




OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <https://oatao.univ-toulouse.fr/27473/>

Petibon, Mathilde . *L'échographie peut-elle être utilisée comme moyen de diagnostic d'une intubation sélective chez le chien anesthésié de moins de 10 kg ? Une étude pilote expérimentale.* Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2020, 76 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

L'ECHOGRAPHIE PEUT-ELLE ETRE UTILISEE COMME MOYEN DE DIAGNOSTIC D'UNE INTUBATION SELECTIVE CHEZ LE CHIEN ANESTHESIE DE MOINS DE 10kg ? UNE ETUDE PILOTE EXPERIMENTALE.

THESE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*Présentée et soutenue le 30 octobre 2020 publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

PETIBON, Mathilde

Née le 25 Novembre 1995 à SARCELLES (95)

Directeur de thèse : Mme Géraldine JOURDAN

JURY

PRESIDENT :

Mr Christian VIRENQUE

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

Mme Géraldine JOURDAN

Maitre de conférence à l'Ecole Nationale Vétérinaire de
TOULOUSE

Mr Giovanni MOGICATO

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITE :

Mr Patrick VERWAERDE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'ALFORT

Mme Caroline DIDIER

Praticien hospitalier à l'Ecole Nationale Vétérinaire de
TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Directeur : Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie - Thérapeutique*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **HAGEN-PICARD, Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 2° CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
- M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAÎTRES DE CONFÉRENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*

Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie- Bactériologie-Pathologie infectieuse*
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et Industrie des aliments*
Mme **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophtalmologie vétérinaire et comparée*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie - Analgésie*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
M. **LHERMIE Guillaume**, *Economie de la santé animale*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire – Maladies animales réglementées*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT CONTRACTUELS

M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et Industrie des aliments*
M. **LEYNAUD Vincent**, *Médecine interne*
Mme **ROBIN Marie-Claire**, *Ophtalmologie*
Mme **ROMANOS Lola**, *Pathologie des ruminants*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

Mme **BLONDEL Margaux**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie-Imagerie médicale*
M. **COMBARROS-GARCIA Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
M. **LESUEUR Jérémy**, *Gestion de la santé des ruminants – Médecine collective de précision*
M. **TOUITOU Florian**, *Alimentation animale*

REMERCIEMENTS

AUX MEMBRES DU JURY

A MONSIEUR LE PROFESSEUR CHRISTIAN VIRENQUE

Professeur des Universités Paul Sabatier De Toulouse
Praticien Hospitalier
Anesthésiologie

Qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury de cette thèse,
Hommages respectueux

A MADAME LE DOCTEUR GÉRALDINE JOURDAN

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,
Anesthésie, Réanimation

Pour m'avoir soutenue tout au long de ces travaux et de ma scolarité.
*Pour sa gentillesse, sa disponibilité et sa bienveillance,
Remerciements très chaleureux*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR GIOVANNI MOGICATO

Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,
Anatomie, Imagerie Médicale

Qui a très aimablement accepté de faire partie de mon jury de thèse.
Sincères remerciements.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PATRICK VERWAERDE

Professeur de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort,
Urgences, Soins Intensifs, Réanimation

Pour son implication et son aide dans la réalisation de cette thèse.
Mes sincères remerciements

A MADAME LE DOCTEUR CAROLINE DIDIER

Praticien hospitalier à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,
Anesthésie, Réanimation

Pour son aide et son accompagnement dans la réalisation de cette thèse
Mes sincères remerciements

A MADAME LE DOCTEUR MARION FENET

Assistant hospitalier à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,
Imagerie Médicale

Pour son aide dans la réalisation de cette thèse.
Mes sincères remerciements

Table des matières

Table des figures.....	8
Table des tableaux.....	9
Table des annexes	9
Table des graphiques.....	9
Table des abréviations.....	9
Introduction.....	10
PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	11
I. L'intubation endotrachéale chez le chien	11
A. Intérêts de l'intubation endotrachéale chez le patient anesthésié	11
1. Les principales modifications de la fonction respiratoire lors d'une anesthésie générale	11
a. Assurer la perméabilité des voies respiratoires supérieures	14
b. Prévenir et corriger l'hypoxémie et l'hypercapnie	14
2. Protection des voies aériennes supérieures de la fausse déglutition	16
3. Relais en molécule anesthésique volatile	17
B. Mise en œuvre de l'intubation endotrachéale chez le chien.....	17
1. Matériel nécessaire	17
2. Sonde endotrachéale	18
C. Réalisation de l'intubation endotrachéale	19
D. Risques de l'intubation endotrachéale	20
1. Intubation œsophagienne	21
2. Intubation endobronchique	22
E. Le choix de la sonde endotrachéale : diamètre et longueur d'insertion	23
1. Selon des caractéristiques morphologiques	25
2. Grâce à l'imagerie médicale	26
II. Les méthodes usuelles de détection de la position de la sonde.....	27
A. Capnométrie.....	27
B. Mesures de la saturation en oxygène	30
C. Auscultation thoracique bilatérale.....	30
D. Imagerie médicale	31
III. Approche échographique : une nouvelle méthode de détermination de la position de la sonde endotrachéale chez le chien	32
A. La méthode transtrachéale : visualisation directe de la sonde.....	32
1. Description de la méthode	32
a. Chez l'homme.....	32
b. Chez le chien.....	35

2.	Intérêts et limites de cette méthode	36
B.	La méthode pulmonaire : détection par des signes indirects	37
1.	Description du glissement pleural	37
2.	Utilisation du glissement pleural pour la détection de l'intubation sélective	40
a.	Chez l'homme	40
b.	Chez l'animal	41
3.	Description de la méthode diaphragmatique	41
4.	Intérêts et limites du glissement pleural	41
PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE		44
I.	Objectifs	44
II.	Matériels et méthodes	45
A.	Sélection de la population	45
1.	Critères d'inclusion	45
2.	Critères d'exclusion	45
B.	Conditions de réalisation de l'étude	45
1.	Réalisation de l'examen clinique d'admission	45
2.	Déroulement de l'anesthésie	46
a.	Pose d'une voie veineuse	46
b.	Prémédication	46
c.	Induction	46
C.	Procédures de réalisation de l'étude	47
1.	Matériel nécessaire	47
2.	Chronologie de réalisation	47
a.	Intubation	47
b.	Contrôles et réalisation des images échographiques	47
i.	Auscultation bilatérale	48
ii.	Echographie thoracique	48
iii.	Radiographie thoracique	48
D.	Détermination de la position de la sonde par la visualisation du glissement pleural à l'échographie	49
E.	Détermination de la position de la sonde sur les images radiographiques	49
1.	Identification de la trachée et de la carène bronchique	49
2.	Détermination de la position trachéale ou endobronchique de la sonde	51
F.	Détermination de la distance extrémité distale de la sonde – carène bronchique	51
G.	Tests statistiques	53
III.	Résultats	54

A.	Population étudiée	54
B.	Identification de la localisation de la sonde endotrachéale.....	54
C.	Modifications des paramètres instrumentaux mesurés selon les longueurs d’insertion de la sonde	56
D.	Comparaison des distances extrémité distale de la sonde – carène bronchique, en fonction des 2 longueurs d’insertion de la sonde endotrachéale, D1 (L1) et D2 (L2)	57
IV.	Discussion	59
A.	Résultats	59
1.	Fiabilité de l’échographie pour déterminer l’intubation sélective chez le chien	59
2.	Mesures de la distance extrémité distale de la sonde-carène bronchique sur les clichés radiographiques	61
3.	Apport et modifications du monitoring instrumental dans la détection de l’intubation endobronchique	62
B.	Limites de cette étude.....	63
1.	Taille et représentativité de l’échantillon	63
2.	Faisabilité de l’échographie.....	64
3.	Biais des mesures de la distance extrémité distale de la sonde-carène bronchique sur les radiographiques thoraciques et limite de cette dernière en tant que gold standard	65
	Conclusion	67
	Annexes	68
	Bibliographie.....	70

Table des figures

Figure 1 : Influence dose-dépendante de l'anesthésie volatile sur les paramètres cardio-respiratoires et cliniques chez l'homme.....	13
Figure 2 : Courbe de dissociation de l'hémoglobine.....	15
Figure 3 : Présentation des différentes sondes disponibles.....	18
Figure 4 : Mesure de la longueur d'insertion de la sonde endotrachéale en utilisant l'entrée du thorax comme repère anatomique.....	19
Figure 5, à gauche : Schéma de l'entrée du larynx chez le chien.....	20
Figure 6, à droite : Visualisation de l'entrée du larynx à l'aide d'un laryngoscope chez le chien.....	20
Figure 7 : Schéma d'une intubation endobronchique gauche (en rouge) et droite (en jaune).....	22
Figure 8 : Suggestion de diamètre de sonde endotrachéale en fonction du poids de l'animal.....	24
Figure 9 : Illustration d'un capnogramme sur un cycle respiratoire normal.....	28
Figure 10 : Evaluation échographique selon la méthode transtrachéale statique pour déterminer la position de la sonde endotrachéale : signe de la double ligne (Chou et al., 2011).	33
Figure 11 : Evaluation échographique selon la méthode transtrachéale statique pour déterminer la position de la sonde endotrachéale : signe de la balle.....	33
Figure 12 : Mise en évidence chez le chien d'une intubation endotrachéale à gauche et d'une intubation œsophagienne à droite par la méthode transtrachéale échographique statique.....	35
Figure 13 : Présentation des différentes fenêtres échographiques lors de la réalisation d'une FAST thoracique.....	38
Figure 14 : Présentation de l'image échographique d'un glissement pleural en mode bidimensionnel (Lisciandro et al., 2014).....	39
Figure 15 : Présentation de l'image échographique d'un glissement pleural en mode temps mouvement (Lichtenstein, 2007).....	40
Figure 16 : Radiographie thoracique dorso-ventrale.....	50
Figure 17 : Identification des éléments anatomiques et de la sonde sur un cliché radiographique thoracique dorso-ventral.....	50
Figure 18 : Détermination de la distance entre l'extrémité distale de la sonde-carène bronchique (D1) sur une longueur d'insertion crocs-entrée du thorax, (L1).....	52
Figure 19 : Détermination de la distance entre l'extrémité distale de la sonde-carène bronchique (D2) lors d'insertion de la sonde sur son intégralité, (L2).....	52

Table des tableaux

Tableau 1 : FiO ₂ estimée selon les différentes méthodes d'oxygénothérapie avec une source de 100% d'O ₂	16
Tableau 2 : Présentation des intérêts et des limites de la méthode échographique transtrachéale pour différencier l'intubation trachéale de l'intubation œsophagienne chez l'homme	37
Tableau 3 : Présentation des intérêts et des limites du glissement pleural pour différencier l'intubation trachéale de l'intubation œsophagienne ainsi que l'intubation trachéale de l'intubation endobronchique chez l'homme	43
Tableau 4 : Données démographiques de la population étudiée	54
Tableau 5 : Intubation trachéale ou sélective d'après les images radiographiques (MP) et échographiques et radiographiques (MF, PV).....	55

Table des annexes

Annexe 1: Résultats obtenus pour chacun des individus.....	68
Annexe 2 : Présentation des valeurs du monitoring instrumental	68
Annexe 3 : Présentation des distances entre l'extrémité distale de la sonde – carène bronchique en cm sur la vue dorso-ventrale de la radiographie thoracique	69
Annexe 4 : Présentation des distances représentant l'avancée de la sonde entre l'intubation selon la longueur dite idéal et ad integrum, mesurées d'après les repères de la sonde et sur les radiographies thoraciques.....	69

Table des graphiques

Graphique 1 : Corrélation entre l'espace mort imputable à la sonde et la présence de ré-inhalation	56
Graphique 2 : Corrélation entre la présence de ré-inhalation et de désaturation	57
Graphique 3 : Comparaison des distances extrémité distale de la sonde – carène bronchique en fonction des longueurs d'intérêt L1 et L2	Erreur ! Signet non défini.

Table des abréviations

CO₂ : Dioxyde de carbone

EtCO₂ : dioxyde de carbone en fin d'expiration

FiO₂ : Fraction inspirée en dioxygène

O₂ : Dioxygène

PaCO₂ : Pression partielle artérielle en dioxyde de carbone

PaO₂ : Pression partielle artérielle en dioxygène

SpO₂ : saturation de l'hémoglobine en oxygène

Introduction

L'anesthésie générale est un acte courant dans la pratique quotidienne de la médecine vétérinaire. Ses conséquences sur la sphère respiratoire sont bien connues et décrites que ce soit en médecine humaine ou vétérinaire. L'intubation endotrachéale est un acte indispensable pour offrir un soutien de la fonction respiratoire et assurer la perméabilité des voies aériennes. Néanmoins, elle est paradoxalement à l'origine de complications, parfois mortelles, sur la fonction respiratoire.

L'occurrence de ces différentes complications est peu documentée dans l'espèce canine mais les anomalies de positionnement figurent parmi les incidents liés à l'intubation endotrachéale les plus rapportés. L'intubation œsophagienne, qui consiste en l'insertion de la sonde endotrachéale dans l'œsophage, est l'anomalie de positionnement la plus fréquente. Une seconde anomalie de positionnement peut survenir : l'intubation endobronchique ou sélective qui consiste en l'introduction de la sonde endotrachéale dans l'une des deux bronches souches. Bien que ses effets néfastes à court terme soient moindres que l'intubation œsophagienne, il convient de l'éviter car elle est à l'origine d'une augmentation de la morbidité mais également de la mortalité liée à l'anesthésie. De plus, les moyens diagnostiques en routine sont peu nombreux.

Cette étude pilote expérimentale se propose, dans un premier temps, d'évaluer la faisabilité d'une méthode échographique indirecte, basée sur la détection du glissement pleural, pour repérer la position trachéale ou endobronchique de la sonde endotrachéale chez le chien de moins de 10kg. Un second objectif est d'évaluer la longueur sur laquelle la sonde endotrachéale pourrait être insérée tout en limitant le risque de survenue d'une intubation sélective ainsi que le phénomène de ré-inhalation, en réalisant des mesures de distance entre l'extrémité distale de la sonde et la carène bronchique sur les radiographies thoraciques.

PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. L'intubation endotrachéale chez le chien

L'intubation endotrachéale chez le chien est un geste technique primordial à maîtriser lors de la réalisation d'une anesthésie générale ou de la prise en charge d'un patient critique, et qui consiste en l'insertion d'une sonde endotrachéale dans la trachée.

Elle permet, lors d'une anesthésie générale, le maintien de la perméabilité des voies aériennes supérieures et la gestion de la ventilation, la prévention de fausse déglutition par aspiration, à l'origine de bronchopneumopathie et l'administration d'oxygène et d'agents anesthésiques volatiles, parfois nécessaires à l'entretien de la narcose.

A. Intérêts de l'intubation endotrachéale chez le patient anesthésié

1. *Les principales modifications de la fonction respiratoire lors d'une anesthésie générale*

La fonction respiratoire comprend la ventilation et l'hématose.

La ventilation consiste en le renouvellement de l'air dans les voies aériennes, avec un apport en oxygène (O₂) et une élimination du dioxyde de carbone (CO₂). L'hématose est réalisée au niveau de la barrière alvéolo-capillaire. Elle consiste en la captation de l'oxygène dans l'air inspiré et à son passage dans les capillaires pour être ensuite distribué aux tissus, selon un gradient décroissant de l'air atmosphérique jusqu'aux mitochondries, aussi appelée « cascade de l'oxygène ».

Lors de toute anesthésie générale, des modifications de la fonction respiratoire surviennent et doivent être anticipées :

- L'augmentation de la résistance des voies respiratoires ;
- L'hypercapnie, qui peut être définie comme une pression artérielle partielle en dioxyde de carbone supérieure à 55mmHg et qui est souvent secondaire à une hypoventilation ;
- L'hypoxémie, qui peut être définie comme une diminution de la quantité d'oxygène transportée dans le sang, ce qui correspond à une pression

artérielle en dioxygène inférieure à 80mmHg pour une même fraction inspirée en dioxygène.

Lors d'une anesthésie générale, on aura en premier lieu une perte du tonus musculaire, qui est un des effets recherchés de la narcose. Cette perte de tonus musculaire entraîne une chute de la capacité résiduelle fonctionnelle (FRC), jusqu'à s'approcher, voire atteindre le volume résiduel. Elle est favorisée par le décubitus dorsal et l'induction de l'anesthésie (Wahba, 1991). Ceci affecte directement la perméabilité des voies respiratoires supérieures avec une obstruction de celles-ci, ce qui favorise secondairement une atélectasie (Kavanagh, 2016). Chez l'homme, l'atélectasie survient chez environ 90% des patients anesthésiés, en respiration spontanée ou sous ventilation mécanique, et ce, quel que soit le protocole anesthésique. La survenue de cette atélectasie est à nuancer chez le chien puisqu'il semblerait qu'elle survienne de façon moins systématique (Hedenstierna, Rothen, 2012).

Ces modifications impactent l'oxygénation du sang et l'élimination du CO₂ puisqu'on aura une altération de la distribution de la ventilation. En effet, pour que les échanges gazeux se fassent correctement au niveau de la barrière alvéolo-capillaire au sein du parenchyme pulmonaire, il faut que la ventilation coïncide avec la perfusion. Les inadéquations ventilation-perfusion qui peuvent exister peuvent être décrits selon le modèle suivant (RI, A, 1949) : la co-existence de compartiment dit idéal, de compartiment non ventilé mais perfusé et de compartiment ventilé mais non perfusé. Pour ces deux derniers compartiments, on parlera respectivement d'effet shunt et d'effet espace mort.

Physiologiquement, la répartition n'est pas totalement homogène au sein du parenchyme pulmonaire et peut se déséquilibrer davantage à la faveur de facteurs extérieurs dont l'anesthésie générale.

Ainsi lors d'atélectasie, la pression artérielle en oxygène sera directement impactée avec une augmentation de l'inadéquation perfusion-ventilation au niveau de la barrière alvéolo-capillaire, et notamment une diminution de ce rapport ventilation/perfusion, correspondant à l'effet shunt. En conséquence, on pourra observer la mise en place d'une hypoxémie, car les échanges gazeux et notamment l'élimination du CO₂ sera compromise.

De plus, la plupart des médicaments de l'anesthésie engendre une altération du contrôle nerveux de la ventilation avec notamment une diminution de la sensibilisation des réponses centrales et périphériques aux variations des concentrations sanguines en O₂ et plus particulièrement en CO₂. On observera alors une dépression de la fonction respiratoire qui pourra se traduire par une hypoventilation, puis une hypercapnie. En particulier, comme le montre la Figure 1 les dérivés halogénés sont responsables d'une augmentation de la pression artérielle en dioxyde de carbone (PaCO₂) proportionnellement à celle de la MAC (« Minimum Alveolar Concentration », qui correspond à la concentration nécessaire pour que 50% des patients ne présentent pas de réaction lors d'une stimulation douloureuse) (Stuth et al., 2012).

