer à la palpation à travers le scrotum les deux cordons testiculaires. Placer les testicules dans le creux de la main non dominante et maintenir un des cordons avec le pouce plaqué contre la paroi du scrotum.



7. De la main dominante, enfoncer la seringue perpendiculairement au centre du cordon testiculaire isolé à l'étape précédente. En cas de réussite, la LED rouge s'allume.



8. Si l'aiguille n'est pas enfoncée au bon endroit, la LED rouge ne s'allume pas. Dans ce cas, repositionner l'aiguille.



9. Effectuer une aspiration avec la seringue. *En situation réelle, il ne doit pas y avoir de sang lors de la réalisation de ce geste.*



10. En situation réelle, injecter 5 à 7 mL de procaïne.



11. Recommencer l'opération depuis l'étape 7 sur l'autre cordon testiculaire.



12. En situation réelle, il est conseillé d'attendre au moins 5 minutes que l'anesthésique local fasse effet avant de réaliser la castration.



13. Retirer les gants, les jeter dans la poubelle à DAOM (= poubelle à ordures ménagère), puis procéder à une désinfection des mains par friction.

Grille d'évaluation de l'activité

Pendant l'activité	Acquis <i>si toutes les conditions ci-dessous sont réunies</i>	Maîtrisé <i>si toutes les conditions ci-dessous sont réunies</i>
J'ai réussi à localiser et isoler le cordon testiculaire...	Facilement même si j'ai un peu hésité	Très facilement
Lorsque j'ai piqué dans le cordon testiculaire...	La LED rouge ne s'est pas allumée à la première tentative mais s'est allumée lors du second essai	La LED rouge s'est allumée dès la première tentative.
Après avoir installé le veau et le module, je suis allé au bout de l'exercice...	En moins de 5 minutes	En moins de 2 minutes

Consignes après réalisation

- Jeter le reste des déchets dans la poubelle à DAOM (déchets assimilables aux ordures ménagères).
- Débrancher la pile 9V de son connecteur
- Retirer le module en faisant attention à ne pas tirer sur les testicules afin de ne pas endommager le matériel
- Retirer le veau de son support
- Remettre en ordre le poste de travail

Annexe IV : Questionnaire soumis au vétérinaire expert pour l'atelier « Réaliser une anesthésie des cordons testiculaires chez le veau ».

Question I : Les proportions du simulateur sont appropriées pour la compétence visée.

- Oui**
- Non**

Question II : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Question III : Le matériel mis à disposition des étudiants est suffisant et approprié pour le geste visé.

- Oui**
- Non**

Question IV : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Question V : Le simulateur, accompagné de sa fiche explicative, est facile à utiliser.

- Oui**
- Non**

Question VI : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Question VII : La fiche explicative détaille suffisamment les différentes étapes à suivre lors de la réalisation du geste.

- Oui**
- Non**

Question VIII : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Question IX : Le simulateur permet de donner aux étudiants une idée générale de la sensation tactile réellement ressentie lors de la réalisation du geste en condition réelle.

- Oui**
- Non**

Question X : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Question XI : Le simulateur permet de savoir si le geste est réussi ou non.

- Oui**
- Non**

Question XII : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Question XIII : D'après vous, l'atelier est utile pour entraîner les étudiants à ce geste avant qu'ils ne le réalisent sur un animal vivant.

- Oui**
- Non**

Question XIV : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Question XV : Le simulateur est susceptible d'apprendre aux étudiants une mauvaise technique de réalisation du geste.

- Oui**
- Non**

Question XVI : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Question XVII : D'après vous, à quelle(s) catégorie(s) d'étudiants vétérinaires s'adresse plus particulièrement cet atelier ?

- Vet 4**
- Vet 5**
- Vet 6**

Commentaires :

Réponse libre

Annexe V : Questionnaire soumis aux étudiants vétérinaires pour l'atelier « Réaliser une anesthésie des cordons testiculaires chez le veau ».

Question I : Combien de fois avez-vous réalisé le geste avant la session d'entraînement sur le simulateur ?

Réponse libre

D'après vous le simulateur ...

Question II : ... est suffisamment fidèle et permet de reconnaître les repères anatomiques utiles lors de la réalisation de ce geste.

