



HAL
open science

Élaboration d'un parcours pédagogique dans la salle VetSims de l'EnvA visant à l'apprentissage des gestes de prélèvements des voies respiratoires chez le bovin

Rémi Dumergue

► To cite this version:

Rémi Dumergue. Élaboration d'un parcours pédagogique dans la salle VetSims de l'EnvA visant à l'apprentissage des gestes de prélèvements des voies respiratoires chez le bovin. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04303496

HAL Id: dumas-04303496

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04303496v1>

Submitted on 23 Nov 2023

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.

Copyright

Année 2023

**ÉLABORATION D'UN PARCOURS PÉDAGOGIQUE DANS
LA SALLE VETSIMS DE L'ENVA VISANT À
L'APPRENTISSAGE DES GESTES DE PRÉLÈVEMENTS
DES VOIES RESPIRATOIRES CHEZ LE BOVIN**

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)

le 24 Octobre 2023

par

Rémi, Jacquy, Paul DUMERGUE

sous la direction de

Yves MILLEMANN

JURY

Président du jury :	M. Henry CHATEAU	Professeur à l'EnvA
Directeur de thèse :	M. Yves MILLEMANN	Professeur à l'EnvA
Examinatrice :	Mme Bérangère RAVARY-PLUMIOËN	Ingénieure de recherche (DMV)

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire



Version juillet 2023

Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigié	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
M	Blaga	Radu	Professeur	DSBP
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loïc	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Eloit	Marc	Professeur	DSBP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédictte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Professeur	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences HDR	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guéneq	Christelle	Professeur	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
Mme	Pilot-Storck	Fanny	Professeur	DSBP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Rivière	Julie	Maître de conférences HDR	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barbarino	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Benckekroun	Ghita	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
M	Bolnot	Francois	Maître de conférences	DPASP
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences	DSBP
M	Crozet	Guillaume	Maître de conférences	DPASP
Mme	De Paula Reis	Alline	Maître de conférences	DPASP
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP
Mme	Denis	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Guétin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Dudal	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
Mme	Marotto	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mespoulhes-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mtimit	Narjès	Maître de conférences	DPASP
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Quéré	Émilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Ravary-Plumioën	Bérangère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC

Remerciements

Au Président du Jury de cette thèse, M. Henry Chateau, Professeur à l'EnvA,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse. Remerciements respectueux.

À M. Yves Millemann, Professeur à l'EnvA,

Pour avoir encadré avec bienveillance l'élaboration de cette thèse, pour son implication, sa réactivité et sa disponibilité. Mes sincères remerciements.

À Mme Bérangère Ravary-Plumioën, Ingénieur de recherche – Praticien hospitalier à l'EnvA,

Pour avoir accepté de corriger ce travail. Sincères remerciements.

À M. Louis Ballet, responsable de la salle VetSims de l'EnvA,

Pour sa disponibilité, sa réactivité et son implication. Ma sincère reconnaissance.

Table des matières

Table des matières	1
Liste des figures	3
Liste des tableaux	5
Liste des abréviations	7
Introduction	9
Première partie : Place de la simulation dans l'éducation	11
1.1. Concept de la simulation	11
1.1.1. Principe	11
1.1.2. Mise en place d'un apprentissage par la simulation.....	13
1.1.3. Lien avec la réalité	14
1.2. Histoire de l'enseignement par la simulation	17
1.2.1. Débuts de la simulation	17
1.2.2. Métiers de la santé	18
1.2.3. Limites de la simulation	19
1.3. Simulation dans l'enseignement vétérinaire	20
1.3.1. Enjeux de l'apprentissage en école vétérinaire	20
1.3.2. Simulation au sein de l'E.N.V.A.	22
Deuxième partie : Les prélèvements des voies respiratoires en médecine vétérinaire bovine	27
2.1 Analyses des voies respiratoires	27
2.1.1. Intérêts.....	27
2.1.2. Circonstances des analyses	27
2.1.3. Critères de prélèvements.....	29
2.2 Affections respiratoires des bovins	30
2.2.1. Virus Respiratoire Syncytial Bovin.....	30
2.2.2. Parainfluenza type 3	31
2.2.3. Rhinotrachéite Infectieuse Bovine	32
2.2.4. Coryza gangreneux.....	34
2.2.5. Coronavirus et adénovirus	35
2.2.6. Pasteurelles	35
2.2.7. Mycoplasmes	36
2.2.8. <i>Dictyocaulus viviparus</i>	37
2.2.9. Facteurs zootechniques	41
2.3 Techniques de prélèvement	42
2.3.1 L'écouvillonnage naso-pharyngé.....	42
2.3.2 Le lavage broncho-alvéolaire	43
2.3.3 L'aspiration trans-trachéale	46

2.4	Apprentissage des gestes de prélèvements au cours du cursus.....	48
2.4.1	Importance de ces gestes dans l'enseignement.....	48
2.4.2	Intérêt professionnel de l'apprentissage de ces gestes techniques.....	49
Troisième partie : Réalisation des mannequins de simulation de prélèvements et rédaction des fiches pédagogiques.....		51
3.1.	Conception des structures anatomiques.....	51
3.1.1.	Nez et cavités nasales	51
3.1.2.	Pharynx et larynx	54
3.1.3.	Trachée et bronches	57
3.1.4.	Poumons	60
3.1.5.	Œsophage et rumen.....	62
3.2.	Mise en place d'un parcours pédagogique réaliste	63
3.2.1.	Caractéristiques attendues	63
3.2.2.	Réalisation de la structure externe	63
3.2.3.	Assemblage des structures anatomiques	65
3.2.4.	Rédaction des fiches pédagogiques.....	68
3.3.	Discussion	69
3.3.1.	Comparaison du modèle avec la réalité.....	69
3.3.2.	Limites du modèle conçu	69
3.3.3.	Pistes d'améliorations potentielles.....	70
Conclusion.....		73
Liste des références bibliographiques		75
Annexe 1 : Fiche pédagogique accompagnant l'atelier d'écouvillonnage nasal profond		81
Annexe 2 : Fiche pédagogique accompagnant l'atelier de lavage broncho-alvéolaire		85
Annexe 3 : Fiche pédagogique accompagnant l'atelier d'aspiration transtrachéale		89

Liste des figures

Figure 1 : Les différents types de simulateurs. Source : (GRANRY et MOLL, 2012).....	14
Figure 2 : Diagramme d'une séance de simulation Source : (GRANRY et MOLL, 2012).....	15
Figure 3 : Mannequin pédagogique d'accouchement de Mme du Coudray (1714-1789) Source : (MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2023)	17
Figure 4 : Plan de la salle VetSims en Agora. Source : Louis Ballet, Ingénieur Pédagogique, Plateforme de simulation Vetsims	23
Figure 5 : Photographie de la salle VetSims en bâtiment Agora à l'ENVA. Source : Photographie personnelle.....	23
Figure 6 : Marguerite, le mannequin haute-fidélité de manœuvres obstétricales. Source : Louis Ballet, Ingénieur Pédagogique, Plateforme de simulation Vetsims.....	25
Figure 7 : Cinétique des affections respiratoires des bovins en fonction de l'âge Source : (RAVARY-PLUMIOEN <i>et al.</i> , 2021).....	28
Figure 8 : Cycle évolutif de <i>D.viviparus</i> Source : (POLACK, 2022).....	38
Figure 9 : Mise en évidence de <i>D.viviparus</i> après coloration rapide de May Grünwald Giemsa du culot de centrifugation du LBA. Source : (LURIER, 2016)	39
Figure 10 : Mise en évidence d'adultes macroscopiques dans le liquide de LBA chez trois bovins différents. Source : (LURIER, 2016).....	40
Figure 11 : Réalisation d'un écouvillonnage nasal profond chez un veau. Source : (MILLEMANN, 2018).....	43
Figure 12 : Contention en vue de la réalisation d'un LBA. Source : (ZOETIS IRELAND, 2020)....	44
Figure 13 : Réalisation d'un lavage broncho-alvéolaire chez un veau. Source : (MCGUIRCK, 2010)	45
Figure 14 : Réalisation d'une aspiration trans-trachéale chez un bovin. Source : (COLLEGE OF VETERINARY MEDICINE, 2023).....	48
Figure 15 : Naseau de bovin, vue externe. Source : (BUDRAS <i>et al.</i> , 2003).....	51
Figure 16 : Vue d'une section paramédiane des cavités nasale, orale, et des naseaux. Source : (BUDRAS <i>et al.</i> , 2003)	52
Figure 17 : Conques nasales, par une vue rostrale suite à une coupe transversale. Source : (BUDRAS <i>et al.</i> , 2003)	52
Figure 18 : Crâne de bovin utilisé pour la confection du mannequin de prélèvements. Source : Photographie personnelle	53

Figure 19 : Crâne de bovin et modélisation du mufle. Source : Photographie personnelle	53
Figure 20 : Région pharyngolaryngée d'un bovin suite à une coupe paramédiane. Source : (BUDRAS <i>et al.</i> , 2003)	55
Figure 21 : Vue ventrodorsale du laryngopharynx d'un bovin. Source : (BUDRAS <i>et al.</i> , 2003) ...	55
Figure 22 : Larynx en vue latérale suite à une coupe sagittale. Source : (BUDRAS <i>et al.</i> , 2003) .	56
Figure 23 : Modélisation simplifiée de la région pharyngolaryngée et fonctionnement de l'épiglotte. Source : (CARIOTO <i>et al.</i> , 2013)	56
Figure 24 : Représentation du pharynx - larynx. Source : Photographie personnelle.....	57
Figure 25 : Vue de profil de l'anatomie de l'appareil respiratoire d'un bovin. Source : Merial	58
Figure 26 : Vue ventrale de l'arbre bronchique du bovin. Source : (BUDRAS <i>et al.</i> , 2003).....	59
Figure 27 : Tuyau modélisant la trachée. Source : Photographie personnelle	59
Figure 28 : Poumons de bovin en vues dorsale et ventrale. Source : (BUDRAS <i>et al.</i> , 2003)	61
Figure 29 : Modélisation de la bifurcation bronchique et des poumons. Source : Photographie personnelle.....	61
Figure 30 : Vue latérale gauche de la cavité abdominale d'un bovin. Source : (BUDRAS <i>et al.</i> , 2003)	62
Figure 31 : Assemblage du support du mannequin. Source : Photographie personnelle	64
Figure 32 : Habillage imprimé vache de l'encolure. Source : Photographie personnelle.	64
Figure 33 : Crâne du mannequin fixé sur le support. Source : Photographie personnelle.....	65
Figure 34 : Fixation du pharynx-larynx sur la trachée. Source : Photographie personnelle.....	66
Figure 35 : Fixation de la bifurcation bronchique sur la trachée. Source : Photographie personnelle.	66
Figure 36 : Système respiratoire complet. Source : Photographie personnelle.	67
Figure 37 : Mannequin complet assemblé sur le support. Source : Photographie personnelle.	68

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales différences entre les apprentissages passif et actif. Source : (TORRALBA et DOO, 2020)..... 12

Liste des abréviations

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ARN : Acide Ribonucléique

ATT : Aspiration Transtrachéale

BCoV : Bovine Coronavirus = Coronavirus Bovin

BPIV3 = virus Pi-3 : Bovine Parainfluenza Virus Type 3 = Virus Parainfluenza type 3

Cm : Centimètres

DEFV : Diplôme d'Étude Fondamentales Vétérinaires

EAEVE = AEEEEV : European Association of Establishments for Veterinary Education = Association des Établissements Européens d'Enseignement Vétérinaire

EDTA : Acide Éthylènediaminetétraacétique

ELISA : Technique d'immunoabsorption par enzyme liée

ENP : Écouvillonnage Nasal Profond

ENVA : École Nationale Vétérinaire d'Alfort

IBR : Rhinotrachéite Infectieuse Bovine

LBA : Lavage Broncho-Alvéolaire

OIE : Organisation Mondiale de la Santé Animale

PCR : Polymerase Chain Reaction = Réaction de Polymérisation en Chaîne

RT-PCR : Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction = Transcription inverse suivie d'une Réaction de Polymérisation en Chaîne

UC : Unité de Compétences

USD : United States Dollar = Dollar américain

VRSB : Virus Respiratoire Syncytial Bovin

Introduction

L'adage "Jamais la première fois sur un patient", (GRANRY, 2015), met en lumière l'importance cruciale de l'éthique dans les études de santé, y compris dans le domaine vétérinaire. Pour répondre à la demande croissante en matière d'éthique de la part du grand public, une solution innovante consiste à intégrer la simulation en tant que méthode d'apprentissage.

Dans cette optique, l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort a inauguré en 2016 la salle VetSims, un espace dédié à la simulation. Cette salle de simulation offre aux étudiants la possibilité de prendre un rôle actif dans leur formation, en leur permettant de pratiquer divers actes de propédeutique, de soins et d'examens.

L'aspect ludique de cette méthode d'apprentissage a suscité un grand intérêt, conduisant à la réalisation de plusieurs thèses visant à élaborer de nouveaux parcours pédagogiques complémentaires à la salle de simulation. Parmi ces travaux, citons les contributions de BASCOU en 2022, NAEYE en 2021, NOGUES en 2021, MANCINI en 2019, et bien d'autres.

L'amélioration constante des techniques médicales ainsi que leur accessibilité sur le plan matériel et financier ont élargi les horizons de la profession vétérinaire, en particulier dans le domaine de la médecine rurale, qui traditionnellement se concentre davantage sur la médecine de troupeau. Ces avancées permettent désormais d'offrir des examens complémentaires plus approfondis. Ces examens visent à réduire l'utilisation inappropriée d'antibiotiques et à préciser les diagnostics.

Dans ce contexte, les prélèvements respiratoires, tels que l'aspiration trans-trachéale, l'écouvillon naso-pharyngé et le lavage broncho-alvéolaire, ne font pas partie des procédures courantes et ne sont pas enseignés en tant que gestes de base dans le cursus vétérinaire. Pourtant, ces procédures s'inscrivent parfaitement dans une démarche visant à réaliser des examens complémentaires, notamment pour éviter l'usage excessif d'antibiotiques dans des contextes de maladies à profil enzootique.

L'objectif central de cette thèse est de proposer un atelier de simulation dédié à l'apprentissage de ces techniques de prélèvement respiratoires en vue d'analyses. L'objectif ultime est de permettre aux étudiants de les intégrer dans une approche diagnostico-thérapeutique lors de leur future pratique de la médecine vétérinaire. Cet atelier doit s'inscrire dans la continuité du développement de l'enseignement par simulation de la salle VetSims de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort.

La première partie de ce travail explorera le rôle de la simulation dans l'éducation et notamment dans les enseignements de la santé et de la médecine vétérinaire. La deuxième partie se penchera sur les différentes techniques de prélèvement des voies respiratoires et leur pertinence dans le contexte de la médecine vétérinaire bovine. Enfin, la troisième partie sera consacrée à la conception du mannequin de simulation, à la création de fiches pédagogiques et à une discussion approfondie de leurs limites potentielles.

Première partie : Place de la simulation dans l'éducation

1.1. Concept de la simulation

1.1.1. Principe

1.1.1.1. Définition

Le terme « simulation » présente plusieurs définitions que l'on peut retrouver dans le dictionnaire :

- « Imitation volontaire ou semi-volontaire d'un trouble mental ou physique
- Représentation du comportement d'un processus physique, industriel, biologique, économique ou militaire au moyen d'un modèle matériel dont les paramètres et les variables sont les images de ceux du processus étudié. (Les modèles de simulation prennent le plus souvent la forme de programmes d'ordinateurs auxquels sont parfois associés des éléments de calcul analogique.)
- Dissimulation, par les parties, d'un contrat secret (contre-lettre) sous le couvert d'un acte apparent » (LAROUSSE, 2023a).

Dans le cadre de ce travail, c'est la deuxième partie de la définition qui nous intéresse.

1.1.1.2. Enjeux de la simulation dans l'éducation

Depuis quelques années, la méthode d'enseignement classique, qui consiste en des cours magistraux où le professeur transmet les connaissances aux étudiants sans leur implication, est remise en question. Cette méthode passive tend à être remplacée par une méthode dite "active", qui implique les étudiants dans leur apprentissage grâce à des exercices variés tels que des essais ou des débats (TORRALBA et DOO, 2020). Cette approche pédagogique permet aux étudiants de développer leur esprit critique et leur capacité à travailler en groupe, tout en renforçant leur compréhension des sujets étudiés. Elle est de plus en plus adoptée dans les établissements d'enseignement supérieur pour favoriser l'apprentissage interactif et participatif.

Les différences entre les méthodes d'apprentissage passif et actif sont répertoriées dans le Tableau 1 ci-après :

Tableau 1 : Principales différences entre les apprentissages passif et actif.**Source : (TORRALBA et DOO, 2020)**

	Apprentissage passif	Apprentissage actif
Exemples	Conférence traditionnelle	Apprentissage par problèmes, travaux collectifs
Rôle de l'enseignant	Transmet les informations, expert sur le sujet	Facilite la discussion, peut être expert du sujet ou non
Rôle de l'étudiant	Absorbe les informations	S'engage dans le discours et d'autres activités, pose des questions, cherche des réponses
Compétences, Travail d'équipe	Opportunités minimales, les étudiants sont des auditeurs passifs	Les activités sont conçues pour engager à la fois les enseignants et les apprenants
Esprit critique	Minimal, les apprenants doivent apprendre et développer eux-mêmes les capacités et les raisonnements	Les activités sont conçues pour engager les élèves vers un niveau supérieur de compréhension de la matière
Responsabilité	Des tests sont créés par les enseignants pour vérifier l'apprentissage des étudiants	Il incombe aux étudiants de conduire la discussion et déterminer leur niveau de connaissance. Les étudiants doivent être préparés pour les sessions d'enseignement afin de participer aux activités

L'utilisation d'une méthode d'apprentissage active, en plus de favoriser le développement d'un esprit critique et de stimuler l'implication des étudiants dans leur apprentissage, permet également de cibler de manière plus précise les compétences et connaissances à acquérir. Cette approche ciblée ainsi que l'implication des étudiants dans leur apprentissage ont démontré leur capacité à améliorer les résultats d'apprentissage. Une étude menée en 2011 à l'Université de Colombie britannique impliquant des étudiants en physique a comparé un enseignement classique, basé sur des cours magistraux, à un enseignement actif.

Dans le cadre de cette étude, deux groupes d'étudiants, comprenant respectivement 267 et 271 participants, ont été comparés. Le premier groupe a suivi un cours magistral, tandis que le deuxième groupe a bénéficié d'un cours interactif. Le comportement des deux groupes a été évalué pendant les cours, et un examen final identique a été proposé aux deux groupes.

Les résultats de cette étude ont révélé que les étudiants du groupe bénéficiant du cours interactif ont retenu deux fois plus de connaissances que les étudiants du groupe ayant suivi le cours magistral. De plus, il a été observé que ces étudiants étaient plus attentifs et assidus lors des exercices proposés pendant les séances de cours interactif (DESLAURIERS *et al.*, 2011).

Pour un apprentissage efficace, il est essentiel que les étudiants maintiennent un certain niveau d'attention. La méthode d'enseignement utilisée et la durée des cours sont des éléments cruciaux à prendre en compte. Il est important que les étudiants restent concentrés tout au long de la séance. Les capacités de concentration des étudiants sont variables, mais on estime généralement qu'elles se situent entre 10 et 20 minutes. Cependant, il est difficile de déterminer précisément la durée pendant laquelle les étudiants restent réellement concentrés, car cette donnée est difficile à évaluer. Toutefois, il est établi que l'implication des étudiants dans l'enseignement, par le biais d'ateliers ou de questions-réponses, permet d'augmenter cette durée d'attention (BRADBURY, 2016) ainsi que la qualité des performances des étudiants (GOODMAN *et al.*, 2018).

1.1.2. Mise en place d'un apprentissage par la simulation

1.1.2.1. Un cadre particulier propice à l'apprentissage

Comme vu précédemment, l'apprentissage est influencé par la méthode, l'implication et l'environnement, tant physique que psychologique. Par exemple, dans des domaines tels que la médecine ou la chirurgie, l'environnement peut être très stressant pour les apprenants, et ce stress peut avoir un réel impact négatif sur leurs performances, provoquant parfois des tremblements, des réactions impulsives, voire une paralysie liée à un stress intense. Par conséquent, le stress n'a pas sa place dans un environnement d'apprentissage, car il a des effets délétères sur les résultats de l'apprentissage (LANGEBAEK *et al.*, 2012b).

De plus, l'apprentissage représentant les premières manipulations de l'étudiant, il est plus rassurant pour celui-ci d'avoir la possibilité de commettre des erreurs sans conséquences pour la santé et le bien-être de son patient. Toutefois, cela n'est pas possible avec de vrais patients, mais seulement dans le cadre de simulations. De plus, il y a une problématique éthique à « risquer » la vie d'un patient pour l'apprentissage d'un nouvel apprenant. Ainsi, cette méthode d'apprentissage basée sur l'essai-erreur est mise en œuvre au moyen de simulations, permettant à l'étudiant de gagner de l'expérience à travers ses erreurs, et ce, dans des situations non stressantes. Cela offre un environnement propice à l'apprentissage sans mettre en danger la vie des patients ou la confiance personnelle de l'étudiant (KNEEBONE *et al.*, 2004).

Pour finir, la dimension affective est souvent négligée lors de la création d'un environnement d'apprentissage. Des recherches démontrent que des états émotionnels positifs favorisent une meilleure capacité d'apprentissage pendant une séance. Cela souligne l'importance d'établir un environnement sans stress pour favoriser cet état émotionnel propice à l'apprentissage (KNEEBONE et BAILLIE, 2008).

1.1.2.2. Types de simulateurs

Pour commencer il nous faut définir ce qu'est un simulateur. Dans le dictionnaire les sens qui sont liés à ce mot sont les suivants :

- « - Modèle matériel fonctionnant en temps réel et ayant le même comportement qu'une machine ou une installation dont on désire étudier le comportement dynamique ou enseigner la conduite.
- Programme mis au point pour représenter à l'aide d'un ordinateur le fonctionnement d'une machine, d'un système ou d'un phénomène avant sa construction, sa mise au point ou son utilisation.

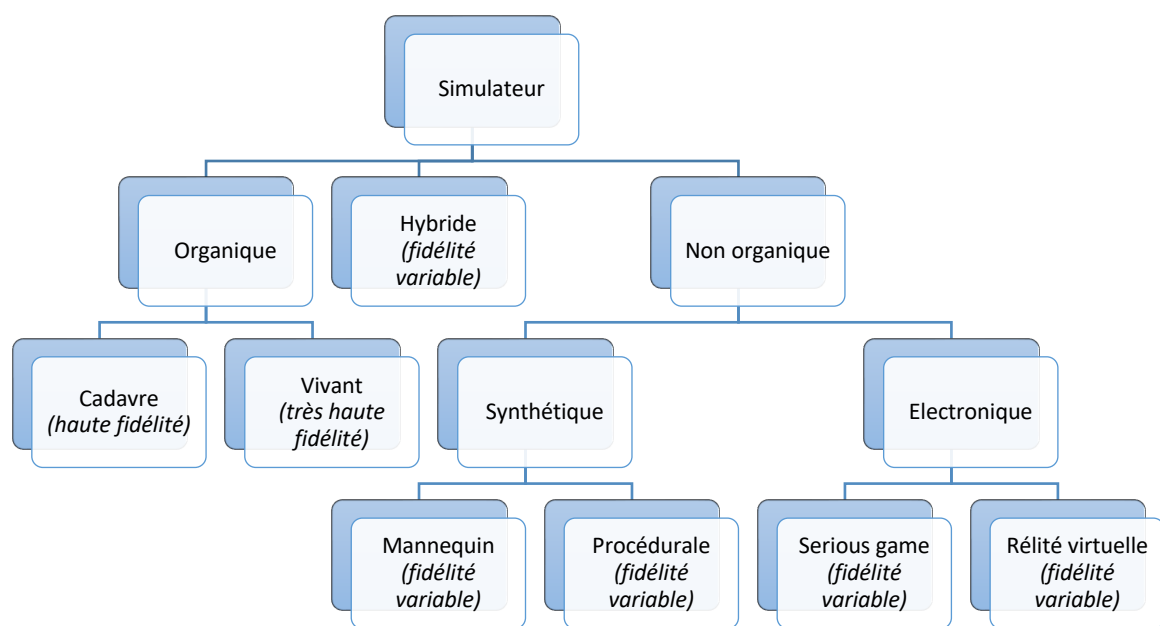
- Système permettant de tester un engin spatial en recréant artificiellement sur Terre un ou plusieurs des facteurs de l'environnement qu'il rencontrera pendant son lancement ou son vol dans l'espace. (On dit aussi simulateur spatial ou chambre de simulation spatiale.) » (LAROUSSE, 2023b).

Ici, c'est la première partie de la définition qui nous intéressera le plus.

Ainsi, un simulateur rapporté au monde des études sera un système ou modèle matériel permettant d'apprendre des gestes liés à une manipulation précise. Les simulateurs se distinguent par leur degré plus ou moins précis de fidélité à la réalité, que l'on peut classer en simulateurs de haute fidélité et de basse fidélité (Figure 1). Les premiers offrent une représentation plus réaliste, tandis que les seconds sont moins fidèles à la réalité (SAKAKUSHEV *et al.*, 2017).

Figure 1 : Les différents types de simulateurs.

Source : (GRANRY et MOLL, 2012)



1.1.3. Lien avec la réalité

1.1.3.1. Proximité simulation/réalité

Comme mentionné précédemment, les simulateurs varient en termes de réalisme, ce qui permet de les classer en simulateurs de basse fidélité et de haute fidélité. Ainsi, nous pouvons évaluer la qualité d'enseignement d'un simulateur et le relier à la fidélité à la réalité de celui-ci. Cependant, une étude a démontré qu'il n'y a pas de lien direct entre le réalisme d'un simulateur et sa qualité pour l'apprentissage (SAKAKUSHEV *et al.*, 2017).