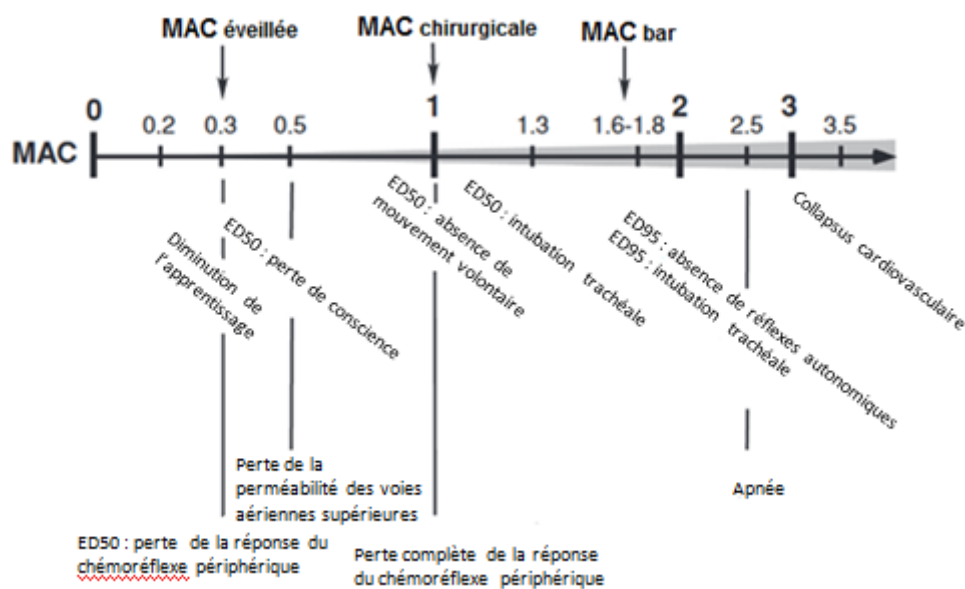


Figure 1 : Influence dose-dépendante de l'anesthésie volatile sur les paramètres cardio-respiratoires et cliniques chez l'homme.

MAC éveillée : Concentration à laquelle 50% des individus ne sont plus conscients ; MAC chirurgicale : Concentration à laquelle 50% des individus ne présentent pas de mouvements volontaires à l'incision cutanée ; MAC bar : Concentration à laquelle 50% des individus n'auront pas d'élévation de la pression artérielle ou de la fréquence cardiaque à l'incision cutanée.

ED50 : Pour 50% des individus; ED95 : Pour 95% des individus

(Stuth et al., 2012)

L'intubation endotrachéale permet de pallier ces modifications inhérentes à la réalisation d'une anesthésie générale : assurer la perméabilité des voies aériennes supérieures et corriger ou prévenir l'hypoxémie et l'hypercapnie.

a. Assurer la perméabilité des voies respiratoires supérieures

Comme décrit précédemment, la relaxation musculaire, recherchée lors d'une anesthésie générale, prédispose l'animal à une obstruction des voies respiratoires supérieures. Cette obstruction peut aller jusqu'au collapsus des voies aériennes et compromettre la ventilation ainsi que l'hématose. L'insertion d'une sonde dans la trachée permet de contourner cette obstruction des voies respiratoires supérieures et d'apporter directement l'oxygène dans les voies respiratoires profondes, ce qui favorise l'hématose.

b. Prévenir et corriger l'hypoxémie et l'hypercapnie

L'hypercapnie est principalement due à l'hypoventilation lors de l'anesthésie générale et est caractérisée par des valeurs de dioxyde de carbone en fin d'expiration (ou $EtCO_2$) supérieures à 55mmHg. Il conviendra de vérifier dans un premier temps si cette hypercapnie n'est pas secondaire à une profondeur de narcose trop élevée et dans le cas contraire, une ventilation à pression positive pourra être initiée (Grubb et al., 2020).

L'hypoxémie, quant à elle, peut être secondaire à de nombreuses causes dont l'hypoventilation, une inadéquation ventilation/perfusion dont l'atélectasie qui correspond à un effet shunt (Bigatello, Pesenti, 2019). Elle peut être approchée par l'oxymétrie de pouls qui mesure la saturation de l'hémoglobine en oxygène dans le sang artériel (SpO_2) de manière non invasive : on parlera d'hypoxémie pour une SpO_2 inférieure à 95% et elle sera qualifiée de sévère pour des valeurs inférieures à 90%. L'évaluation de la couleur des muqueuses donne également une indication de la perfusion, néanmoins la cyanose est un marqueur tardif et n'apparaît que lorsque l'hypoxémie est très sévère. La pression partielle artérielle en dioxygène (PaO_2) est donc directement corrélée à la SpO_2 : leur relation est représentée par la courbe de dissociation de l'hémoglobine (Figure 2). Pour des valeurs de SpO_2 inférieure à 90%, on aura une désaturation rapide qui se traduit par une diminution drastique de la pression artérielle en oxygène.

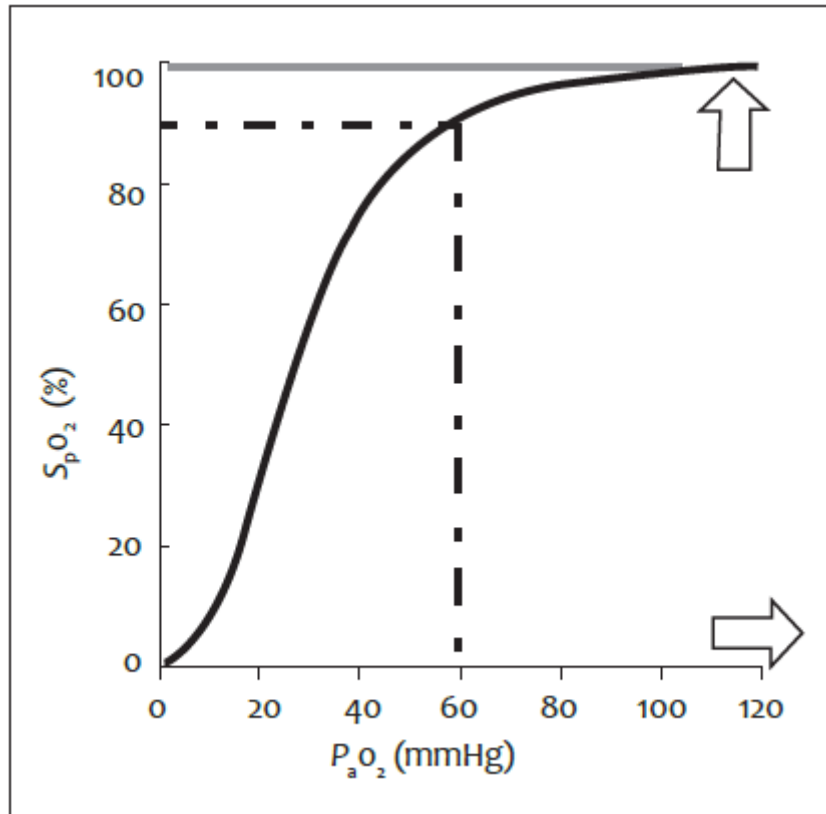


Figure 2 : Courbe de dissociation de l'hémoglobine

Ligne pointillé : Seuil à partir duquel on observe une désaturation rapide en O₂ (SpO₂ < 90%) (Duke-Novakovski, et al., 2016).

Lors d'hypoxémie, la mise en place d'une oxygénothérapie permet d'augmenter la PaO₂, et ce, par la majoration de la fraction inspirée en oxygène (FiO₂). Celle-ci est de 21% lors d'inspiration de l'air ambiant, ce qui représente la part de l'oxygène dans le mélange d'air atmosphérique. Or il existe une relation linéaire entre la FiO₂ et la PaO₂ : sur un poumon sain, pour un individu respirant l'air ambiant, $\frac{PaO_2}{FiO_2}$ est égal à 5, ce qui correspond à une PaO₂ de 100mmHg. L'intubation trachéale permet d'attendre des valeurs de FiO₂ entre 90 et 100%, et ainsi augmenter de façon linéaire la PaO₂. D'autres méthodes existent (Tableau 1) pour optimiser l'apport en oxygène, mais l'intubation endotrachéale compte parmi les méthodes les plus efficaces pour majorer la PaO₂.

Méthodes		FiO ₂
Non invasives	Flow-by	30-40%
	Masque à oxygène	60-80%
	Collier élisabéthain	50-80%
	Cage à oxygène	50-90%
Modérément invasives	Lunette/sonde nasale	40-65%
	Cathéter trans-trachéal	60-80%
Invasives	Intubation endotrachéale	90-100%

Tableau 1 : FiO₂ estimée selon les différentes méthodes d'oxygénothérapie avec une source de 100% d'O₂ (Davis, Creedon, 2012)

2. Protection des voies aériennes supérieures de la fausse déglutition

La fausse déglutition est caractérisée par l'aspiration dans les poumons de sécrétions et contenu en provenance de la cavité buccale et de l'estomac, à l'origine de bronchopneumopathies générées par l'inflammation puis l'installation potentielle d'une infection bactérienne secondaire. Elle est favorisée par la forte diminution d'efficacité des mécanismes protecteurs à cause notamment de la perte du tonus musculaire et du réflexe pharyngé de déglutition.

Les pneumonies par fausse déglutition ont comme étiologie, l'anesthésie générale dans 13,5% à 16% des cas chez le chien (Kogan et al., 2008 ; Tart et al., 2010). Elles sont associées à un taux de survie élevée de 81.5% (Tart et al., 2010) De plus, leur incidence après une anesthésie générale serait de 0.17% (Ovbey et al., 2014)

Elle peut être évitée en gonflant le ballonnet de la sonde endotrachéale, et en le maintenant ainsi jusqu'à extubation et récupération du réflexe de déglutition.

3. *Relais en molécule anesthésique volatile*

Pour des interventions de longue durée (supérieure à 30min), il peut être nécessaire de mettre en place une anesthésie gazeuse via la sonde endotrachéale pour permettre le maintien de la narcose. En France, les molécules employées sont des dérivés halogénés dont seuls le sévoflurane et l'isoflurane possèdent une autorisation de mise sur le marché (AMM) chez les carnivores domestiques, ce dernier étant le plus utilisé.

Ces gaz anesthésiques sont complètement assimilés, non stockés et principalement éliminés par les poumons, ce qui permet des réveils rapides. Un autre avantage est que la profondeur de narcose est ajustable rapidement et finement et ce en fonction des protocoles anesthésiques choisis (Reed, Doherty, 2018).

L'administration de ces gaz se fait en association avec de l'oxygène : son apport par la sonde endotrachéale permet d'atteindre une FiO₂ de 100%, favorable pour le soutien de la fonction respiratoire lors d'anesthésie générale.

B. Mise en œuvre de l'intubation endotrachéale chez le chien

1. *Matériel nécessaire*

Avant toute induction anesthésique, il est nécessaire de prévoir le matériel adéquat pour l'intubation endotrachéale, comprenant :

- Une sonde endotrachéale de diamètre adapté ;
- Pas d'âne pour maintenir l'ouverture de la bouche ;
- Laryngoscope pour la visualisation du larynx et faciliter l'insertion de la sonde;
- Anesthésique local (Ex : pramocaïne en gel, Tronothane© ; lidocaïne en spray, xylovet© etc) à appliquer sur l'extrémité distale de la sonde (en évitant la zone de l'œil de murphy si elle est présente) ou à vaporiser directement sur le larynx;
- Compresse stérile pour la préhension de la langue ;
- Une lacette pour fixer la sonde préalablement insérée dans la trachée ;
- Seringue sèche (3-5mL pour un chien de petit gabarit), pour permettre le gonflement du ballonnet.

2. Sonde endotrachéale

Il existe plusieurs types de sonde disponibles pour l'intubation des carnivores domestiques : en PVC, silicone et en caoutchouc (Figure 3 (a), (b) et (c)). Pour assurer la perméabilité des voies respiratoires, un ballonnet gonflable se situe à l'extrémité distale. Un ballonnet témoin est généralement utilisé comme indicateur que le ballonnet est bien gonflé. Certaines sondes endotrachéales possèdent un œil de Murphy (Figure 3 (d)), un trou ovale se trouvant à l'opposé de l'extrémité distale et qui permet le passage des gaz si l'extrémité de la sonde se trouvait obstruée ou positionnée contre la paroi de la trachée.

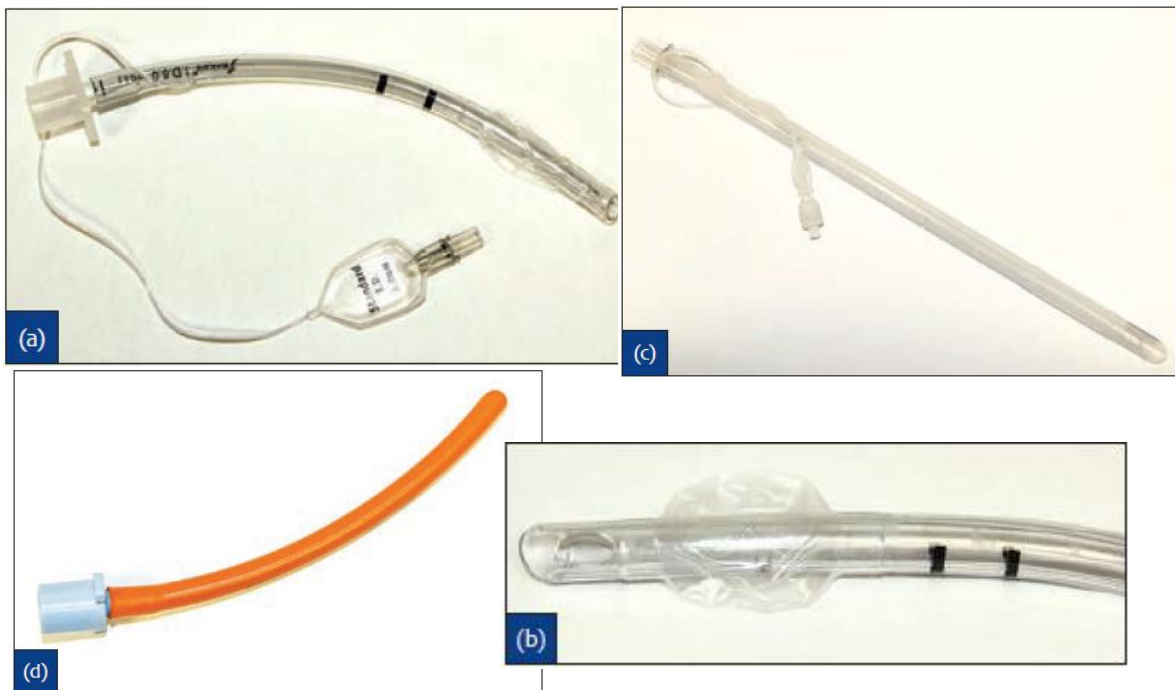


Figure 3 : Présentation des différentes sondes disponibles
(a) PVC ; (b) Œil de Murphy d'une sonde PVC ; (c) Silicone ; (d) Caoutchouc
(Duke-Novakovski, et al., 2016)

Il existe deux types de ballonnet :

- Haute pression – faible volume : assure une meilleure étanchéité, soit une meilleure protection des voies respiratoires mais favorise les lésions de nécrose par ischémie de la muqueuse trachéale en appliquant des pressions élevées sur une surface réduite ;

- Faible pression – haut volume : assure une étanchéité moins bonne avec un passage possible des liquides mais le risque de lésions de la muqueuse trachéale est faible car la pression du ballonnet est appliquée sur une surface plus grande.

C. Réalisation de l'intubation endotrachéale

L'intubation endotrachéale est réalisée sur un animal inconscient ou rendu inconscient, dont la profondeur de narcose et la myorelaxation devront être suffisantes. La narcose peut être évaluée par l'échelle de Guedel qui s'appuie sur une évaluation clinique comprenant des signes neuro-oculaires, neuro-musculaires et des réflexes végétatifs. L'intubation peut être effectuée au stade III, plan II-III de l'échelle de Guedel.

Une fois la profondeur de narcose jugée suffisante, l'animal est positionné en décubitus sternal. Le pas d'âne est inséré dans la bouche de l'animal et un opérateur maintient la tête de l'animal en veillant à ne pas exercer de pression sur le cou ce qui gênerait la visualisation du larynx. Il est recommandé au préalable de mesurer la distance entre les crocs et l'entrée du thorax pour ajuster la profondeur d'insertion de la sonde endotrachéale et prévenir l'intubation endobronchique (Figure 4).



Figure 4 : Mesure de la longueur d'insertion de la sonde endotrachéale en utilisant l'entrée du thorax comme repère anatomique
(Duke-Novakovski, et al., 2016)

La langue est ensuite dégagée à l'aide d'une compresse stérile. Le laryngoscope est ensuite inséré pour abaisser l'épiglotte et permettre la visualisation du larynx et plus précisément des cartilages aryénoïdes (Figure 5 et Figure 6). La sonde endotrachéale est ensuite insérée dans la trachée puis fixée à l'aide d'une lacette à la mandibule ou à l'arrière du cou selon la morphologie de l'animal ou la nature de l'intervention. Le pas d'âne peut être laissé en place pour éviter la section de la sonde lors du réveil. Le ballonnet est par la suite gonflé à jusqu'à ne plus entendre de fuites lors d'une ventilation à pression positive (pression maximale admise de 25mmHg).

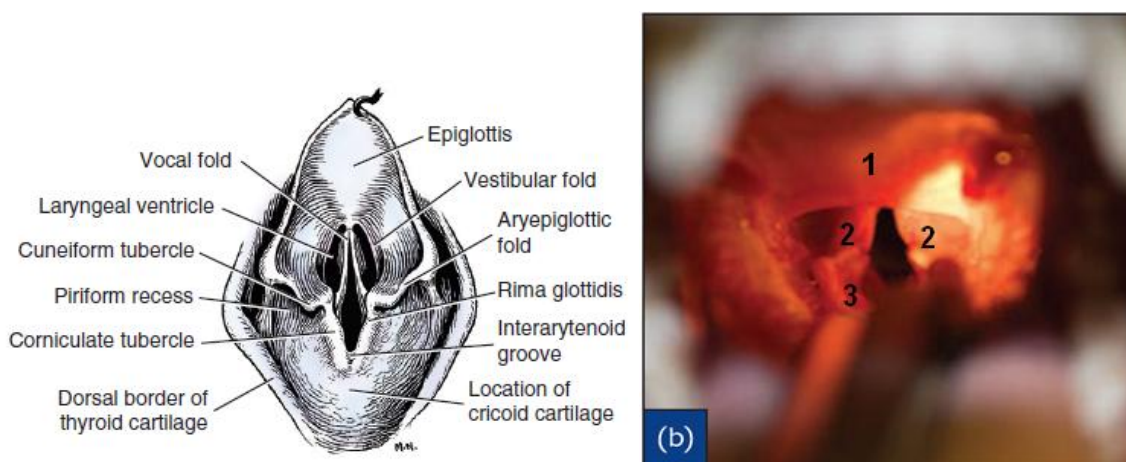


Figure 5, à gauche : Schéma de l'entrée du larynx chez le chien
(Evans, DeLahunta, 2013)

Figure 6, à droite : Visualisation de l'entrée du larynx à l'aide d'un laryngoscope chez le chien
1 : Palais mou ; 2 : Cartilages aryénoïdes ; 3 : Epiglotte (Duke-Novakovski, et al., 2016)

D. Risques de l'intubation endotrachéale

Malgré les avantages décrits ci-dessus, des complications lors de l'intubation endotrachéale peuvent survenir, le plus souvent liés à des anomalies de positionnement ou une mauvaise utilisation du ballonnet. Ces anomalies de positionnement sont associées à des taux de mortalité et de morbidité plus élevés, il convient donc de les détecter lors de la réalisation d'une intubation.

Il existe néanmoins peu de données disponibles sur la prévalence de ces risques en médecine vétérinaire, bien qu'ils soient rapportés dans la littérature.

1. Intubation œsophagienne

Elle correspond à l'insertion accidentelle de la sonde endotrachéale dans l'œsophage. La prévalence de ce risque est peu documentée chez le chien. Chez l'homme, une étude portant sur 149 patients a montré que l'intubation œsophagienne survenait dans 10,7% des cas (Timmermann et al., 2007).