- Oui**
- Non**

Question III : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Question IV : ... est bien contextualisé.

- Oui**
- Non**

Question V : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

D'après vous l'entraînement sur le simulateur ...

Question VI : ... est utile pour apprendre à réaliser une anesthésie locale du cordon testiculaire chez le veau.

- Oui**
- Non**

Question VII : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Question VIII : ... a augmenté ma confiance en moi vis à vis de la réalisation de ce geste chez le veau.

- Oui**
- Non**

Question IX : Si non, pourquoi ?

Réponse libre

Commentaires :
Réponse libre

Annexe VI : Fiche d'entretien de l'atelier « Réalisation de l'anesthésie du nerf cornual chez le veau » (Masselot, 2019)

Fiche de maintenance du poste DSC-VVET-NO-XXX-V1

Réaliser une anesthésie du nerf cornual chez le veau

Matériel nécessaire pour une utilisation :

- Une aiguille 20 G (jaune) avec son capuchon
- Une paire de ciseaux
- Une paire de gants non stériles
- Un flacon de gel hydroalcoolique
- Un collecteur à déchets d'activités de soins perforants

Présentation et rangement du matériel :

- Simulateur en place



La tête du simulateur est placée dans la porte de niche à veau.

- Cibles « feedback » en résine polyuréthane et leur circuit intégrés au simulateur



Un capuchon percé d'un câble est intégré à chaque cible et comblé en partie par de l'aluminium jusqu'à 6 mm du bord. Le reste de la cible est remplie de silicone puis fixée au masque, avant de couler la mousse, de telle sorte que la zone centrale de la cible se retrouve au point d'injection optimal de l'anesthésique local soit à mi-distance entre le canthus externe de l'œil et la base du bourgeon cornéal. Le reste du circuit est assemblé hors de la tête à l'aide de dominos. Les fils en cuivre menant aux deux cibles sont torsadés entre eux pour être insérés dans une seule entrée de domino.

Étapes à suivre pour la mise en place de l'atelier :

- Bloquer la tête du simulateur dans la porte de niche à veau en le serrant au niveau de l'encolure
- Caler la tête du simulateur si elle a tendance à basculer vers le bas
- Disposer le matériel nécessaire à l'activité à côté du simulateur, près de la tête du veau, sans oublier les gants et le container à déchets de soins perforants
- Placer la notice à côté du simulateur

Vérifications à effectuer avant une séance d'entraînement :

- Il ne doit pas y avoir de déchets d'activité de soins perforants autour du simulateur
- Le papier absorbant placé sous la tête du simulateur après une séance d'entraînement doit être retiré

Consignes d'entretien du simulateur après chaque séance d'entraînement :

- Vérifier que le simulateur n'a pas basculé vers le bas, le redresser le cas échéant
- Vérifier l'absence de déchets d'activité de soins perforants (mandrins) non jetés à proximité du mannequin et les jeter le cas échéant

Matériel à prévoir pour le renouvellement d'une pièce en résine polyuréthane « feedback » :

Matériel	Quantité	Fournisseur
Résine polyuréthane	40 g	Esprit Composite (En vente chez Rougié et Plé) (Attention peu de stock en magasin)
Capuchon de 1,5 cm de diamètre et de 1,5 cm de profondeur	1	Pharmacie centrale / Stock de Virtual Vet pour les périmés
Plastiline	Quelques grammes	Rougier et Plé
Câble en cuivre	100 cm	Distrelec
Gobelet en plastique	1	
Feuilles d'aluminium	Quelques centimètres carrés	
Récipients jetables pour la pesée et le mélange de la résine	2	

Matériel à prévoir pour le renouvellement du circuit « feedback » :

Matériel	Quantité	Fournisseur
Câble en cuivre	100 cm	Distrelec
Pile 9V	1	Distrelec
Connecteur de pile 9V	1	Distrelec
Barrette de dominos	3 connecteurs	Castorama
Diode	1	Amazon
Aiguille 20 G (jaune)	1	Pharmacie centrale / Stock de Virtual Vet pour les périmés
Tournevis	1	