Pour imaginer ces propos, une étude comparant deux groupes d'étudiants de l'université de Bristol sur la formation à réaliser des sutures a été menée. Un des groupes a réalisé cette formation sur des serviettes de table tandis que l'autre groupe a été formé sur des modèles en silicone, un simulateur qui est donc de plus haute fidélité. Après cette période d'apprentissage, tous les étudiants ont été évalués par des praticiens ne connaissant pas leur groupe d'origine. Les résultats de cette

étude n'ont pas montré de différence significative entre les notes obtenues par les deux groupes (BAILLIE *et al.*, 2020).

Pour finir, le lien entre la simulation et la réalité n'est pas seulement représenté par la fidélité du simulateur ou la technicité de celui-ci, mais aussi par l'immersion dans l'exercice de simulation et le cadre mis en place autour de l'exercice (SAKAKUSHEV *et al.*, 2017).

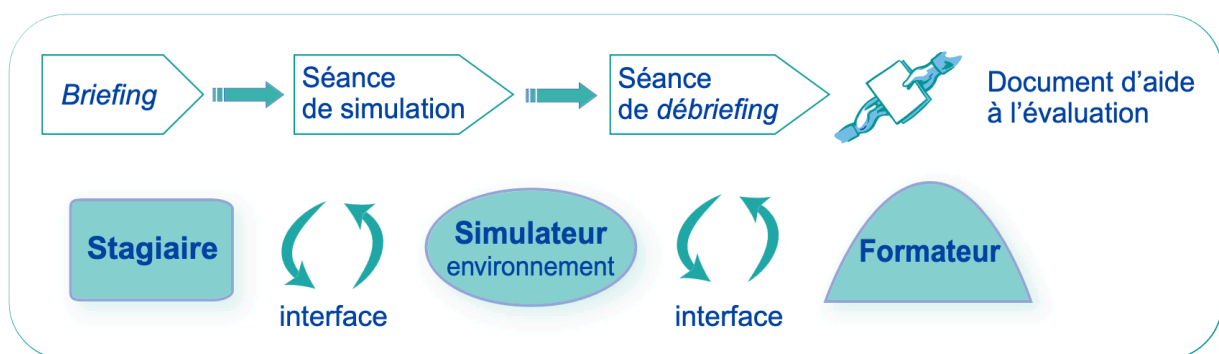
1.1.3.2. Le « feedback » : lien entre simulation et pratique

A l'environnement non stressant et à la mise en place de simulateurs performants s'ajoute une composante importante au principe de l'apprentissage par essai-erreur. En effet, après avoir fait une erreur, ou juste réalisé un essai, l'étudiant a besoin de retours réguliers sur ses performances (Figure 2). C'est même une des composantes les plus importantes afin d'améliorer l'efficacité de l'apprentissage (ISSENBERG *et al.*, 2005).

Le retour effectué après ces expériences doit soulever les points positifs et négatifs, et donner à l'étudiant des clés afin de mieux réussir lors de la séance suivante (GOODMAN *et al.*, 2018).

Figure 2 : Diagramme d'une séance de simulation

Source : (GRANRY et MOLL, 2012)



La phase de débriefing d'une séance de simulation se compose de trois principaux axes. Tout d'abord, il y a une phase descriptive où l'étudiant détaille ses actions et exprime son ressenti. Ensuite, intervient une phase d'analyse visant à évaluer les aspects positifs et négatifs de la simulation, ainsi que les choix qui auraient pu être faits différemment ou non. Enfin, la phase de synthèse permet aux participants d'exprimer verbalement ce qu'ils ont appris de la séance. Ainsi, le débriefing offre une occasion d'évaluation réflexive, de récapitulation des expériences vécues et de consolidation des apprentissages réalisés au cours de la simulation (GRANRY et MOLL, 2012).

Bilan :

L'introduction de la simulation dans l'éducation vise à remplacer l'enseignement oral traditionnel par une méthode plus interactive, centrée sur les étudiants.

Cette approche d'apprentissage actif offre des avantages significatifs, favorisant une meilleure concentration grâce à l'engagement multisensoriel et à un fonctionnement essai-erreur dans un environnement sans stress.

Cette transition vers l'apprentissage actif est rendue possible grâce à la diversité des simulateurs disponibles et à la création d'un environnement éducatif qui combine réalisme, soutien émotionnel et feedback pour améliorer l'expérience des étudiants.

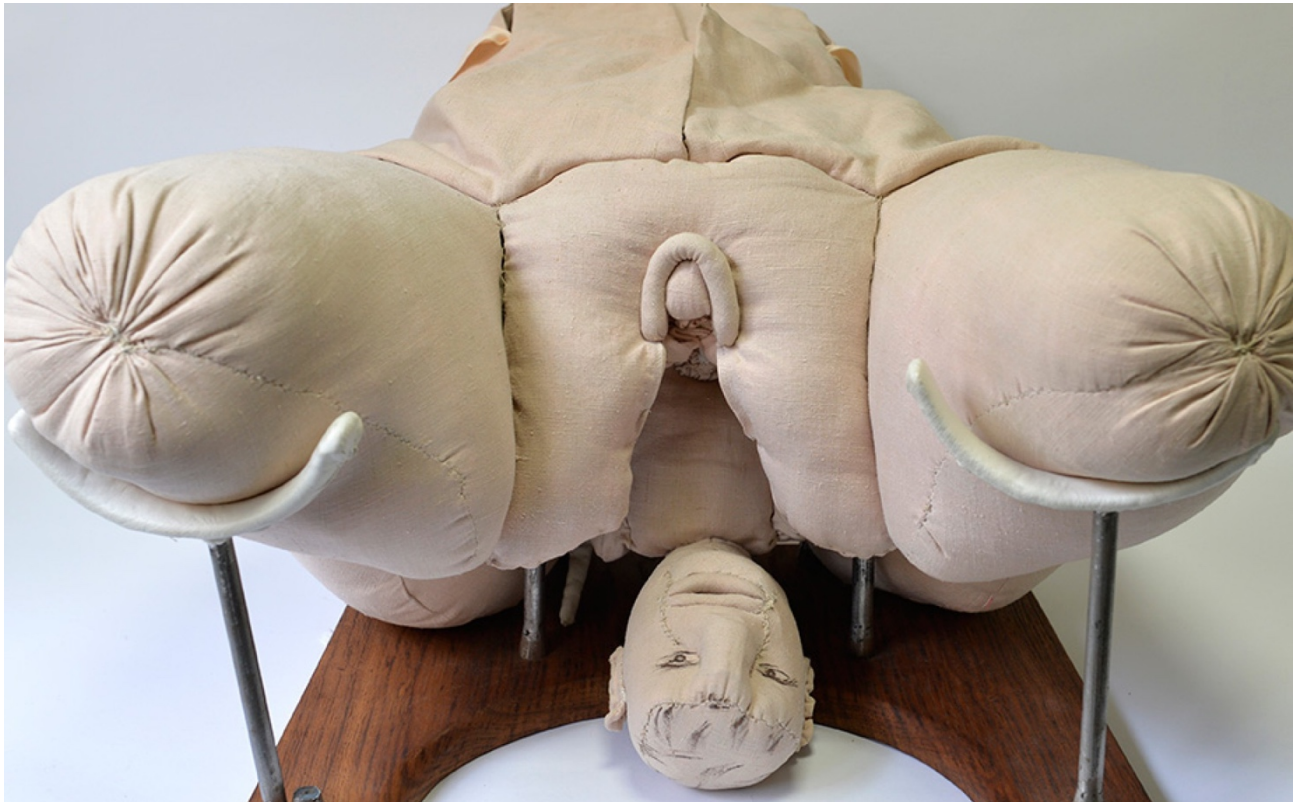
1.2. Histoire de l'enseignement par la simulation

1.2.1. Débuts de la simulation

1.2.1.1. Premiers ateliers de simulation

Des écrits historiques témoignent de l'utilisation ancienne de la simulation pour l'enseignement de gestes techniques et médicaux, bien avant notre époque contemporaine. Les premiers ateliers de simulation remontent au XVIII^e siècle et étaient destinés à instruire les paysannes sur les procédures à suivre lors de l'accouchement (Figure 3), en raison de la difficulté d'accès à des sages-femmes compétentes à cette époque (ALINIER et PLATT, 2014).

**Figure 3 : Mannequin pédagogique d'accouchement de Mme du Coudray (1714-1789)
Source : (MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2023)**



Les ateliers de simulation se sont ensuite développés dans la formation des métiers à haut risque, tels que l'armée et l'aviation. Leur objectif était de former les soldats et les pilotes aux manœuvres d'urgence et aux gestes élémentaires pour prévenir les accidents et améliorer leur réactivité lors des véritables essais (AEBERSOLD, 2016).

1.2.1.2. Évolutions et diverses utilisations

Grâce aux avancées technologiques et informatiques, l'utilisation de la simulation s'est répandue dans une variété de métiers, notamment dans le domaine de la santé comme les soins infirmiers. La simulation, incluant des méthodes telles que les jeux sérieux ("serious games"), est également employée pour améliorer des compétences transversales, comme la gestion d'équipe et la communication, dans de nombreux secteurs d'activité. Cela a permis de rendre la simulation accessible à un éventail plus large de professionnels (AEBERSOLD, 2016).

Certains articles soutiennent l'idée d'étendre l'utilisation de la simulation, même dans les niveaux d'études élémentaires, afin d'impliquer davantage les apprenants et de susciter leur intérêt en captant leur attention. Cette méthode d'enseignement est considérée comme bénéfique dans cet objectif (GOODMAN *et al.*, 2018).

1.2.2. Métiers de la santé

1.2.2.1. Médecine humaine

Les ateliers de simulation sont largement utilisés dans le domaine de la médecine humaine, couvrant différents métiers de la santé. Les formations par simulation sont particulièrement répandues dans le domaine des soins infirmiers et des soins d'urgence. Les apprentissages par simulation ont démontré une amélioration immédiate des compétences des participants, en plus de l'aspect éthique de ne pas pratiquer certains gestes et manœuvres sur de vrais patients, ce qui en fait un outil précieux dans ces domaines (ALINIER et PLATT, 2014).

Les formations dans les métiers de la santé exigent une approche d'enseignement multidimensionnelle. En effet, ces professions englobent diverses compétences telles que la communication, les nombreux gestes techniques et l'observation. De plus, il est essentiel que ces enseignements soient adaptés au métier spécifique visé, compte tenu de la diversité des compétences requises dans le domaine de la santé (BUŞAN, 2014).

L'un des principaux avantages de l'enseignement par la simulation est la possibilité de proposer des exercices permettant de perfectionner les connaissances et le jugement des étudiants face à des cas plus ou moins complexes. En effet, il a été prouvé que dans le domaine de la médecine humaine, 70% des erreurs médicales sont attribuables à des erreurs de jugement face aux cas cliniques. La simulation offre donc une opportunité précieuse pour améliorer ces compétences critiques (CATES, 2011).

1.2.2.2. Médecine vétérinaire

Une des raisons principales pour laquelle a été mise en place la simulation au sein de l'éducation dans la médecine vétérinaire est l'enjeu éthique, de même qu'en médecine humaine : on ne pratique « jamais la première fois sur un patient » (GRANRY, 2015).

Afin de résoudre cette problématique et de compléter la formation pratique des étudiants en médecine vétérinaire, les quatre écoles vétérinaires françaises ont mis en place des salles spécialement dédiées à l'enseignement par la simulation et à l'auto-apprentissage des gestes techniques (GOGNY, 2018).

De la même manière que dans le domaine de la médecine humaine, l'enseignement par simulation en médecine vétérinaire offre la possibilité de créer des scénarios complexes et maîtrisés. Cela permet aux étudiants de développer différentes compétences, telles que les gestes techniques, la gestion du stress face à des cas complexes et la communication. De plus, cette méthode d'enseignement contribue à prévenir les lacunes en matière de qualité et de sécurité des soins de santé, ainsi qu'à réduire les erreurs médicales (SO *et al.*, 2019).

1.2.3. Limites de la simulation

1.2.3.1. Coûts importants

Bien que l'enseignement par simulation présente de nombreux avantages, il existe néanmoins des limites, dont la principale est le coût associé à sa mise en place. Les coûts englobent la gestion du personnel, l'acquisition ou la location de salles dédiées et l'achat du matériel nécessaire. Par exemple, la création du Sunnybrook Health Center à Toronto a été estimée à 665 000 USD (626 000€), dont 85 % étaient consacrés à l'achat du matériel. De plus, l'entretien annuel de ce centre et la gestion du personnel sont évalués à 165 000 USD (155 000€). Ces coûts peuvent constituer un frein à la généralisation de la simulation en raison de contraintes budgétaires (GRANRY et MOLL, 2012).

1.2.3.2. Limites de la méthode

Dans la méthode de simulation, on observe également certaines limites. La première concerne l'écart permanent entre la simulation et la réalité, peu importe la fidélité du simulateur. En effet, un simulateur est un système conçu pour imiter et reproduire la réalité, mais il y aura toujours des différences entre les deux. En ce qui concerne les êtres vivants, on peut notamment remarquer des différences dans la mortalité possible, les variations physiologiques d'un individu à l'autre, la perception de la douleur, l'état de conscience d'un patient et les mouvements effectués par celui-ci. Une solution potentielle pour atténuer ces variations pourrait être l'utilisation de la réalité virtuelle (GRANRY et MOLL, 2012).

Une autre limite qui peut être observée lors de l'utilisation de la simulation est le risque de développement d'un excès de confiance chez l'apprenant, pouvant conduire à des erreurs de manipulation sur des patients réels. La pratique sur simulateur étant souvent plus simple, cela peut créer un sentiment de facilité trompeur (KNEEBONE et BAILLIE, 2008).

Pour finir, une dernière limite potentielle réside dans le cadre de la simulation lui-même, qui, malgré les efforts déployés pour limiter le stress, peut être stressant et psychologiquement éprouvant pour certains étudiants. Cette limite est subjective et dépend de la sensibilité personnelle et de la fragilité émotionnelle de chacun (GRANRY et MOLL, 2012).

Bilan :

Les ateliers de simulation ont été employés à des fins d'apprentissage depuis le XVIII^e siècle, mais ils ont considérablement évolué pour être intégrés dans divers domaines tels que l'armée, l'aviation et la médecine. Cette évolution vise à réduire les risques pour les débutants et à prévenir les pertes de chances pour les patients, tout en répondant à des préoccupations éthiques.

Cependant, malgré les avantages de cette méthode d'apprentissage, elle comporte des limites importantes, notamment sur les coûts élevés, ainsi que des défis liés à la fidélité entre la simulation et la réalité. Ces limites peuvent consister en une précision limitée de l'apprentissage, un excès de confiance chez les apprenants et un stress néfaste à l'apprentissage.

1.3. Simulation dans l'enseignement vétérinaire

1.3.1. Enjeux de l'apprentissage en école vétérinaire

1.3.1.1. Enjeu éthique

L'utilisation de la simulation est principalement motivée par un enjeu éthique fondamental dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire. L'objectif de ces pratiques médicales est d'améliorer l'état et le confort des patients tout en reconnaissant la nécessité de s'exercer pour se perfectionner. Les soignants, qu'ils soient étudiants ou professionnels, ont pour responsabilité première d'assurer la sécurité des patients et de respecter le principe essentiel de la médecine : "Primum non nocere" (c'est-à-dire, "avant tout, ne pas nuire"). Les étudiants effectuent donc leurs premières pratiques sur des simulateurs afin d'acquérir des compétences techniques avant de les mettre en pratique sur de vrais patients. Ce crédo éthique, « Jamais la première fois sur un patient » (GRANRY, 2015), réaffirme ainsi la nécessité de ne jamais expérimenter pour la première fois sur un patient réel, garantissant ainsi la sécurité et le bien-être des individus pris en charge.

Outre cet enjeu pratique, on observe une évolution du statut des animaux. Depuis plusieurs années, l'opinion publique, via des associations, accorde une attention croissante aux problématiques de maltraitance animale. Sous cette pression sociale, le statut des animaux a évolué en 2015. Auparavant considérés comme de simples biens, ils sont désormais reconnus comme "des êtres vivants doués de sensibilité" (LÉGIFRANCE, 2015).

En parallèle de l'évolution du statut des animaux, un principe réglementé de bien-être animal est apparu. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE), le bien-être animal est défini comme "l'état physique et mental d'un animal en relation avec les conditions dans lesquelles il vit et meurt" (ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ ANIMALE, 2018). Pour clarifier cette notion, l'OIE s'appuie sur les "cinq libertés individuelles" établies par le Farm Animal Welfare Council en 1979. Ces libertés comprennent :

- Absence de faim, soif et malnutrition.
- Absence de peur et de détresse.
- Absence de stress physique ou thermique.
- Absence de douleur, lésions ou maladies.
- Liberté d'expression d'un comportement normal de son espèce.

Les normes dictées par l'assemblée mondiale des délégués nationaux de l'OIE évoluent constamment en fonction des avancées scientifiques. Tous les pays membres sont tenus d'appliquer ces normes, indépendamment de leur situation économique ou culturelle.

1.3.1.2. Enjeu auprès des étudiants

Comme mentionné précédemment, le stress et l'anxiété sont des sentiments omniprésents dans les études et la pratique de la médecine vétérinaire. Une étude menée en 2012 a évalué le niveau de stress et d'anxiété dans deux universités américaines tout au long des trois premiers semestres d'études vétérinaires. À la fin de chaque semestre, les étudiants devaient remplir un questionnaire pour auto-évaluer leur degré d'anxiété, de dépression, leur satisfaction générale, leur perception de

leur état de santé, leurs impressions sur leur réussite scolaire et leur expérience face à diverses situations de stress courantes dans les études médicales. Au cours des trois semestres, les résultats ont révélé qu'un certain nombre d'étudiants (Semestre 1 = 49 % ; Semestre 2 = 65 % ; Semestre 3 = 69 %) présentaient un niveau de dépression égal ou supérieur au seuil de dépression clinique, évalué par une échelle de notation (REISBIG *et al.*, 2012). Ce mal-être observé chez les étudiants vétérinaires peut être attribué à plusieurs facteurs tels que le stress des examens, la charge de travail, le mode de vie, etc. Ces résultats soulignent la nécessité de soutenir les étudiants vétérinaires en mettant en place des mesures visant à réduire le stress et à promouvoir leur bien-être mental et émotionnel tout au long de leur formation.

Outre le stress lié aux études et aux examens, les étudiants ressentent une appréhension lorsqu'il s'agit de manipuler des êtres vivants, notamment dans le contexte de la chirurgie vétérinaire. À l'Université de Copenhague, la formation aux sutures chirurgicales a lieu en quatrième année, sur une période de huit jours. Les étudiants sont invités à visionner des vidéos pour apprendre les gestes techniques qui seront pratiqués lors des sessions de cours. Les deux premiers jours sont consacrés à la pratique des sutures sur un mannequin inerte, le troisième jour sur des cadavres et les trois derniers jours sur des cochons de laboratoire vivants.

Des questionnaires et des entretiens courts sont réalisés au cours des premiers jours de la formation. Les résultats de ces retours d'expérience des étudiants révèlent que 63 % d'entre eux éprouvent des émotions négatives à l'idée de réaliser une intervention chirurgicale sur un animal vivant, ressentant notamment du stress, de l'appréhension et parfois de l'excitation. Parmi ces élèves anxieux, 100 % rapportent un manque de confiance en eux, 81 % ont peur d'être responsables de la mort d'un animal et 35 % estiment manquer de pratique et d'entraînement sur des modèles inertes (LANGEBAEK *et al.*, 2012a).

Ces résultats soulignent l'importance de soutenir les étudiants vétérinaires dans la gestion de leurs émotions et de renforcer leur confiance en eux, tout en fournissant des opportunités d'entraînement sur des modèles inertes afin de les préparer de manière optimale à la pratique de la chirurgie sur des animaux vivants et de renforcer leur confiance.

1.3.1.3. Enjeu auprès du monde professionnel

La profession vétérinaire est une profession très encadrée, réglementée et dotée d'un Ordre National.

Malgré la réglementation de la profession, il existe un réel décalage entre les attentes des recruteurs professionnels et les compétences des étudiants vétérinaires à la fin de leurs études, non seulement en France mais aussi à l'échelle européenne. Une étude allemande met en évidence cet écart entre les attentes et les acquis chez les jeunes diplômés vétérinaires. Les résultats de cette étude, basée sur les réponses de 430 vétérinaires praticiens ayant employé des jeunes diplômés, révèlent que 65,8 % d'entre eux souhaiteraient que la formation des étudiants soit davantage axée sur la pratique. Les praticiens ont évalué le diagnostic en imagerie médicale et la chirurgie comme les compétences les moins bien maîtrisées par les jeunes vétérinaires. (HAELLFRITZSCH, 2005).

Pour combler cet écart de compétences à la sortie des études vétérinaires, plusieurs mesures ont été mises en place. Au niveau européen, l'Association Européenne des Établissements d'Enseignement Vétérinaire (AEEEEV) a été créée en 1988 dans le but « *d'évaluer, promouvoir et développer la qualité et le niveau des établissements d'enseignement vétérinaire au sein des États membres de l'Union européenne* » (EUROPEAN ASSOCIATION OF ESTABLISHMENTS FOR

VETERINARY EDUCATION, 2023). L'AEEEV délivre une accréditation européenne aux établissements de formation qui respectent un certain nombre de critères. En 2021, sur 110 écoles vétérinaires européennes, 101 ont obtenu l'accréditation de l'AEEEV.

Ces mesures visent à améliorer la qualité de l'enseignement vétérinaire en harmonisant les normes et en favorisant les bonnes pratiques pédagogiques. L'accréditation de l'AEEEV est un gage de reconnaissance pour les établissements de formation, garantissant la conformité de leur programme avec les exigences professionnelles. Cela contribue à renforcer la confiance des recruteurs dans les compétences des étudiants diplômés et à promouvoir une meilleure adéquation entre les attentes du marché de l'emploi vétérinaire et les acquis des nouveaux vétérinaires.

Dans le but d'harmoniser les compétences requises des étudiants vétérinaires à leur sortie d'école, l'AEEEV a publié en 2019 une liste de compétences essentielles, appelées les "Day One Skills". Chaque établissement d'enseignement vétérinaire est responsable d'enseigner, selon sa propre approche, ce large éventail de compétences tout au long de la formation des étudiants. Pour faciliter cela, l'AEEEV a regroupé ces compétences dans différentes catégories, couvrant des domaines tels que la sécurité et la qualité alimentaire, les maladies vectorielles, ainsi que les compétences cliniques pour les animaux de production et de compagnie (EUROPEAN ASSOCIATION OF ESTABLISHMENTS FOR VETERINARY EDUCATION, 2019).

En France, l'application des directives européennes a conduit à la création du Diplôme d'Études Fondamentales Vétérinaires (DEFV), délivré à la fin de la 5e année d'études, qui définit un niveau de compétences attendu correspondant à l'ensemble des "Day One Skills" énumérées par l'AEEEV. Avec ce diplôme, l'étudiant vétérinaire a la possibilité d'exercer en tant que vétérinaire assistant en parallèle de sa dernière année d'étude.

Ces mesures visent à garantir que les étudiants vétérinaires acquièrent les compétences nécessaires pour répondre aux exigences professionnelles dès le début de leur carrière, tout en renforçant la cohérence et la qualité de l'enseignement vétérinaire au niveau européen.

1.3.2. Simulation au sein de l'E.N.V.A.

1.3.2.1. Création de la salle VetSims

En avril 2016, une plateforme d'enseignement dédiée aux gestes techniques vétérinaires, appelée "VetSims", a été lancée. Elle se compose de deux parties distinctes :

- La zone COM' Alfort, dédiée à la communication clinique à base de jeux de rôle.
- La zone MIM' Alfort est dédiée à l'apprentissage de gestes techniques et de procédures grâce à de multiples postes de travail axés sur des mannequins, des modèles inertes et des simulateurs.

Depuis 2022, cette salle de simulation est placée au rez-de-chaussée du bâtiment Agora (Figure 4, Figure 5). C'est un endroit où les étudiants de toutes les promotions ont libre accès selon des plages horaires définies, à raison de six heures par semaine incluses au cursus, et sous la surveillance de personnel qualifié pouvant intervenir pour aider à la progression.