Quel que soit le contexte, sa détection est primordiale puisqu'une intubation œsophagienne non détectée engendre une mauvaise oxygénation et une absence de ventilation pulmonaire pouvant mener à un état d'hypoxie cellulaire généralisée, voire le décès du patient (Adriani, 1986). Il a également été décrit, chez le chat, des cas d'œsophagite et de perforation œsophagienne suite à la ventilation des voies digestives qui découlent de cette erreur de positionnement (Adami et al., 2011).

De plus, la sonde étant introduite dans l'œsophage, elle n'assure plus la protection des voies aériennes supérieures contre les fausses déglutitions, d'autant que ces dernières peuvent être majorées lors d'intubation œsophagienne. Pour finir, lors de mise en place d'une anesthésie volatile, la narcose ne pourra pas être maintenue, ce qui engendrera des réveils inopinés.

Une seconde anomalie de positionnement, l'intubation endobronchique ou sélective, peut être observée quand bien même la sonde est correctement positionnée dans la trachée.

2. Intubation endobronchique

L'intubation endobronchique, ou intubation sélective, correspond à l'insertion accidentelle de la sonde dans une des deux bronches souches au niveau de la bifurcation trachéale ou carène bronchique (Figure 7).

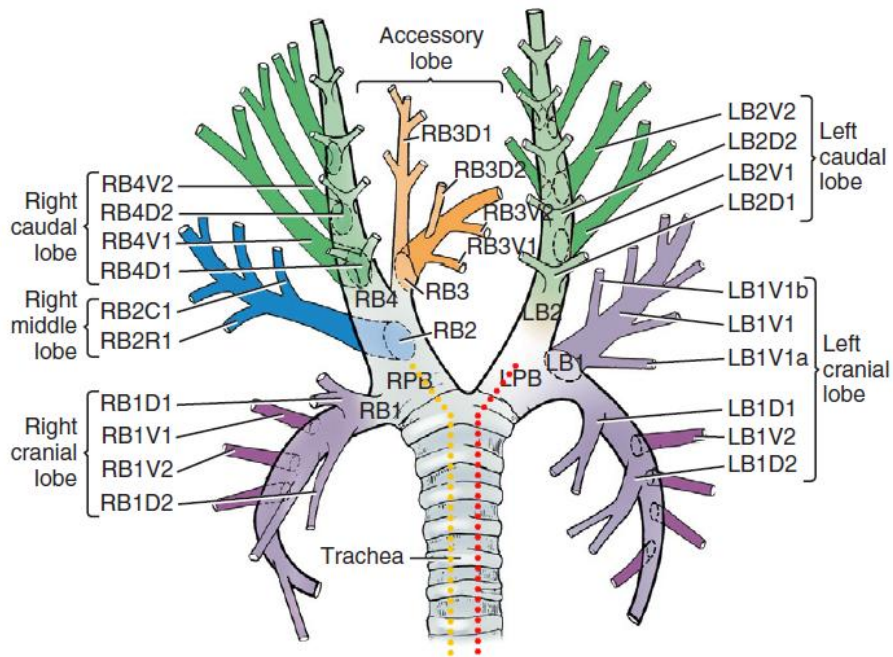


Figure 7 : Schéma d'une intubation endobronchique gauche (en rouge) et droite (en jaune)
(Evans, DeLahunta, 2013)

Là encore, aucune étude statistique n'évalue l'occurrence de ce risque chez le chien. Chez l'homme, un rapport de l'Australian Incident Monitoring, qui évalue la proportion de différents risques au cours de l'anesthésie sur 2000 cas, a montré que 9% étaient liés à l'intubation endotrachéale. Parmi eux, 42% étaient liés à une intubation endobronchique, ce qui représente la cause la plus fréquente d'incident lié à l'intubation (Szekely et al., 1993). Une seconde étude rétrospective sur 149 patients intubés en urgence hors structure hospitalière a montré qu'une intubation endobronchique était mise en évidence dans 6,7% des cas (Timmermann et al., 2007). D'autres études ont montré une incidence de 7% et 5,7% respectivement d'intubation endobronchique dans des services d'urgence (Bissinger et al., 1989 ; Geisser et al., 2009).

La survenue de cette anomalie de positionnement est majorée lors de déplacement du patient : il est nécessaire de bien fixer la sonde endotrachéale une fois introduite dans la trachée et de minimiser les mouvements de la tête notamment de flexion de la nuque, puisqu'une étude portant sur 153 chiens a montré que 81,8% des sondes endotrachéales migraient dans l'une des bronches souches après une telle manipulation (Quandt et al., 1993).

Les conséquences d'une intubation endobronchique sont nombreuses et peuvent avoir des conséquences mortelles. En ce qui concerne le poumon sélectivement intubé, on pourra observer des baro-traumas au niveau du parenchyme pulmonaire, et plus précisément des alvéoles, de par l'hyperventilation, voire des pneumothorax iatrogènes dans les cas les plus extrêmes. Le poumon non ventilé sera sujet à de l'atélectasie pouvant aller jusqu'au collapsus alvéolaire (Timmermann et al., 2007).

La traduction plus ou moins précoce de ces effets sera notamment une hypoxémie qui peut parfois être détectée avec le monitoring instrumental par une chute sévère de la SpO₂ avec des valeurs inférieures à 90%. On observera également une augmentation de la fraction de shunt intrapulmonaire au niveau du poumon ventilé ainsi qu'une défaillance de l'oxygénation (Karzai, Schwarzkopf, 2009).

E. Le choix de la sonde endotrachéale : diamètre et longueur d'insertion

Avant de procéder à l'intubation, il convient de choisir le diamètre de la sonde endotrachéale et de déterminer la profondeur à laquelle elle sera insérée dans la trachée. Des guides existent pour orienter le choix de la taille de la sonde selon le poids de l'animal (Figure 8). Cependant, du fait de la diversité de morphologie de l'espèce canine, aucune méthode standardisée n'est disponible pour choisir avec exactitude le diamètre et la profondeur d'insertion.

Diamètre interne (en mm)	Ballonnet gonflé et/ou dégonflé	Poids approximatifs (en kg)
2.0, 2.5, 3.0	Gonflé et dégonflé	1 – 2.5
3.5, 4.0, 4.5	Gonflé et dégonflé	2.5 – 5
5, 6	Gonflé et dégonflé (taille 5)	4 – 9
7, 8	Gonflé	7 – 15
9, 10	Gonflé	15 – 25
11, 12	Gonflé	25 – 45
14, 16	Gonflé	> 40

Figure 8 : Suggestion de diamètre de sonde endotrachéale en fonction du poids de l'animal (Duke-Novakovski, et al., 2016)

Le diamètre adéquat est défini dans la littérature comme la sonde la plus large pouvant aisément passer la portion trachéale la plus étroite (Duke-Novakovski, et al., 2016). Une sonde trop large favorise les traumatismes laryngo-trachéaux voire la rupture trachéale et entraîne parfois l'échec de l'intubation, tandis qu'une sonde trop étroite favorise les fuites des molécules anesthésiques volatiles et augmente la résistance au flux d'air, et donc l'effort ventilatoire. Pour déterminer le diamètre le plus adapté, il est fréquent de réaliser une palpation trachéale qui permet une estimation du diamètre externe de la trachée. On considère alors que le diamètre externe permet une approximation du diamètre de la sonde endotrachéale. Cette méthode reste néanmoins imprécise comme le montre une étude où le pourcentage de sélection adéquate par palpation externe n'est que de 46% (Lish et al., 2008).

En ce qui concerne la longueur de l'insertion de la sonde dans la trachée, les recommandations actuelles sont de mesurer la distance entre les incisives et l'entrée du thorax, en maintenant la tête en flexion (Duke-Novakovski, et al., 2016). Insérer la sonde sur une longueur trop importante peut entraîner un phénomène d'intubation sélective qui correspond à l'introduction de la sonde dans l'une des deux bronches souches, tandis qu'insérer la sonde sur une distance trop réduite peut favoriser l'augmentation de l'espace mort anatomique et donc une ré-inhalation du CO₂ expiré. Pour adapter au mieux la longueur de la sonde à chaque animal, l'idéal est de mesurer la longueur à insérer dans la trachée comme expliqué ci-dessus et sectionner, si besoin, la sonde sur la portion proximale pour diminuer l'effet espace

mort. Cependant sectionner les sondes endotrachéales limite leur ré-utilisation par la suite.

Chez l'homme, il a été montré qu'une longueur d'insertion de 23 cm pour les hommes et 21 cm pour les femmes ou un positionnement entre 2,5 et 4cm au-dessus de la carène diminuait le risque d'intubation endobronchique tout en minimisant l'augmentation de l'espace mort anatomique (Owen, Cheney, 1987) (Ovassapian et al. 1996), bien que là encore, le risque d'intubation endobronchique ne soit pas écarté complètement. Chez le chien, il n'existe pas de longueur idéale recommandée. En effet, il existe une hétérogénéité très marquée entre les individus dans l'espèce canine en termes de morphologie, de poids ou encore de taille, ce qui complique davantage la recherche d'une méthode standardisée pour déterminer la longueur d'insertion dans la trachée.

1. Selon des caractéristiques morphologiques

Des critères morphologiques ont été étudiés pour parvenir à sélectionner le diamètre de la sonde endotrachéale en fonction de l'individu.

Un premier critère étudié est la largeur du septum nasal à son niveau le plus étroit, uniquement chez les dolicocephales : une corrélation de seulement 21% est démontrée, ce qui ne permet pas de se baser sur cette caractéristique avec suffisamment de précision en routine (Lish et al., 2008).

D'autres caractères phénotypiques comprenant la masse corporelle, les longueurs et hauteurs de différents coussinets et du phylum nasal chez des chiots dalmatiens de moins de 5 mois ont été étudiés et une bonne corrélation avec le diamètre interne trachéale a été démontrée. (Avki et al., 2006). Néanmoins, cette étude est purement statistique, et n'a pas été testée en pratique. De plus, ces critères ne sont pas applicables à l'ensemble des races de l'espèce canine et de surcroît, sur tous les stades physiologiques.

Une étude récente de 2019 (Haider et al., 2019) s'est basée sur des paramètres phénotypiques permettant de mettre en corrélation le diamètre interne de la trachée et le diamètre de la sonde endotrachéale. Un graphique permettant de sélectionner le diamètre de la sonde endotrachéale en fonction de la masse corporelle, qui était le

critère ayant la corrélation la plus forte, a été proposé. En ce qui concerne les mésocéphales et les dolicéphales, l'utilisation du graphique permettait une sélection exacte de la sonde à 0.5mm près dans 65% des cas et à 1mm près pour 87% des cas (soit à 1 et 2 tailles de sonde près respectivement). En revanche pour les brachycéphales, ce graphique manquait de spécificité et les diamètres de la sonde étaient fréquemment surestimés. De plus, l'absence d'utilisation de ce graphique à plus grande échelle ne permet pas d'avoir le recul nécessaire pour son usage au quotidien.

Les études actuelles proposant l'utilisation de caractéristiques morphologiques pour déterminer le diamètre de la sonde endotrachéale ne permettent pas une estimation correcte pour un usage en routine et il reste conseillé de préparer 3 sondes de diamètre différent, une supposée au diamètre idéal, et deux autres respectivement aux diamètres supérieur et inférieur, avant de procéder à l'intubation.

2. Grâce à l'imagerie médicale

L'intérêt de l'imagerie médicale, notamment de la radiographie thoracique, est de réaliser une mesure directe du diamètre interne de la trachée sur l'animal vigile et pouvoir choisir le diamètre adéquat de la sonde endotrachéale en conséquence, avant la réalisation de l'anesthésie générale.

Il existe de nombreuses techniques permettant la mesure du diamètre interne de la trachée sur la radiographie thoracique. La plus communément utilisée consiste à mesurer le diamètre dans la portion la plus étroite de la trachée soit au niveau du point d'entrée dans le thorax. Ce dernier est repéré par une ligne partant de l'aspect ventral du plateau vertébral se trouvant en regard du milieu de la côte la plus crâniale jusqu'à l'aspect dorsal du manubrium sternal à son aspect le plus fin. Puis la mesure est réalisée entre les marges internes de la trachée selon un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal de la trachée (Harvey et al. 1982).

Selon une étude réalisée sur des chiens Beagle (Shin et al., 2018), le diamètre de la sonde endotrachéale adéquat, minimisant les dommages sur cette dernière par gonflement du ballonnet et limitant les fuites de gaz, serait égal à 70% du diamètre interne de la trachée mesurée sur la radiographie thoracique.

Cependant, la radiographie thoracique n'est pas une méthode parfaitement fiable pour mesurer le diamètre interne de la trachée puisqu'une étude montre qu'elle le sous-estimerait de 1.03mm en moyenne sur l'ensemble de la trachée par rapport à l'examen tomodensitométrique (Montgomery et al., 2015). Cette différence est à relativiser car paraît néanmoins peu significative pour le choix du diamètre de la sonde endotrachéale.

Bien que ces méthodes d'imagerie médicale paraissent prometteuses pour choisir correctement le diamètre de la sonde ainsi que sa profondeur d'insertion, leur usage en routine semble limité.

II. Les méthodes usuelles de détection de la position de la sonde

A. Capnométrie

La capnométrie consiste en la mesure non invasive de la teneur en dioxygène de carbone inspiré et expiré au cours d'un cycle respiratoire. Elle comprend la mesure du CO₂ exhalé en fin d'expiration (EtCO₂), ce qui permet d'approximer la pression artérielle en CO₂ (PaCO₂) à 2-5mmHg près. En situation physiologique, au cours d'une anesthésie générale, cette valeur doit se situer entre 45 et 55 mmHg. La capnographie consiste en la représentation graphique du CO₂ inspiré et expiré au cours d'un cycle respiratoire et permet une approche qualitative de la fonction ventilatoire.

On distingue 2 systèmes de mesure :

- Main stream, qui donne l'information en instantanée et nécessite une intubation
- Side stream, qui donne l'information en décalée dans le temps mais ne nécessite pas forcément une intubation.

En situation physiologique, le capnogramme comprend 4 phases (Figure 9):

- I : début de l'expiration
- II : vidange de l'espace mort
- III : plateau alvéolaire
- O : début de l'inspiration

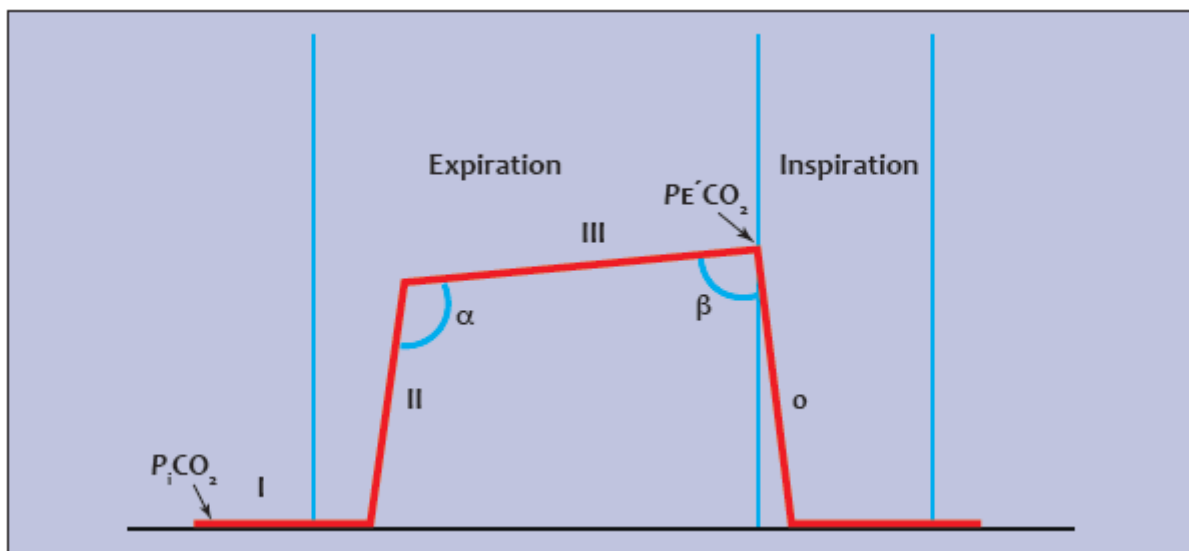


Figure 9 : Illustration d'un capnographe sur un cycle respiratoire normal
 α = adéquation ventilation/perfusion ; β = illustre la ré-inhalation ; $P_{E'}CO_2$ = pression partielle en CO_2 en fin d'expiration ; P_iCO_2 = pression partielle en CO_2 en fin d'inspiration. (Duke-Novakovski, et al., 2016)

L'évaluation de la représentation graphique et de l' $EtCO_2$ permet de donner des informations sur l'état de la ventilation, du métabolisme, de la perfusion du patient ou d'une potentielle défaillance de l'équipement. On distingue la méthode colorimétrique de la méthode quantitative graphique qui offre le capnographe décrit plus haut (Figure 9). La méthode colorimétrique est plus accessible, simple d'usage et moins cher mais également moins fiable que la capnographie quantitative (Varon et al., 1991).

La capnographie quantitative ($EtCO_2$) est considérée comme le gold standard pour la détection de l'intubation œsophagienne chez le patient anesthésié, avec une spécificité et une sensibilité proche de 100% (ANON., 2015) (Knapp et al., 1999). L'intubation œsophagienne se détecte par une absence de tracé capnographique ou un tracé aberrant. Sa détection est primordiale, une intubation œsophagienne pouvant mener à une issue mortelle (McCoy et al., 1997 ; Lish et al. 2001). Néanmoins, dans un contexte d'urgence, notamment lors d'arrêt cardio-respiratoire, la capnographie se révèle imparfaite : une méta-analyse (Li, 2001) a montré que sa sensibilité était seulement de 93% et sa spécificité de 97%. Dans cette même étude, il est mis en évidence qu'en cas d'arrêt cardio-respiratoire, le taux de faux négatifs atteignait les 7%. Ce pourcentage s'explique par une obstruction possible des voies respiratoires, une mauvaise perfusion pulmonaire ou l'utilisation d'adrénaline (Grmec,

2002 ; Takeda et al., 2003), qui sont courants lors d'arrêt cardiaque. Il est alors nécessaire de coupler cette méthode à d'autres.

En ce qui concerne la détection de l'intubation endobronchique, le tracé capnographique n'est pas ou peu modifié dans la majorité des cas : aucune modification ne serait observée dans 88,5% des cas d'intubation sélective selon une étude qui évalue le risque de l'intubation endobronchique chez l'homme (McCoy et al., 1997).

Dans les cas où une modification de la capnographie est rapportée, il est possible d'observer une chute brutale de l'EtCO₂ (Riley et al. 1985) ou encore l'apparition d'un tracé bi phasique au niveau du plateau alvéolaire (Gilbert et al. 1989). La première modification s'explique par l'augmentation du ratio ventilation-perfusion (V/Q) du poumon intubé sélectivement. Or la ventilation alvéolaire est inversement proportionnelle à la PaCO₂, d'où une diminution de l'EtCO₂. La seconde modification s'explique par un retard de vidange du CO₂ expiré en provenance du poumon non ventilé ou du lobe crânial droit : le premier pic correspond alors au CO₂ expiré provenant du poumon intubé sélectivement et le second pic au CO₂ expiré provenant du poumon non ventilé.