Matériel à prévoir pour le renouvellement du masque en silicone rempli de mousse polyuréthane :

Matériel	Quantité	Fournisseur
Moule de tête de veau en silicone	1	
Silicone RTV 181	2 L	Esprit Composite (En vente chez Rougié et Plé) (Attention peu de stock en magasin)
Agent thixotropant 1%	1 flacon de 50 mL	Rougié et Plé
Colorant noir pour silicone	1 flacon	Esprit Composite (En vente chez Rougié et Plé) (Attention peu de stock en magasin)
Récipient pour mélanges	1	
Mousse polyuréthane dure	300 g au total	Esprit Composite (En vente chez Rougié et Plé) (Attention peu de stock en magasin)
Mousse polyuréthane souple	300 g au total	Esprit Composite (En vente chez Rougié et Plé) (Attention peu de stock en magasin)
Récipients jetables pour la pesée et le mélange des mousses	3	
Cibles et circuit « feedback »	2 Cibles et 1 circuit	

Dangers particuliers liés à l'utilisation du poste :

- Risque de piqûre lors de la manipulation d'aiguilles (attention au capuchon découpé !)

Annexe VII : Fiche d'entretien de l'atelier « Réalisation de l'anesthésie des cordons testiculaires chez le veau »

Fiche de maintenance du poste DSC-VVET-NO-199-V1

Réaliser une anesthésie du cordon testiculaire chez le veau

Matériel nécessaire pour une utilisation :

- Une paire de gants non stériles
- Un flacon de gel hydroalcoolique

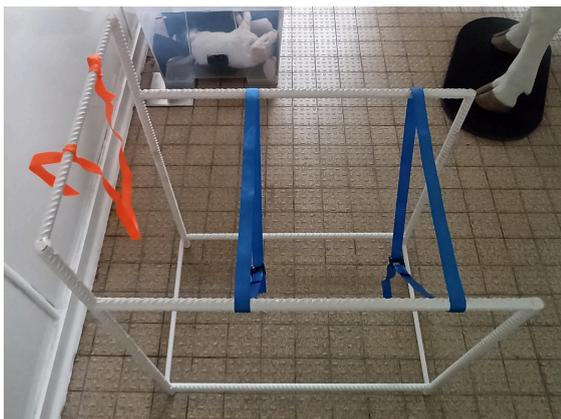
Présentation et rangement du matériel :

- Simulateur obstétrical de veau



Le simulateur obstétrical de veau est placé sur son aire habituelle.

- Support du mannequin obstétrical de veau



Le support du mannequin est placé à proximité de celui-ci. Le réglage des sangles ne doit pas être modifié. La sangle orange est à 52 cm du sol lorsque le mannequin est posé dessus et les sangles bleues sont à 47 cm du sol.

- Module de testicules et scrotum de veau avec son circuit « feedback » intégré



Un câble dénudé est inséré dans les tuyaux mimant les cordons testiculaires. Ces testicules et leurs cordons sont ensuite insérés dans le scrotum en silicone. Ce dernier est fixé au jersey via du joint en silicone. Le reste du circuit est assemblé hors de la tête à l'aide de dominos. Les fils en cuivre menant aux deux cordons sont torsadés entre eux pour être insérés dans une seule entrée de domino. La seringue est percée sur une face sous le piston pour y passer le câble menant à l'aiguille. La seringue est ensuite remplie de mastic.

Étapes à suivre pour la mise en place de l'atelier :

- Disposer le matériel nécessaire à l'activité à côté du simulateur, près du mannequin obstétrical de veau, sans oublier le support, le module de testicules et scrotum de veau
- Placer la notice à côté du simulateur

Vérifications à effectuer avant une séance d'entraînement :

- Vérifier l'intégrité du jersey du module et jointure de celui-ci avec le scrotum

Consignes d'entretien du simulateur après chaque séance d'entraînement :

- Vérifier que les différents composants du simulateur ont bien été rangés à leur place initiale

Matériel à prévoir pour le renouvellement des testicules et du scrotum de veau :