Figure 4 : Plan de la salle VetSims en Agora.
Source : Louis Ballet, Ingénieur Pédagogique, Plateforme de simulation Vetsims

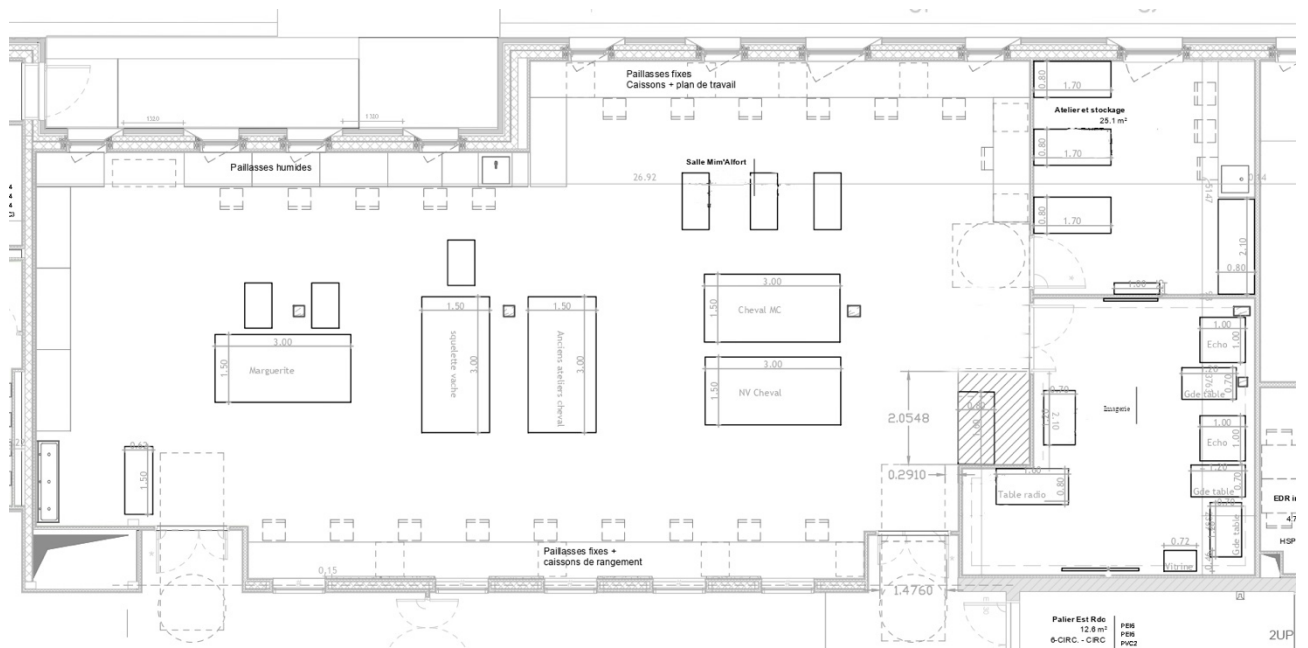


Figure 5 : Photographie de la salle VetSims en bâtiment Agora à l'ENVA.
Source : Photographie personnelle



Cette salle fonctionne de manière simple : chaque poste de travail propose des fiches explicatives pour acquérir des compétences techniques spécifiques. Les étudiants peuvent réaliser les ateliers en autonomie, ou avec une assistance disponible en cas de besoin. Chaque poste est classé par niveau de difficulté avec des vignettes de couleur (vert, bleu, rouge et noir). L'avancement des étudiants est suivi via une application avec des QR codes, leur permettant de s'auto-évaluer après chaque atelier. Des badges virtuels récompensent l'engagement et les progrès des étudiants tout au long de leur cursus grâce à cette application.

Les ateliers de la salle VetSims englobent différentes pratiques vétérinaires telles que la médecine canine, bovine, équine, porcine, des nouveaux animaux de compagnie et des abeilles. Ces ateliers sont regroupés en trois catégories : « propédeutique et techniques d'examen », « diagnostic et examens complémentaires » ainsi que « soins et traitements ». La salle utilise principalement des simulateurs artisanaux conçus par le personnel encadrant ou les étudiants, comme le parcours d'échographie réalisé par Florian Mancini en 2017 (MANCINI, 2019) ou encore la pratique de la palpation transrectale bovine réalisée par Émilie Bascou en 2022 (Bascou, 2022).

1.3.2.2. *Instauration de la simulation dans le cursus vétérinaire*

La simulation est utilisée dans plusieurs unités de compétences (UC) dès la troisième et quatrième année, et peut également être bénéfique en cinquième et sixième année pour les gestes techniques en clinique. Les étudiants de deuxième année sont également encouragés à découvrir les ateliers plus simples, mais cela n'est pas obligatoire du point de vue pédagogique pour cette année d'étude.

Au cours du premier semestre de la troisième année, dans le cadre de l'unité de compétences "Sémiologie et propédeutique", une liste de compétences à acquérir d'ici la fin du semestre est établie, comprenant une soixantaine d'ateliers. L'idée est que les gestes techniques soient initialement démontrés et exécutés en présence d'un enseignant lors des travaux dirigés. Ensuite, les étudiants s'entraînent avec une certaine autonomie dans la salle VetSims, selon des créneaux horaires prévus dans leur emploi du temps. Une partie de l'évaluation finale de cette unité d'enseignement porte sur l'évaluation pratique des compétences énumérées.

La quatrième année comprend une unité de compétences appelée "Soins infirmiers et simulation", qui offre une première expérience pratique dans les différentes cliniques de l'EnvA. Elle vise à enseigner les gestes techniques essentiels en vue des futures rotations cliniques. Chaque semestre, des créneaux horaires sont réservés spécifiquement pour l'entraînement en salle VetSims, inscrits dans l'emploi du temps. À la fin de chaque semestre, les étudiants sont évalués sur un parcours pédagogique comprenant différents ateliers liés par un thème commun, comme l'habillage du chirurgien et l'utilisation d'outils chirurgicaux. L'évaluation finale du deuxième semestre inclut non seulement les compétences requises à la fin du premier semestre, mais aussi des compétences spécifiques au deuxième semestre.

Pendant la cinquième année, dans le cadre de l'unité d'enseignement "Médecine et Chirurgie Individuelle des Ruminants", une séance de travaux pratiques de trois heures est dédiée aux rappels des manœuvres obstétricales en médecine bovine, effectuées sur le mannequin d'obstétrique haute-fidélité appelé "Marguerite" (Figure 6).

Figure 6 : Marguerite, le mannequin haute-fidélité de manœuvres obstétricales.
Source : Louis Ballet, Ingénieur Pédagogique, Plateforme de simulation Vetsims



Bilan :

L'intégration de la simulation dans l'enseignement vétérinaire répond à plusieurs défis majeurs.

Tout d'abord, elle soulève une préoccupation éthique fondamentale, liée au bien-être animal lors de la formation des étudiants vétérinaires.

Ensuite, elle vise à garantir que l'enseignement permette aux étudiants de développer une confiance à la fois dans leurs connaissances et dans leurs compétences pratiques à la fin de leurs études.

Un troisième défi consiste à aligner l'enseignement sur les besoins du monde professionnel, afin que les compétences acquises correspondent aux attentes du monde vétérinaire.

À cet égard, depuis 2016, l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort a intégré la simulation au cursus d'études, regroupant divers ateliers au sein d'une salle pour former les étudiants dans leur pratique.

Deuxième partie : Les prélèvements des voies respiratoires en médecine vétérinaire bovine

2.1 Analyses des voies respiratoires

Les affections respiratoires chez les bovins sont une préoccupation majeure en élevage, avec un impact économique significatif. Souvent multifactorielles, elles résultent de l'action combinée de divers agents pathogènes, définis comme germes primaires et germes opportunistes ou secondaires. Cette complexité justifie la nécessité d'examen complémentaires pour identifier précisément les agents responsables et traiter efficacement les animaux malades. Cela permet de minimiser les pertes économiques et de garantir la santé du troupeau.

2.1.1. Intérêts

Les analyses respiratoires sont cruciales en médecine bovine pour plusieurs raisons. Elles permettent d'identifier l'agent pathogène responsable, ce qui facilite la prescription de traitements ciblés, réduisant ainsi les coûts liés aux traitements probabilistes et limitant l'utilisation abusive d'antibiotiques. Ces analyses sont particulièrement pertinentes en cas d'échec de traitement pour des maladies contagieuses qui touchent un grand nombre d'animaux en peu de temps.

Une autre utilisation importante de ces analyses réside dans le cadre du contrôle des maladies potentiellement contagieuses affectant seulement quelques individus. Dans cette situation, il est avantageux de réaliser des analyses des voies respiratoires dès l'apparition des premiers cas, afin de détecter rapidement l'agent pathogène en cause. Cela permet de mettre en œuvre des mesures prophylactiques ou métaphylactiques pour contenir la propagation de la maladie.

De plus, les prélèvements des voies respiratoires peuvent aider à élaborer une stratégie vaccinale adaptée en fonction de la présence spécifique d'agents pathogènes dans un troupeau. En résumé, les analyses des voies respiratoires jouent un rôle essentiel dans le maintien de la santé des bovins et dans la gestion efficace des maladies respiratoires dans les élevages bovins.

2.1.2. Circonstances des analyses

2.1.2.1. Généralités

Comme vu précédemment, les analyses des voies respiratoires seraient à réaliser lors de l'apparition de maladies d'aspect contagieux chez les veaux ou les animaux adultes, portant atteinte à l'état général des animaux ou à la production du troupeau. L'apparition de ces affections dépend notamment de l'âge des animaux atteints (Figure 7).

Figure 7 : Cinétique des affections respiratoires des bovins en fonction de l'âge

Source : (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

Virus		
VRSB
Pi3V
IBR
Coronavirus
Bactéries		
<i>M. haemolytica</i>	<i>Pasteurellaceae</i>	<i>Pasteurellaceae +/-</i>
<i>P. multocida</i>		
<i>H. somni</i>		
<i>Mycoplasma bovis</i>	<i>Mycoplasma bovis</i>	<i>Mycoplasma bovis</i>
Initialement	8 jours	> 21 jours

Ainsi, en fonction de la suspicion clinique établie par les signes, de l'âge de l'animal et de son environnement, il est plus intéressant de réaliser tel ou tel prélèvement afin de mettre en évidence un agent pathogène précis. Dans le cas d'une forte suspicion de présence de virus, il sera préférable de réaliser un écouvillon nasal profond. Si le vétérinaire a plutôt des suspicions d'affection liée à une bactérie, il sera préférable de réaliser un lavage broncho-alvéolaire ou une aspiration trans-trachéale.

2.1.2.2. Écouvillonnage nasal profond

Les cavités nasales des bovins abritent généralement des bactéries commensales, mais la présence de virus dans ces cavités, voire dans les cellules nasales, est toujours pathologique. Ainsi, l'utilisation de l'écouvillon naso-pharyngé est privilégiée pour prélever des échantillons des voies respiratoires supérieures et isoler les virus respiratoires (PERIE *et al.*, 2006). Cette méthode de prélèvement permet ensuite de réaliser une PCR ou une RT-PCR en fonction du type de virus (FALCY *et al.*, 2004).

En outre, l'écouvillon nasal profond se révèle fiable pour détecter *Mycoplasma bovis* chez les veaux, présentant des résultats concordants à 91 % avec le lavage broncho-alvéolaire, la méthode de référence (POHJANVIRTA *et al.*, 2021).

On réalisera donc des écouvillonnages nasaux profonds dans des conditions pouvant être rattachées à une contamination épizootique virale respiratoire.

2.1.2.3. Lavage broncho-alvéolaire

Dans le contexte des affections respiratoires, les échantillons prélevés des voies profondes jouent un rôle crucial dans la détection de divers agents pathogènes et même de simples inflammations des voies respiratoires signant la qualité de l'air. Comme précédemment souligné, des agents tels que les bactéries, les virus, les mycoplasmes et les parasites des voies respiratoires peuvent prendre résidence dans les régions profondes de l'arbre respiratoire (FALCY *et al.*, 2004).

En outre, le lavage broncho-alvéolaire peut révéler la présence de stades immatures de *Dictyocaulus viviparus*, ce qui en fait un moyen précoce de dépistage du parasitisme respiratoire (LURIER, 2016).

2.1.2.4. Aspiration trans-trachéale

Tout comme le lavage broncho-alvéolaire, l'aspiration trans-trachéale est utilisée pour détecter des agents pathogènes des voies respiratoires profondes, tels que bactéries, virus, mycoplasmes et parasites, qui peuvent résider dans les parties profondes de l'arbre respiratoire. Cependant, cette méthode invasive présente l'avantage d'éviter la contamination par la flore commensale des voies respiratoires supérieures, contrairement au lavage broncho-alvéolaire (FALCY *et al.*, 2004).

2.1.3. Critères de prélèvements

Lorsque des prélèvements des voies respiratoires sont nécessaires dans un troupeau bovin, plusieurs conditions doivent être scrupuleusement respectées pour garantir la représentativité de l'échantillon et l'utilité des résultats. En effet, il est recommandé de prélever entre 3 et 5 animaux par lot afin d'obtenir un échantillon représentatif. De plus, les animaux et les lots choisis doivent partager les mêmes conditions de vie que les animaux malades, comprenant la catégorie d'âge, l'environnement de vie, et le régime alimentaire.

Il est essentiel que les animaux prélevés se trouvent dans la phase aiguë de la maladie, portant ainsi les agents pathogènes initiaux plutôt que ceux de surinfection. L'idéal est que les animaux présentent une hyperthermie lors du prélèvement, confirmant ainsi la phase aiguë de la maladie.

Pour évaluer la propagation de l'agent pathogène de manière plus complète, il est préférable de réaliser des prélèvements sur plusieurs lots du même bâtiment. Cela permet d'obtenir des données plus fiables pour mieux comprendre la dissémination de la maladie au sein du troupeau.

Bilan :

L'analyse des voies respiratoires joue un rôle crucial dans la gestion de la santé des bovins, contribuant à réduire les coûts liés aux maladies respiratoires. Cette démarche s'appuie sur des signes cliniques et des données épidémiologiques afin d'orienter le choix du prélèvement adéquat.

Il est essentiel que ces prélèvements reflètent fidèlement l'état du troupeau. Ainsi, plusieurs critères, tels que le nombre d'animaux à échantillonner et leur état clinique, doivent être pris en compte pour garantir la représentativité des échantillons prélevés. Cela permet d'optimiser le traitement et la gestion sanitaire du troupeau.

2.2 Affections respiratoires des bovins

2.2.1. Virus Respiratoire Syncytial Bovin

Étiologie

Le VRSB est un virus à ARN monocaténaire, appartenant à la famille des *Paramyxoviridae*, genre *Pneumovirus*.

Épidémiologie (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

Le virus respiratoire syncytial bovin (VRSB) est la principale cause de pneumopathie chez les jeunes bovins en Europe.

L'infection par le VRSB affecte principalement les animaux âgés de 15 jours à 18 mois, avec un pic de prévalence vers l'âge de 2 mois. Les périodes automnales et hivernales favorisent davantage l'infection, bien que celle-ci puisse survenir toute l'année chez les veaux de moins de 3 mois.

La transmission se fait par contact direct, par inhalation d'aérosols contenant le virus provenant d'animaux malades ou asymptomatiques. Étant donné que le virus est très fragile dans l'environnement extérieur, sa persistance au sein d'un troupeau se fait principalement par le biais d'animaux porteurs asymptomatiques.

Physiopathologie (PETIT *et al.*, 2013)

La transmission virale se produit par voie aérienne. Une fois dans l'hôte, le virus se multiplie dans les muqueuses nasales, pharyngées, trachéales et pulmonaires. Environ 4 à 10 jours après l'infection, le virus est détecté dans les poumons, d'abord dans les bronchioles puis dans les alvéoles.

L'infection virale provoque une inflammation qui entraîne une accumulation de liquide inflammatoire et bronchoconstrictions. Cette inflammation est responsable de la pneumonie observée.

De plus, l'infection par le virus conduit à une destruction de l'épithélium ciliaire des bronches et des bronchioles. Les débris cellulaires résultants forment ce qu'on appelle le "mucopus". Ces débris peuvent obstruer les bronchioles, provoquant ainsi une bronchopneumonie obstructive, et favoriser le développement d'infections bactériennes secondaires.

Enfin, il est important de noter que le virus respiratoire syncytial bovin (VRSB) ne se contente pas de provoquer des réactions inflammatoires. Il est également capable d'inhiber la réponse immunitaire innée de l'hôte, ce qui favorise l'apparition d'infections secondaires (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021).

Signes cliniques (PETIT *et al.*, 2013)

Lors d'une infection par le virus respiratoire syncytial bovin (VRSB), les signes cliniques observés comprennent une fièvre élevée (de 40 à 42°C), une toux, un écoulement nasal, des bruits respiratoires anormalement intenses lors de l'auscultation pulmonaire, principalement dans les lobes crânio-ventraux, avec parfois la présence de sifflements et de crépitements.

Les infections par le VRSB au sein d'un troupeau prennent une forme épizootique, se propageant rapidement entre les animaux.

Dans certains cas graves, en raison de la rupture des alvéoles pulmonaires entraînant un emphysème pulmonaire sévère, on peut observer un emphysème sous-cutané localisé au niveau du garrot de l'animal. Cela se traduit cliniquement par une déformation de la zone touchée et des crépitements perceptibles au toucher de la peau.

Prélèvements et analyses (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

La détection du virus respiratoire syncytial bovin (VRSB) peut être réalisée de manière indirecte et peu invasive par sérologie à deux semaines d'intervalle. Le titre en anticorps doit augmenter entre les deux sérologie pour confirmer la présence du virus. Cette méthode permet une mise en évidence indirecte mais tardive de l'infection par le VRSB.

Une autre approche pour détecter le VRSB consiste à effectuer des prélèvements des voies respiratoires pour une mise en évidence directe et rapide du virus. Comme mentionné précédemment, le virus se trouve dans les cavités nasales ainsi que dans les voies respiratoires profondes. Les prélèvements recommandés sont l'écouvillon naso-pharyngé, l'aspiration trans-trachéale ou le lavage broncho-alvéolaire. Il est important de sélectionner des animaux en phase précoce d'infection, caractérisée par une hyperthermie.

Suite à ces prélèvements, les examens de laboratoire principaux consistent en une PCR (réaction de polymérase en chaîne) ou une immunochromatographie. Plus rarement, une culture virale ou une immunofluorescence peuvent être réalisées. Ces méthodes permettent une détection précise et spécifique du VRSB pour confirmer l'infection chez les bovins (MAKOSCHEY et BERGE, 2021).

Impact économique en élevage

Une étude suédoise réalisée en 2018 a examiné l'impact économique immédiat d'une épidémie de virus respiratoire syncytial bovin (VRSB) sur une ferme mixte (60 % allaitant, 40 % laitier). L'étude a porté sur une ferme comptant près de 550 animaux. Les résultats ont montré que l'épidémie de VRSB a entraîné des pertes immédiates d'environ 7 000 € pendant la durée de l'épidémie. Ces chiffres n'incluent pas les pertes à plus long terme dues aux retards de croissance chez les jeunes animaux. Cette étude met en évidence l'impact économique significatif d'une épidémie de VRSB sur une exploitation agricole mixte (LEFVERMAN, 2018).

2.2.2. Parainfluenza type 3

Étiologie

Le virus parainfluenza type 3 (BPIV3 ou virus Pi-3) appartient à la famille des *Paramyxoviridae*, genre *Respirovirus*.

Épidémiologie (ELLIS, 2010)

Le virus parainfluenza type 3 touche préférentiellement les jeunes bovins de manière épizootique. Une immunité est possible après infection mais on ne connaît pas la durée de celle-ci.

Physiopathologie (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

L'infection par le virus se produit par voie respiratoire, notamment *via* le jetage. Le virus se multiplie alors au niveau de la muqueuse respiratoire, puis se dissémine localement dans le tractus

respiratoire. Le virus infecte les cellules épithéliales de l'ensemble du tractus respiratoire et les macrophages alvéolaires.

L'infection par le virus Pi-3 provoque une pneumonie de type interstitielle. De plus, la multiplication virale induit une nécrose de la muqueuse avec destruction de l'épithélium ciliaire des bronches et des bronchioles, favorisant le développement de surinfections bactériennes, comme pour l'infection par le VRSB.

Signes cliniques (PETIT *et al.*, 2013)

En cas d'absence de surinfection bactérienne, l'infection par le virus Pi-3 est souvent asymptomatique. Toutefois, lorsque des symptômes se manifestent, ils comprennent les signes cliniques typiques des pneumonies tels que la fièvre, l'abattement, le jetage nasal séreux, les larmolements, la dyspnée et la toux. La mortalité est rare en cas d'infection exclusive par le virus Pi-3.

Prélèvements et analyses (MAKOSCHEY et BERGE, 2021)

La mise en évidence d'une infection par le virus parainfluenza type 3 peut se faire par test ELISA sur sang, en recherchant les antigènes du virus dans l'échantillon.

Au même titre que le VRSB, la mise en évidence directe du BPIV3 consiste à effectuer des prélèvements des voies respiratoires en vue de la réalisation d'une RT-PCR en laboratoire. Comme mentionné précédemment, le virus se trouve dans les cavités nasales ainsi que dans les voies respiratoires profondes. Les prélèvements recommandés sont l'écouvillon naso-pharyngé, l'aspiration trans-trachéale ou le lavage broncho-alvéolaire. Il est important de sélectionner des animaux en phase précoce d'infection, caractérisée par une hyperthermie.

2.2.3. Rhinotrachéite Infectieuse Bovine

Étiologie

La Rhinotrachéite Infectieuse Bovine (IBR) est causée par un *herpesvirus* bovin de type I, un virus enveloppé à ADN. Les *herpesvirus* ont la capacité de provoquer des infections persistantes, avec une phase de latence chez l'hôte et une réactivation lors de stress.

Épidémiologie (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

Les sources de virus de la Rhinotrachéite Infectieuse Bovine (IBR) sont les animaux infectés qui excrètent une quantité élevée de virus pendant 1 à 2 semaines maximum, ainsi que les animaux ré-excréteurs dont la durée d'excrétion est de quelques jours avec une quantité de virus moindre. La transmission du virus au sein d'un élevage se produit par le contact étroit entre bovins, via les sécrétions nasales, ou par la semence. La transmission entre élevages se produit lors de l'achat de bovins ou lors de rassemblements d'animaux.

Physiopathologie (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021, p. av)

Les voies d'entrées du virus sont les voies respiratoires et génitales.

Lorsqu'une infection se produit, le virus de la Rhinotrachéite Infectieuse Bovine (IBR) se multiplie d'abord dans les cellules épithéliales du tractus respiratoire supérieur ou de la muqueuse génitale, qui constituent le site d'entrée du virus. Après cette répllication initiale, le virus peut se propager.

Pendant sa multiplication dans la muqueuse, le virus infecte les nerfs périphériques proches du site d'infection. Il se propage ensuite le long des cellules nerveuses par voie axonale rétrograde jusqu'au ganglion nerveux régional, où il peut s'établir sous forme latente. Le virus cesse de se multiplier mais n'est pas éliminé par l'organisme. Lors d'une infection par voie respiratoire, le virus persiste dans le ganglion trijumeau, tandis que lors d'une infection par voie génitale, il persiste dans le ganglion sacré.

Comme mentionné précédemment, le virus se multiplie intensément dans les cellules épithéliales de la muqueuse respiratoire lors d'une infection par voie respiratoire. Il est ensuite excrété en grande quantité dans le mucus nasal pendant une période allant jusqu'à 10 à 16 jours après l'infection, avec un pic d'excrétion observé à 5 jours.

Signes cliniques (MEYER, 2020)

Les signes cliniques de la Rhinotrachéite Infectieuse Bovine (IBR) apparaissent généralement de 2 à 4 jours après l'infection de l'animal. Voici les différentes formes cliniques possibles :

- La forme subclinique, qui est la plus fréquente et ne présente pas de symptômes apparents.
- La forme respiratoire, qui nous intéresse ici (également appelée IBR) : elle se caractérise par une hyperthermie pouvant atteindre 42°C, une inflammation sévère de la muqueuse nasale accompagnée d'ulcérations, une toux, un écoulement nasal initialement séreux qui devient rapidement muco-purulent, dit « jetage en chandelles »
- La forme oculaire, qui peut être présente en association avec la forme respiratoire ou seule. Elle se manifeste par un écoulement oculaire séreux, une conjonctivite et un œdème de la cornée.
- La forme génitale, qui provoque chez les mâles une balanoposthite et chez les femelles une vulvo-vaginite.
- La forme abortive.

Prélèvements et analyses (PERIE *et al.*, 2006)

Le virus de la Rhinotrachéite Infectieuse Bovine (IBR) se répliquant dans la muqueuse des voies respiratoires supérieures, la mise en évidence directe se fera principalement par PCR ou culture virale suite à un écouvillonnage naso-pharyngé profond.

La détection de l'infection par le virus de l'IBR peut être réalisée de manière indirecte et peu invasive en dosant les anticorps dans le sang à deux semaines d'intervalle. Cette méthode permet une mise en évidence indirecte mais tardive de l'infection par l'IBR.

Impact économique en élevage

Bien qu'aucune étude ne traite de données chiffrées quant à l'impact du virus de l'IBR sur un élevage bovin, il paraît évident que ce virus a de lourdes conséquences sur l'aspect économique de l'élevage. En effet, que ce soit par la diminution de production chez les animaux malades, les pertes dues aux décès, aux réformes ou encore un possible blocage des ventes et achats d'animaux, on peut imaginer les conséquences économiques d'un foyer d'IBR au sein d'un élevage.

2.2.4. Coryza gangreneux

Étiologie

Le coryza gangreneux est une maladie bovine virale sporadique caractérisée par une répercussion généralisée, au-delà des voies respiratoires et touchant principalement les bovins adultes. Il est provoqué par l'*herpesvirus* du mouton (OvHV-2) et est également connu sous le nom de « fièvre catarrhale maligne ».

Épidémiologie (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

L'OvHV-2, virus associé au coryza gangreneux, est hébergé et excrété par la plupart des ovins qui sont porteurs asymptomatiques (SPICKLER, 2016), présent dans leurs sécrétions nasales, digestives, urogénitales, ainsi que dans le colostrum et le lait des moutons infectés. La transmission aux bovins se fait par contact ou par aérosol, sur une grande distance, pouvant aller jusqu'à plusieurs kilomètres. Ainsi, un contact direct entre ovins et bovins n'est pas toujours nécessaire pour la transmission du virus.

Physiopathologie (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

Après pénétration du virus dans l'organisme *via* la muqueuse oropharyngée, une multiplication virale du virus dans les cellules lymphoïdes des nœuds lymphatiques est d'abord observée.

Suite à la généralisation de l'infection, des lésions de nécrose lymphoïde, une prolifération et une infiltration massive de cellules lymphoïdes, principalement des lymphocytes T CD8+ cytotoxiques, des tissus lymphoïdes et des autres tissus, et des lésions de vascularite se développent. Le virus est absent des lésions, qui ne sont donc pas la conséquence d'un effet cytopathogène viral, mais plutôt d'une activité cytotoxique des cellules infectées.