Une méthode plus récente en médecine humaine, toujours basée sur la capnométrie, utilise le système ApnoGuard qui adapte la pression intra-ballonnet en fonction de la pression partielle en CO₂ mesurée au-dessus du ballonnet. Elle montre qu'une intubation sélective peut être détectée par la mesure continue de CO₂ jusqu'à 6mmHg en provenance du poumon non ventilé. Dès lors que la sonde est repositionnée dans la trachée, le gonflement du ballonnet permet d'assurer l'étanchéité du système et le CO₂ n'est plus détecté en amont du ballonnet (Efrati et al., 2014) . Ce système n'est cependant pour le moment pas disponible en médecine vétérinaire.

B. Mesures de la saturation en oxygène

La fonction d'hématose est également impactée lors d'intubation endobronchique : sa détérioration peut être détectée par des techniques de mesures de la saturation ou de la pression partielle en oxygène. On distingue des méthodes : d'une part non invasive telle que l'oxymétrie de pouls, qui consiste en une estimation de la quantité d'oxygène fixée à l'hémoglobine et qui peut s'effectuer au niveau des muqueuses ou en transcutané ; et d'autre part des méthodes invasives qui nécessitent un prélèvement artériel, voire la mise en place d'un cathéter artériel. Il est alors possible d'effectuer une gazométrie artérielle et obtenir directement une valeur de la PaO_2 et de la SaO_2 ou encore par la mesure de la fluorescence de l' O_2 par l'insertion d'une fibre optique (ou optode) dans le cathéter artériel.

La méthode la plus accessible en routine pour évaluer la saturation en oxygène est l'oxymétrie de pouls. Cependant cette méthode montre une sensibilité très faible pour détecter l'intubation endobronchique puisque qu'aucune variation notable n'est observée pour des FiO_2 supérieures à 0,3 lors de la provocation d'une intubation endobronchique (Barker et al., 1988).

En ce qui concerne les méthodes invasives, elles se révèlent les plus sensibles pour détecter une dysfonction de la fonction d'oxygénation. La mesure des gaz artériels nécessite néanmoins un délai non négligeable entre le prélèvement et l'analyse. Quant à l'optode, elle permet une mesure en temps réel avec un délai de quelques secondes, avec une chute significative de la PaO_2 lors d'intubation endobronchique quel que soit la FiO_2 (Barker et al., 1988).

C. Auscultation thoracique bilatérale

L'auscultation thoracique bilatérale lors d'une ventilation à pression positive est une méthode non invasive et rapide pour vérifier le positionnement de la sonde dans la trachée. Théoriquement, une intubation endobronchique se traduirait par un renforcement des bruits respiratoires du côté sélectivement intubé et une diminution voire une absence de ces bruits du côté non ventilé. Néanmoins, d'après une étude en humaine, des anesthésistes inexpérimentés ne détectaient pas l'intubation endobronchique par cette méthode dans 55% des cas, et la sensibilité n'était que de

65% quel que soit le niveau d'expérience de l'opérateur (Sitzwohl et al., 2010). Ces chiffres sont similaires à une étude antérieure qui avait montré que pour 60% des intubations sélectives, des bruits respiratoires étaient entendus dans chacun des hémithorax (Brunel et al. 1989). Ce nombre élevé de faux négatifs peut s'expliquer par l'audition, lors de l'auscultation du côté non ventilé, des bruits contro-latéraux provenant du poumon ventilé.

D. Imagerie médicale

La radiographie thoracique est également considérée comme un gold standard permettant de détecter les malpositions, notamment sélective, de la sonde suite à l'intubation (Brunel et al., 1989). L'intubation endobronchique sera identifiable par la visualisation de l'extrémité distale de la sonde endotrachéale au-delà de la carène bronchique, voire une atélectasie du poumon non ventilé. Néanmoins, son utilisation en pratique quotidienne dans des contextes d'urgence, comme les arrêts cardio-respiratoires, ou hors de l'hôpital reste limitée, notamment par le temps nécessaire à sa mise en œuvre et son accessibilité (Sim et al., 2012). La radiographie thoracique reste cependant une étape recommandée pour confirmer la position trachéale de la sonde (Hossein-Nejad et al., 2013).

La fibre optique est une autre technique actuellement utilisée en médecine humaine pour préciser la position de la sonde. Le dispositif est placé à l'intérieur de la sonde endotrachéale après intubation et permet la visualisation des voies respiratoires se situant après l'extrémité distale de la sonde. En comparaison à l'auscultation bilatérale, cette technique était sensiblement supérieure pour détecter les changements de position de la sonde dont la migration endobronchique (Ezri et al., 2006).

III. Approche échographique : une nouvelle méthode de détermination de la position de la sonde endotrachéale chez le chien

L'échographie est un procédé bien connu en médecine humaine pour déterminer la position de la sonde endotrachéale. Elle trouve son intérêt tout particulièrement lors des situations d'urgence, et notamment lors d'arrêt cardio-respiratoire, où sa sensibilité peut être supérieure aux méthodes usuelles et sa mise en œuvre, rapide, ce qui est essentielle dans ces contextes. Des méthodes de visualisation directe et indirecte de la sonde endotrachéale permettent de différencier une intubation trachéale d'une intubation œsophagienne, et objectiver la présence d'une intubation endobronchique. Plusieurs méta-analyses (Das et al., 2015 ; Chou et al., 2015 ; Gottlieb et al., 2018 ; Sahu et al., 2020) attestent de sa haute sensibilité et spécificité pour déterminer la position exacte de la sonde, et ce quel que soit le contexte, la méthode employée ou le niveau d'expérience de l'imageur ; comparativement aux méthodes usuelles. On distingue trois fenêtres échographiques principalement pour déterminer la position de la sonde : transtrachéale, intercostale et diaphragmatique. Chez le chien, il existe peu d'étude expérimentale permettant d'attester de la fiabilité de l'échographie.

A. La méthode transtrachéale : visualisation directe de la sonde

1. Description de la méthode

a. Chez l'homme

La méthode transtrachéale consiste à visualiser directement la sonde dans la trachée, lors de son passage (évaluation dynamique) ou en post-intubation (évaluation statique). Pour se faire, chez l'homme, la sonde échographique est placée au niveau de la fossette supra sternale (Figure 10, A). Lors de l'évaluation statique, on trouve principalement deux signes échographiques pour confirmer une intubation trachéale :

- La présence d'une unique ligne hyperéchogène incurvée qui représente l'interface air-muqueuse de la trachée associée à un artéfact de réverbération ou queue de comète ainsi qu'un cône d'ombre postérieur (Figure 10, c), tandis qu'une intubation œsophagienne sera caractérisée par la présence de deux lignes hyperéchogènes de par la présence simultanée d'air dans la trachée et

dans l'œsophage via la sonde (Figure 10, D). Ce signe est aussi appelé le signe de la double ligne (ou « double tract sign » en anglais) (Chou et al., 2011).

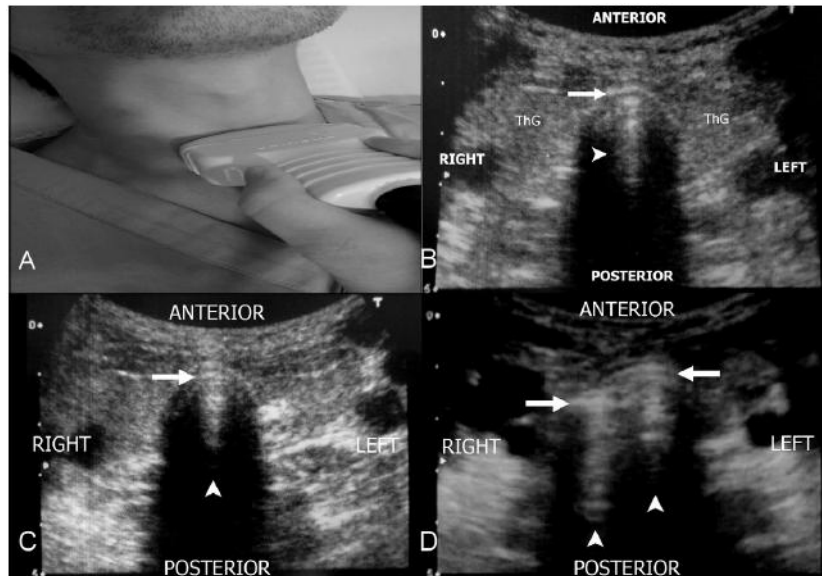


Figure 10 : Evaluation échographique selon la méthode transtrachéale statique pour déterminer la position de la sonde endotrachéale : signe de la double ligne (Chou et al., 2011).

- Le changement d'apparence de l'entrée du larynx, qui passe d'une forme triangulaire à une forme arrondie après le passage de la sonde. Ce signe est appelé le signe de la balle (ou « bullet sign » en anglais) (Park et al., 2009) (Figure 11).

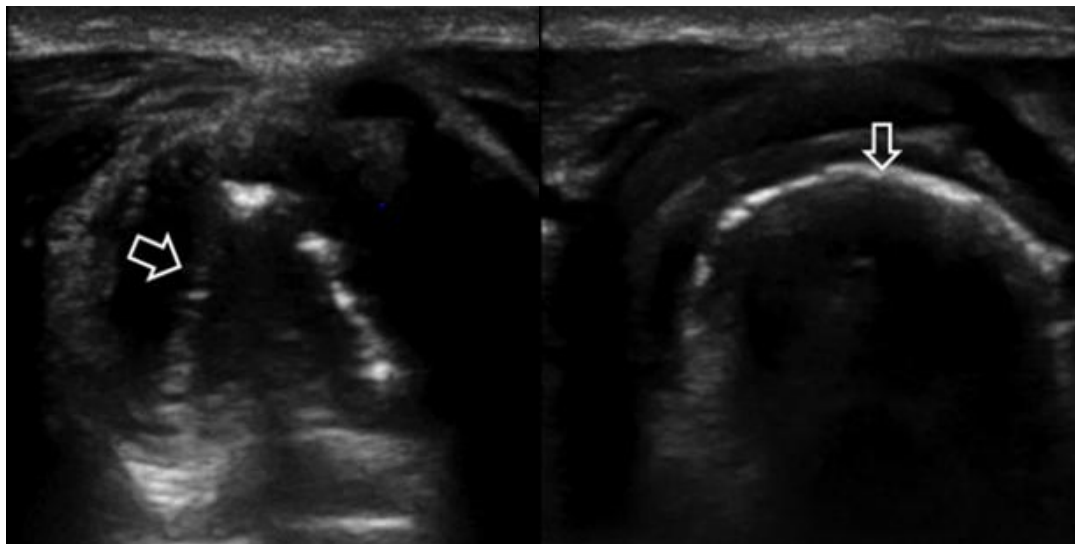


Figure 11 : Evaluation échographique selon la méthode transtrachéale statique pour déterminer la position de la sonde endotrachéale : signe de la balle

A gauche : Aspect triangulaire de l'entrée du larynx avec visualisation des cordes vocales au niveau de la flèche

A droite : Déformation en arrondi suite au passage de la sonde endotrachéale dans le larynx. (Park et al., 2009)

En ce qui concerne l'évaluation dynamique, l'échographie est réalisée et analysée au moment de l'intubation. Lors d'une intubation trachéale, on pourra observer au passage de la sonde, une image décrite comme une brève oscillation ou le signe de la tempête de neige (en anglais « brief flutter » ou « snow-storm »). L'absence de l'observation de ces modifications ou le gonflement de l'œsophage au moment de l'intubation seront caractéristiques d'une intubation œsophagienne (Milling et al., 2007).

Une étude pilote menée sur des cadavres humains a montré la faisabilité de la méthode transtrachéale dynamique et statique (Ma et al., 2007), bien que la sensibilité pour la méthode statique n'était que de 51%. D'autres études ont démontré qu'en situation contrôlée et d'urgence, sur des patients vivants, la méthode transtrachéale statique présente une fiabilité similaire à la capnographie (Adi et al., 2013 ; Chou et al., 2011 ; 2013). De même pour l'évaluation transtrachéale dynamique, elle est aussi fiable mais également plus rapide à mettre en œuvre que la capnographie et l'auscultation bilatérale (Chowdhury et al., 2020 ; Milling et al., 2007). L'évaluation anatomique de l'œsophage, avec la visualisation de l'absence de la sonde en son sein, est spécifique à 100% que ce soit en phase dynamique ou statique, ce qui en fait une méthode de choix pour affirmer la position trachéale de la sonde (Hoffmann et al., 2014).

Une méta-analyse de 2015 comparant 11 études qui évaluent la méthode transtrachéale statique et dynamique a montré une sensibilité et une spécificité de 98% quel que soit le contexte ainsi qu'une spécificité de 94% en contexte d'urgence. (Das et al., 2015). Bien que la différence ne soit pas significative, il semblerait que l'évaluation dynamique soit plus efficace, puisque le passage de la sonde est directement visualisé dans la trachée. Une autre méta-analyse plus récente et menée sur plus de 2500 patients a montré des résultats de sensibilité et de spécificité similaire pour cette méthode (Sahu et al., 2020).

b. Chez le chien

En 2016, une étude pilote menée sur 6 cadavres de chien a tenté de transposer la méthode transtrachéale utilisée en médecine humaine pour différencier les positions trachéale et œsophagienne de la sonde, en évaluation statique (Herreria-Bustillo et al., 2016). En plaçant une sonde curvilinéaire près du larynx au niveau du sillon jugulaire, cette étude montre que l'échographie cervicale chez le chien présente une sensibilité de 91,7% et une spécificité de 72,7%. Lors d'intubation trachéale, on trouve une unique ligne hyperéchogène associée à un artefact de réverbération correspond à l'air contenu dans la trachée. Lors d'intubation œsophagienne, de par la présence d'air à la fois dans la trachée et dans l'œsophage, on note l'apparition d'un second artefact de réverbération (Figure 12).

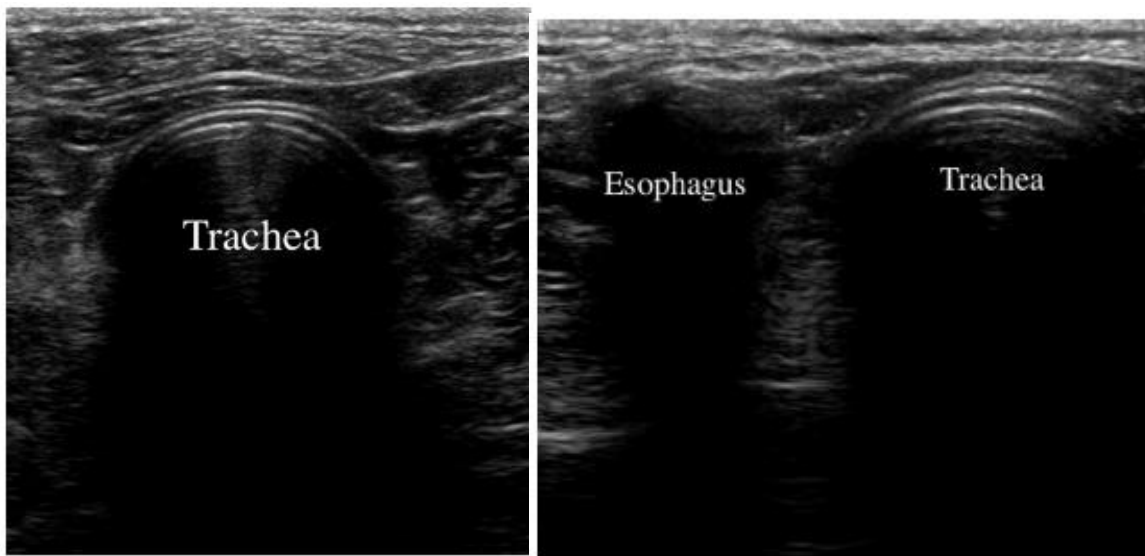


Figure 12 : Mise en évidence chez le chien d'une intubation endotrachéale à gauche et d'une intubation œsophagienne à droite par la méthode transtrachéale échographique statique (Herreria-Bustillo et al., 2016).

Néanmoins, de manière similaire à l'homme, cette méthode ne permet pas d'objectiver une intubation endobronchique. Cette étude révèle la faisabilité de cette méthode chez le chien, bien qu'elle soit réalisée sur un faible effectif et montre une spécificité modérée, possiblement liée à la difficulté de la lecture échographique sur des chiens de petit gabarit.

2. Intérêts et limites de cette méthode

La méthode transtrachéale offre une possibilité de détection de la bonne position trachéale avec une sensibilité ainsi qu'une spécificité égales à la capnographie, notamment dans son utilisation en dynamique puisqu'elle permet une visualisation directe du passage de la sonde dans la trachée. De plus, elle peut être réalisée sans initiation de la ventilation, ce qui permet d'éviter l'insufflation d'air dans l'estomac en cas d'intubation œsophagienne : c'est un atout majeur par rapport à la capnographie qui nécessite en moyenne 6 cycles respiratoires pour confirmer ou infirmer la position trachéale de la sonde (Pfeiffer et al., 2012).

Elle se prête particulièrement aux contextes des urgences, plus précisément lors d'arrêt cardio-respiratoire, puisqu'elle peut être réalisée sans interruption du massage cardiaque. Dans ce contexte, les dernières recommandations en termes de prise en charge préconisent d'ailleurs d'employer l'échographie plutôt que la capnographie, ou du moins en complément. (Callaway et al., 2015).

En outre, il semblerait que l'échographie transtrachéale soit une méthode accessible et rapide à maîtriser, et ce quel que soit le niveau initial de l'imageur (Chenkin et al., 2015). Elle reste néanmoins opérateur-dépendant, contrairement à la capnographie.

Sa limite principale réside dans le fait qu'il s'agit d'une vérification de première intention de la position de la sonde, c'est-à-dire qu'elle ne permet de distinguer que la position trachéale de la position œsophagienne : elle n'apporte aucune information sur une éventuelle intubation sélective. De plus, aucune étude n'a encore montré sa faisabilité lors de modification anatomique de la région cervicale, de présences de masses cervicales, de traumatismes cervicaux ou de structures interférents avec l'échographie (emphysème ou œdème) que ce soit chez l'homme ou chez l'animal.

Intérêts	Limites
<ul style="list-style-type: none"> - Haute sensibilité et spécificité indépendamment du : <ul style="list-style-type: none"> o Niveau d'expérience de l'imageur o Contexte (situation contrôlée et urgences) o Type de sonde o Signes échographiques observés - Facilement accessible - Rapide - Ventilation non nécessaire - Compatible avec la réalisation du massage cardiaque pour les patients admis en arrêt cardio-respiratoire 	<ul style="list-style-type: none"> - Opérateur-dépendant - Impossibilité d'objectiver une intubation sélective - Modifications anatomiques de la région cervicale, masses cervicales, traumatismes cervicaux, emphysèmes et œdèmes sous-cutanés cervicaux

Tableau 2 : Présentation des intérêts et des limites de la méthode échographique transtrachéale pour différencier l'intubation trachéale de l'intubation œsophagienne chez l'homme

B. La méthode pulmonaire : détection par des signes indirects

1. Description du glissement pleural

Le glissement pleural (ou glide sign) est un signe échographique utilisé en médecine d'urgence depuis longtemps, chez l'homme comme chez l'animal, qui sert à objectiver la présence d'un pneumothorax en vue CTS lors de la réalisation d'une FAST thoracique (t-FAST) dans le cadre de l'admission en urgence d'un patient polytraumatisé ou présentant des difficultés respiratoires (Lisciandro et al., 2014). L'objectif de la t-FAST est de faire une évaluation globale des lésions pulmonaires en déterminant la présence de liquide (vue PCS et DH) ou d'air (vue CTS) au niveau des poumons et du cœur ainsi qu'un éventuel engagement des organes abdominaux via une brèche diaphragmatique (vue DH) (Figure 13).