Matériel	Quantité	Fournisseur
Silicone RTV 181	1 L	Esprit Composite (En vente chez Rougié et Plé) (Attention peu de stock en magasin)
Plastiline	Quelques grammes	Esprit Composite (En vente chez Rougié et Plé) (Attention peu de stock en magasin)
Plastiline	Quelques grammes	Rougié et Plé
Agent thixotropant 1%	1 flacon de 50 mL	Rougié et Plé
Gobelet en plastique	2	
Support en plastique pour tenir les testicules en plastiline à la verticale	2	
Mastic avec colle	1 cartouche	Castorama
Joint en silicone	1 cartouche	Castorama
Tuyau de genre anglais de 7 mm et 10 mm de diamètre interne et externe respectivement	20 cm	Grosseron (Attention délai de livraison de plusieurs semaines)
Jersey tubulaire médical en coton	30 cm	Pharmacie centrale / Stock de Virtual Vet pour les périmés

Matériel à prévoir pour le renouvellement du circuit « feedback » :

Matériel	Quantité	Fournisseur
Câble en cuivre	100 cm	Distrelec
Pile 9V	1	Distrelec
Connecteur de pile 9V	1	Distrelec
Barrette de dominos	3 connecteurs	Castorama
Diode	1	Amazon
Aiguille 18 G (rose)	1	Pharmacie centrale / Stock de Virtual Vet pour les périmés
Seringue de 10 mL	1	Pharmacie centrale / Stock de Virtual Vet pour les périmés
Briquet pour chauffer l'aiguille de couture	1	
Aiguille de couture pour percer la seringue	1	
Tournevis	1	

Dangers particuliers liés à l'utilisation du poste :

- Risque de piqûre lors de la manipulation d'aiguilles

Alexis AUGERON

MISE EN PLACE D'UNE FORMATION PAR CHATBOT À DESTINATION DES ÉLEVEURS ET CONCEPTION DE MANNEQUINS À DESTINATION DES ÉTUDIANTS VÉTÉRINAIRES DANS LE CADRE DE LA PRISE EN CHARGE DE LA DOULEUR LORS DE GESTES DE MUTILATION DES BOVINS : CAS DE L'ÉCORNAGE ET DE LA CASTRATION

IMPLEMENTATION OF A CHATBOT COURSE FOR CATTLE BREEDERS AND DEVELOPMENT OF MODELS FOR VETERINARY STUDENTS IN THE CONTEXT OF PAIN MANAGEMENT DURING DEHORNING AND CASTRATION OF CATTLE

Thèse d'État de Doctorat Vétérinaire : Nantes, le 11/10/2024

RÉSUMÉ

La castration et l'écornage sont les deux mutilations les plus courantes sur les veaux en élevage. Dans un contexte de prise en charge de la douleur de plus en plus présent, il est nécessaire d'adapter les pratiques en fonction des recommandations récentes, et notamment à la règle des 3S : Supprimer, Substituer et Soulager. C'est pourquoi le premier objectif de ce travail était d'effectuer une refonte d'un chatbot à destination des éleveurs sur la prise en charge de la douleur des bovins en ayant pour fil rouge l'écornage et d'y ajouter l'équivalent un module concernant la castration sans pour autant allonger la durée de celui-ci. Malgré un défaut d'évaluation consécutif au lancement tardif de celui-ci, le chatbot répond à cet objectif. La seconde partie de cette thèse se consacre à la conception de deux ateliers d'apprentissage à la réalisation d'anesthésies locales pour l'écornage et la castration des veaux. Ces deux ateliers possèdent un circuit électrique intégré permettant de donner un feedback positif aux étudiants vétérinaires en cas de réussite. Ces mannequins ont également été conçus dans l'objectif d'être réalistes, peu coûteux, durables et d'entretien aisé. Bien que la plupart de ces critères soient remplis, le mannequin d'apprentissage à la réalisation de l'anesthésie du nerf cornual présente une cible imparfaitement placée. De plus, l'efficacité pédagogique de ces deux mannequins n'a que peu ou pas été évaluée.

MOTS CLÉS :

- Veau
- Écornage
- Castration
- Gestion de la douleur
- Enseignement vétérinaire
- Outil pédagogique
- Formation par simulation
- Mannequin

DATE DE SOUTENANCE : 11 Octobre 2024