Signes cliniques (MEYER, 2020)

Le coryza gangreneux présente une symptomatologie caractérisée par la « maladie des trois fontaines », se manifestant de manière aiguë, durant laquelle l'animal présente un épiphora, un ptyalisme et une rhinorrhée importants.

Les symptômes oculaires incluent un larmoiement excessif, une opacité cornéenne et une conjonctivite. Au niveau nasal, il y a d'abord un écoulement séreux, puis mucopurulent, accompagné d'érosions et de congestion. La bouche est également touchée avec une congestion et une érosion buccale, une salivation excessive et une odeur de nécrose.

D'autres symptômes s'ajoutent au tableau clinique, tels qu'une généralisation des ganglions lymphatiques, une forte fièvre (> 41°C), des signes d'encéphalite tels que léthargie, dépression, incoordination, pousser au mur, nystagmus, paralysie et convulsions, des signes urinaires tels que l'hématurie, et des signes cutanés comme l'épaississement, le craquellement de la peau du scrotum, des trayons, de la face interne de la cuisse, parfois avec chute des ongles.

Prélèvements et analyses (PEEK et DIVERS, 2016)

Étant donné que le virus du coryza gangreneux se trouve principalement dans les voies lymphatiques plutôt que dans les voies respiratoires, les analyses de prélèvements respiratoires ne révéleront pas sa présence. Pour détecter ce virus, une PCR sera effectuée sur du sang prélevé avec de l'EDTA, ou sur une biopsie des ganglions lymphatiques, car c'est là que le virus se trouve, retenu dans les cellules lymphoïdes.

2.2.5. Coronavirus et adénovirus

Étiologie

Le *coronavirus* bovin (BCoV) appartient à la famille des *Coronaviridae* et est un virus à ARN.

Les *adenovirus* bovins appartiennent à la famille des *Adenoviridae* et sont des virus à ADN.

Épidémiologie

Ces types de virus touchent les bovins de tout âge de manière épizootique.

Physiopathologie (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

L'infection de l'arbre respiratoire se fait par voie aérogène, et provoque des lésions des épithéliums, de la trachée et des poumons.

Signes cliniques (MEYER, 2020)

Les signes cliniques associés à ces étiologies sont généralement non spécifiques et ressemblent à ceux observés lors d'une infection respiratoire : fièvre, abattement, écoulement nasal clair, larmolement, difficultés respiratoires et toux.

Prélèvements et analyses (RIDREMONT, 2021)

En cas de soupçon de troubles respiratoires liés au coronavirus, le diagnostic repose principalement sur l'identification directe du virus par RT-PCR, tandis que l'on réalisera une PCR en cas de suspicion d'adénovirus. Ces analyses sont effectuées sur des échantillons tels que les écouvillons nasopharyngés, les liquides de lavage broncho-alvéolaire (LBA) ou les liquides d'aspiration trachéobronchique (ATT).

2.2.6. Pasteurelles

Étiologie

Les pasteurelles sont des bactéries Gram négatives appartenant à la famille des *Pasteurellaceae* (genres *Pasteurella*, *Mannheimia* et *Histophilus*). Ces bactéries sont des bactéries commensales des cavités nasales et des voies respiratoires des ruminants.

Épidémiologie

Les pneumonies bactériennes à pasteurelles touchent plus fréquemment les jeunes bovins de manière sporadique car le plus souvent ce sont des surinfections.

Physiopathologie (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

La transmission des pasteurelles chez les animaux se fait par voie aérienne, des animaux plus âgés aux plus jeunes. Les bactéries se retrouvent alors dans les cavités nasales des veaux, en particulier dans le nasopharynx.

En présence d'une virulence spécifique d'une souche bactérienne ou de conditions favorables telles que le stress, une infection virale primaire ou des lésions de l'épithélium ciliaire, les pasteurelles se multiplient localement, envahissent les poumons et atteignent les alvéoles à partir des bronches et des bronchioles.

Signes cliniques (PETIT *et al.*, 2013)

Les pasteurelloses, primaires ou secondaires, se manifestent par des bronchopneumonies accompagnées de foyers pulmonaires purulents et, dans certains cas, de troubles vasculaires. Ces lésions entraînent des modifications significatives des bruits respiratoires lors de l'auscultation de la trachée et des poumons tels que des sifflements laryngo-trachéaux à l'inspiration, des crépitations humides, en particulier dans les lobes pulmonaires crânio-ventraux.

D'autres symptômes incluent un abattement (dysorexie voire anorexie, oreilles basses), une hyperthermie initiale, une dyspnée d'abord expiratoire puis rapidement mixte, un écoulement nasal fréquemment muco-purulent, et une mortalité pouvant atteindre jusqu'à 10 % des animaux.

Prélèvements et analyses

Étant donné que les pasteurelles sont des bactéries commensales des cavités nasales, il n'est pas possible de diagnostiquer une pasteurellose à partir d'un écouvillonnage nasal profond.

Afin d'établir un diagnostic de certitude, il est nécessaire de prélever des échantillons plus profonds de l'appareil respiratoire, tels qu'une aspiration trans-trachéale ou un lavage broncho-alvéolaire, sur lesquels une culture bactérienne ou une PCR peuvent être réalisées par la suite.

2.2.7. Mycoplasmes

Étiologie

Les mycoplasmes, tels que *Mycoplasma bovis* et *Mycoplasma dispar*, sont des bactéries sans paroi appartenant à la classe des *Mollicutes*. Ces mycoplasmes sont couramment observés chez les bovins.

Épidémiologie (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

Les mycoplasmes, tout comme d'autres agents de pneumonies bactériennes, affectent principalement les jeunes bovins. Ces maladies se propagent de manière épidémique et sont plus contagieuses que les autres pneumonies bactériennes dites « de surinfection ».

Physiopathologie

Le pouvoir pathogène des mycoplasmes est encore mal connu mais leur localisation au sein du système respiratoire est connue. Ces agents pathogènes se fixent aux cellules trachéo-bronchiques via leur protéines d'adhésions.

Signes cliniques (MEYER, 2020)

Les mycoplasmoses peuvent être caractérisées cliniquement par différentes atteintes : respiratoire, articulaire, auriculaire ou mammaire.

Aucun signe clinique pathognomonique, en dehors des lésions nécropsiques, n'est observé lors d'atteinte respiratoire : les signes rencontrés sont ceux d'une bronchopneumonie.

Prélèvements et analyses

Étant donné que les signes cliniques de la mycoplasmoses ne sont pas spécifiques et que la bactérie peut être présente dans les cavités nasales d'animaux sains, il est nécessaire d'effectuer un prélèvement profond similaire à celui utilisé pour les pasteurelloses, c'est-à-dire par aspiration trans-

trachéale ou lavage broncho-alvéolaire. Ces échantillons peuvent ensuite être analysés par culture bactérienne ou PCR.

Une autre approche diagnostique consiste en l'utilisation de tests sérologiques. En effet, la sérologie permet de distinguer les animaux porteurs sains, qui présentent rarement une séroconversion, des animaux atteints de pneumonie à mycoplasme. Pour ce faire, on recherche une augmentation significative des titres d'anticorps à partir de deux prélèvements sanguins effectués à un intervalle de 2 à 3 semaines. Il s'agit donc là encore d'un diagnostic étiologique rétrospectif.

2.2.8. *Dictyocaulus viviparus*

Étiologie

La dictyocaulose, ou bronchite vermineuse, est une infestation parasitaire de la trachée et des bronches, due à un strongle, *Dictyocaulus viviparus*.

Épidémiologie

La dictyocaulose est une maladie saisonnière dont les cas sont le plus fréquemment rencontrés en fin d'été. Cette affection touche principalement les jeunes bovins de manière épizootique. Dans de rares cas, des adultes peuvent être atteints de façon sporadique.

Physiopathologie (CAMUSET et CHARTIER, 2012)

Le cycle évolutif de *Dictyocaulus viviparus* (Figure 8) est un cycle parasitaire homoxène spécifique aux bovins. Le stade larvaire L3, forme infectieuse de *D.viviparus*, est ingéré par les bovins au pâturage. Une fois dans le tube digestif, les larves migrent par voie lymphatique jusqu'au cœur, puis aux poumons par la circulation sanguine pulmonaire. C'est à ce moment-là qu'elles atteignent le stade L4. Cette période, appelée période prépatente, dure de 7 à 25 jours.

La présence de parasites dans les voies respiratoires entraîne une réaction inflammatoire caractérisée par une surproduction de mucus et une infiltration d'éosinophiles. L'excès de mucus obstrue les bronchioles, entraînant un collapsus des alvéoles pulmonaires sous-jacentes. Le poumon présente alors des signes d'emphysème et d'œdème interstitiel.

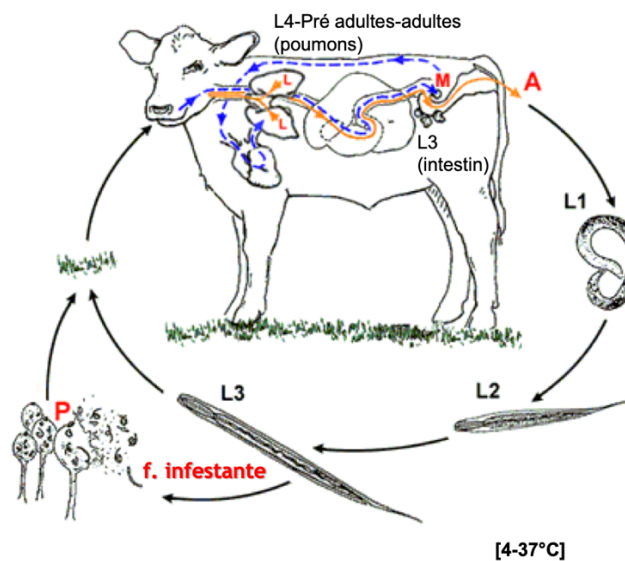
Le cycle parasitaire se poursuit lorsque les larves L4 évoluent en adultes, ce qui se produit entre 25 et 55 jours après l'infestation. À ce stade, les adultes endommagent l'épithélium de la trachée et des bronches. Les œufs pondus par les adultes, ainsi que les larves L1, peuvent être aspirés à chaque inspiration, ce qui peut entraîner le développement d'une pneumonie par fausse déglutition.


Les adultes pondent des œufs dans la trachée et les bronches principales. Suite à des crises de toux, ces œufs remontent dans les voies respiratoires supérieures et sont ensuite déglutis par l'animal. Les œufs éclosent dans le tube digestif pour donner des larves L1, qui sont excrétées dans les fèces. La transformation des larves L1 en L2, puis en L3, se produit dans les fèces présentes sur les pâturages.

Figure 8 : Cycle évolutif de *D.viviparus*

Source : (POLACK, 2022)

Cycle évolutif de *Dictyocaulus viviparus*



 EnVA Unité de Parasitologie-Mycologie

Signes cliniques (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

La dictyocaulose peut se présenter sous différentes formes cliniques :

- Une forme subaiguë est observée chez les adultes peu infestés. Elle se caractérise par une évolution sur 3 à 4 semaines, avec des symptômes tels que de la perte de poids, une diminution de la production laitière, de la fièvre, de la toux, une dyspnée modérée et une tachypnée. Lors de l'auscultation pulmonaire, des bruits respiratoires secs sont perçus ventralement, et des signes d'emphysème pulmonaire (plutôt dorsaux) sont détectés. En général, cette forme subaiguë a une évolution favorable après traitement.
- Une forme aiguë est plus fréquente chez les veaux fortement infestés. La progression de la maladie est rapide (24 heures) et la mortalité survient fréquemment en 3 à 4 jours. Les symptômes incluent également de la fièvre, de la toux et une altération importante de la fonction respiratoire.
- Une forme particulière appelée « syndrome de ré-infestation » peut se produire chez des animaux précédemment immunisés contre la dictyocaulose qui subissent une ré-infestation massive. Les animaux atteints présentent une toux sévère et fréquente, une tachypnée pouvant aller jusqu'à une détresse respiratoire et une augmentation significative des bruits respiratoires.

Prélèvements et analyses (PETIT *et al.*, 2013)

La dictyocaulose peut être diagnostiquée à l'aide de différents prélèvements et analyses, tels que la détection de larves par examen coproscopique, qui est la méthode de choix, ou de l'observation de lésions caractéristiques lors de l'autopsie. Cependant, nous nous concentrerons ici sur les prélèvements et les analyses des voies respiratoires.

En ce qui concerne les prélèvements des voies respiratoires, la méthode privilégiée pour détecter directement les parasites *D.viviparus* est l'aspiration trans-trachéale. Cette technique permet de recueillir du liquide respiratoire pour une observation directe des larves L1.

Un lavage broncho-alvéolaire pourrait être également utilisé pour mettre en évidence la bronchite éosinophilique (Figure 9) ainsi que les vers de façon macroscopique (Figure 10). En effet, le liquide récolté lors de lavage broncho-alvéolaire permet de mettre en évidence la dictyocaulose de manière bien plus précoce que la coproscopie :

- Mise en évidence de la bronchite éosinophilique à partir de la deuxième semaine post infestation (15 jours avant émission des larves dans les selles)
- Mise en évidence des vers macroscopiques au moins une semaine avant l'émission dans les selles des premières larves (LURIER, 2016).

Figure 9 : Mise en évidence de *D.viviparus* après coloration rapide de May Grünwald Giemsa du culot de centrifugation du LBA.
Source : (LURIER, 2016)

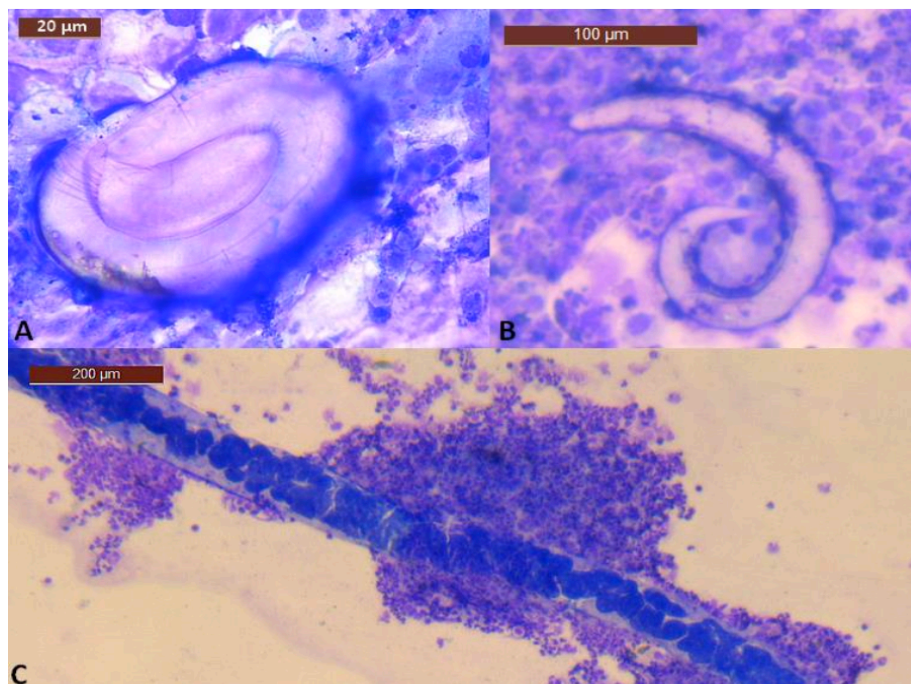


Figure 10 : Mise en évidence d'adultes macroscopiques dans le liquide de LBA chez trois bovins différents.

Source : (LURIER, 2016)



Impact économique en élevage

L'impact économique de la dictyocaulose est élevé, surtout en élevage bovin laitier en lien avec :

- Une diminution de la production laitière estimée à 4-5L par jour et par vache (WAPENAAR *et al.*, 2007),
- Une baisse de la fertilité,
- Une hausse de la mortalité au sein des lots de veaux malades allant de 1 à 7 % des lots atteints (CHARLIER *et al.*, 2014),
- Une diminution du gain moyen quotidien des veaux (VERCRUYSSSE et CLAEREBOU, 2001).

Une étude de 2011 a estimé les coûts liés à des épidémies de dictyocaulose dans deux élevages bovins laitiers et a estimé que le coût moyen de la dictyocaulose était d'environ 160 € par vache sur des troupeaux de 90 à 110 bovins. Ces coûts se répartissent notamment entre la baisse de la production laitière estimée à 15-20 %, la mortalité estimée à 33-50 % selon le troupeau et la baisse de fertilité demandant 12 à 15 % d'inséminations supplémentaires (HOLZHAUER *et al.*, 2011).

2.2.9. Facteurs zootechniques

On désigne ici par « facteurs zootechniques » les maladies non infectieuses telles que l'emphysème des regains ou l'alvéolite allergique (« poumon de fermier »).

Étiologie (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021)

L'emphysème des regains survient chez des vaches adultes lorsqu'elles passent d'un pâturage pauvre à un pâturage riche en herbe jeune, notamment après des épisodes de pluies automnales. D'autre part, l'alvéolite allergique extrinsèque est causée par des réactions allergiques à l'inhalation fréquente de spores de champignons actinomycètes, généralement trouvés dans des foin mal conservés.

Épidémiologie

Ces deux affections sont dues à des causes environnementales et touchent donc des bovins ayant un mode de vie compatible avec chaque affection. C'est-à-dire la vie en pâture pour l'emphysème des regains et en stabulation permanente pour l'alvéolite. Ces affections ont plutôt un mode de répartition anazootique, touchant les individus les plus sensibles du troupeau, sans contagiosité entre les individus.

Signes cliniques (MEYER, 2020)

Pour l'emphysème des regains, l'animal présente des signes cliniques tels que de la dyspnée, de la mousse dans la cavité buccale, une plainte expiratoire, une tachypnée et des bruits respiratoires augmentés.

Pour l'alvéolite allergique l'animal présente des signes cliniques tels qu'une baisse d'appétit et de production, une toux chronique, une tachypnée et du jetage nasal.

Prélèvements et analyses

Dans ces deux conditions, les échantillons des voies respiratoires associés à une cytologie révéleront une inflammation caractérisée par des cellules inflammatoires. Cependant, étant donnée l'absence d'agent pathogène en cause, ces prélèvements ne permettront pas d'identifier la cause sous-jacente des signes cliniques. Il serait plus approprié et judicieux de procéder à un audit de l'installation ou de l'alimentation des bovins en pâture afin de découvrir les origines des affections.

Bilan :

Les maladies respiratoires des bovins résultent notamment de divers agents pathogènes, parfois agissant parfois en synergie, tels que virus, bactéries ou parasites, affectant des bovins de tout âge. Leur impact sur les performances du troupeau lors de leur dissémination peut être significatif, compromettant la rentabilité économique de l'élevage.

2.3 Techniques de prélèvement

2.3.1 L'écouvillonnage naso-pharyngé

2.3.1.1 Contention

Pour la réalisation d'un écouvillon naso-pharyngé, aucune sédation ou anesthésie n'est nécessaire. En effet, seule une contention irréprochable de la tête de l'animal est recommandée, en bloquant tout mouvement. Une mauvaise contention pourrait entraîner la cassure de l'écouvillon dans la région nasale ou pharyngée (SOCKETT, 2016).

2.3.1.2 Technique

Avant d'aborder la technique de prélèvement proprement dite, il convient de définir les pré-requis de cette méthode. Le matériel nécessaire pour réaliser ce prélèvement est assez simple. En effet, le matériel nécessaire est constitué d'un kit d'écouvillonnage stérile, de gants propres mais non stériles, ainsi que d'un tissu propre.

Pour assurer le bon déroulement du prélèvement, il est essentiel d'avoir deux intervenants afin de bien contenir le veau et effectuer l'opération. De plus, il est nécessaire de s'assurer que les veaux à prélever sont en phase d'hyperthermie, afin d'utiliser les prélèvements à des fins d'analyse. Pour réaliser le prélèvement, l'opérateur se place face à l'animal, debout ou accroupi selon l'âge et la taille du bovin.

Description de la technique : (Figure 11)

- Vérifier la température rectale des veaux à prélever, ils doivent être en hyperthermie (Température > 39.5°C).
- Réaliser une bonne contention en immobilisant totalement la tête du veau.
- Nettoyer les narines du veau à l'aide du tissu propre.
- Mettre les gants propres non stériles.
- Retirer l'écouvillon de son étui.
- Insérer l'écouvillon dans la narine en visant le canthus médial de l'œil controlatéral, en face ventrale de la cavité nasale.
- Tourner l'écouvillon contre la muqueuse pendant 10 secondes minimum afin d'atteindre la rosée sanguine.
- Retirer l'écouvillon en évitant toute contamination, c'est-à-dire en touchant au minimum les parois nasales internes et externes. Celui-ci doit être discrètement coloré si le prélèvement est correctement réalisé.
- Remettre l'écouvillon dans son étui sans toucher les bords extérieurs de celui-ci.
- Répéter les étapes précédentes pour la seconde narine, pour chaque veau à l'aide d'un nouvel écouvillon stérile (SOCKETT, 2016).

- Identifier correctement chaque prélèvement avec l'identité du veau, son âge, le nom de l'exploitation.

Figure 11 : Réalisation d'un écouvillonnage nasal profond chez un veau.

Source : (MILLEMANN, 2018)



Envoi des prélèvements en vue d'analyses de laboratoire :

Les écouvillons, une fois correctement identifiés, doivent être envoyés au laboratoire d'analyse dans les 24 heures suivant le prélèvement, sous couvert du froid positif (+4°C), ou congelés jusqu'à l'envoi, qui devra également être réalisé sous couvert du froid afin de maintenir la température de l'échantillon (VERGONJEANNE, 2015).

2.3.2 Le lavage broncho-alvéolaire

2.3.2.1 Contention

Ce type de prélèvement étant peu invasif, pour l'animal adulte comme pour le jeune, la contention nécessaire pour le réaliser est une simple contention au cornadis, avec une immobilisation de la tête avec extension de l'encolure (Figure 12). Une sédation légère reste toutefois possible si l'animal est agité (UNIVERSITY OF WISCONSIN, VETERINARY SCHOOL, 2019).

Figure 12 : Contention en vue de la réalisation d'un LBA.
Source : (ZOETIS IRELAND, 2020)



2.3.2.2 Technique

Avant d'aborder la technique de prélèvement proprement dite, il convient de définir les pré-requis de cette méthode. Le matériel nécessaire pour réaliser ce prélèvement est assez simple. En effet, le matériel nécessaire est constitué :

- d'un kit de prélèvement par lavage broncho-alvéolaire comprenant une sonde de prélèvement,
- des tubes secs stériles prêts à recevoir le prélèvement,
- d'une seringue pour gonfler le ballonnet de la sonde,
- de sérum physiologique stérile,
- d'un robinet 3 voies,
- de trois seringues de 60 mL stériles,
- de lubrifiant stérile.

Pour assurer le bon déroulement du prélèvement, il est essentiel d'avoir deux intervenants afin d'assurer la contention de l'animal et effectuer l'opération. De plus, il est nécessaire de s'assurer que les animaux à prélever sont en phase d'hyperthermie (Température > 39.5°C), afin d'utiliser les prélèvements à des fins d'analyse. Pour réaliser le prélèvement, l'opérateur se place face à l'animal, debout ou accroupi selon l'âge et la taille du bovin.

Description de la technique : (Figure 13)

- Remplir 3 seringues de 60 mL avec du sérum physiologique stérile.
- Immobiliser la tête de l'animal en extension pour faciliter le passage du tube de lavage broncho-alvéolaire.

- Nettoyer la narine par laquelle le tube sera introduit. L'extrémité à ballonnet du tube BAL est passée à travers le méat nasal ventral puis est poussé jusqu'à atteindre la trachée. La vache tousse ce qui indique un placement correct, mais secouer la trachée pour sentir un « râle » valide la position dans la lumière trachéale (ZOETIS IRELAND, 2020).
- Passer le tube jusqu'à ressentir une résistance.
- Gonfler doucement le ballonnet afin d'assurer l'étanchéité autour de la sonde.
- Injecter 60 mL de solution dans la sonde et réaspirer avec la même seringue. Répéter l'opération avec chaque seringue. Il est possible de recueillir 30 à 50 mL de liquide avec chaque seringue de 60 mL.
- Dégonfler le ballonnet et retirer la sonde.
- Récupérer une partie du liquide total récupéré et le placer dans des tubes secs stériles pour constituer l'échantillon.
- Nettoyer les tubes de lavage broncho-alvéolaire qui peuvent être réutilisés (UNIVERSITY OF WISCONSIN, VETERINARY SCHOOL, 2019).

Figure 13 : Réalisation d'un lavage broncho-alvéolaire chez un veau.

Source : (MCGUIRCK, 2010)



Envoi des prélèvements en vue d'analyses de laboratoire :

Les échantillons, une fois correctement identifiés, doivent être envoyés au laboratoire d'analyse dans les 24 heures suivant le prélèvement, sous couvert du froid positif (+4°C), ou congelés jusqu'à l'envoi, qui devra également être réalisé sous couvert du froid afin de maintenir la température de l'échantillon.

2.3.3 L'aspiration trans-trachéale

2.3.3.1 Contention

Pour les animaux de moins de 100 kg, une simple contention avec l'encolure en extension, similaire à celle utilisée pour le lavage broncho-alvéolaire, suffit généralement. Cependant, pour les animaux pesant plus de 100 kg, la contention devient plus complexe, et elle peut être réalisée avec l'aide d'un cornadis ou dans un travail.

Il est préférable d'éviter la sédation lorsque cela est possible, car ces animaux souffrent souvent de problèmes respiratoires profonds, et la xylazine agit comme un dépresseur respiratoire. Une anesthésie locale de la zone de ponction peut être recommandée, mais elle n'est pas nécessaire si la contention est correctement effectuée (GUATTEO *et al.*, 2005).