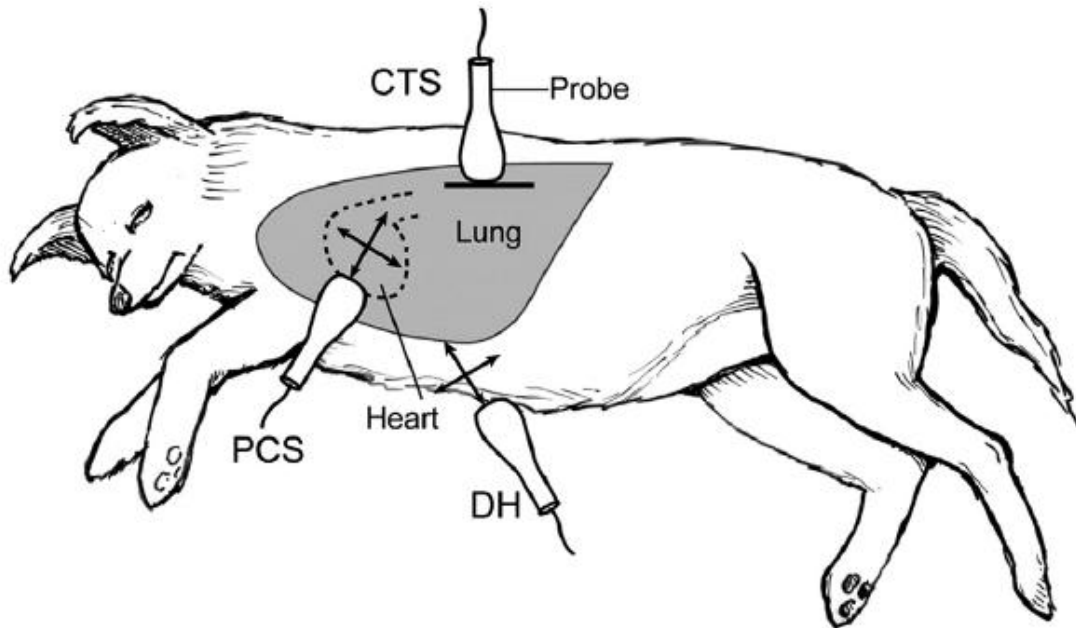
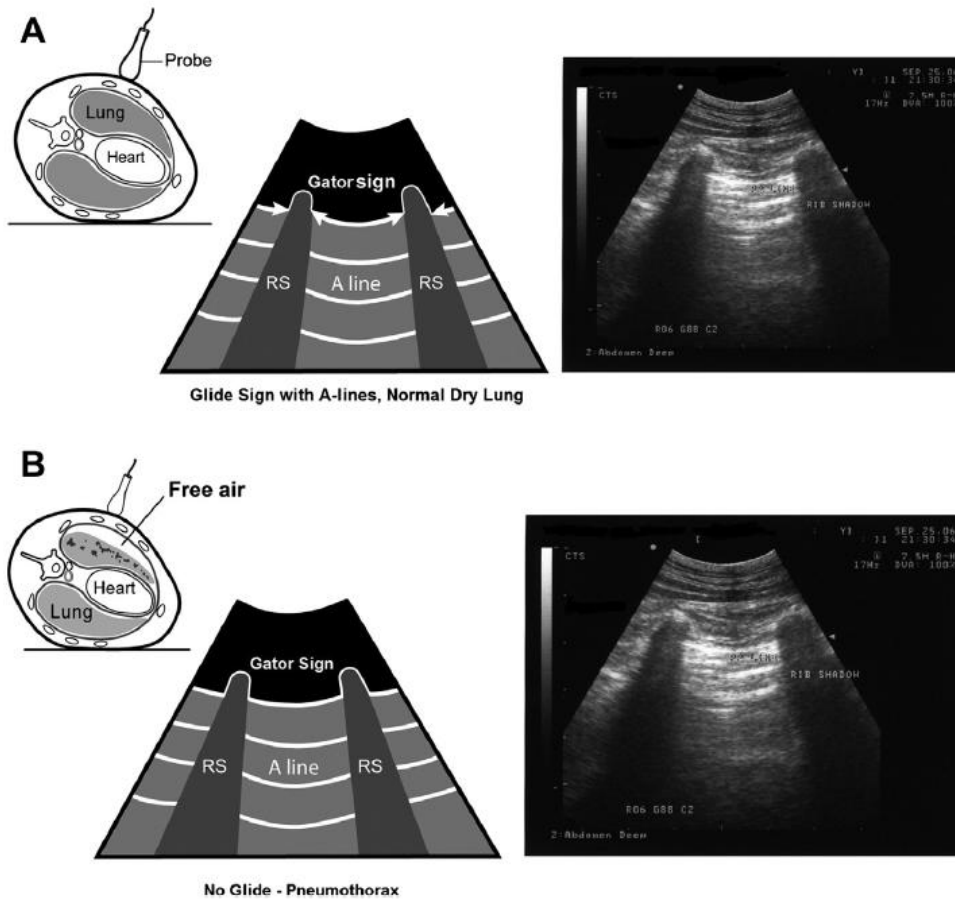


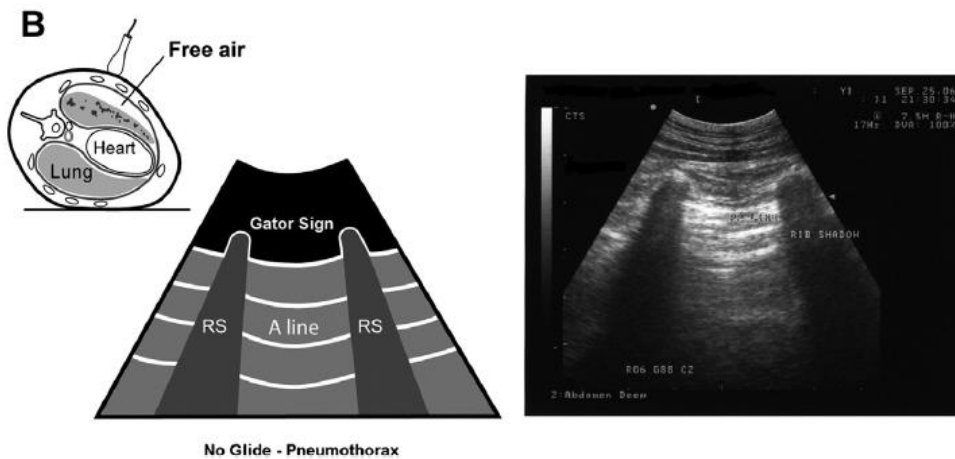
Figure 13 : Présentation des différentes fenêtres échographiques lors de la réalisation d'une FAST thoracique
(Boysen, Lisciandro, 2013).

En situation physiologique, la plèvre viscérale coulisse contre la plèvre pariétale à chaque cycle respiratoire. Ce mouvement est également observé bilatéralement lors de la réalisation d'une ventilation à pression positive chez un patient correctement intubé. Il est mis en évidence en posant la sonde échographique en intercostal. On pourra alors observer à l'échographie :

- En mode 2D (Figure 14) :
 - En situation physiologique : deux lignes hyperéchogènes qui coulisent lors des mouvements respiratoires et qui représentent les plèvres apposées l'une contre l'autre ;
 - Lors de pneumothorax : une absence de glissement de ces deux lignes hyperéchogènes.



Glide Sign with A-lines, Normal Dry Lung



No Glide - Pneumothorax

Figure 14 : Présentation de l'image échographique d'un glissement pleural en mode bidimensionnel (Lisciandro et al., 2014)

A : Représentation schématique d'un poumon sain avec la présence d'un glissement pleural
 B : Représentation schématique d'un pneumothorax avec l'absence de glissement pleural

- En mode TM (Figure 15) :
 - o En situation physiologique : une ligne hyperéchogène qui représente la ligne pleurale avec de part et d'autre de cette ligne, en portion superficielle, les structures inertes qui génèrent des lignes horizontales, et en profondeur, un aspect granuleux ou « sableux » en profondeur lié à la dynamique générée par la ventilation. Ce phénomène est aussi appelé signe du bord de mer (« seashore sign » en anglais) ;
 - o Lors de pneumothorax : une ligne hyperéchogène qui représente la ligne pleurale associée à un pattern linéaire similaire en profondeur, qui démontre une immobilité des structures lors d'une ventilation. Ce phénomène est aussi appelé signe de la stratosphère ou du code barre (respectivement en anglais « stratosphere sign » et « barcode sign »).

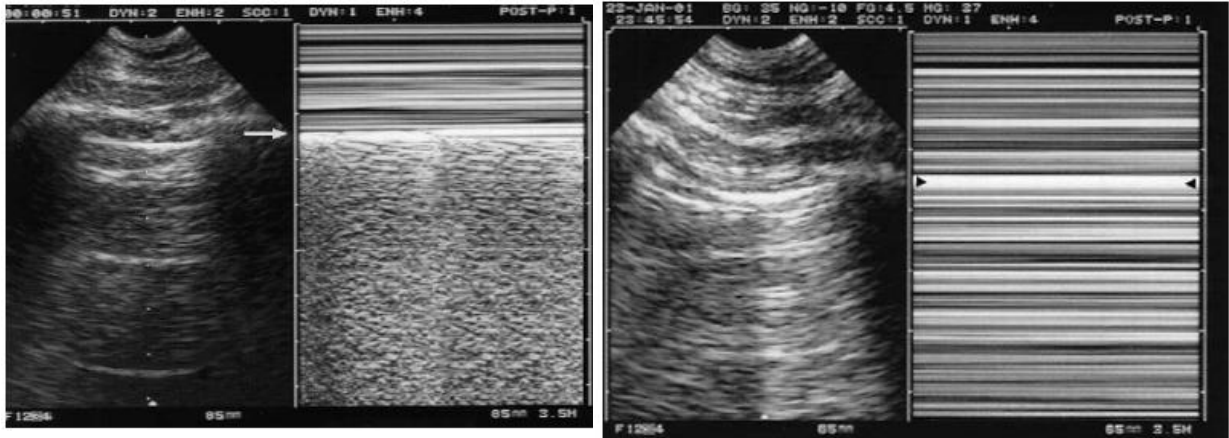


Figure 15 : Présentation de l'image échographique d'un glissement pleural en mode temps mouvement (Lichtenstein, 2007)

A gauche : Poumon sain (signe du « bord de mer ») ; A droite : Pneumothorax (signe du « code barre »)

2. Utilisation du glissement pleural pour la détection de l'intubation sélective

a. Chez l'homme

Une étude pilote menée sur des cadavres humains (Weaver et al., 2006) a montré que la détection du glissement pleural pouvait être utilisée pour identifier une position endobronchique de la sonde selon l'assertion suivante : la présence d'un glissement pleural bilatéral c'est-à-dire sur chaque hémithorax est en faveur d'une intubation trachéale tandis que lors d'une intubation sélective, ce glissement pleural n'est présent que du côté du poumon ventilé. Une autre étude préliminaire a démontré que ce postulat était applicable sur des patients vivants (Chun et al., 2004) et ce, avec une bonne sensibilité, même en situation d'urgence sur des patients en arrêt cardiaque (Sim et al., 2012).

De plus, en comparaison aux méthodes usuelles, l'échographie présente de nombreux avantages. Elle permet un diagnostic en un temps en moyenne 15 fois plus court que la radiographie thoracique tout en conservant une efficacité similaire (Sim et al., 2012). Une autre étude a montré une différence significative de sensibilité et de spécificité entre l'auscultation et l'échographie pour différencier une intubation sélective d'une intubation trachéale, puisqu'elles étaient respectivement de 66% et 59% pour l'auscultation et de 93% et de 96% pour l'échographie (Ramsingh et al., 2016).

b. Chez l'animal

Une étude préliminaire réalisée sur 4 chats a montré la faisabilité de la mise en évidence échographique de la position de la sonde endotrachéale par la visualisation du glissement pleural lors d'une ventilation à pression positive (Faucher, 2019). Les résultats de la lecture des images échographiques étaient en accord avec les images radiographiques, méthode considérée comme le gold standard. Néanmoins aucune intubation endobronchique n'a été mise en évidence dans cette étude.

3. Description de la méthode diaphragmatique

La méthode diaphragmatique est la seconde méthode pulmonaire décrite chez l'homme permettant de déterminer indirectement la position de la sonde par l'observation des mouvements diaphragmatiques lors d'une ventilation à pression positive (Hsieh et al., 2004). La sonde est positionnée au niveau de l'abdomen supérieur en direction crâniale pour visualiser les coupes diaphragmatiques. Selon (Kerrey et al., 2009), en condition d'urgence, la sensibilité pour repérer les positions trachéale et endobronchique étaient respectivement de 91 et 50%. En comparaison à la radiographie thoracique, cette méthode, bien que plus rapide, n'est pas équivalente pour détecter la position de la sonde.

4. Intérêts et limites du glissement pleural

L'intérêt majeur est la détection d'une intubation endobronchique en plus de l'intubation œsophagienne avec une très bonne sensibilité et spécificité, de façon rapide, indépendamment du contexte et de la spécialité du manipulateur. De plus, en combinant la méthode transtrachéale et la détection du glissement pleural, une étude a montré qu'on parvient à 100% de sensibilité pour déterminer la position de la sonde endotrachéale et ce, en une durée équivalente à la mise en œuvre seule de la capnographie (Pfeiffer et al., 2012).

Cependant, aucune étude n'a montré sa faisabilité chez des patients présentant des troubles respiratoires susceptibles d'interférer avec le diagnostic, notamment lors de présence d'un pneumothorax. Néanmoins, associé à un autre signe radiographique

appelé le lung pulse, une étude basé sur 3 cas a montré qu'il serait possible de différencier un pneumothorax d'une intubation sélective (Blaivas, Tsung, 2008). Sa mise en œuvre est également limitée lors d'atteintes de cette zone telles que des traumatismes de la cage thoracique, de l'emphysème sous-cutané, une inflammation ou des adhésions pleurales ou encore une atteinte du tissu pulmonaire.

Contrairement à la méthode transtrachéale, l'évaluation du glissement pleural est compliquée à mettre en œuvre chez un patient en arrêt cardiaque, puisqu'elle nécessite un arrêt du massage cardiaque.

Enfin, il est théoriquement possible d'obtenir de faux positifs c'est-à-dire de conclure à une intubation trachéale alors que l'intubation est sélective par deux procédés : d'une part la transmission mécanique du mouvement lors de l'inflation du poumon sélectivement intubé, au poumon controlatéral pourtant non ventilé et d'autre part, lors de présence de fuites d'air en provenance du ballonnet lorsque ce dernier se situe au niveau des bronches souches, ce qui induirait de légers mouvements des plèvres simulant un glissement pleural (Pfeiffer et al., 2012). Des faux-négatifs peuvent survenir lorsque le glissement pleural est évalué sur une zone de faible expansion pulmonaire ou lors d'atteintes pulmonaires qui limitent cette expansion.

Intérêts	Limites
<ul style="list-style-type: none"> - Haute sensibilité et spécificité indépendamment du : <ul style="list-style-type: none"> o Niveau d'expérience de l'imageur o Contexte (situation contrôlée et urgences) o Type de sonde - Facilement accessible - Rapide - Différenciation intubation œsophagienne – trachéale et intubation trachéale – endobronchique 	<ul style="list-style-type: none"> - Opérateur-dépendant - Traumatismes de la cage thoracique ou atteinte des voies respiratoires profondes (espace pleural ou pulmonaire) - Ventilation nécessaire - Présence d'un pneumothorax - Faux-positifs : <ul style="list-style-type: none"> o Transmission mécanique o Fuites d'air au niveau du ballonnet - Faux-négatifs : <ul style="list-style-type: none"> o Zones de faible expansion pulmonaire

Tableau 3 : Présentation des intérêts et des limites du glissement pleural pour différencier l'intubation trachéale de l'intubation œsophagienne ainsi que l'intubation trachéale de l'intubation endobronchique chez l'homme

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

I. Objectifs

Le principal objectif de cette étude est d'évaluer la faisabilité et la fiabilité de l'échographie thoracique, et plus précisément le signe du glissement pleural, pour différencier une intubation trachéale d'une intubation endobronchique chez le chien de moins de 10kg, en comparaison avec l'auscultation thoracique bilatérale et la radiographie thoracique. Cette dernière méthode est considérée dans l'étude comme le gold standard pour déterminer la position de la sonde.

. L'objectif secondaire est d'évaluer la distance résiduelle entre l'extrémité distale de la sonde trachéale et la carène bronchique sur des images radiographique du thorax, dans 2 situations :

- Lorsque la longueur d'insertion de la sonde dans la trachée correspond à l'entrée du thorax, considérée comme un repère anatomique fiable pour déterminer la longueur à introduire dans les voies respiratoires chez le chien, L1 ;
- Lorsque la sonde trachéale est introduite sur l'intégralité de sa longueur, L2.

Ceci permettra de déterminer d'un côté, le risque d'occurrence d'une intubation endobronchique malgré une longueur d'insertion dite idéale et d'un autre, dans le cas où la sonde serait accidentellement insérée sur son intégralité.

Pour finir, un dernier objectif est d'évaluer l'éventuelle majoration de l'espace mort physiologique anatomique engendrée par la sonde par l'observation de la ré-inhalation du CO₂ à la capnographie en cas d'insertion de la sonde sur une longueur supposée idéale, c'est-à-dire en prenant l'entrée du thorax comme repère anatomique.

II. Matériels et méthodes

A. Sélection de la population

1. Critères d'inclusion

Sont inclus dans l'étude, tous les chiens de moins de 10kg, venant à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse pour une anesthésie générale, où une intubation endotrachéale est nécessaire. La période d'inclusion s'étend du 27 janvier 2020 au 23 février 2020 puis du 09 juin 2020 au 09 juillet 2020.

2. Critères d'exclusion

Sont écartés de l'étude, tous les sujets présentant des affections broncho-pulmonaires connues, susceptibles d'interférer avec l'interprétation échographique (pneumothorax, atélectasie et fibrose pulmonaire) ou présentant, à l'examen clinique d'admission, des troubles respiratoires laissant supposer une atteinte du bas appareil respiratoire.

B. Conditions de réalisation de l'étude

1. Réalisation de l'examen clinique d'admission

Le jour de la réalisation de l'anesthésie générale, les animaux sont pesés et hospitalisés. Ils sont à jeun depuis la veille au soir. Un examen clinique exhaustif et rigoureux est réalisé avec une attention particulière apportée à la recherche de signes cliniques en faveur de troubles respiratoires broncho-pulmonaires (auxquels cas, les animaux pourront être exclus de l'étude).

Cet examen clinique repose sur :

- Température rectale ;
- L'évaluation de l'état d'hydratation, estimée par la persistance du pli de peau scapulaire et la sécheresse des muqueuses (exprimé en pourcentage) ;
- L'appareil cardiovasculaire : temps de remplissage vasculaire (TRC) auscultation cardiaque (fréquence cardiaque (FC), présence de bruits surajoutés, de souffles, d'arythmies), concordance du choc précordial et du pouls fémoral, caractéristiques du pouls fémoral ;

- L'appareil respiratoire : couleur des muqueuses (rosées, cyanosées, congestionnées), présence de toux, de dyspnée, auscultation pulmonaire (fréquence respiratoire (FR), présence de bruits surajoutés)
- Palpation abdominale
- Palpation des nœuds lymphatiques

A l'issu de cet examen clinique, le stade ASA est déterminé, le motif de l'anesthésie est également noté.