2.3.3.2 Technique

Avant d'aborder la technique de prélèvement à proprement dite, il convient de définir les pré-requis de cette méthode. Le matériel nécessaire pour réaliser ce prélèvement est assez simple. En effet, le matériel nécessaire est constitué :

- d'un kit de prélèvement par aspiration trans-trachéale comprenant un cathéter avec mandrin stérile à usage unique,
- des gants stériles,
- d'une poche à perfusion de 100 mL de sérum physiologique stérile,
- de deux aiguilles stériles,
- d'une seringue de 60 mL,
- de tubes secs stériles,
- d'une lame de scalpel,
- de matériel de préparation chirurgical.

Pour assurer le bon déroulement du prélèvement, il est essentiel d'avoir deux intervenants afin d'assurer la contention de l'animal et d'effectuer l'opération.

Le type d'animal à prélever peut varier selon l'agent pathogène recherché :

- Si on recherche un virus, il faut sélectionner des animaux présentant de l'hyperthermie (Température > 39.5°C) et un jetage séreux. Ce prélèvement sera à associer à un ENP.
- Si on recherche une bactérie, il faut sélectionner des animaux présentant un jetage muco-purulent et n'ayant pas reçu de traitement antibiotique.

Pour réaliser le prélèvement, l'opérateur se place sur le côté de l'animal, debout proche de l'encolure. À gauche de l'animal si l'opérateur est droitier, à droite de l'animal sinon.

Description de la technique : (Figure 14)

- Raser une zone de l'encolure, entre le tiers moyen et le tiers caudal de celle-ci afin de se positionner là où la trachée est superficielle, comprenant la trachée et 4 cm de chaque côté de celle-ci.
- Préparer la zone chirurgicalement puis mettre les gants stériles.
- Si le praticien est droitier, saisir la trachée entre les doigts de la main gauche.
- Identifier un espace entre deux anneaux trachéaux.
- Réaliser une légère incision cutanée au niveau de la zone de ponction afin de ne pas abîmer le cathéter en traversant la peau.
- Insertion du mandrin : Le trocart est introduit de manière franche et perpendiculairement à la trachée. Le biseau de l'aiguille est orienté ventralement par rapport au bovin pour faciliter au maximum le coulisement du cathéter. Une fois la trachée traversée, il convient de rabattre le mandrin parallèlement à la peau.
- Coulisement du cathéter : La progression du cathéter ne soulève en principe aucune difficulté. En cours de réalisation, le cathéter peut toutefois venir se coller à la paroi de la trachée et empêcher la progression. Faire pivoter légèrement le trocart suffit le plus souvent à rétablir la progression. L'arrivée du cathéter au carrefour trachéobronchique (après un parcours de 40 à 50 cm) est le plus souvent accompagnée d'une toux réflexe : le praticien peut se servir de ce repère pour stopper la progression du cathéter.
- Injection du liquide : Il convient d'injecter 50 mL de sérum physiologique assez rapidement et de le ré-aspirer aussitôt.
- La quantité totale de liquide réaspirée est de 4 à 5 mL. Si la quantité récupérée est trop faible, il est possible de réitérer l'étape précédente (GUATTEO *et al.*, 2005).
- Conditionnement : Le liquide est transféré dans un tube sec stérile. Le tube est identifié, et envoyé au laboratoire sous couvert du froid dans les 24h après le prélèvement. Les titres en pasteurelles restent stables durant quarante-huit heures et ceux en mycoplasmes pendant quatre-vingt-seize heures.

Figure 14 : Réalisation d'une aspiration trans-trachéale chez un bovin.

Source : (COLLEGE OF VETERINARY MEDICINE, 2023)



Bilan :

La réalisation de prélèvements dans les voies respiratoires est une procédure technique, mais relativement simple, ne demandant qu'une formation assez légère. Elle est peu coûteuse, avec un matériel facilement accessible. Ces procédures nécessitent peu de contention et rarement une sédation.

2.4 Apprentissage des gestes de prélèvements au cours du cursus

2.4.1 Importance de ces gestes dans l'enseignement

Les prélèvements des voies respiratoires pour des examens de laboratoire sont des procédures relativement peu courantes dans la pratique vétérinaire de routine, et leur réalisation n'est pas systématique lors de maladies respiratoires. Pourtant, ces gestes sont considérés comme relativement simples et pourraient être effectués par des vétérinaires ruraux ou mixtes avec peu de pratique.

Il est à noter que les écoles vétérinaires ne dispensent généralement pas d'enseignement pratique systématique sur la réalisation de ces prélèvements au cours du cursus. Les étudiants peuvent donc apprendre à les effectuer soit par eux-mêmes après avoir obtenu leur diplôme, soit en suivant une « formation » auprès d'un vétérinaire plus expérimenté ayant déjà réalisé de tels prélèvements.

La mise en place pratique de ces gestes techniques pendant le cursus scolaire pose des défis. Ces gestes sont modérément invasifs et soulèvent des questions éthiques s'ils sont réalisés uniquement à des fins d'entraînement. Ils peuvent, en effet, ne pas respecter certaines des 5 libertés individuelles, notamment l'absence de peur, de détresse, de stress physique, de douleur, de lésions

ou de maladies. De plus, pour devenir compétents dans la réalisation de ces gestes, les étudiants devraient les pratiquer à plusieurs reprises.

À l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort, ces techniques de prélèvements ne sont pas enseignées systématiquement en pratique pendant le cursus. Leur importance dans le processus de diagnostic des maladies respiratoires reste toutefois soulignée dans le cadre de l'enseignement sur la "Gestion de la Santé des Ruminants" (RAVARY-PLUMIOEN *et al.*, 2021), où elles sont associées à chaque affection respiratoire spécifique.

Cependant, il est envisageable d'introduire ces gestes, au moins sous forme de simulations, au cours de l'unité de compétences consacrée à la sémiologie et à la propédeutique en quatrième année. Cela permettrait aux étudiants de se familiariser avec ces procédures importantes pour la prise en charge clinique des affections respiratoires, tout en respectant les considérations éthiques liées à leur mise en œuvre.

2.4.2 Intérêt professionnel de l'apprentissage de ces gestes techniques

Sur le terrain, les examens complémentaires revêtent une importance cruciale pour identifier rapidement l'agent pathogène affectant les animaux ou le troupeau. Parmi ces examens, les prélèvements des voies respiratoires se distinguent par leur simplicité et leur faible coût en termes de matériel. Ils peuvent être réalisés précocement avant le premier traitement ou en cas d'échec de traitement en seconde intention. La détection précise de l'agent pathogène présente de multiples avantages :

Tout d'abord, elle permet de mettre en place un traitement adapté à la pathologie spécifique, favorisant ainsi une approche raisonnée, notamment dans le contexte de l'antibiothérapie raisonnée. De plus, en identifiant rapidement l'agent pathogène, il devient possible de contenir sa propagation au sein du troupeau, réduisant ainsi les pertes économiques liées aux maladies respiratoires.

L'identification de l'agent pathogène en cause peut également faciliter la mise en place d'une métaphylaxie raisonnée, d'une stratégie préventive destinée à contrôler les épidémies, ou d'une vaccination.

En outre, lorsque des signes préliminaires de maladies respiratoires, comme la verminose respiratoire à *Dictyocaulus viviparus*, sont détectés précocement par une analyse mettant en évidence les formes immatures, un traitement peut être instauré pour prévenir le développement ultérieur de la maladie.

Bilan :

Jusqu'à présent, la formation vétérinaire conventionnelle accorde peu d'importance aux techniques de prélèvements des voies respiratoires des bovins en raison de leur caractère peu courant en pratique clinique et de leur caractère modérément invasif. Toutefois, leur utilité sur le terrain prend de l'ampleur, car la médecine bovine moderne cherche à intégrer des examens complémentaires pour réduire les coûts de traitement, mettre en place des mesures préventives et limiter l'usage excessif d'antibiotiques.

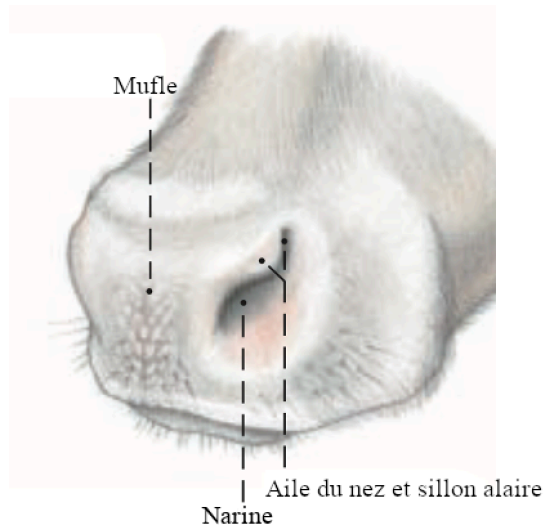
Troisième partie : Réalisation des mannequins de simulation de prélèvements et rédaction des fiches pédagogiques

3.1. Conception des structures anatomiques

3.1.1. Nez et cavités nasales

La structure du nez et des cavités nasales chez les bovins est complexe et comprend divers éléments anatomiques essentiels. La narine, par exemple, présente une forme arrondie médio-ventrale qui s'étend dorso-latéralement, créant ainsi le sillon alaire entre le bord latéral de la narine et l'aile du nez (Figure 15). Le maintien de cette structure est assuré par différents cartilages nasaux. La partie rostrale du cartilage dorsolatéral nasal soutient la partie dorsale de la narine, tandis que le bord ventrolatéral est maintenu par le cartilage nasal accessoire latéral, lié au cartilage nasal latéral dorsal. De plus, on retrouve un cartilage nasal accessoire médial et un cartilage nasal latéral ventral.

Figure 15 : Naseau de bovin, vue externe.
Source : (BUDRAS *et al.*, 2003)



Les cavités nasales des bovins se composent d'un vestibule, qui est une zone étroite de peau glabre et d'épithélium pavimenteux stratifié, suivi de l'épithélium respiratoire dans le reste de la cavité. La conque dorsale sépare les méats dorsal et moyen, tandis que la conque moyenne divise la partie caudale du méat moyen en canaux dorsaux et ventraux (Figure 16). La conque ventrale se situe entre les méats moyen et ventral et communique avec la partie caudale de la cavité buccale (Figure 17). Cette région est souvent utilisée pour le passage de sondes et d'écouvillons lors de procédures telles que l'écouvillonnage nasal profond ou le lavage broncho-alvéolaire (BUDRAS *et al.*, 2003).

Figure 16 : Vue d'une section paramédiane des cavités nasale, orale, et des naseaux.
Source : (BUDRAS et al., 2003)

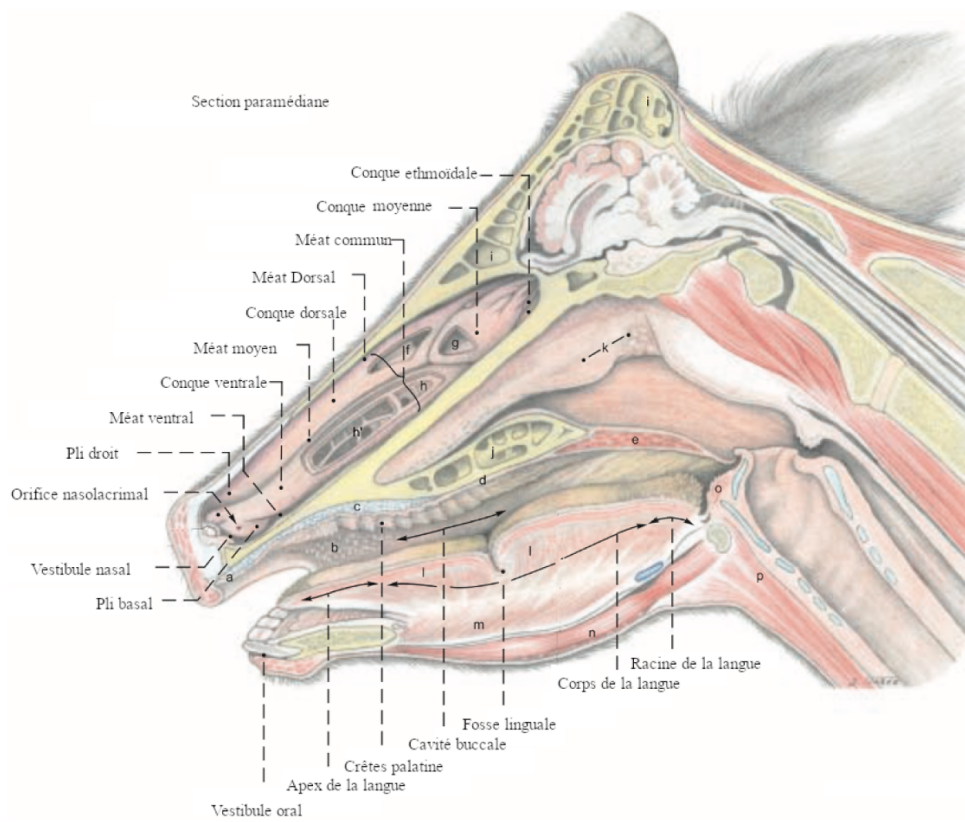
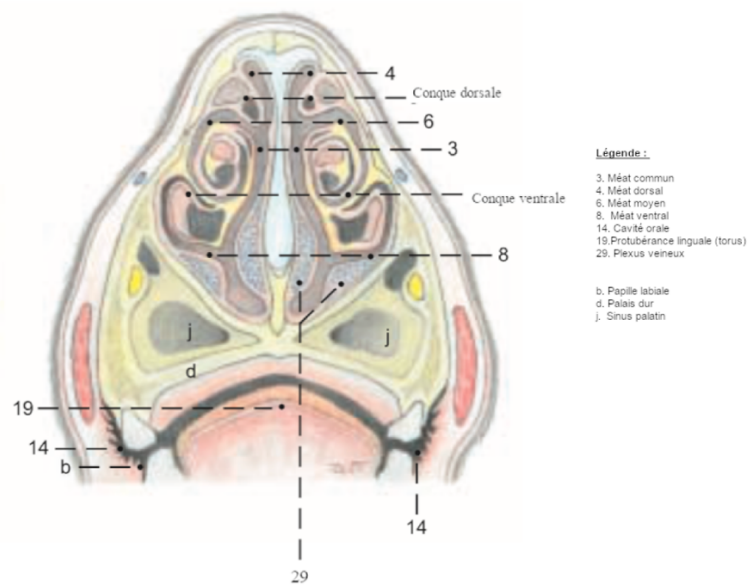


Figure 17 : Conques nasales, par une vue rostrale suite à une coupe transversale.
Source : (BUDRAS et al., 2003)



Dans le cadre de cette étude, une modélisation précise du nez et des cavités nasales sera réalisée en utilisant un véritable crâne de bovin comme référence anatomique (Figure 18). Cette approche permettra une meilleure compréhension de la structure et de la fonction de ces éléments anatomiques chez les bovins.

Afin de représenter le mufle, on placera un du coton de rembourrage entouré autour de corps de seringues afin de représenter le mufle et les cavités nasales (Figure 19). A l'avenir, pour un souci de réalisme notamment, nous utiliserons un morceau de mousse taillée et placé sur l'extrémité rostrale du crâne.

Figure 18 : Crâne de bovin utilisé pour la confection du mannequin de prélèvements.

Source : Photographie personnelle



Figure 19 : Crâne de bovin et modélisation du mufle.

Source : Photographie personnelle



3.1.2. Pharynx et larynx

Le pharynx est une région anatomique complexe qui se divise en trois parties distinctes : l'oropharynx, le laryngopharynx et le nasopharynx (Figure 20).

L'oropharynx constitue la première portion et communique étroitement avec la cavité orale par l'isthme du gosier. Cette zone est délimitée dorsalement par le palais mou, ventralement par la langue, et latéralement par les arcs palatoglosses. L'oropharynx s'étend jusqu'à la base de l'épiglotte, une structure cartilagineuse, et renferme dans sa paroi latérale la tonsille palatine (amygdale).

Ensuite, nous trouvons le laryngopharynx (Figure 21), situé sous l'ostium intra-pharyngé, un orifice entouré par le bord libre du palais mou et les arcs palato-pharyngés droit et gauche. Ces arcs convergent vers la paroi caudale, au-dessus des cartilages aryténoïdes. Lorsque l'animal respire, le larynx s'ouvre vers le nasopharynx, laissant la cavité du laryngopharynx partiellement obstruée, à l'exception des évidements piriformes latéraux qui permettent à la salive de contourner le larynx pour atteindre l'œsophage sans nécessiter de déglutition. Cependant, lors de la déglutition, l'ostium intra-pharyngé et le larynx se ferment, et le laryngopharynx passe de sa fonction respiratoire à sa fonction digestive. La partie caudale du laryngopharynx rejoint l'œsophage sans frontière visible, s'articulant avec la lame cricoïde.

Enfin, le nasopharynx s'étend des choanes jusqu'à l'ostium intra-pharyngé et est séparé du gosier par le palais mou. Sur la paroi latérale du nasopharynx, près de l'amygdale, se trouve l'ostium pharyngien de la trompe auditive, qui relie le pharynx à l'oreille moyenne.

La structure du vestibule laryngé est caractérisée par sa surface lisse. La corde vocale, quant à elle, est une crête basse renfermant le ligament vocal, formant ainsi la glotte, composée des cordes vocales et des cartilages aryténoïdes, avec la fente glottique (Figure 22). En aval de la glotte, on trouve la cavité infra-glottique. Chez les bovins, le cartilage épiglottique est large et arrondi (BUDRAS *et al.*, 2003).

Figure 20 : Région pharyngolaryngée d'un bovin suite à une coupe paramédiane.
Source : (BUDRAS et al., 2003)

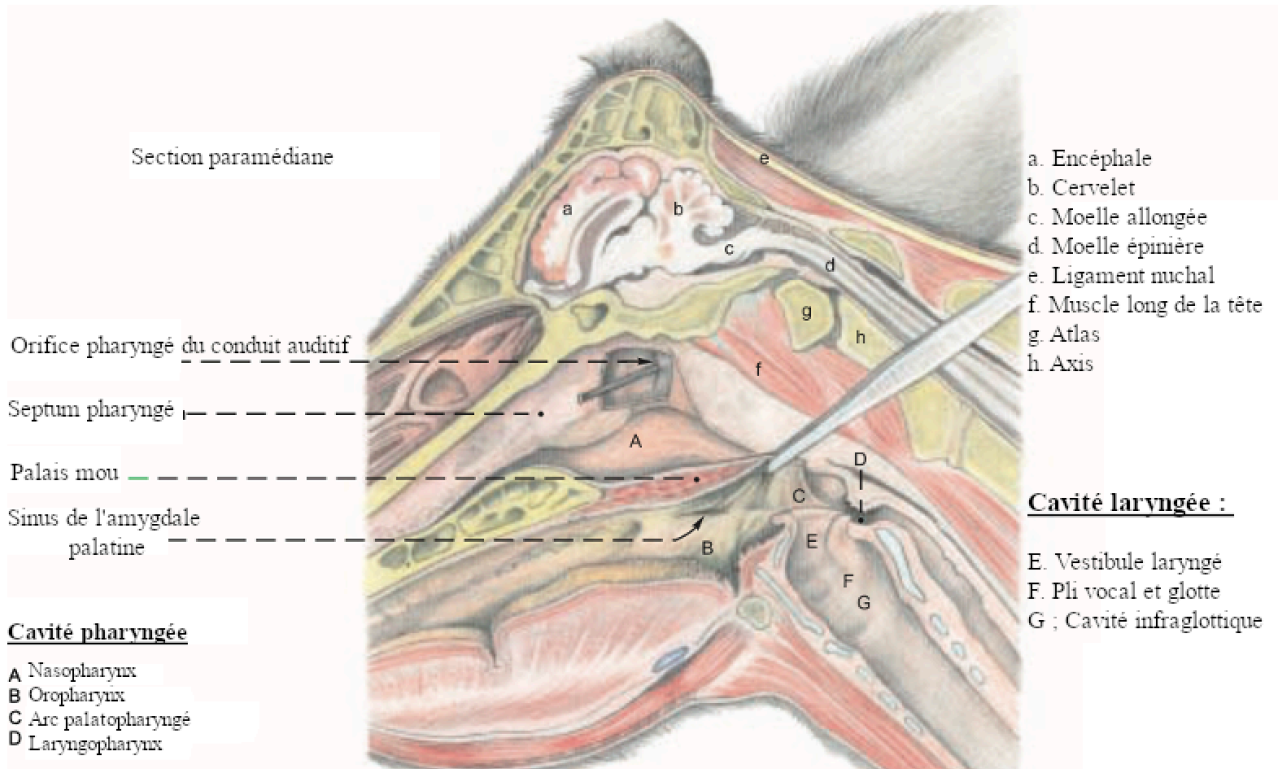


Figure 21 : Vue ventrodorsale du laryngopharynx d'un bovin.
Source : (BUDRAS et al., 2003)

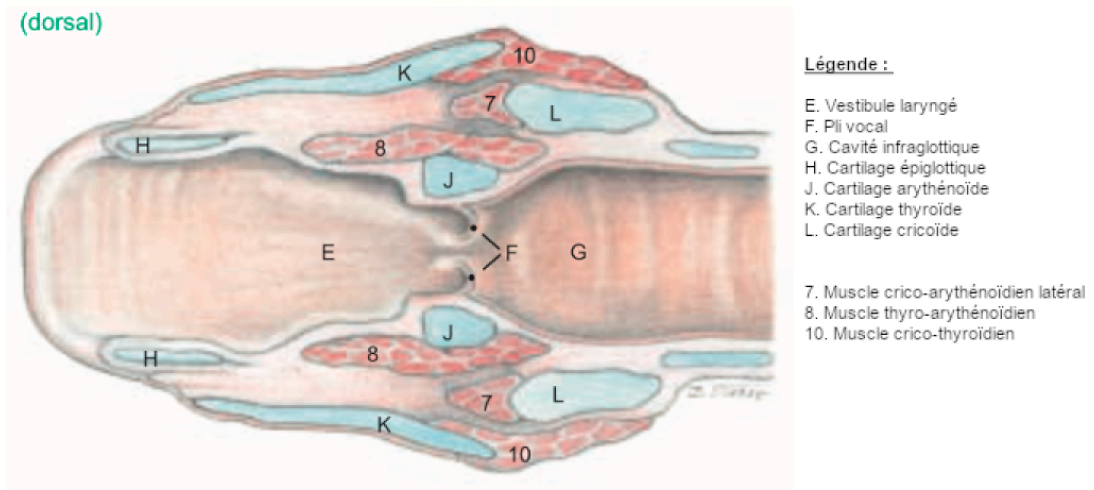
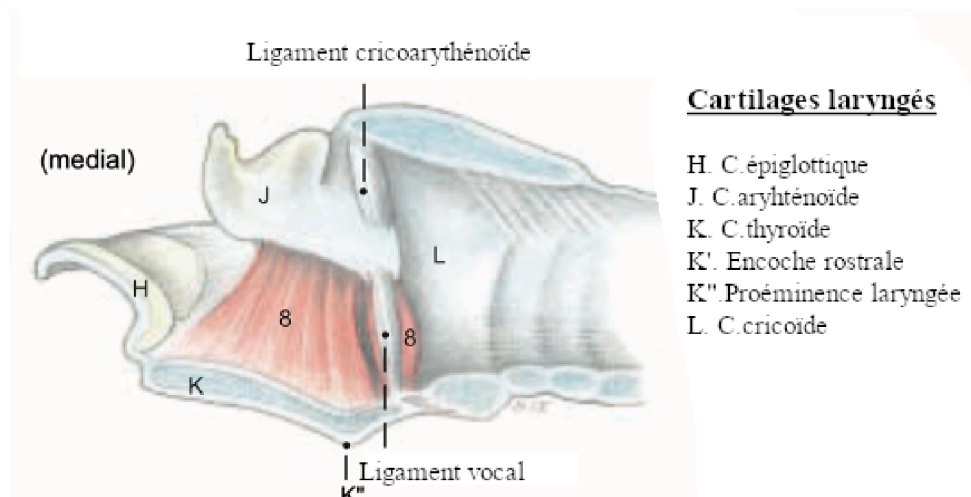


Figure 22 : Larynx en vue latérale suite à une coupe sagittale.

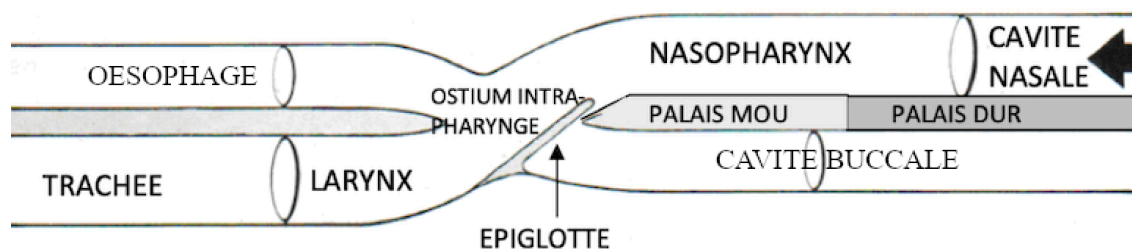
Source : (BUDRAS *et al.*, 2003)



Dans le cadre de ce travail, le pharynx et le larynx seront modélisés par un modèle simplifié constitué par une association de conduits (Figure 23). La partie digestive de la bifurcation ne sera pas modélisée, l'œsophage sera aveugle et la cavité buccale non représentée.

Figure 23 : Modélisation simplifiée de la région pharyngolaryngée et fonctionnement de l'épiglotte.

Source : (CARIOTO *et al.*, 2013)



Au sein de ce travail, le bloc pharyngolaryngé sera simplifié dans sa modélisation et sera représenté par un raccord de tuyau en plastique en forme de Y, mimant le départ de l'œsophage, rendu aveugle dans ce mannequin (Figure 24).

Figure 24 : Représentation du pharynx - larynx.
Source : Photographie personnelle



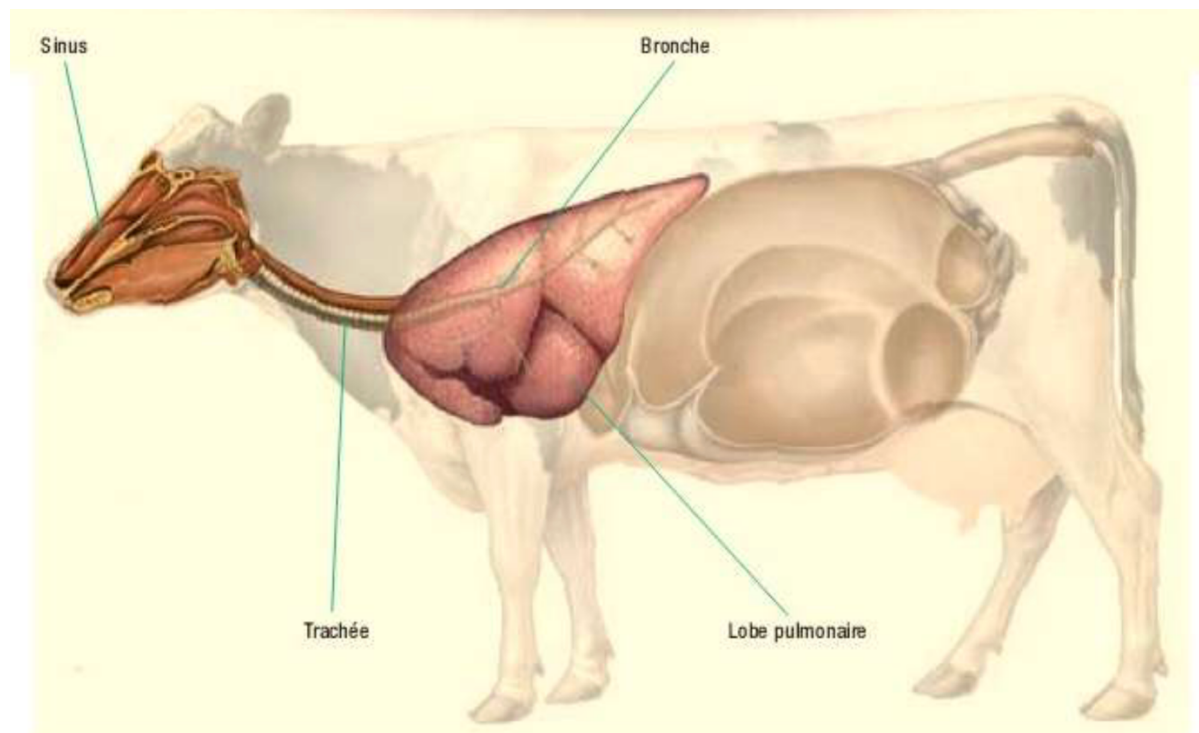
3.1.3. Trachée et bronches

La trachée est un conduit souple qui prolonge le larynx et se divise en deux bronches principales, une pour chaque poumon, se situant dorsalement par rapport au cœur. Sa structure est maintenue ouverte grâce à des anneaux cartilagineux peu déformables présents dans sa paroi, ce qui confère à sa surface une texture irrégulière et rugueuse. Lorsque l'animal est en vie, les cartilages trachéaux adoptent une forme arquée, ce qui lui confère une section ovale verticale. Dans le cas des bovins, le diamètre des anneaux trachéaux est d'environ 5 centimètres.

La trachée débute caudalement au niveau du larynx, puis elle s'oriente vers la partie ventrale de l'encolure (Figure 25). Pendant les deux tiers crâniaux de l'encolure, elle se trouve à proximité immédiate de la peau, avec pour seule séparation les muscles sternohyoïdiens et sternothyroïdiens. Cette couche musculaire peut être aisément divisée en deux parties distinctes, ce qui facilite l'accès à la trachée pour les praticiens médicaux. Dans certains cas, elle peut être ponctionnée, notamment dans le cas de réalisation d'ATT.

Figure 25 : Vue de profil de l'anatomie de l'appareil respiratoire d'un bovin.

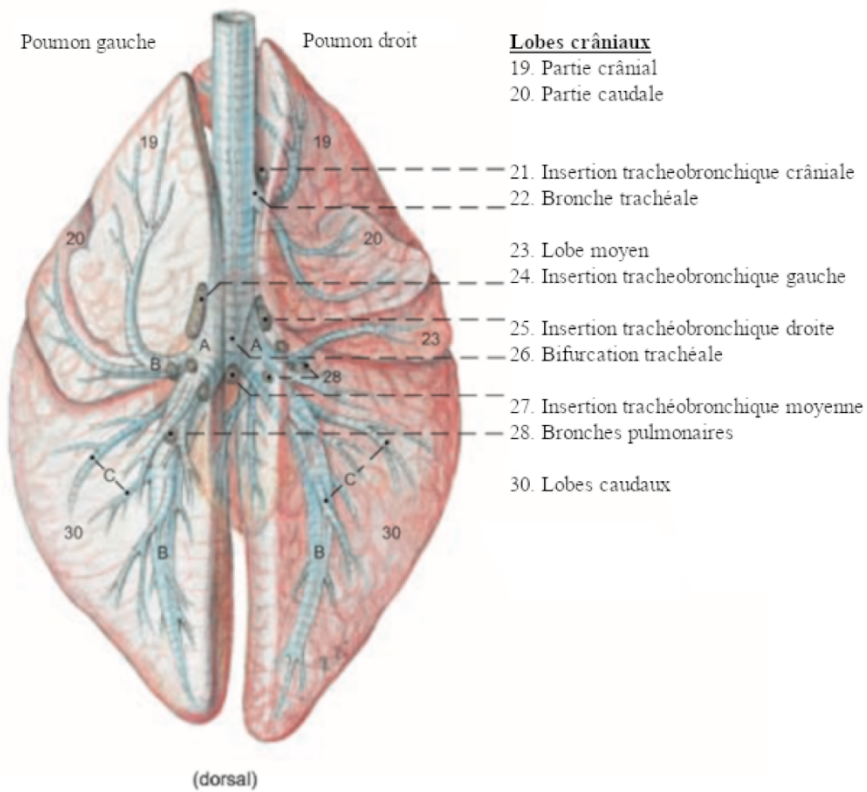
Source : MERIAL



La trachée suit ensuite une trajectoire dorsale dans le médiastin crânial et forme un trajet thoracique se terminant par la bifurcation trachéale, positionnée au-dessus de l'atrium gauche du cœur. Cette anatomie complexe de la trachée est essentielle pour la respiration et joue un rôle crucial dans le fonctionnement du système respiratoire de l'animal.

La trachée se divise en deux bronches principales, une pour chaque poumon, qui pénètrent par le hile et se ramifient rapidement en bronches lobaires (Figure 26). Chaque bronche lobaire donne naissance à des bronches segmentaires qui se répartissent de manière régulière, fournissant un approvisionnement en air indépendant à chaque lobe pulmonaire. Ces ramifications se développent en fonction de l'espace disponible dans le poumon, assurant une ventilation efficace et coordonnée.

Figure 26 : Vue ventrale de l'arbre bronchique du bovin.
Source : (BUDRAS *et al.*, 2003)



Lors de la conception du modèle de prélèvements, une reproduction de la trachée sera réalisée en utilisant un tuyau flexible annelé de 2,5 cm de diamètre et 100 cm de longueur, provenant d'un circuit de machine d'anesthésie (Figure 27).

Figure 27 : Tuyau modélisant la trachée.
Source : Photographie personnelle



3.1.4. Poumons

Les poumons sont les organes essentiels de la respiration, dans lesquels s'effectue l'hématose. Ces organes, dotés d'une texture spongieuse et élastique, s'étendent pour occuper presque tout l'espace du thorax lors de l'inspiration.

Chacun des poumons est enveloppé dans une séreuse spécifique appelée la plèvre, qui s'ajuste étroitement à la paroi thoracique ainsi qu'aux autres organes de la cavité thoracique. Cette configuration crée un vide pleural qui maintient les poumons contre les parois costales et les autres structures thoraciques, aussi bien en présence d'une personne en vie qu'à l'état de cadavre intact.

En examinant chaque poumon de plus près, on distingue une face costale, une face médiale, un bord dorsal, un bord ventral, une base et un sommet. Ces caractéristiques structurelles servent à délimiter les différentes zones et fonctionnalités des poumons.

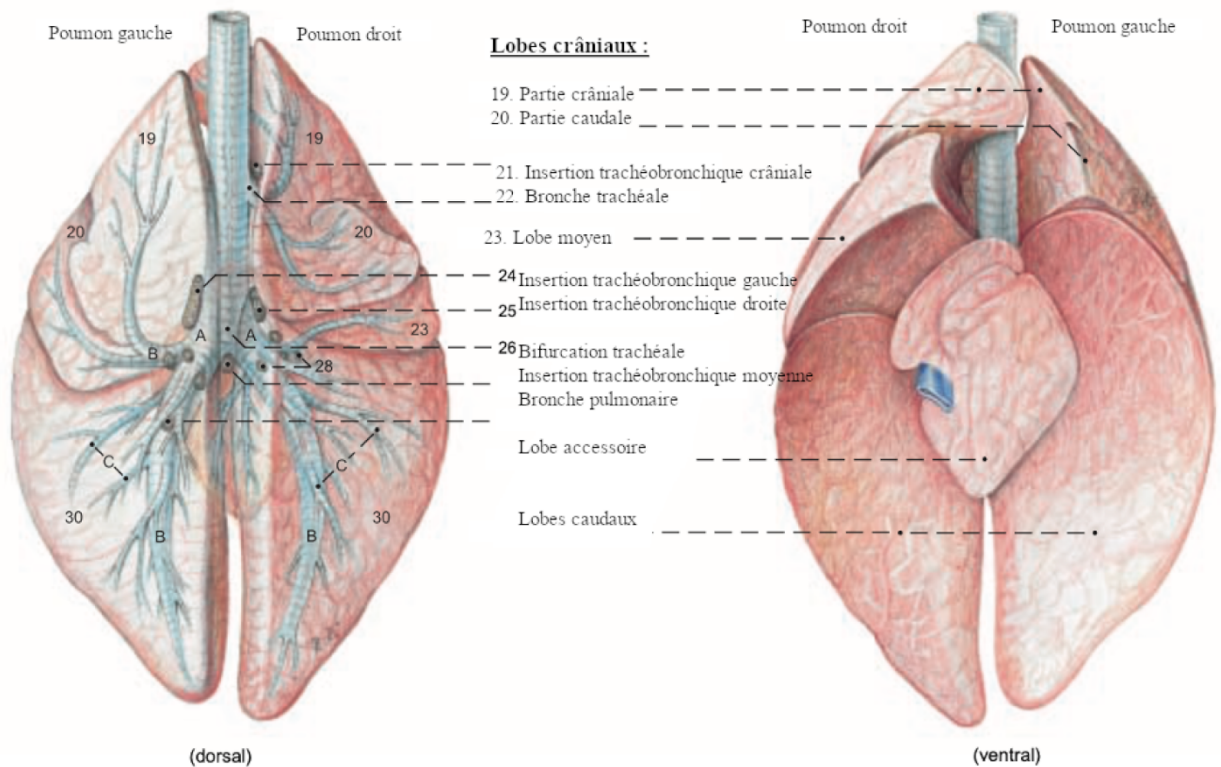
Les poumons sont divisés en lobes par des scissures interlobaires, qui varient en profondeur. Chaque lobe reçoit son propre approvisionnement en air via une bronche lobaire dédiée.

Le poumon droit est plus fortement lobé, comportant un lobe crânial particulièrement long chez les bovins, qui reçoit la bronche trachéale, deux lobes moyens, un lobe caudal massif, et un lobe accessoire qui se détache pour combler l'espace entre la veine cave caudale et son pli, ainsi que le médiastin caudal. Entre ces lobes, deux scissures interlobaires sont présentes : la scissure interlobaire crâniale (entre les lobes crânial et moyen) et la scissure interlobaire caudale (entre les lobes moyen et caudal) (Figure 28).

En revanche, le poumon gauche demeure généralement constitué de seulement deux lobes, le lobe crânial étant divisé en deux parties distinctes, la partie crâniale et la partie caudale. Ces caractéristiques anatomiques offrent une compréhension approfondie de la complexité des poumons et de leur fonction essentielle dans la respiration (BUDRAS *et al.*, 2003).

Figure 28 : Poumons de bovin en vues dorsale et ventrale.

Source : (BUDRAS *et al.*, 2003)



Dans ce travail, les poumons seront modélisés par un tuyau en plastique en forme de Y modélisant la bifurcation bronchique rendue aveugle (Figure 29). Ainsi lorsque le liquide physiologique sera injecté dans les bronches, les « poumons » déborderont et le liquide reviendra dans la partie caudale de la trachée, permettant sa réaspiration par l'utilisateur.

Figure 29 : Modélisation de la bifurcation bronchique et des poumons.

Source : Photographie personnelle

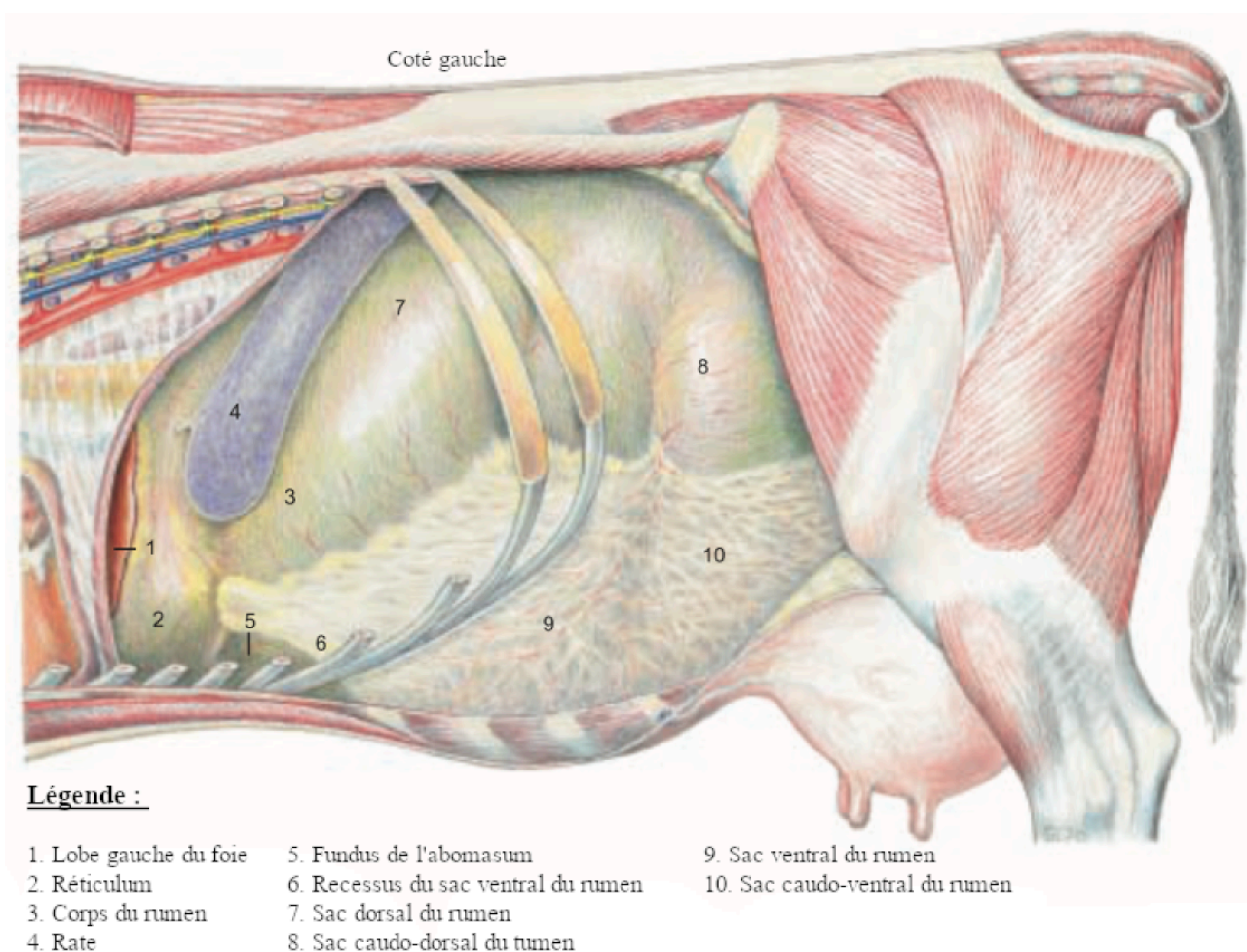


3.1.5. Œsophage et rumen

Les aliments, une fois dans le pharynx, qui est la jonction des voies respiratoires et digestives, entrent ensuite dans l'œsophage. L'œsophage, situé dorsalement à la trachée et ventralement à la colonne cervicale, descend dans l'encolure, traverse le thorax en passant par le médiastin, puis franchit le diaphragme pour atteindre la cavité abdominale, où il se connecte rapidement au rumen (ROBERT, 2023).

Les ruminants possèdent trois compartiments considérés comme des pré-estomacs, à savoir le rumen, le réticulum et l'omasum ainsi qu'un compartiment considéré comme un vrai estomac : l'abomasum. Le rumen se distingue par sa taille, représentant environ 80 % du volume total. Il agit comme un réservoir spacieux occupant la partie ventrale et gauche de l'abdomen, avec une capacité d'environ 100 à 200 litres, bien qu'il ne soit jamais complètement rempli (Figure 30). Sa partie crâniale communique largement avec le réseau, tandis que sa partie caudale se termine en cul-de-sac. L'organe s'étend en longueur de manière cranio-caudale et est aplati latéralement (ROBERT, 2023).

Figure 30 : Vue latérale gauche de la cavité abdominale d'un bovin.
Source : (BUDRAS et al., 2003)



Au sein de ce travail, la partie crâniale du tube digestif représentée par l'œsophage ne sera pas représentée afin de faciliter la réalisation du sondage lors de lavage broncho-alvéolaire lors de l'atelier de simulation.

Bilan :

En résumé, voici comment les structures anatomiques seront représentées : un bloc de mousse pour le mufler, un crâne de bovin pour le crâne et les cornets nasaux, une bifurcation en forme de Y avec des tuyaux fermés pour le laryngopharynx, un tuyau souple annelé pour la trachée, un réservoir à débordement pour les poumons, tandis que le système digestif ne sera pas pris en compte dans la modélisation.

3.2. Mise en place d'un parcours pédagogique réaliste

3.2.1. Caractéristiques attendues

La conception de ce modèle de prélèvements des voies respiratoires revêt une importance capitale, nécessitant des caractéristiques spécifiques essentielles. Il est impératif que ce mannequin, associé à son programme pédagogique, permette aux étudiants de s'exercer de manière répétée tout en maintenant une constance et une précision fiables entre chaque session d'utilisation. Cela requiert que les gestes de prélèvement soient hautement reproductibles, ce qui implique l'utilisation de matériaux durables et une construction solide pour les différentes structures du mannequin, assurant ainsi une longévité dans le temps.

De plus, afin d'optimiser l'efficacité de l'apprentissage, le programme pédagogique doit refléter le plus fidèlement possible la réalité anatomique, en mettant particulièrement l'accent sur les zones de passage des outils de prélèvements telles que les cavités nasales, la zone pharyngolaryngée et la trachée.

Enfin, la fidélité du mannequin ne se limite pas seulement à la précision anatomique, mais s'étend également à sa taille, qui doit correspondre autant que possible à celle d'un bovin réel, en faisant fi des variations liées à la race. Ce souci de détail garantit une expérience d'apprentissage authentique et complète pour les étudiants, les préparant de manière optimale aux gestes de prélèvement dans un contexte clinique.

3.2.2. Réalisation de la structure externe

Afin de concevoir la structure externe du mannequin, nous utiliserons une vache de taille moyenne comme référence, en plaçant son garrot à environ 150 cm du sol (Figure 31). Étant donné que les techniques de prélèvements respiratoires requièrent une contention avec une encolure en extension, nous positionnerons le haut de la tête du mannequin à la même hauteur que le garrot, soit à environ 150 cm du sol.

Afin de rendre l'atelier plus réaliste visuellement, nous habillerons le mannequin à l'aide d'un tissu à motif imprimé vache noir et blanc (Figure 32).

**Figure 31 : Assemblage du support du mannequin.
Source : Photographie personnelle**



**Figure 32 : Habillage imprimé vache de l'encolure.
Source : Photographie personnelle.**



3.2.3. Assemblage des structures anatomiques

L'assemblage des différentes structures anatomiques décrites précédemment a suivi une séquence méthodique pour créer un modèle anatomique complet. Tout d'abord, le crâne a été solidement fixé sur le support à l'aide de serre-flex (Figure 33). Cette étape initiale a fourni la base nécessaire pour la construction du modèle anatomique.

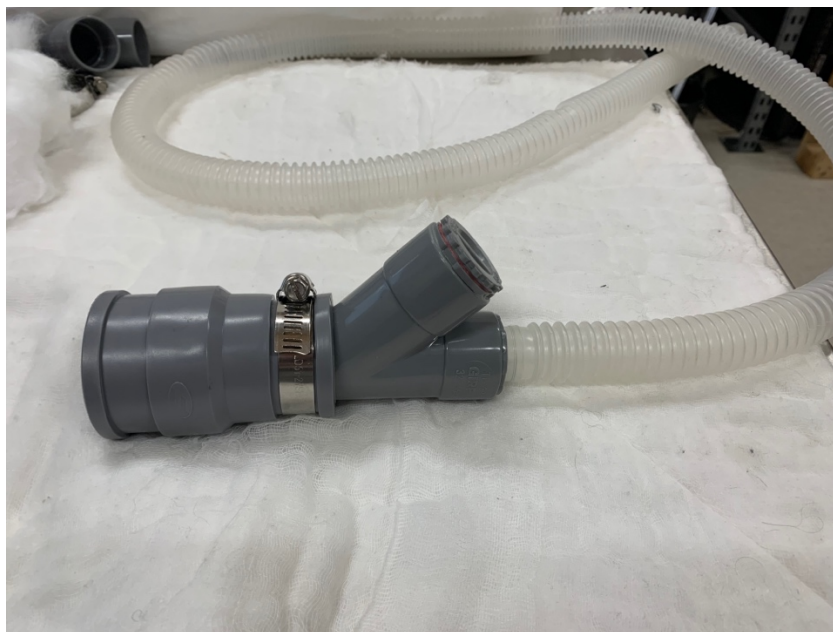
**Figure 33 : Crâne du mannequin fixé sur le support.
Source : Photographie personnelle.**



Ensuite, le système respiratoire a été élaboré en deux étapes distinctes. Tout d'abord, le pharyngolarynx a été assemblé sur la trachée, créant ainsi une connexion pour le système respiratoire (Figure 34). Ensuite, la bifurcation bronchique a été fixée à l'extrémité caudale de la trachée, unissant ainsi ces composantes du système respiratoire (Figure 35).

Une fois que ces trois structures majeures étaient solidement assemblées, le système respiratoire complet était formé (Figure 36).

**Figure 34 : Fixation du pharynx-larynx sur la trachée.
Source : Photographie personnelle.**



**Figure 35 : Fixation de la bifurcation bronchique sur la trachée.
Source : Photographie personnelle.**



**Figure 36 : Système respiratoire complet.
Source : Photographie personnelle.**



Finalement, le mannequin dans son ensemble a pu être assemblé sur le support (Figure 37). À noter que l'habillage du mannequin avec le tissu est différé, en attendant la commande du matériau approprié.

Ce processus d'assemblage méticuleux a permis de créer un modèle anatomique complet, avec une attention particulière portée à la précision anatomique et à la fonctionnalité du système respiratoire.

**Figure 37 : Mannequin complet assemblé sur le support.
Source : Photographie personnelle.**



3.2.4. Rédaction des fiches pédagogiques

Ces fiches ont pour objectif d'informer les étudiants sur les buts des ateliers VetSims, la préparation de ces ateliers et de fournir des rappels théoriques liés à ces activités. Chaque fiche, disponible en annexe et en ligne sur la page VetSims, offre des instructions détaillées étape par étape, illustrées par des photos accompagnées de légendes, pour la mise en place de chaque atelier. Elles sont accessibles à côté du mannequin dans la salle VetSims et en ligne.

Après avoir achevé la conception de ces ateliers VetSims, il a été nécessaire de réfléchir à leur valeur ajoutée à la formation des étudiants. Malgré l'investissement en temps consacré à la réflexion et à la création des différents éléments, chaque modèle présente des avantages, des limites et des perspectives d'amélioration que nous analyserons en détail dans la suite de cette discussion.

Bilan :

Le montage du modèle vise à reproduire avec fidélité un bovin adulte. En combinant le mannequin de prélèvements avec des fiches pédagogiques, il est possible de créer un parcours pédagogique qui guide efficacement l'apprentissage des étudiants tout au long de leur formation.

3.3. Discussion

3.3.1. Comparaison du modèle avec la réalité

Lorsque nous comparons ce modèle à la réalité pour évaluer sa fidélité, il devient évident que certains aspects du mannequin divergent de manière significative. Tout d'abord, l'absence de modélisation du système digestif est un point de divergence majeur. Bien que le système digestif n'ait aucune pertinence dans les prélèvements des voies respiratoires, la décision de ne pas inclure cette partie de l'anatomie, notamment le pharynx, rend le passage de la sonde dans les voies respiratoires infaillible, car la sonde pénétrera automatiquement dans le système respiratoire sans rencontrer la difficulté potentielle du passage du larynx. Cette omission constitue une inexactitude par rapport à la réalité et diminue la fidélité du mannequin.