2. Déroulement de l'anesthésie

a. Pose d'une voie veineuse

Un cathéter est introduit dans la veine céphalique (gauche ou droite). Une perfusion per-anesthésique de chlorure de sodium isotonique (NaCl 0,9 %) ou de Ringer Lactate est immédiatement instaurée avec un débit de 5 mL/kg/h. L'anesthésiste se réserve le droit de modifier ce débit en cas de contre-indications évidentes.

b. Prémédication

La médication pré-anesthésique est réalisée 5 à 10 minutes avant l'induction de l'anesthésie. Les molécules, doses, voies et heure d'administration sont relevées sur la feuille de suivi anesthésique.

c. Induction

Du propofol est injecté par IV lente en titration jusqu'à effet. La narcose sera jugée suffisante par l'anesthésiste lorsque le réflexe palpébral disparaît ou n'est que très légèrement présent, qu'une relaxation de la mâchoire est obtenue et que les réflexes laryngés sont absents.

L'heure d'induction (T_0) ainsi que la dose administrée (en mg/kg) sont relevées sur la feuille de suivi anesthésique. Toute injection de dose entre T_0 et T_{+2min} est considérée comme comprise dans la dose d'induction.

C. Procédures de réalisation de l'étude

1. *Matériel nécessaire*

Il comprend :

- Sondes endotrachéales ;
- Guide sonde ;
- Laryngoscope ;
- Pas d'âne ;
- Compresse ;
- Anesthésique local (tronothane) ;
- Lacette fixation ;
- Seringue sèche ;
- Echographe avec une sonde microconvexe de 13MHz;
- Alcool.

2. *Chronologie de réalisation*

a. Intubation

Une fois la narcose jugée suffisante par l'anesthésiste, les animaux sont positionnés en décubitus sternal pour procéder à l'intubation endotrachéale. La longueur croc-entrée du thorax est mesurée et relevée (L1), telle que présentée dans la Figure 4. Le diamètre adéquat de la sonde est estimé par palpation trachéale lors de l'examen clinique. Trois diamètres de sonde sont choisis : le diamètre estimé, le diamètre supérieur et le diamètre inférieur. L'intubation est réalisée par le même expérimentateur (Mathilde Petibon) avec le diamètre le plus large, le cas échéant, le diamètre inférieur sera choisi, jusqu'à parvenir au diamètre approprié.

b. Contrôles et réalisation des images échographiques

Les manipulations suivantes sont réalisées dans un premier temps avec la sonde mise en place sur la longueur croc-entrée du thorax précédemment mesurée (L1) sur l'animal, puis dans un second temps ad integrum (L2) et dans le même déroulé chronologique, sur 100% de sa longueur dans la trachée. La sonde est immédiatement sécurisée. Les longueurs de la sonde insérée dans la trachée sont relevées (en cm). La localisation trachéale est vérifiée à l'aide d'un capnographe. Le

ballonnet est ensuite gonflé jusqu'à ne plus entendre de fuites lors d'une ventilation à pression positive. L'absence de ré-inhalation est vérifiée à l'aide de la capnographie ($\text{EtCO}_2 < 2\text{-}3 \text{ mmHg}$). Les valeurs d' EtCO_2 à l'inspiration et à l'expiration ainsi que de SpO_2 sont relevées toutes les 5 min.

i. Auscultation bilatérale

Le premier contrôle de la position de la sonde endotrachéale est réalisé par une auscultation bilatérale, au niveau du tiers supérieur du thorax entre la 8^{ème} et 9^{ème} côte. Sont notées la présence ou l'absence de bruits respiratoires lors de la réalisation d'une ventilation à pression positive (entre 12-15cmH₂O), à droite puis à gauche.

ii. Echographie thoracique

L'animal est toujours positionné en décubitus sternal. La sonde échographique est positionnée sur le tiers supérieur du thorax entre la 8^{ème} et la 9^{ème} côte (vue CTS), à droite puis à gauche. En fonction de la visibilité, des vidéos sur d'autres espaces intercostaux peuvent être réalisées si l'expérimentateur le juge nécessaire. Pour chaque espace intercostal, l'expérimentateur (MP) réalise une capture vidéo lors de 3 ventilations à pression positive (entre 12–15 cmH₂O) avec l'échographe selon la vue CTS, avec une sonde microconvexe.

iii. Radiographie thoracique

Le second contrôle est réalisé par la prise d'un cliché radiographique en vue dorso-ventrale afin de vérifier ultérieurement la localisation trachéale ou endobronchique de la sonde, dont la lecture sera réalisée par l'expérimentateur (MP).

D. Détermination de la position de la sonde par la visualisation du glissement pleural à l'échographie

Les vidéos échographiques sont ensuite analysées par le Pr. P. Verwaerde (directeur du service d'urgences et de soins intensifs à l'ENVA) et le Dr. Vet. M. Fenet (assistante hospitalière en imagerie à l'ENVV), à l'aveugle : pour chacune des images échographiques, deux lectures ont été réalisées par chacun des lecteurs.

En ce qui concerne les images échographiques, les observateurs devront indiquer la présence ou l'absence de glissement pleural. Pour chaque image, il sera conclu selon les hypothèses suivantes : un signe de glissement positif des deux côtés signifie que l'intubation est trachéale et non sélective ; un signe de glissement positif seulement à l'un des deux côtés signifie que l'intubation est trachéale et sélective du côté où le glissement pleural est observé. Lorsque plusieurs enregistrements échographiques étaient disponibles pour un même héli thorax à une longueur donnée, il suffisait qu'un glissement pleural soit visualisé sur l'une d'elles pour conclure à un signe de glissement positif sur l'ensemble de l'héli thorax.

E. Détermination de la position de la sonde sur les images radiographiques

1. *Identification de la trachée et de la carène bronchique*

Dans un premier temps, les éléments anatomiques nécessaires à l'identification de la position de la sonde sont repérés : la trachée en portion thoracique est représentée par une structure radio-transparente parallèle à la colonne vertébrale et les sternèbres, en position médiale ou légèrement décalée à droite ; la carène bronchique est représentée par la séparation de la structure précédemment décrite en deux structures radio-transparentes, à hauteur des 5^{ème} et 6^{ème} vertèbres thoraciques. La sonde endotrachéale est représentée par deux lignes radio-opaques au sein de la trachée (Figure 16 et Figure 17).



Figure 16 : Radiographie thoracique dorso-ventrale

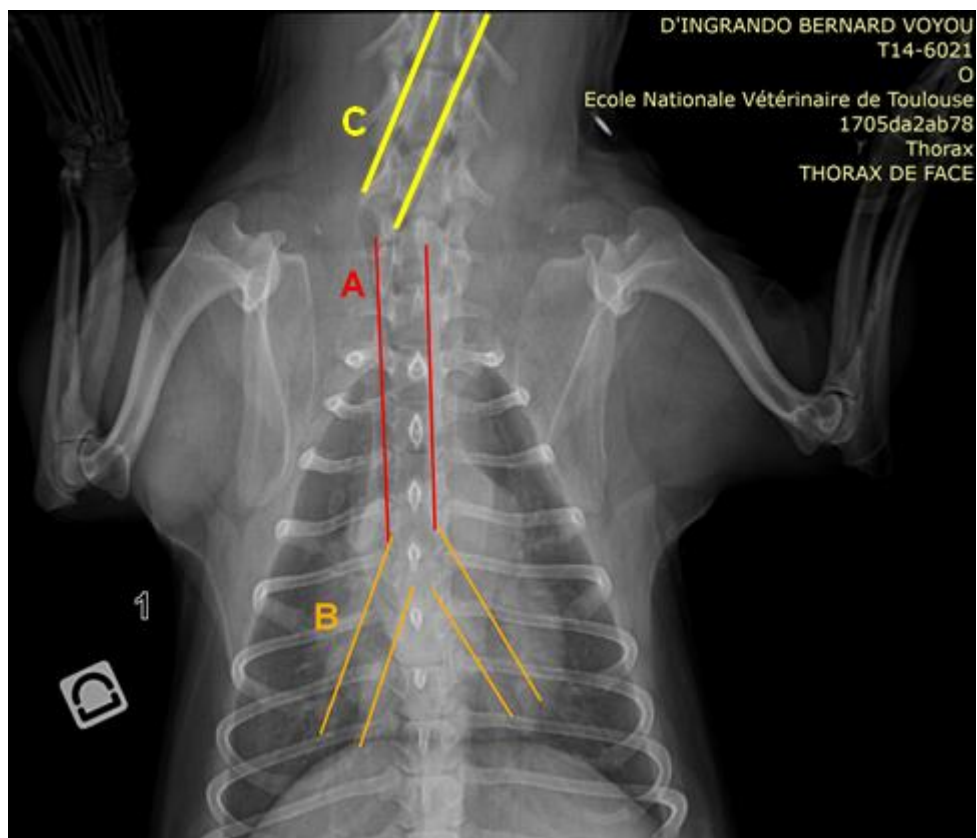


Figure 17 : Identification des éléments anatomiques et de la sonde sur un cliché radiographique thoracique dorso-ventral

A : trachée ; B : bifurcation trachéo-bronchique et bronches souches ; C : Sonde endotrachéale

2. Détermination de la position trachéale ou endobronchique de la sonde

Une intubation sélective sur la radiographie thoracique se traduira par une avancée de la sonde endotrachéale au-delà de la carène bronchique, à droite ou à gauche, voire d'une atélectasie qui se caractérise par une opacification alvéolaire avec diminution de volume du poumon non ventilé. Une intubation trachéale se traduira par la visualisation de la sonde dans la trachée, en amont de la carène bronchique.

F. Détermination de la distance extrémité distale de la sonde – carène bronchique

Pour chacun des clichés radiographiques, la distance entre l'extrémité la plus distale de la sonde trachéale et la base de la carène bronchique est mesurée à l'aide du logiciel RadiAnt DICOM Viewer, afin d'évaluer le risque d'occurrence d'une intubation sélective lors d'une insertion sur une longueur supposée « idéale » et lors d'une insertion de l'intégralité de la sonde.

Pour chaque animal, on réalise donc deux mesures (D1 et D2), qui varient en fonction de la longueur d'insertion de la sonde (L1 et L2) :

- D'une part lorsque la sonde est insérée sur la longueur basée sur la distance crocs-entrée du thorax (L1), D1 (Figure 18)
- D'autre part lorsque la sonde est insérée sur son intégralité (L2), D2 (Figure 19).

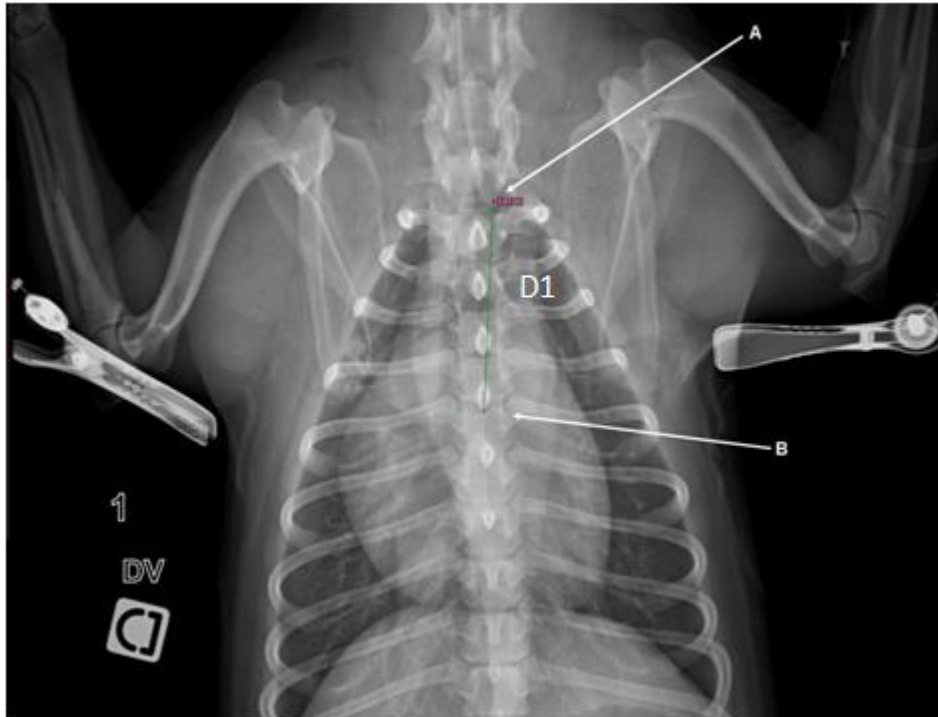


Figure 18 : Détermination de la distance entre l'extrémité distale de la sonde-carène bronchique (D1) sur une longueur d'insertion crocs-entrée du thorax, (L1)
 A : Extrémité distale de la sonde ; B : Base de la carène bronchique

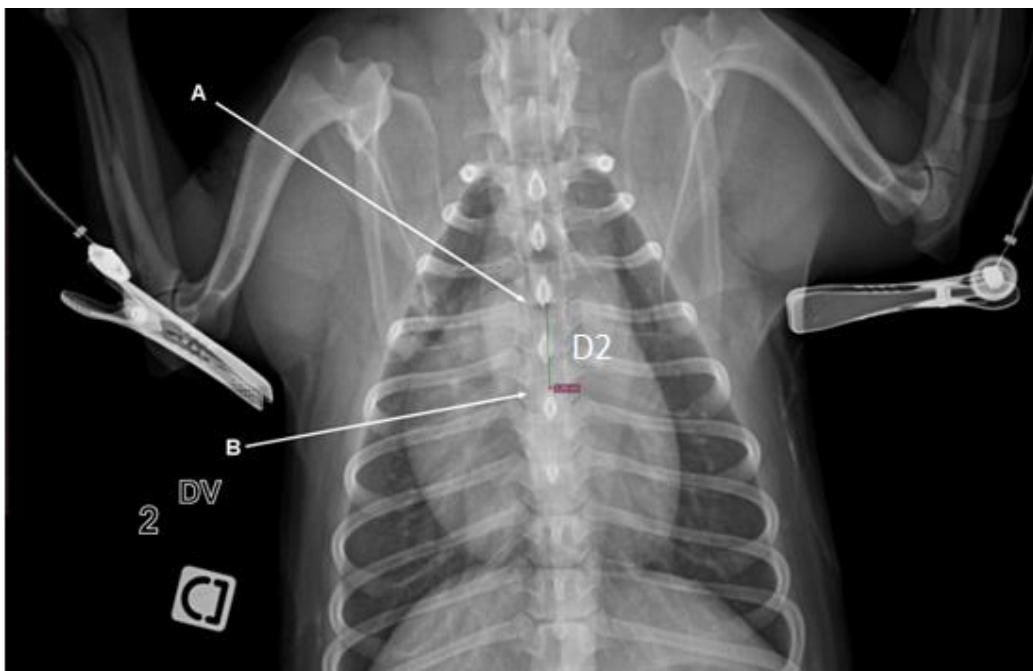


Figure 19 : Détermination de la distance entre l'extrémité distale de la sonde-carène bronchique (D2) lors d'insertion de la sonde sur son intégralité, (L2)
 A : Extrémité distale de la sonde ; B : Base de la carène bronchique

G. Tests statistiques

Une partie des analyses statistiques ont été réalisées à partir du site BiostaTGV (Huet et al., 2011) ainsi que sur Excel ® 2019. Les résultats sont exprimés de la façon suivante : moyenne \pm écart type.

L'analyse statistique permet de conclure sur la significativité des résultats obtenus. Des tests de Mann-Whitney ont été utilisés afin d'évaluer la corrélation entre l'importance de l'espace mort dû à la sonde et la présence du phénomène ré-inhalation ainsi qu'entre ce dernier et la présence de désaturation.

Le test de Kappa de Cohen a été utilisé pour évaluer l'accord entre les deux expérimentateurs sur les lectures échographiques, l'accord entre la lecture échographique de chacun des expérimentateurs et la lecture radiographique ainsi que la lecture radiographique et l'auscultation thoracique bilatérale. La valeur du test kappa a été interprétée de la manière suivante :

- Entre 0,81 et 1 : degré d'accord excellent ;
- Entre 0,61 et 0,80 : degré d'accord bon ;
- Entre 0,41 et 0,60 : degré d'accord modéré ;
- Entre 0,21 et 0,40 : degré d'accord médiocre ;
- Entre 0 et 0,20 : degré d'accord mauvais ;
- Entre -1 et -0,99 : degré d'accord très mauvais.

III. Résultats

A. Population étudiée

A la fin de la période de notre étude, 11 chiens ont été inclus. Les poids variaient de 2,95 à 9,6kg pour un poids moyen de $6,5 \pm 2,23$ kg. L'âge moyen était de $7,1 \pm 3,8$ ans pour des âges compris entre 2 et 12 ans. La population était composée de 5 femelles (45% de l'effectif) dont 60% étaient entières et de 6 mâles (55% de l'effectif) dont 83% étaient entiers. Sur les 11 sujets, 8 étaient des chiens de race et 3 de races croisées (Tableau 4).

Effectif		11	Race	Sexe	Statut reproducteur	Âge (années)	Poids (kg)
Poids (kg)	Moyenne \pm écart type	$6,5 \pm 2,23$	Yorkshire terrier	F	Stérilisé	9	2,95
			Yorkshire terrier	M	Entier	9	5,3
			Yorkshire terrier	F	Entier	12	4,4
	Minimum - Maximum	[2,95-9,6]	Shit-zu	M	Entier	8	6,2
			Lhasa apso	M	Entier	11	9,6
			Bichon havanais	M	Entier	5	9
Âge (années)	Moyenne \pm écart type	$7,1 \pm 3,8$	Pinscher nain	F	Stérilisé	12	7
			Coton de Tuléar	M	Stérilisé	4	8,7
			Croisé Pinscher	F	Entier	2	7,4
	Minimum - Maximum	[2-12]	Croisé Pinscher	F	Entier	2	3,65
			Croisé Cairn terrier	M	Entier	4,5	7,7

Tableau 4 : Données démographiques de la population étudiée

B. Identification de la localisation de la sonde endotrachéale

Pour chacun des chiens inclus dans l'étude, les résultats de l'identification de la localisation de la sonde par l'échographie en comparaison à la radiographie et l'auscultation pour chacun des héli-thorax sont présentés dans l'Annexe 1.

La lecture des images échographiques par l'expérimentateur 1 a mis en évidence, lors de l'insertion de la sonde sur sa longueur dite idéale (L1) : 7 intubations trachéales et 3 intubations sélectives à droite; Pour un chien (n°11), l'expérimentateur 1 a conclu à une intubation œsophagienne. Ce résultat a été considéré comme non conclusif dans notre étude, étant donné qu'une intubation œsophagienne était écartée par avance à la capnographie

Lors de l'insertion de la sonde sur son intégralité (L2), l'expérimentateur 1 a conclu : 5 intubations trachéales ; 3 intubations sélectives à droite et 2 intubations sélectives à gauche (Tableau 5). Pour un chien (n°1), la lecture échographique a été jugée non conclusive..

La lecture des images échographiques par l'expérimentateur 2 a mis en évidence pour L1 : 9 intubations trachéales et 1 intubation sélective à droite. En ce qui concerne la lecture pour L2, il a été mis en évidence 10 intubations trachéales (Tableau 5). La lecture échographique pour un chien (n°1) a été jugée non conclusive à la fois pour L1 et L2.

L'intubation sélective à gauche mis en évidence sur la radiographie thoracique a été détectée par l'expérimentateur 1 mais pas par l'expérimentateur 2, à la lecture des images échographiques.

Les lectures considérées comme non conclusives par les expérimentateurs ont été toutes identifiées sur le même chien.