De plus, les proportions et les diamètres des voies respiratoires du mannequin ne correspondent pas exactement à ceux du véritable bovin. En effet, une trachée normale de bovin mesure généralement entre 4 et 5 cm de diamètre, tandis que le mannequin affiche une dimension de 2,5 cm. De même, le pharyngolarynx d'un bovin en conditions physiologiques devrait mesurer presque deux fois le diamètre de la trachée, contrairement au mannequin où l'ostium laryngé mesure 3,2 cm.

Ces écarts dans la modélisation anatomique du mannequin par rapport à la réalité soulèvent des préoccupations quant à sa fidélité dans la pratique des prélèvements des voies respiratoires sur des bovins réels. Il est important de tenir compte de ces différences lors de l'utilisation du mannequin à des fins pédagogiques et de formation.

Un autre aspect qui affecte la fidélité de ce mannequin est sa modélisation de la zone pharyngolaryngée. Le modèle de bifurcation pharyngolaryngée présenté ici est une version simplifiée, ignorant la présence des voies digestives, la configuration étroite du larynx, ainsi que les mouvements de l'épiglotte pendant la respiration et la déglutition de l'animal. Cette simplification limite considérablement la précision de la représentation anatomique et diminue la fidélité du mannequin par rapport à la réalité.

En outre, ce mannequin ne comporte pas de tissus mous, que ce soit au niveau du crâne, des voies respiratoires (absence de représentation musculaire, par exemple) ou de l'encolure. L'absence de ces tissus mous réduit la fidélité de la représentation du bovin et facilite la réalisation des gestes de prélèvement. Par exemple, l'absence de muscles permet l'élargissement des voies respiratoires, facilite la palpation de la trachée par taxis externe, et élimine tout mouvement interne au sein des voies respiratoires supérieures en raison de l'absence de muscles respiratoires. Ces lacunes compromettent la similitude du mannequin avec un véritable bovin.

3.3.2. Limites du modèle conçu

Ce modèle de simulation, comme tout modèle inerte, présente plusieurs limites que nous allons examiner plus en détail. Comme mentionné précédemment, l'une des principales limitations réside dans la fidélité du mannequin utilisé pour les ateliers, ce qui peut légèrement biaiser l'apprentissage des gestes de prélèvements respiratoires.

Un autre aspect à prendre en compte concerne la durabilité du mannequin lui-même ainsi que des matériaux utilisés pour sa conception. La répétition des procédures d'écouvillonnage et de sondage pourrait potentiellement fragiliser les cornets nasaux et endommager rapidement la trachée. Il est

donc légitime de se demander combien de temps ces organes pourront fonctionner au sein de la structure avant de nécessiter des réparations ou un remplacement.

De plus, il convient de réfléchir à l'utilité réelle du parcours pédagogique associé à ce modèle. L'argument éthique justifie en grande partie la mise en place de ce parcours, en particulier pour l'aspiration trans-trachéale, qui peut être considérée comme une procédure invasive. Cependant, pour les prélèvements d'échantillons nasaux et broncho-alvéolaires, qui sont des techniques moins douloureuses et moins traumatisantes, se pose la question de savoir si la simulation avec un modèle de fidélité modérée est réellement nécessaire par rapport à la pratique sur des animaux vivants.

Les gestes de prélèvements des voies respiratoires sont spécifiques et essentiellement utilisés par les vétérinaires en pratique rurale. Par conséquent, il serait judicieux d'orienter l'utilisation de ce mannequin et des parcours pédagogiques associés vers les étudiants en 6e année qui se spécialisent dans ce domaine spécifique de la médecine vétérinaire rurale. Cette orientation permettrait de mieux répondre aux besoins de cette catégorie d'étudiants et d'optimiser l'efficacité de la formation.

Une limite du parcours pédagogique réside dans le fait que la plupart des ateliers sont généralement réalisés en autonomie, bien qu'une assistance de l'intervenant de la salle VetSims soit possible. Par conséquent, ces ateliers ne fournissent pas de feedback significatif sur l'activité, se limitant à une auto-évaluation basée sur les critères de réussite définis dans la fiche pédagogique accompagnant chaque atelier.

3.3.3. Pistes d'améliorations potentielles

Face aux limitations précédemment évoquées, l'un des principaux axes d'amélioration pour ce parcours pédagogique réside dans l'augmentation de sa fidélité. Cette amélioration de la fidélité à la réalité peut être abordée sous plusieurs angles. Tout d'abord, il est essentiel d'améliorer la fidélité de la modélisation de chaque système anatomique. Actuellement, l'absence de représentation du système digestif dans la bifurcation pharyngée constitue un point critique qui diminue la fidélité du simulateur. L'ajout de cette composante digestive permettrait de rapprocher davantage le mannequin de la réalité. En parallèle, le remplacement des matériaux utilisés pour les organes par des matériaux plus souples contribuerait à renforcer le réalisme de la structure. Un autre point permettant d'améliorer la fidélité de ce mannequin serait d'utiliser une pièce plastinée reconstituée à la place du crâne actuel. En effet les fosses nasales de la pièce plastinée permettraient de s'approcher des fosses nasales d'un bovin vivant car les tissus mous, bien que de consistance différente, sont toujours présents sur la pièce plastinée.

De plus, l'amélioration de la durabilité de certains composants du mannequin pourrait être envisagée pour prolonger sa durée de vie. La trachée et les cornets nasaux, étant des structures fragiles et sujettes à l'usure, pourraient être renforcés ou remplacés par des matériaux plus résistants. La possibilité de remplacer facilement les pièces usables contribuerait à répondre aux exigences de durabilité et de reproductibilité. Cependant, il est essentiel d'estimer avec précision la fréquence à laquelle ces pièces doivent être remplacées afin de maintenir un niveau de qualité satisfaisant pour la réalisation des gestes.

Une autre piste d'amélioration, qui ne concerne pas directement l'atelier lui-même mais le parcours pédagogique, consisterait à créer un modèle réduit correspondant à un veau. Cela permettrait aux étudiants de s'exercer à réaliser ces gestes sur un mannequin dont la taille et la physiologie seraient plus proches de celles d'un veau, offrant ainsi une formation plus spécifique et adaptée à leur future

pratique vétérinaire en milieu rural. Cette initiative élargirait les possibilités de formation et contribuerait à une meilleure préparation des étudiants.

Une amélioration envisageable consisterait à renforcer le feedback des ateliers. Étant donné qu'une assistance individuelle n'est pas viable pour chaque étudiant à chaque atelier, il serait opportun d'introduire des vidéos post-atelier fournissant un débriefing détaillé sur les points critiques de chaque exercice, afin d'enrichir l'apprentissage.

Bilan :

Le modèle élaboré pour ce projet affiche une fidélité modérée à la réalité, avec certaines divergences notables dans la modélisation. De plus, des limites, comme la durabilité des matériaux employés, sont observées, inévitables dans la création d'un atelier de cette nature. Néanmoins, ces contraintes ouvrent la voie à plusieurs possibilités d'amélioration pour augmenter la précision du mannequin, prolonger la durée de vie des matériaux, et enrichir l'expérience pédagogique en intégrant un mannequin représentant un veau par exemple.

Conclusion

L'évolution de la pratique de la médecine bovine se caractérise par une croissance souhaitable de l'utilisation d'examen complémentaires dans la routine quotidienne des vétérinaires. Cette tendance vise plusieurs objectifs essentiels : réduire les coûts de traitement, minimiser la prescription d'antibiotiques, et mettre en place des stratégies préventives pour les maladies à profil enzootique. Un exemple concret de cette évolution concerne les maladies respiratoires, qui touchent fréquemment de nombreux individus au sein d'un troupeau et peuvent entraîner une baisse de la production, des retards de croissance, voire la mortalité des animaux.

Dans ce contexte, l'introduction progressive et de plus en plus courante d'examen de laboratoire suite au prélèvement d'échantillons des voies respiratoires, tant supérieures que profondes, est une pratique qui tend à devenir quasiment quotidienne pour les vétérinaires praticiens ruraux. Cela s'inscrit dans une démarche globale visant à mettre en place des méthodes prophylactiques pour la santé des troupeaux. À mesure que la médecine rurale intègre davantage ce type d'examen, il est tout à fait logique d'instruire les étudiants vétérinaires actuels destinés à cette pratique, en leur offrant une formation approfondie et en les encourageant à réaliser ces gestes techniques de manière répétée avant leur sortie d'école. Cette approche a pour but d'améliorer le bien-être des animaux lors de ces prélèvements et d'accroître la confiance des jeunes vétérinaires dans leurs techniques.

L'utilisation de la simulation dans l'enseignement, notamment pour l'apprentissage de gestes techniques, présente de nombreux avantages. Elle permet aux étudiants de s'exercer de manière répétée, ce qui dépasse les limites éthiques associées à la pratique réelle sur des animaux. Dans cette optique, la salle VetSims a été créée à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort en 2016.

L'objectif principal de cette thèse est de fournir aux étudiants un environnement d'apprentissage qui soit à la fois sûr, divertissant, éthique et pédagogique pour maîtriser les gestes de prélèvement des voies respiratoires. Pour ce faire, des ateliers ont été développés, intégrant un mannequin spécialement conçu pour permettre aux élèves de pratiquer des techniques telles que les lavages bronchoalvéolaires, les écouvillons nasaux profonds et les aspirations transtrachéales.

Cependant, il est important de noter que malgré les avantages de ce parcours pédagogique composé de trois ateliers, il peut présenter des limites en termes de fidélité à la réalité. Ainsi, il reste des possibilités d'amélioration pour rendre la pratique des gestes de prélèvement des voies respiratoires encore plus conforme à la réalité. En effet, l'apprentissage par la simulation a démontré son efficacité, à condition qu'il soit accompagné d'une possibilité constante de réajustement et d'amélioration.

Bien que cet atelier ait été conçu pour offrir aux étudiants la possibilité de prendre conscience de leurs erreurs et de les corriger au fur et à mesure de leur pratique, il serait intéressant, à l'avenir, de mettre en place un protocole d'évaluation pour mesurer l'impact de cet atelier sur la formation des futurs praticiens en médecine rurale. Cela pourrait inclure une évaluation de leurs compétences techniques ainsi qu'une collecte de leurs impressions et de leur ressenti par rapport à cette méthode d'apprentissage innovante.

Liste des références bibliographiques

AEBERSOLD, M. (2016) The History of Simulation and Its Impact on the Future. *AACN Advanced Critical Care* vol. 27, n° 1, p. 56-61. [<https://doi.org/10.4037/aacnacc2016436>]

ALINIER, G., PLATT, A. (2014) International overview of high-level simulation education initiatives in relation to critical care. *Nursing in Critical Care* vol. 19, n° 1, p. 42-49. [<https://doi.org/10.1111/nicc.12030>]

BAILLIE, S., CHRISTOPHER, R., CATTERALL, A.J., *et al.* (2020) Comparison of a Silicon Skin Pad and a Tea Towel as Models for Learning a Simple Interrupted Suture. *Journal of Veterinary Medical Education* vol. 47, n° 4, p. 516-522. [<https://doi.org/10.3138/jvme.2018-0001>]

BASCOU, E. (2022) Élaboration d'un parcours pédagogique de simulation de palpation transrectale chez la vache. Thèse de doctorat vétérinaire. Maisons-Alfort, École Nationale Vétérinaire d'Alfort.

BRADBURY, N.A. (2016) Attention span during lectures: 8 seconds, 10 minutes, or more? *Advances in Physiology Education* vol. 40, n° 4, p. 509-513. [<https://doi.org/10.1152/advan.00109.2016>]

BUDRAS, K.-D., HABEL, R.E., WÜNSCHE, A., *et al.* (2003) Bovine Anatomy - An illustrated text. Hannover, Schlütersche GmbH & Co.

BUŞAN, A.-M. (2014) Learning Styles of Medical Students - Implications in Education. *Current Health Sciences Journal* vol. 40, n° 2, p. 104-110. [<https://doi.org/10.12865/CHSJ.40.02.04>]

CAMUSET, P., CHARTIER, C. (2012) Strongyloses respiratoires des ruminants. *Point Vétérinaire* vol. 43, n° Special, p. 68-75.

CARIOTO, L., EVANS, H., DE LAHUNTA, A. (2013) Miller's Anatomy of the Dog, 4th Edition. Saint Louis, Saunders.

CATES, L.A. (2011) Simulation Training: A Multidisciplinary Approach. *Advances in Neonatal Care* vol. 11, n° 2, p. 95-100. [<https://doi.org/10.1097/ANC.0b013e318210d16b>]

CHARLIER, J., VAN DER VOORT, M., KENYON, F., *et al.* (2014) Chasing helminths and their economic impact on farmed ruminants. *Trends in Parasitology* vol. 30, n° 7, p. 361-367. [<https://doi.org/10.1016/j.pt.2014.04.009>]

COLLEGE OF VETERINARY MEDICINE (2023) Antemortem Respiratory Diagnostics. *In Iowa State University*. [<https://vetmed.iastate.edu/vdpam/about/production-animal-medicine/beef/bovine-disease-topics/antemortem-respiratory-diagnostics>] (consulté le 10/08/2023).

DESLAURIERS, L., SCHELEW, E., WIEMAN, C. (2011) Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class. *Science* vol. 332, n° 6031, p. 862-864. [<https://doi.org/10.1126/science.1201783>]

ELLIS, J.A. (2010) Bovine parainfluenza-3 virus. *The Veterinary Clinics of North America : Food Animal Practice* vol. 26, n° 3, p. 575-593. [<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.08.002>]

EUROPEAN ASSOCIATION OF ESTABLISHMENTS FOR VETERINARY EDUCATION (2023) The Association Foundation, Mission and Objectives. *In EAEVE*. [<https://www.eaeve.org/>] (consulté le 04/07/2023).

EUROPEAN ASSOCIATION OF ESTABLISHMENTS FOR VETERINARY EDUCATION (2019) List of subjects and Day One Competences approved on 17 January 2019. In *EAEVE*. [<https://www.eaeve.org/eccvt/>] (consulté le 04/07/2023).

FALCY, C., MILLEMANN, Y., MAILLARD, R., *et al.* (2004) Examens complémentaires en pathologie respiratoire. *Le Point Vétérinaire* n° 244, p. 24-27.

GOGNY, A. (2018) Salles de simulation : un enseignement décliné dans les quatre écoles. In *La Dépêche Vétérinaire*. [https://www.depecheveterinaire.com/salles-de-simulation-un-enseignement-decline-dans-les-quatre-ecoles_67974A7AB370B1.html] (consulté le 25/05/2023).

GOODMAN, B.E., BARKER, M.K., COOKE, J.E. (2018) Best practices in active and student-centered learning in physiology classes. *Advances in Physiology Education* vol. 42, n° 3, p. 417-423. [<https://doi.org/10.1152/advan.00064.2018>]

GRANRY, J.-C. (2015) La simulation en santé : quels enjeux ? *Revue des Maladies Respiratoires* vol. 32, p. 966-968. [<https://doi.org/10.1016/j.rmr.2015.11.007>]

GRANRY, J.C., MOLL, M.C. (2012) Rapport de mission: état de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. In *Haute Autorité de Santé*. [https://www.has-sante.fr/jcms/c_930641/fr/simulation-en-sante] (consulté le 21/05/2023).

GUATTEO, R., CESBRON, N., ASSIÉ, S., *et al.* (2005) Aspiration transtrachéale chez les bovins. *Point Veterinaire* vol. 36, p. 50-51.

HAELLFRITZSCH, F. (2005) Beurteilung der Qualität der tierärztlichen Ausbildung und der Kompetenz von Anfangsassistenten durch praktische Tierärzte. Thèse de doctorat vétérinaire. Munich, Université Ludwig-Maximilians.

HOLZHAUER, M., VAN SCHAIK, G., SAATKAMP, H.W., *et al.* (2011) Lungworm outbreaks in adult dairy cows: estimating economic losses and lessons to be learned. *Veterinary Record* vol. 169, n° 19, p. 494. [<https://doi.org/10.1136/vr.d4736>]

ISSENBERG, S.B., MCGAGHIE, W.C., PETRUSA, E.R., *et al.* (2005) Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Medical Teacher* vol. 27, n° 1, p. 10-28. [<https://doi.org/10.1080/01421590500046924>]

KNEEBONE, R., BAILLIE, S. (2008) Contextualized Simulation and Procedural Skills: A View from Medical Education. *Journal of Veterinary Medical Education* vol. 35, n° 4, p. 595-598. [<https://doi.org/10.3138/jvme.35.4.595>]

KNEEBONE, R.L., SCOTT, W., DARZI, A., *et al.* (2004) Simulation and clinical practice: strengthening the relationship. *Medical Education* vol. 38, n° 10, p. 1095-1102. [<https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2004.01959.x>]

LANGEBAEK, R., EIKA, B., JENSEN, A.L., *et al.* (2012a) Anxiety in veterinary surgical students: a quantitative study. *Journal of Veterinary Medical Education* vol. 39, n° 4, p. 331-340. [<https://doi.org/10.3138/jvme.1111-111R1>]

LANGEBAEK, R., EIKA, B., TANGGAARD, L., *et al.* (2012b) Emotions in veterinary surgical students: a qualitative study. *Journal of Veterinary Medical Education* vol. 39, n° 4, p. 312-321. [<https://doi.org/10.3138/jvme.0611.068R1>]

- LAROUSSE (2023a) Définitions : simulation. *In Dictionnaire de français Larousse*. [<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/simulation/72824>] (consulté le 22/02/2023).
- LAROUSSE (2023b) Définitions : simulateur. *In Dictionnaire de français Larousse*. [<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/simulateur/72822>] (consulté le 06/03/2023).
- LEFVERMAN, C. (2018) Evaluation of the Economic Impact and Description of a BRSV-outbreak in a Dairy Herd. *In Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science*. [https://stud.epsilon.slu.se/13609/11/lefverman_c_180221.pdf] (consulté le 05/07/2023).
- LÉGIFRANCE (2015) Code civil : Article 515-14. *In Légifrance*. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000030250342] (consulté le 04/07/2023).
- LURIER, T. (2016) Le diagnostic de la dictyocaulose bovine par lavage broncho-alvéolaire : étude comparative. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon, Vet'Agro Sup.
- MAKOSCHEY, B., BERGE, A.C. (2021) Review on bovine respiratory syncytial virus and bovine parainfluenza – usual suspects in bovine respiratory disease – a narrative review. *BMC Veterinary Research* vol. 17, n° 1, p. 261. [<https://doi.org/10.1186/s12917-021-02935-5>]
- MANCINI, F. (2019) Création d'un parcours pédagogique axé sur la simulation pour l'apprentissage technique de l'échographie en médecine vétérinaire. Thèse de doctorat vétérinaire. Maisons-Alfort, École Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- MCGUIRCK, S.M. (2010) Dairy Calf Pneumonia - Problem and perspective. *In School of Veterinary Medicine - Wisconsin-Madison*. [<https://sheboygan.extension.wisc.edu/agriculture/dairy-and-livestock/dairy-heifer-management/>] (consulté le 22/08/2023).
- MEYER, G. (2020) Vade-Mecum des maladies respiratoires bovines. Paris, Med'com.
- MILLEMANN, Y. (2018) Maladies respiratoires du veau : effets sur la santé et les performances futures de vaches laitières. *In La Dépêche Vétérinaire*. [https://www.depecheveterinaire.com/maladies-respiratoires-du-veau-effets-sur-la-sante-et-les-performances-futures-de-vaches-laitieres_67994D853566A364.html] (consulté le 08/07/2023).
- MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE (2023) Mannequin pédagogique d'accouchement. *In Muséum national d'Histoire naturelle*. [<https://www.mnhn.fr/fr/mannequin-pedagogique-d-accouchement>] (consulté le 22/08/2023).
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ ANIMALE (2018) Code sanitaire pour les animaux terrestres. *In Organisation mondiale de la santé animale*. [https://rr-africa.woah.org/wp-content/uploads/2019/08/fr_csat-vol1-2018.pdf] (consulté le 04/07/2023).
- PEEK, S., DIVERS, T.J. (2016) *Rebhun's Diseases of Dairy Cattle*, 3rd Edition. Saint Louis, Elsevier.
- PERIE, P., MAILLARD, R., MILLEMANN, Y. (2006) Bronchopneumonies bovines : de l'animal au troupeau. *Les Cahiers Pratiques de la Dépêche Vétérinaire* n° 2.
- PETIT, S., BOUQUET, B., BERTIN, J., *et al.* (2013) Guide thérapeutique vétérinaire 2013 - Animaux de rente, 4ème édition. Rueil-Malmaison, Le Point Vétérinaire.
- POHJANVIRTA, T., VÄHÄNIKKILÄ, N., TALVITIE, V., *et al.* (2021) Suitability of Nasal and Deep

Nasopharyngeal Swab Sampling of Calves in the *Mycoplasma bovis* Control Program. *Frontiers in Veterinary Science* vol. 8. [<https://doi.org/10.3389/fvets.2021.689212>]

POLACK, B. (2022) Gestion de la santé des ruminants : Parasitoses respiratoires. Polycopié. Maisons-Alfort, ENVA, Unité de Parasitologie-Mycologie.

RAVARY-PLUMIOEN, B., BELBIS, G., MILLEMANN, Y., *et al.* (2021) Gestion de la Santé des Ruminants : Affections Respiratoire. Polycopié. Maisons-Alfort, ENVA, Département des productions animales et de santé publique.

REISBIG, A.M.J., DANIELSON, J.A., WU, T.-F., *et al.* (2012) A Study of Depression and Anxiety, General Health, and Academic Performance in Three Cohorts of Veterinary Medical Students across the First Three Semesters of Veterinary School. *Journal of Veterinary Medical Education* vol. 39, n° 4, p. 341-358. [<https://doi.org/10.3138/jyme.0712-065R>]

RIDREMONT, B. (2021) Les coronavirus des bovins : clinique, épidémiologie, immunité et prévention. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* vol. 174, n° 1, p. 102-112. [<https://doi.org/10.3406/bavf.2021.70929>]

ROBERT, C. (2023) Anatomie de l'encolure et du tronc. Polycopié. Maisons-Alfort, ENVA, Département des sciences biologiques et pharmaceutiques.

SAKAKUSHEV, B.E., MARINOV, B.I., STEFANOVA, P.P., *et al.* (2017) Striving for Better Medical Education: the Simulation Approach. *Folia Medica* vol. 59, n° 2, p. 123-131. [<https://doi.org/10.1515/folmed-2017-0039>]

SO, H.Y., CHEN, P.P., WONG, G.K.C., *et al.* (2019) Simulation in medical education. *The Journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh* vol. 49, n° 1, p. 52-57. [<https://doi.org/10.4997/JRCPE.2019.112>]

SOCKETT, D.C. (2016) Use of Deep Nasopharyngeal Swabs for Bovine Respiratory Disease Testing. In *Wisconsin Veterinary Laboratory Diagnostic*. [<https://www.wvdl.wisc.edu/wp-content/uploads/2022/05/Use-of-Deep-Nasopharyngeal-Swabs-for-Bovine-Respiratory-Disease-Testing.pdf>] (consulté le 08/07/2023).

SPICKLER, A.R. (2016) Malignant Catarrhal Fever. In *Center of Food Security and Public Health*. [https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/fr/malignant_catarrhal_fever-fr.pdf] (consulté le 21/09/2023).

TORRALBA, K.D., DOO, L. (2020) Active Learning Strategies to Improve Progression from Knowledge to Action. *Rheumatic Diseases Clinics of North America* vol. 46, n° 1, p. 1-19. [<https://doi.org/10.1016/j.rdc.2019.09.001>]

UNIVERSITY OF WISCONSIN, VETERINARY SCHOOL (2019) Bronchoalveolar Lavage Fluid Technique. In *Cornell University College of Veterinary Medicine*. [<https://www.vet.cornell.edu/animal-health-diagnostic-center/testing/protocols/bronchoalveolar-lavage-fluid-technique>] (consulté le 08/07/2023).

VERCRUYSSSE, J., CLAEREBOU, E. (2001) Treatment vs non-treatment of helminth infections in cattle: defining the threshold. *Veterinary Parasitology* vol. 98, n° 1-3, p. 195-214. [[https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(01\)00431-9](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00431-9)]

VERGONJEANNE, R. (2015) Farmer Academy (1/5) : l'écouvillonnage nasal d'un veau. In *Web-agri.fr*. [<https://www.web-agri.fr/maladies-respiratoires/article/115148/farmer-academy-1-5-1-ecouvillonnage-nasal-d-un-veau>] (consulté le 08/07/2023).

WAPENAAR, W., BARKEMA, H.W., EYSKER, M., *et al.* (2007) An outbreak of dictyocaulosis in lactating cows on a dairy farm. *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 231, n° 11, p. 1715-1718. [<https://doi.org/10.2460/javma.231.11.1715>]

ZOETIS IRELAND (2020) Broncho-alveolar Lavage. *In Youtube.* [<https://www.youtube.com/watch?v=2k4vZNPZS9M>] (consulté le 10/08/2023).

Annexe 1 : Fiche pédagogique accompagnant l'atelier d'écouvillonnage nasal profond



AT-XXX Réaliser un écouvillonnage nasal profond chez le bovin

Dumergue Rémi

Justification du poste de travail

L'évolution de la médecine bovine se caractérise par une croissance souhaitable de l'utilisation d'examen complémentaires dans la routine quotidienne des vétérinaires. Cette tendance vise plusieurs objectifs essentiels : réduire les coûts de traitement, minimiser la prescription d'antibiotiques, et mettre en place des stratégies préventives pour les maladies à profil enzootique. Dans ce cadre les prélèvements des voies respiratoires en vue d'analyses et d'identification des agents pathogènes tendent à se démocratiser.

Objectif d'apprentissage

Être capable de réaliser un écouvillon nasal profond chez un bovin sous contention.

Risques associés à une mauvaise manipulation

Les risques associés à une mauvaise manipulation sont la douleur de l'animal prélevé, la contamination du prélèvement ou encore la mauvaise qualité de celui-ci, ne permettant pas l'analyse par la suite.

Méthodologie

Préparatifs

Comme la contention du bovin est assurée dans cet atelier, cette activité peut se réaliser seul.

Pour cet atelier, vous aurez besoin :

- D'un kit d'écouvillonnage stérile,
- De gants propres mais non stériles,
- D'un tissu propre.

Modalités d'auto-évaluation

Lors de la réalisation d'un vrai écouvillonnage, l'écouvillon doit être discrètement teinté de rose si le prélèvement est correctement effectué.

Au sein de cet atelier, la réussite sera basée sur la capacité à enfoncer suffisamment l'écouvillon sans sentir de butée.

Rappels anatomiques

Les cavités nasales des bovins se composent d'un vestibule, qui est une zone étroite de peau glabre et d'épithélium pavimenteux stratifié, suivi de l'épithélium respiratoire dans le reste de la cavité. La conque ventral, qui nous intéresse dans cet atelier se situe entre les méats moyen et ventral et communique avec la partie caudale de la cavité buccale.

Figure 1 : Matériel nécessaire pour la réalisation d'un ENP.



Rédaction
Rémi Dumergue

Révision
Yves Millemann

Approbation
XX/XX/2023

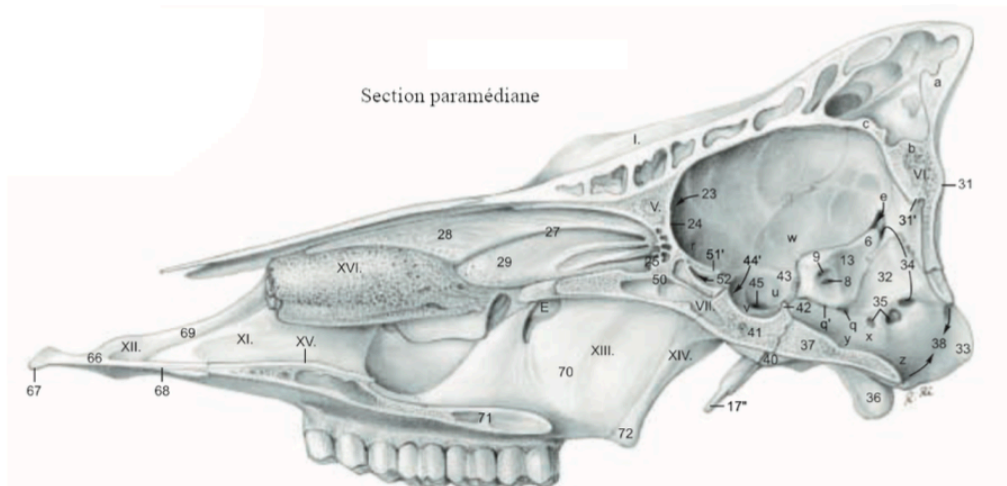


Figure 2 : Vue d'un crâne de bovin suite à une section paramédiane.
Source : BUDRAS *et al.*, 2003

Réalisation pratique

Pré-requis

Pour assurer le bon déroulement du prélèvement, il est essentiel de s'assurer de la bonne contention de l'animal. De plus, il est nécessaire de s'assurer que les animaux à prélever sont en phase d'hyperthermie (Température > 39.5°C), afin de pouvoir utiliser les prélèvements à des fins d'analyse.

Prélèvement

1. Nettoyer les narines de l'animal à l'aide du tissu propre.
2. Mettre les gants propres non stériles.
3. Retirer l'écouvillon de son étui.
4. Insérer l'écouvillon dans la narine en visant le canthus médial de l'œil controlatéral, en face ventrale de la cavité nasale.

Figure 3 : Nettoyage des cavités nasales.



5. Tourner l'écouvillon contre la muqueuse pendant 10 secondes minimum afin d'atteindre la rosée sanguine.

6. Retirer l'écouvillon en évitant toute contamination, c'est-à-dire en touchant au minimum les parois nasales internes et

externes. Celui-ci doit être discrètement coloré si le prélèvement est correctement réalisé.

7. Remettre l'écouvillon dans son étui sans toucher les bords extérieurs de celui-ci.

8. Répéter les étapes précédentes pour la seconde narine, pour chaque animal à l'aide d'un nouvel écouvillon stérile

9. Identifier correctement chaque prélèvement avec l'identité de l'animal, son âge, le nom de l'exploitation.

Figure 4 : Réalisation d'un écouvillonnage nasal profond.



Consignes à respecter après réalisation

Ranger le matériel où vous l'avez trouvé.

Pour en savoir plus

SOCKETT, D.C. (2016) Use of Deep Nasopharyngeal Swabs for Bovine Respiratory Disease Testing. In Wisconsin Veterinary Laboratory Diagnostic. [<https://www.wvdl.wisc.edu/wp-content/uploads/2022/05/Use-of-Deep-Nasopharyngeal-Swabs-for-Bovine-Respiratory-Disease-Testing.pdf>] (consulté le 08/07/2023).

DUMERGUE, R. (2023) Elaboration d'un parcours pédagogique dans la salle VetSims de l'ENVA visant à l'apprentissage des gestes de prélèvements des voies respiratoires chez le bovin. Thèse de doctorat vétérinaire. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.



Liens vers la vidéo explicative

Annexe 2 : Fiche pédagogique accompagnant l'atelier de lavage broncho-alvéolaire



AT-000 Réaliser un lavage broncho-alvéolaire chez le bovin

Rémi Dumergue

Justification du poste de travail

L'évolution de la médecine bovine se caractérise par une croissance souhaitable de l'utilisation d'examen complémentaires dans la routine quotidienne des vétérinaires. Cette tendance vise plusieurs objectifs essentiels : réduire les coûts de traitement, minimiser la prescription d'antibiotiques, et mettre en place des stratégies préventives pour les maladies à profil enzootique. Dans ce cadre les prélèvements des voies respiratoires en vue d'analyses et d'identification des agents pathogènes tendent à se démocratiser.

Objectif d'apprentissage

Être capable de réaliser un lavage broncho-alvéolaire chez un bovin sous contention.

Risques associés à une mauvaise manipulation

Les risques associés à une mauvaise manipulation sont la douleur de l'animal prélevé, la contamination du prélèvement ou encore la mauvaise qualité de celui-ci, ne permettant pas l'analyse par la suite.

Méthodologie

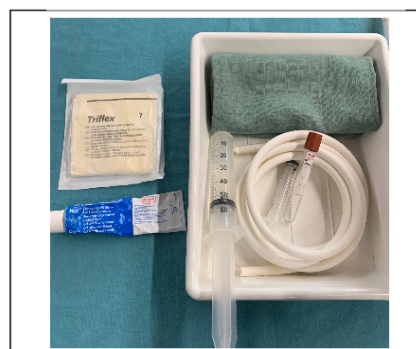
Préparatifs

Comme la contention du bovin est assurée, cette activité peut se réaliser seul.

Pour cet atelier, vous aurez besoin :

- D'un kit de prélèvement par lavage broncho-alvéolaire comprenant une sonde de prélèvement,
- Des tubes secs stériles prêts à recevoir le prélèvement,
- D'une seringue pour gonfler le ballonnet de la sonde,
- De sérum physiologique stérile,
- D'Une seringue de 60 mL stérile,
- Du lubrifiant stérile,
- D'un tissu propre.

Figure 1 : Matériel nécessaire à un LBA.



Modalités d'auto-évaluation

Au sein de cet atelier, la réussite sera basée sur la capacité à enfoncer suffisamment la sonde de lavage broncho-alvéolaire et à réaspirer du liquide injecté en quantité suffisante (10-15 mL).

Rédaction
Rémi Dumergue

Révision
Yves Millemann

Approbation
XX/XX/2023

Rappels anatomiques

Les cavités nasales des bovins se composent d'un vestibule, qui est une zone étroite de peau glabre et d'épithélium pavimenteux stratifié, suivi de l'épithélium respiratoire dans le reste de la cavité. La conque ventrale, qui nous intéresse dans cet atelier se situe entre les méats moyen et ventral et communique avec la partie caudale de la cavité buccale : le nasopharynx.

Le nasopharynx s'étend des choanes jusqu'à l'ostium intra-pharyngé et est séparé de l'oropharynx par le palais mou. Lorsque l'animal respire, le larynx s'ouvre vers le nasopharynx, laissant la cavité du laryngopharynx partiellement obstruée

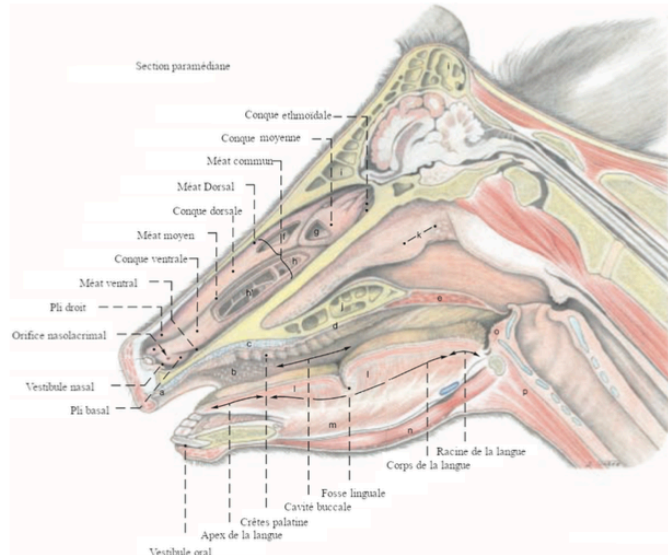


Figure 2 : Région pharyngolaryngée d'un bovin suite à une coupe paramédiane.

Source : (BUDRAS *et al.*, 2003)

Réalisation pratique

Pré-requis

Pour assurer le bon déroulement du prélèvement, il est essentiel de s'assurer de la bonne contention de l'animal. De plus, il est nécessaire de s'assurer que les animaux à prélever sont en phase d'hyperthermie (Température > 39.5°C), afin de pouvoir utiliser les prélèvements à des fins d'analyse.

Prelèvement

1. Remplir la seringue de 60 mL avec du sérum physiologique stérile.
2. Nettoyer la narine par lequel le tube sera introduit. L'extrémité à ballonnet du tube LBA est passée à travers le méat nasal ventral puis est poussé jusqu'à atteindre la trachée. La vache tousse pour indiquer un placement correct, mais secouer la trachée pour sentir un « râle » valide la position dans la lumière trachéale.

Figure 3 : Insertion sonde de prélèvement de LBA.



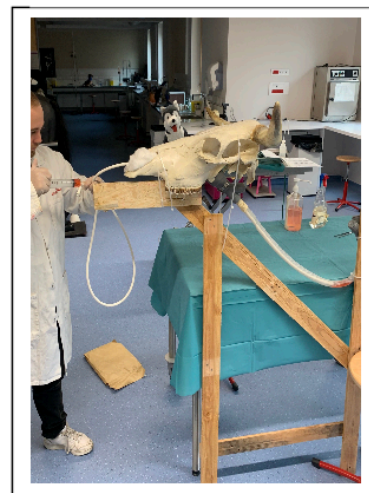
Rédaction
Rémi Dumergue

Révision
Yves Millemann

Approbation
XX/XX/2023

3. Passer le tube jusqu'à ressentir une résistance.
4. Gonfler doucement le ballonnet afin d'assurer l'étanchéité autour de la sonde.
5. Injecter 60 mL de solution dans la sonde et réspirer avec la même seringue.
6. Dégonfler le ballonnet et retirer la sonde.
7. Récupérer une partie du liquide total récupéré (10 à 15 mL environ) et le placer dans des tubes secs stériles pour constituer l'échantillon.
8. Identifier correctement chaque prélèvement avec l'identité de l'animal, son âge, le nom de l'exploitation.

Figure 4 : Injection de liquide dans la trachée via la sonde de LBA.



Consignes à respecter après réalisation

Nettoyer les tubes de lavage broncho-alvéolaire.

Ranger le matériel où vous l'avez trouvé.

Pour en savoir plus

UNIVERSITY OF WISCONSIN, VETERINARY SCHOOL (2019) Bronchoalveolar Lavage Fluid Technique. In Cornell University College of Veterinary Medicine. [<https://www.vet.cornell.edu/animal-health-diagnostic-center/testing/protocols/bronchoalveolar-lavage-fluid-technique>] (consulté le 08/07/2023).

DUMERGUE, R. (2023) Elaboration d'un parcours pédagogique dans la salle VetSims de l'ENVA visant à l'apprentissage des gestes de prélèvements des voies respiratoires chez le bovin. Thèse de doctorat vétérinaire. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.



Liens vers la vidéo explicative

Annexe 3 : Fiche pédagogique accompagnant l'atelier d'aspiration transtrachéale



AT-000 Réaliser une aspiration transtrachéale chez le bovin

Rémi Dumergue

Justification du poste de travail

L'évolution de la médecine bovine se caractérise par une croissance souhaitable de l'utilisation d'examens complémentaires dans la routine quotidienne des vétérinaires. Cette tendance vise plusieurs objectifs essentiels : réduire les coûts de traitement, minimiser la prescription d'antibiotiques, et mettre en place des stratégies préventives pour les maladies à profil enzootique. Dans ce cadre les prélèvements des voies respiratoires en vue d'analyses et d'identification des agents pathogènes tendent à se démocratiser.

Objectif d'apprentissage

Être capable de réaliser une aspiration transtrachéale chez un bovin sous contention.

Risques associés à une mauvaise manipulation

Les risques associés à une mauvaise manipulation sont la douleur de l'animal prélevé, la contamination du prélèvement ou encore la mauvaise qualité de celui-ci, ne permettant pas l'analyse par la suite.

Méthodologie

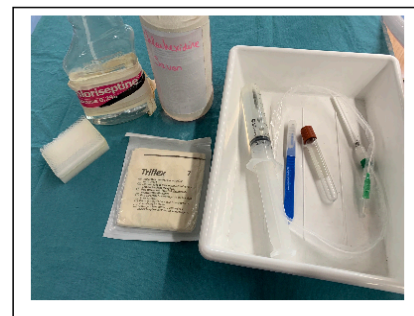
Préparatifs

Comme la contention du bovin est assurée, cette activité peut se réaliser seul.

Pour cet atelier, vous aurez besoin :

- D'un kit de prélèvement par aspiration transtrachéale comprenant un cathéter avec mandrin stérile à usage unique (en rupture définitive chez le fournisseur),
- Des gants stériles,
- D'une poche à perfusion de 100 mL de sérum physiologique stérile,
- D'une seringue de 60 mL,
- De tubes secs stériles,
- D'une lame de scalpel,
- De matériel de préparation chirurgical.

Figure 1 : Matériel nécessaire à la réalisation d'un ATT.



Modalités d'auto-évaluation

Au sein de cet atelier, la réussite sera basée sur la capacité à introduire la sonde de manière stérile dans la trachée et à réaspirer suffisamment de liquide (4-5 mL).

Rappels anatomiques

Rédaction
Rémi Dumergue

Révision
Yves Millemann

Approbation
XX/XX/2023

La trachée débute caudalement au niveau du larynx, puis elle s'oriente vers la partie ventrale de l'encolure. Sa structure est maintenue ouverte grâce à des anneaux cartilagineux peu déformables présents dans sa paroi, ce qui confère à sa surface une texture irrégulière et rugueuse. Lorsque l'animal est en vie, les cartilages trachéaux adoptent une forme arquée, ce qui lui confère une section ovale verticale. Dans le cas du bétail, le diamètre des anneaux trachéaux est d'environ 5 centimètres. Pendant les deux tiers crâniens de l'encolure, elle se trouve à proximité immédiate de la peau, avec pour seule séparation les muscles sternohyoïdiens et sternothyroïdiens.

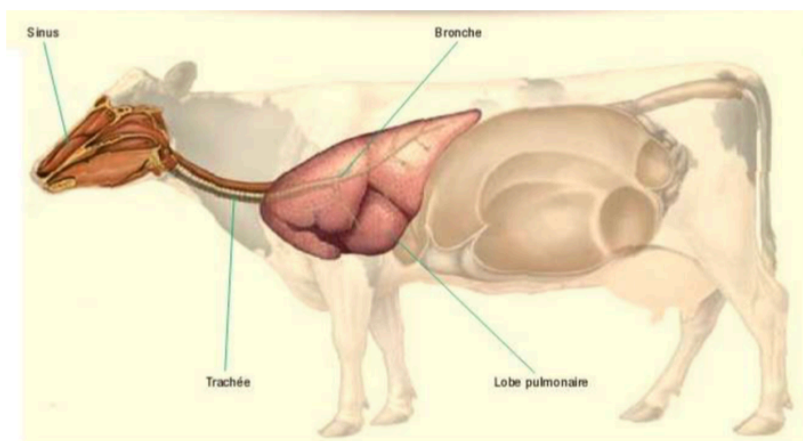


Figure 2 : Vue de profil de l'anatomie de l'appareil respiratoire d'un bovin.

Source : MERIAL

Réalisation pratique

Pré-requis

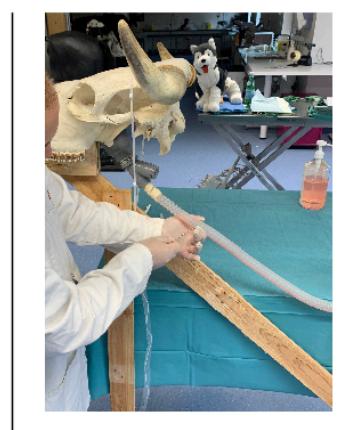
Pour assurer le bon déroulement du prélèvement, il est essentiel de s'assurer de la bonne contention de l'animal. De plus, il est nécessaire de s'assurer que les animaux à prélever sont en phase d'hyperthermie, afin de pouvoir utiliser les prélèvements à des fins d'analyse.

Pélèvement

1. Raser une zone de l'encolure, sans préférence de position, comprenant la trachée et 4 cm de chaque côté de celle-ci.

Figure 3 : Saisie de la trachée lors de la réalisation d'ATT.

2. Préparer la zone chirurgicalement puis mettre les gants stériles.
3. Si le praticien est droitier, saisir la trachée entre les doigts de la main gauche.
4. Identifier un espace entre deux anneaux trachéaux.
5. Réaliser une légère incision cutanée au niveau de la zone de ponction afin de ne pas abîmer le cathéter en traversant la peau.



6. Insertion du mandrin : Le trocart est introduit de manière franche et perpendiculairement à la trachée. Le biseau de l'aiguille est orienté ventralement par rapport au bovin pour faciliter au maximum le coulisement du cathéter. Une fois la trachée traversée, il convient de rabattre le mandrin parallèlement à la peau.

Figure 4 : Insertion du mandrin dans la trachée.



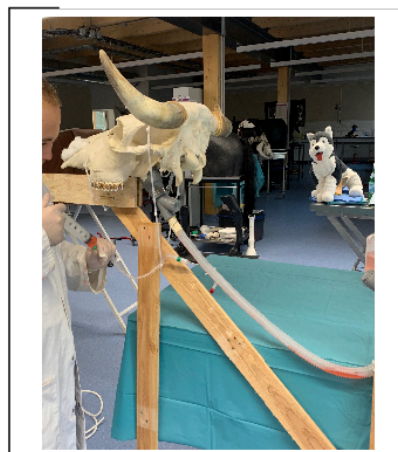
7. Coulisement du cathéter : La progression du cathéter ne soulève en principe aucune difficulté. En cours de réalisation, le cathéter peut toutefois venir se coller à la paroi de la trachée et empêcher la progression. Faire pivoter légèrement le trocart suffit le plus souvent à rétablir la progression. L'arrivée du cathéter au carrefour trachéobronchique (après un parcours de 40 à 50 cm) est le plus souvent accompagnée d'une toux réflexe : le praticien peut se servir de ce repère pour stopper la progression du cathéter.

Figure 5 : Injection de liquide dans la trachée lors d'ATT.

8. Injection du liquide : Il convient d'injecter 50 mL de sérum physiologique assez rapidement et de le ré-aspirer aussitôt.

9. La quantité totale de liquide réaspirée est de 4 à 5 mL. Si la quantité récupérée est trop faible, il est possible de réitérer l'étape précédente.

10. Conditionnement : Le liquide est transféré dans un tube sec stérile. Le tube est identifié, et envoyé au laboratoire sous couvert du froid dans les 24h après le prélèvement. Les titres en pasteurelles restent stables durant quarante-huit heures et ceux en mycoplasmes pendant quatre-vingt-seize heures.



Consignes à respecter après réalisation

Ranger le matériel où vous l'avez trouvé.

Pour en savoir plus

GUATTEO, R., CESBRON, N., ASSIÉ, S., et al. (2005) Aspiration transtrachéale chez les bovins. Point Veterinaire vol. 36, p. 50-51.

DUMERGUE, R. (2023) Elaboration d'un parcours pédagogique dans la salle VetSims de l'ENVA visant à l'apprentissage des gestes de prélèvements des voies respiratoires chez le bovin. Thèse de doctorat vétérinaire. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.



Liens vers la vidéo explicative

ÉLABORATION D'UN PARCOURS PÉDAGOGIQUE DANS LA SALLE VETSIMS DE L'ENVA VISANT À L'APPRENTISSAGE DES GESTES DE PRÉLÈVEMENTS DES VOIES RESPIRATOIRES CHEZ LE BOVIN

AUTEUR : Rémi DUMERGUE

RÉSUMÉ :

L'enseignement par la simulation complète l'offre pédagogique traditionnelle. Il offre une réponse concrète aux défis rencontrés dans l'enseignement de la médecine vétérinaire. Offrant aux étudiants la possibilité de développer leurs compétences sans mettre en danger la sécurité ou le bien-être des patients, tout en comblant les lacunes liées aux opportunités limitées de pratique des gestes techniques.

La médecine bovine évolue vers une croissance souhaitable de l'utilisation des examens complémentaires dans la pratique quotidienne des vétérinaires. Cette évolution poursuit plusieurs objectifs fondamentaux : réduire les coûts de traitement, limiter la prescription d'antibiotiques et mettre en place des stratégies préventives pour les maladies à profil enzootique. Les techniques de prélèvement des voies respiratoires, telles que l'écouvillon nasal profond et le lavage broncho-alvéolaire, sont de plus en plus utilisées pour analyser et identifier les agents pathogènes. En revanche, la réalisation de l'aspiration trans-trachéale, bien qu'elle soit utile du point de vue diagnostique, devient difficile en raison de problèmes matériels.

Cette thèse vise principalement à créer un environnement d'apprentissage sécurisé, engageant, éthique et pédagogique pour permettre aux apprenants de maîtriser les techniques de prélèvement des voies respiratoires. À cette fin, des ateliers ont été conçus, incorporant un modèle spécialement développé pour permettre aux futurs praticiens de s'exercer aux techniques de prélèvements des voies respiratoires sus nommées. L'intégration de ces ateliers dans le cursus des futurs vétérinaires spécialisés en médecine bovine renforcera leur confiance avant leur immersion en clinique.

MOTS CLÉS :

PARCOURS PÉDAGOGIQUE ; PRÉLÈVEMENT ; VOIE RESPIRATOIRE ; BOVIN ; LAVAGE BRONCHO-ALVÉOLAIRE ; ÉCOUVILLON NASAL ; ASPIRATION TRANSTRACHÉALE ; ENVA ; ENSEIGNEMENT VÉTÉRINAIRE

JURY :

Président : Pr Henry CHATEAU

Directeur de thèse : Pr Yves MILLEMANN

Examinatrice : Dr Bérange RAVARY-PLUMIOËN

DEVELOPMENT OF A PEDAGOGICAL PROGRAM IN THE ENVA VETSIMS LABORATORY AIMING AT LEARNING RESPIRATORY TRACT SAMPLING TECHNIQUES IN CATTLE

AUTHOR: Rémi DUMERGUE

SUMMARY:

Teaching through simulation complements the traditional pedagogical offerings. It provides a practical solution to the challenges faced in veterinary medicine education. Moreover, it provides students with the opportunity to develop their skills without compromising patient safety or well-being, while addressing the limitations of traditional clinical practice opportunities.

Bovine medicine is moving towards a desirable growth in the use of complementary exams in the daily practice of veterinarians. This trend is motivated by several key objectives: reducing treatment costs, minimizing antibiotic prescriptions, and implementing preventive strategies for enzootic diseases. Techniques for respiratory tract sampling, such as deep nasal swabs and bronchoalveolar lavage, are increasingly used to analyze and identify pathogens. However, performing trans-tracheal aspiration, although useful for diagnostic purposes, is becoming challenging due to equipment issues.

The primary objective of this thesis is to develop a secure, engaging, ethical, and pedagogical learning environment for students to acquire mastery in respiratory tract sampling techniques. To accomplish this goal, hands-on training sessions have been developed that implement a specially designed model to enable students to practice the aforementioned respiratory tract sampling techniques. The incorporation of these workshops into the curriculum for future bovine medicine specialists will augment their confidence prior to their clinical rotations.

KEYWORDS:

PEDAGOGICAL PROGRAM; SAMPLING; RESPIRATORY TRACT; CATTLE;
BRONCHOALVEOLAR LAVAGE; DEEP NASAL SWAB; TRANSTRACHEAL ASPIRATION; ENVA

JURY:

Chairperson: Pr Henry CHATEAU
Thesis Director: Pr Yves MILLEMANN
Reviewer: Dr Bérange RAVARY-PLUMIOËN