Le degré d'accord entre les expérimentateurs est modéré (coefficient kappa de 0,59). En ce qui concerne l'expérimentateur 1, le degré d'accord entre sa lecture échographique et la lecture radiographique est modérée (coefficient kappa de 0,59). En ce qui concerne l'expérimentateur 2, le degré d'accord entre sa lecture échographique et la lecture radiographique est excellente (coefficient kappa de 0,86).

	L1				L2			
	T	SD	SG	NC	T	SD	SG	NC
Expérimentateur 1	6/11	3/11	0/11	1/11	5/11	3/11	2/11	1/11
Expérimentateur 2	9/11	1/11	0/11	1/11	10/11	0/11	0/11	1/11
Radiographie	11/11	0/11	0/11	0/11	10/11	0/11	1/11	0/11

Tableau 5 : Intubation trachéale ou sélective d'après les images radiographiques (MP) et échographiques et radiographiques (MF, PV)

T : Intubation trachéale ; SD : Intubation sélective à droite ; SG : Intubation sélective à gauche ; NC : Non conclusive

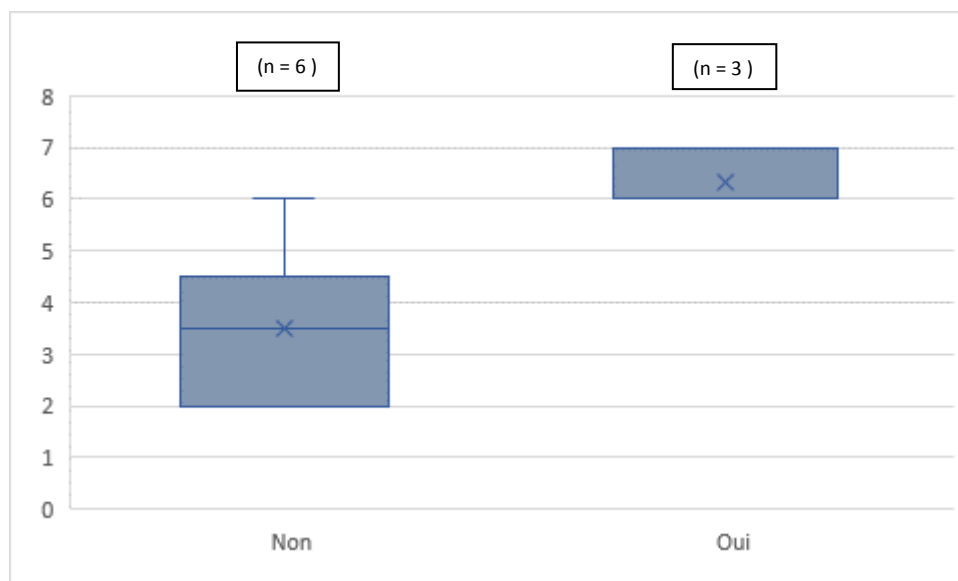
L'analyse des radiographies thoraciques et de l'auscultation thoracique montrent des résultats similaires. A la lecture des radiographies thoraciques, pour L1 seules des intubations trachéales ont été mises en évidences, tandis que pour L2, 10 intubations

trachéales et 1 intubation sélective à gauche ont été mises en évidence. L'auscultation thoracique bilatérale a mis en évidence la présence de bruits respiratoires bilatéraux chez les 11 chiens pour L1 et chez 10 chiens pour L2. Un chien présentait des bruits respiratoires seulement à gauche lors de l'auscultation thoracique pour L2, laissant supposer une intubation sélective à gauche, confirmée par la suite à la radiographie thoracique. Le degré d'accord entre l'auscultation thoracique bilatérale et la radiographie thoracique est excellent (coefficient kappa de 1).

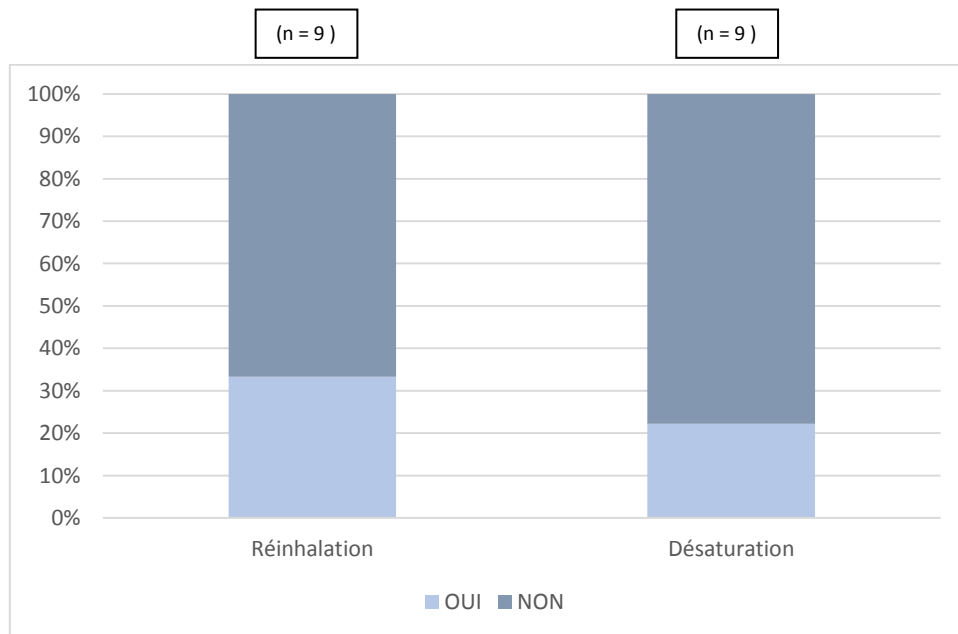
C. Modifications des paramètres instrumentaux mesurés selon les longueurs d'insertion de la sonde

Les résultats des valeurs de monitoring comprenant les mesures de l'EtCO₂ et de la SpO₂ ainsi que leur interprétation sont présentés dans l'Annexe 2.

Un phénomène de ré-inhalation des gaz expirés, et notamment du CO₂, a été observé sur 3 chiens lorsque la sonde était insérée sur sa longueur supposée « idéale » (Graphique 1). La présence d'un espace mort élevé était significativement associée à un phénomène de ré-inhalation (p-value = 0.0469). Parmi ces 3 chiens, 2 ont présenté une désaturation durant quelques minutes avec des valeurs de SpO₂ inférieure à 95% (Graphique 2) (p-value = 0.0500). Aucune désaturation n'a été observée chez le chien ayant présenté une intubation sélective à gauche.



Graphique 1 : Corrélation entre l'espace mort imputable à la sonde et la présence de ré-inhalation

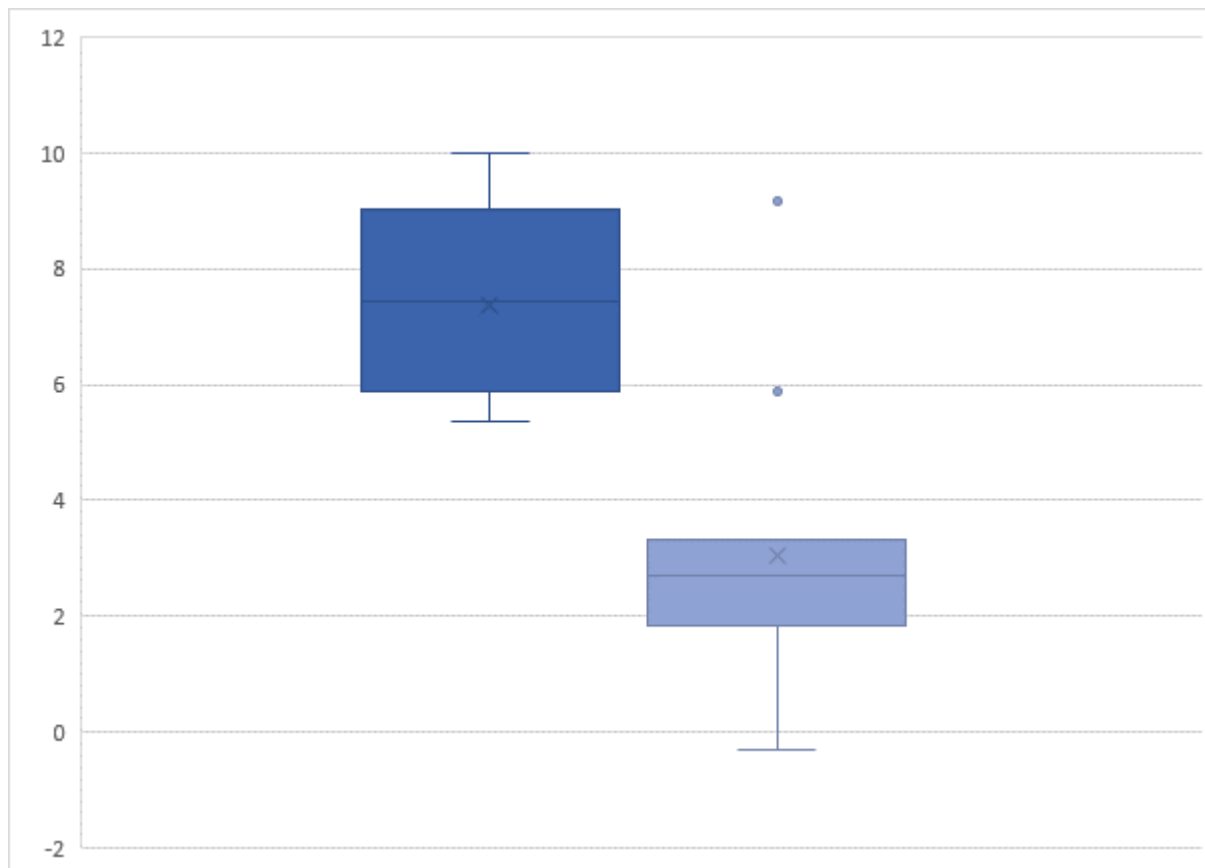


Graphique 2 : Corrélation entre la présence de ré-inhalation et de désaturation

D. Comparaison des distances extrémité distale de la sonde – carène bronchique, en fonction des 2 longueurs d’insertion de la sonde endotrachéale, D1 (L1) et D2 (L2)

Les résultats bruts des distances extrémité distale de la sonde-carène bronchique (D1 et D2) par individus en fonction des deux longueurs d’intérêt, L1 et L2 sont présentés dans l’annexe 3.

D1	D2
----	----



Graphique 3 : Comparaison des distances extrémité distale de la sonde – carène bronchique en fonction des longueurs d'intérêt L1 et L2

On remarque sur le graphique 3 qu'en moyenne, la distance entre l'extrémité distale de la sonde-carène bronchique lors d'une longueur d'insertion de la sonde basée sur le repère anatomique décrit plus haut est de $7,35 \pm 1,62$ cm avec des valeurs comprises entre 5,36 et 10cm. En excluant le chien 3, pour lequel la longueur d'insertion idéale était quasiment similaire à l'insertion ad integrum, on trouve une distance moyenne de $7,09 \pm 1,44$. Lors d'une insertion de la sonde sur son intégralité, la distance est en moyenne de $3,03 \pm 2,53$ cm pour des mesures allant de 0,95 à 9,15 cm (Graphique 3). Pour le chien présentant une intubation sélective à gauche, la sonde se trouvait à 30 mm au-delà de la carène bronchique. Comme expliqué dans la partie matériel et méthodes, la distance d'avancée de la sonde (soit

la différence entre D1 et D2) étaient mesurées à la fois sur les repères de la sonde endotrachéale (ΔD) et sur les radiographies thoraciques ($\Delta D'$). Les résultats bruts de ces mesures sont présentés dans l'annexe 4. Sur notre population, la sonde était donc avancée en moyenne de $4,54 \pm 1,75$ cm selon les mesures réalisées d'après les repères sur la sonde endotrachéale et de $4,31 \pm 1,77$ cm selon les mesures effectuées sur les radiographies thoraciques. L'écart entre ces deux séries de mesures était en moyenne de $0,23 \pm 1,18$ cm. Pour le chien intubé sélectivement, on remarque une avancée de la sonde de 5,662cm selon la mesure effectuée sur la radiographie thoracique. En excluant le chien 3, on trouve une avancée de la sonde en moyenne de $4,7 \pm 1,76$ cm selon la mesure réalisée d'après les repères de la sonde et de $4,66 \pm 1,42$ cm selon la mesure effectuée sur la radiographie thoracique. L'écart entre ces deux séries de mesures était en moyenne de $0,04 \pm 1,05$ cm.

IV. Discussion

A. Résultats

1. Fiabilité de l'échographie pour déterminer l'intubation sélective chez le chien

Une intubation sélective de la bronche souche gauche est survenue, identifiée à l'échographie par une absence de glissement pleural à droite et à la radiographie thoracique par l'avancée de l'extrémité distale de la sonde au-delà de la carène bronchique, provoquant une atélectasie complète du poumon droit. Bien qu'une unique intubation endobronchique ait été observée dans cette étude, ses conséquences peuvent être considérables, puisqu'en quelques minutes, une atélectasie est apparue.

Elle n'était cependant pas associée à des répercussions détectables avec le monitoring instrumental.

Cette intubation sélective gauche a été identifiée à la fois par l'échographie pour un des deux expérimentateurs mais également par les contrôles utilisés dans l'étude à savoir la radiographie thoracique et l'auscultation bilatérale.

Dans notre étude, on note un nombre important de faux-négatifs détectés principalement par l'expérimentateur 1, à savoir une conclusion à une intubation sélective alors que l'intubation était trachéale, et ce, aussi bien pour l'insertion de la

sonde sur sa longueur supposée idéale que pour son insertion ad integrum. L'interprétation des images échographiques ayant été réalisées à postériori, celle-ci se faisait sur un nombre restreint d'images. Il est possible que la qualité ne soit pas optimale ou que le nombre d'images enregistrées et nécessaires à l'interprétation ait été insuffisant, de par le niveau d'expérience du manipulateur les ayant réalisées, rendant leur interprétation biaisée ou non conclusive. De plus, il est décrit que le glissement pleural peut-être difficilement visualisable lors de faible expansion pulmonaire, conduisant à des faux négatifs (Lichtenstein, 2007) : il est possible que les espaces intercostaux choisis pour visualiser le glissement pleural se trouvaient en regard de zone de faible expansion pulmonaire. Il est également envisageable qu'entre la réalisation des images échographiques et le placement pour les clichés radiographiques thoraciques, la manipulation, bien que minimale, ait occasionné un changement de position de la sonde ce qui expliquerait la non visualisation des intubations sélectives à la radiographie alors qu'elles étaient identifiées à l'échographie. Cette hypothèse reste néanmoins peu probable étant donné la corrélation des résultats entre l'auscultation et la radiographie qui étaient effectuées respectivement avant et après la réalisation de l'échographie : cela supposerait une migration de la sonde avant puis après la prise des images échographiques.

De plus, il semble pertinent et nécessaire d'examiner plusieurs espaces intercostaux pour conclure à la présence ou l'absence du glissement pleural. En effet, l'analyse de plusieurs images échographiques pour un même hémithorax pouvaient donner des conclusions contradictoires. Lors de pneumothorax, il est possible d'observer un glissement pleural qui disparaît soudainement à un point aussi appelé le « lung point » qui marque la séparation entre les deux plèvres et donc la visualisation du pneumothorax (Volpicelli et al., 2012). Néanmoins, dans notre étude, étaient exclus les animaux qui étaient susceptibles de présenter des atteintes des voies respiratoires profondes, dont des pneumothorax. Ces résultats d'analyse contradictoire peuvent être imputées à une qualité insuffisante des images échographiques sur certaines fenêtres intercostales, elle-même secondaire à un mauvais contact de la sonde ou encore un mauvais réglage de l'échographe.

Par ailleurs, une intubation œsophagienne a été détectée à la lecture des images échographiques par l'expérimentateur 1 pour le chien n°11. Une intubation

œsophagienne était écartée suite à la vérification par la capnographie. Ce résultat peut s'expliquer pour les mêmes raisons exposées ci-dessus.

2. Mesures de la distance extrémité distale de la sonde-carène bronchique sur les clichés radiographiques

En ce qui concerne la détermination de la longueur d'insertion de la sonde dans la trachée, il n'existe pas de consensus basé sur des critères morphologiques ou paracliniques, utilisables en routine pour éviter avec certitude une intubation sélective. Il est recommandé de mesurer la longueur entre les crocs et l'entrée du thorax en maintenant l'animal en décubitus sternal, ce qui correspond dans notre étude à la longueur L1.

Les mesures de la distance extrémité distale de la sonde-carène bronchique sur les clichés radiographiques, pour la longueur d'insertion L1, D1 montrent qu'on se trouve à une distance moyenne de $7,35 \pm 1,62$ cm pour notre population d'étude. Il semblerait qu'en utilisant ce repère anatomique et en fixant correctement la sonde, le risque d'une intubation sélective soit faible puisqu'on se trouve à bonne distance de la carène bronchique. En effet, pour le chien intubé sélectivement, on remarque une avancée de la sonde de 5,66cm, ce qui reste inférieur à la distance moyenne lors d'insertion de la sonde sur toute sa longueur : l'occurrence d'une intubation endobronchique lors d'insertion de la sonde sur L1 apparaît alors quasiment nulle. Cependant, pour certains chiens, il a été nécessaire de gonfler le ballonnet de la sonde endotrachéale avec en moyenne 1,5mL d'air pour pallier aux fuites objectivées lors d'une ventilation à pression positive : bien que la sonde ayant le diamètre le plus large et passant aisément entre les cartilages aryénoïdes ait été choisie, il est possible que pour certains sujets, une sonde au diamètre supérieur aurait été plus adaptée. Dans ce cas, la marge existante, avant d'observer une intubation sélective, peut se trouver légèrement sur-estimée

Pour la longueur 2, on obtient en moyenne une distance D2 extrémité distale de la sonde-carène bronchique de $3,04 \pm 2,53$ lors d'insertion de la sonde sur son intégralité. le risque d'intubation sélective est plus élevé, notamment lors de manipulation cervicale : en effet, il est rapporté dans la littérature que lors de flexion de la nuque, il est possible d'observer une migration de la sonde sur une distance

égale en moyenne à 3,5 corps vertébraux (Quandt et al., 1993). De plus, en excluant le chien 3 sur lequel les mesures d'avancée de la sonde diffèrent selon si les mesures ont été réalisées sur les radiographies thoraciques ou à partir des repères de la sonde, on remarque une avancée de la sonde endotrachéale de $4,66 \pm 1,42$ cm en moyenne. Or pour le chien intubé sélectivement, on observe une avancée de la sonde sur 5,66 cm. Il semblerait qu'une avancée sur 4cm de la sonde permette à priori d'éviter une intubation sélective tout en minimisant le phénomène de ré-inhalation sur 90% de notre population d'étude, et ce, quelque soit le gabarit de l'animal. Une intubation sélective a donc été mise en évidence dans notre étude : la possibilité de sa survenue montre qu'il convient de limiter le risque d'intubation endobronchique en veillant à ne pas introduire la sonde sur sa totalité, notamment lors de manipulation de la région cervicale et faciale de l'animal.

3. Apport et modifications du monitoring instrumental dans la détection de l'intubation endobronchique

Il est décrit dans la littérature que des modifications du capnogramme ainsi qu'une désaturation subite peuvent survenir lors d'intubation sélective (Gilbert, Benumof, 1989 ; Karzai, Schwarzkopf, 2009). Néanmoins, dans notre étude, l'intubation sélective mise en évidence n'a pas été associée à de modifications particulières de ces paramètres. Bien qu'une unique intubation endobronchique ait été observée, il semble que le monitoring instrumental ne soit pas assez sensible ou ne permettent pas de les détecter suffisamment précocement. De plus la désaturation n'est pas spécifique d'une intubation endobronchique. Il convient de rechercher une intubation sélective lorsqu'une hypoxémie est mise en évidence, mais son utilisation seule ne permet pas de la détecter.

Dans notre étude, le glissement pleural était évalué à l'échographie thoracique selon l'insertion de la sonde d'une part sur une longueur supposée idéale puis d'autre part sur toute sa longueur. L'avantage de l'insertion de la sonde sur sa longueur supposée idéale est que l'extrémité distale de la sonde se trouvait à une distance raisonnable de la carène bronchique, limitant le risque d'intubation sélective. Cependant, cet espace mort dû à la sonde peut potentiellement être majoré si une longueur trop importante de la sonde demeure à l'extérieur et se surajoute à l'espace mort physiologique anatomique. L'effort ventilatoire nécessaire pour le

renouvellement des gaz, dont le CO₂, est augmenté. Si l'animal ne possède pas une capacité respiratoire suffisante, on peut observer alors une ré-inhalation du CO₂, qui peut, si elle est trop conséquente, générer une hypercapnie puis secondairement une hypoxémie par augmentation de la pression partielle artérielle en CO₂ et diminution de la pression artérielle partielle en O₂. Ce phénomène de ré-inhalation a été observée chez 3 chiens et une corrélation entre la longueur de la sonde non insérée dans la trachée et l'observation de cette ré-inhalation en CO₂ a été mise en évidence. De plus, sur 2 de ces chiens, une désaturation à des valeurs inférieures à 95% a été observée. Il est tentant d'insérer la sonde endotrachéale sur une longueur ne dépassant pas l'entrée du thorax pour éviter une intubation endobronchique, néanmoins, selon le gabarit du chien, une longueur non négligeable peut demeurer à l'extérieur et majorer l'espace mort physiologique anatomique, ce qui n'est pas sans conséquence.

Il convient alors de trouver un compromis. Ici, une ré-inhalation associée à une désaturation ont été observées pour des longueurs « extérieures » entre 6 et 7cm. Sur ces mêmes longueurs, la distance extrémité distale de la sonde-carène bronchique était en moyenne de $7,35 \pm 1,62$ cm. Ainsi, on peut supposer que si une ré-inhalation est observée, repousser la sonde sur 4cm peut suffire à diminuer cette ré-inhalation tout en limitant le risque d'intubation sélective.

B. Limites de cette étude

1. Taille et représentativité de l'échantillon

Dans notre étude, il a été décidé arbitrairement de restreindre notre groupe d'étude sur le seul critère du poids, soit tous les chiens de moins de 10kg.

Les sujets inclus pouvaient alors des caractéristiques morphologiques très variables, en termes de type (bréviligne, médioligne et longiligne), de race et de stade physiologique. De plus il a été considéré que les considérations de type sexe, statut reproducteur ou âge de l'animal n'avaient pas d'impact sur la détection du glissement pleural à l'échographie, néanmoins, l'influence réelle de ces facteurs n'a pas été analysée dans notre étude.

Par ailleurs, la taille finale de notre échantillon étant de 11 chiens, l'extrapolation à l'ensemble de la population canine et la réalisation d'analyses statistiques,

comprenant des calculs de sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et négative n'ont donc pas été envisageables.

2. Faisabilité de l'échographie

Bien que le temps nécessaire à la réalisation de l'échographie thoracique pour visualiser le glissement pleural n'ait pas été évalué, cette méthode était facilement réalisable, dans sa mise en œuvre. Néanmoins, d'un animal à l'autre, on pouvait observer une qualité très variable des images échographiques : il a été parfois nécessaire de réaliser un grand nombre de vidéos échographiques sur un même chien pour obtenir des images interprétables à posteriori.

Par ailleurs, il semblerait que l'évaluation échographique du glissement pleural soit opérateur-dépendant, à en juger par le degré d'accord entre les 2 expérimentateurs, pourtant expérimentés en échographie t-FAST. Leur lecture était néanmoins dépendante de la qualité des images échographiques réalisée par un novice en imagerie médicale. Il serait intéressant de réaliser une lecture échographique en direct, ce qui offrirait une possibilité d'adaptation dans le choix des fenêtres échographiques permettant la meilleure visualisation du glissement pleural. L'utilisation de l'échographie pour exclure une position endobronchique lors d'intubation de chiens de moins de 10kg est une méthode non invasive facile à mettre en œuvre, néanmoins la visualisation du glissement pleural et son interprétation semble être opérateur-dépendant et plus ou moins facile à mettre en évidence selon l'animal. En effet, l'utilisation simple d'alcool ne permet pas toujours un contact idéal de la sonde avec la peau du chien, n'assurant pas une qualité optimale des images échographiques. De plus, il a été choisi dans notre étude d'utiliser une sonde de type micro-convexe : cette catégorie de sonde permet la visualisation de structures plus profondes tout en ayant un contact sur une surface restreinte. Cependant, la qualité des images obtenues est inférieure à celle observée avec une sonde linéaire. En médecine humaine, la sonde linéaire est majoritairement utilisée car elle offre une bonne qualité et l'observation du glissement ne nécessite pas une visualisation de structures en profondeur. Néanmoins, le glissement pleural s'observe sur une fenêtre inter-costale : ceci est plus difficilement réalisable sur un thorax de chien de petit gabarit, avec une sonde linéaire qui demande une surface de contact bien plus grande qu'une sonde microconvexe.

Par ailleurs, il a été fait le choix dans notre étude d'évaluer le glissement pleural selon le mode 2D de l'échographe. Bien que plus rarement employée, l'évaluation selon le mode temps mouvement (TM) est également décrite dans la littérature. Sur ce mode, on observe une ligne hyperéchogène qui représente la ligne pleurale avec de part et d'autre des lignes horizontales qui représentent les structures inertes : lors de ventilation à pression positive ou d'inspiration spontanée, le mouvement des plèvres est associé à l'apparition d'un aspect granuleux en profondeur. Bien que les images obtenues avec ce mode semblent plus faciles à interpréter, il est probable que l'obtention des images demandent davantage d'expérience de la part de l'opérateur. Sa faisabilité dans la littérature est en effet très peu étudiée que ce soit en médecine humaine ou vétérinaire.

3. *Biais des mesures de la distance extrémité distale de la sonde-carène bronchique sur les radiographiques thoraciques et limite de cette dernière en tant que gold standard*

La radiographie thoracique a été choisie comme méthode gold standard dans notre étude et pour la réalisation des mesures des longueurs extrémité distale de la sonde-carène bronchique réalisées à postériori. Anatomiquement, il est décrit que la carène bronchique est située au niveau des 5^{ème} et 6^{ème} vertèbres thoraciques. Sur les clichés radiographiques, elle est repérée par la séparation en deux bronches droite et gauche qui apparaissent radio-transparentes. Quant à la sonde endotrachéale, elle est repérée par la présence de deux lignes radio-opaques parallèles. Néanmoins la visualisation de ces éléments n'était pas toujours aisée, probablement à cause de la superposition avec les autres éléments anatomiques, notamment médiastinaux.

En ce qui concerne son utilisation pour déterminer la position de la sonde, lorsque cette dernière se trouvait à proximité de la carène bronchique et en l'absence d'images évidentes d'intubation sélective telles que l'apparition d'une atélectasie, la radiographie n'est pas la méthode la plus sensible et spécifique pour confirmer avec précision la position de la sonde. Une autre méthode d'imagerie médicale tel que l'examen tomodensitométrique qui permet une identification très précise des structures anatomiques aurait été préférable. Cependant, la réalisation d'un scanner centré à la fois sur les régions de la tête et du thorax est peu fréquente en pratique, or étaient intégrés dans notre étude, tous les chiens de moins de 10kg venus pour un examen sous anesthésie générale dans le cadre de leur suivi clinique, qui n'incluait

pas forcément un scanner. Il n'était pas envisageable de réaliser cet examen complémentaire en plus pour des considérations financières et éthiques.

Par ailleurs, en raison de cette difficulté à repérer les éléments anatomiques sur certains des clichés radiographiques, il existe une erreur d'en moyenne $0,23\text{cm} \pm 1,18\text{cm}$ entre la distance d'insertion réelle, mesurée avec les repères sur la sonde, et la distance d'insertion mesurée. Il est probable que ces mesures soient également peu répétables d'un opérateur à un autre. Cependant, en excluant le chien 3, pour lequel un écart important a été relevé entre les mesures d'avancée effectuées sur les repères de la sonde endotrachéale et les mesures effectuées sur les radiographies thoraciques, on trouve une erreur d'en moyenne $0,04 \pm 1,05$ cm. Ainsi, les mesures réalisées à partir des repères sur la sonde et sur les radiographies thoraciques semblent plutôt bien corrélées, exception faite du chien 3. Cela peut s'expliquer par une migration de la sonde entre le moment où celle-ci a été repoussée entièrement dans la trachée et la prise de la radiographie, bien qu'un minimum de manipulation ait été réalisé pour chaque animal. Les mesures ayant été faites à posteriori, il n'a pas été possible de le vérifier sur le moment.

De plus les lectures des clichés radiographiques pour déterminer la position de la sonde endotrachéale n'étaient pas réalisées à l'aveugle et peuvent constituer un biais dans notre étude.

Conclusion

Cette étude pilote permet d'évaluer la faisabilité de l'utilisation de l'échographie thoracique, plus précisément du glissement pleural, pour déterminer la position de la sonde endotrachéale. Bien que réalisée sur un petit effectif, une intubation sélective gauche a été mise en évidence, associée à une atélectasie pulmonaire majeure. L'intubation sélective est donc un risque réel et à ne pas négliger, qu'il convient de détecter par d'autres méthodes que la surveillance instrumentale habituelle, puisque notre étude montre que la capnographie et l'oxymétrie de pouls n'ont pas révélé de variations notables chez le chien intubé sélectivement. En revanche, aussi bien l'échographie pour un des deux expérimentateurs que la radiographie thoracique et l'auscultation pulmonaire ont permis d'objectiver cette intubation sélective. De plus, cette étude montre également que l'auscultation pulmonaire présente une bonne sensibilité pour détecter l'intubation endobronchique chez le chien de moins de 10kg : il semble pertinent de toujours réaliser cette vérification, rapide à mettre en œuvre en routine.

Par ailleurs, ce risque d'intubation sélective peut être réduit en prenant comme repère anatomique la distance entre les crocs et l'entrée du thorax. En effet, les mesures effectuées sur les radiographies thoraciques démontrent une distance de sécurité satisfaisante entre l'extrémité distale de la sonde et la carène bronchique. Néanmoins, si une portion trop importante vient majorer l'espace mort anatomique physiologique lié à la sonde endotrachéale, un phénomène de ré-inhalation, lui-même associé à une désaturation modérée peut être observé. Il convient de trouver un compromis pour la longueur d'insertion de la sonde : il semblerait que pour 90% des sujets de notre étude, aucune intubation sélective ne soit observée sur une avancée de 4cm de la sonde endotrachéale, tout en étant à une distance d'en moyenne 2,4cm de la carène bronchique. Cependant, même si une unique intubation sélective a été objectivée dans notre étude, il a été démontré sur certains chiens, que lors d'insertion de la sonde sur son intégralité, incident pouvant survenir en routine, notamment à la faveur d'une manipulation de la tête ou d'une mauvaise fixation de la sonde ; la distance entre l'extrémité distale de la sonde et la carène bronchique pouvait être très réduite et exposé l'animal à un risque d'intubation endobronchique.

Annexes

Annexe 1: Résultats obtenus pour chacun des individus

Chien n°		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Moyenne	Ecart-type
Diamètre de la sonde		6,5	5	7,5	8	6,5	5,5	5,5	5,5	5	8	6	6,3	1,12
L1 (en cm)		22	18	25	21	24	18	18	18	19	25	21	20,8	2,86
L2 (en cm)		26	22	28	29	26	24	24	24	22	29	25	25,4	2,50
L1	Glissement pleural	D	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
		G	+	NC	-	-	+	+	+	+	-	+	-	
	Auscultation	D	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		G	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Radiographie	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
L2	Glissement pleural	D	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	
		G	NC	+	-	-	+	+	+	+				
	Auscultation	D	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		G	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Radiographie	T	SD	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	

L1 : Longueur croc-entrée du thorax ; L2 : Longueur jusqu'à la garde ; D : droite ; G : gauche ; FS : Femelle stérilisée ; MS : Mâle stérilisé ; FE : Femelle entière ; ME : Mâle entier ; T : Intubation trachéale ; SD : Intubation sélective à droite

Annexe 2 : Présentation des valeurs du monitoring instrumental

Chien n°	SpO2 (en %) à T+5min		EtCO2 (en mmHg) à T+5min		Longueur de l'espace mort (en cm)	Ré-inhalation	Désaturation	
	L1	L2	L1	L2			L1	L2
1	100	100			4		N	N
2	99	98			4		N	N
3	99	99	34	25	3	N	N	N
4	92	99	40	39	8	O	O	N
5	98	98	40	45	2	N	N	N
6	97	98	35	35	6	O	N	N
7	94	98	35	20	6	O	O	N
8	98	100	22	17	6	N	N	N
9	99	98	29	32	3	N	N	N
10	100	100	41	39	4	N	N	N
11	100	99	33	35	4	N	N	N
Moyenne			33,5	31	4,5			
Ecart-type			5,88	9,6	1,75			

L1 : Longueur croc-entrée du thorax ; L2 : Longueur jusqu'à la garde ; O : Oui ; N : Non

Annexe 3 : Présentation des distances entre l'extrémité distale de la sonde – carène bronchique en cm sur la vue dorso-ventrale de la radiographie thoracique

Chien n°	D1 (en cm)	D2 (en cm)
1	7,44	2,69
2	5,36	-0.302
3	10	9,15
4	9,31	2,15
5	6,34	2,74
6	6,31	0,95
7	7,89	3,32
8	7,93	1,85
9	5,4	2,72
10	5,87	2,28
11	9,04	5,89
Moyenne	7,35	3,37
Ecart-type	1,625	2,401

D1 : Distance entre l'extrémité distale de la sonde et la carène bronchique pour la longueur d'insertion L1 ; D2 : Distance entre l'extrémité distale de la sonde et la carène bronchique pour la longueur d'insertion L2

Annexe 4 : Présentation des distances représentant l'avancée de la sonde entre l'intubation selon la longueur dite idéal et ad integrum, mesurées d'après les repères de la sonde et sur les radiographies thoraciques

Chien n°	$\Delta D = D1-D2$ (en cm)	$\Delta D' = D1-D2$ (en cm)	$\Delta D-\Delta D'$
1	4	4,75	- 0,75
2	4	5,66	- 1,66
3	3	0,85	2,15
4	8	7,16	0,84
5	2	3,6	- 1,6
6	6	5,36	0,64
7	6	4,57	1,43
8	6	6,08	- 0,08
9	3	2,68	0,32
10	4	3,59	0,41
11	4	3,15	0,85
Moyenne	4.54	4.31	0.23
Ecart type	1.75	1.77	1.18

ΔD : Différence entre D1 et D2 mesurées sur les repères de la sonde ; $\Delta D'$: Différence entre D1 et D2 mesurées sur les radiographies thoraciques ; $D-D'$: écart entre les mesures réalisées sur les repères de la sonde et sur les radiographies thoraciques

Bibliographie

ADAMI, Chiara, PALMA, Stefano Di, GENDRON, Karine et SIGRIST, Nadja, 2011. Severe Esophageal Injuries Occurring After General Anesthesia in Two Cats: Case Report and Literature Review. In : *Journal of the American Animal Hospital Association*. 1 novembre 2011. Vol. 47, n° 6, p. 436- 442. DOI 10.5326/JAAHA-MS-5690.

ADI, Osman, CHUAN, Tan Wan et RISHYA, Manikam, 2013. A feasibility study on bedside upper airway ultrasonography compared to waveform capnography for verifying endotracheal tube location after intubation. In : *Critical Ultrasound Journal*. 4 juillet 2013. Vol. 5, n° 1, p. 7. DOI 10.1186/2036-7902-5-7.

ADRIANI, J., 1986. Unrecognized esophageal placement of endotracheal tubes. In : *Southern Medical Journal*. décembre 1986. Vol. 79, n° 12, p. 1591- 1593. DOI 10.1097/00007611-198612000-00029.

ANON., 2015. Standards for Basic Anesthetic Monitoring | American Society of Anesthesiologists (ASA). In : [en ligne]. 2015. [Consulté le 20 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/standards-for-basic-anesthetic-monitoring>.

AVKI, Sirri, YIGITARSLAN, Kursad et OZGEL, Ozcan, 2006. Comparison of airway size with some phenotypic parameters in Dalmatian puppies: a practical method to estimate endotracheal tube size. In : *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 1 janvier 2006. Vol. 33, n° 1, p. 24- 27. DOI 10.1111/j.1467-2995.2005.00200.x.

BARKER, Steven J., TREMPER, Kevin K., HYATT, John et HEITZMANN, Harold, 1988. Comparison of three oxygen monitors in detecting endobronchial intubation. In : *Journal of Clinical Monitoring*. octobre 1988. Vol. 4, n° 4, p. 240- 243. DOI 10.1007/BF01617319.

BIGATELLO, Luca et PESENTI, Antonio, 2019. Respiratory Physiology for the Anesthesiologist. In : *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*. 1 juin 2019. Vol. 130, n° 6, p. 1064- 1077. DOI 10.1097/ALN.0000000000002666.

BISSINGER, Ulrich, LENZ, Gunther et KUHN, Werner, 1989. Unrecognized endobronchial intubation of emergency patients. In : *Annals of Emergency Medicine*. 1 août 1989. Vol. 18, n° 8, p. 853- 855. DOI 10.1016/S0196-0644(89)80211-2.

BLAIVAS, Michael et TSUNG, James W., 2008. Point-of-Care Sonographic Detection of Left Endobronchial Main Stem Intubation and Obstruction Versus Endotracheal Intubation. In : *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2008. Vol. 27, n° 5, p. 785- 789. DOI 10.7863/jum.2008.27.5.785.

BOYSEN, Søren R. et LISCIANDRO, Gregory R., 2013. The Use of Ultrasound for Dogs and Cats in the Emergency Room. In : *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. juillet 2013. Vol. 43, n° 4, p. 773- 797. DOI 10.1016/j.cvsm.2013.03.011.

BRUNEL, Wiley, COLEMAN, Diana L., SCHWARTZ, David E., PEPPER, Eric et COHEN, Neal H., 1989. Assessment of Routine Chest Roentgenograms and the Physical Examination to Confirm Endotracheal Tube Position. In : *CHEST*. 1 novembre 1989. Vol. 96, n° 5, p. 1043- 1045. DOI 10.1378/chest.96.5.1043.

CALLAWAY, Clifton W., SOAR, Jasmeet, AIBIKI, Mayuki, BÖTTIGER, Bernd W., BROOKS, Steven C., DEAKIN, Charles D., DONNINO, Michael W., DRAJER, Saul, KLOECK, Walter, MORLEY, Peter T.,

MORRISON, Laurie J., NEUMAR, Robert W., NICHOLSON, Tonia C., NOLAN, Jerry P., OKADA, Kazuo, O'NEIL, Brian J., PAIVA, Edison F., PARR, Michael J., WANG, Tzong-Luen, WITT, Jonathan et ADVANCED LIFE SUPPORT CHAPTER COLLABORATORS, 2015. Part 4: Advanced Life Support: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. In : *Circulation*. 20 octobre 2015. Vol. 132, n° 16 Suppl 1, p. S84-145. DOI 10.1161/CIR.0000000000000273.

CHENKIN, Jordan, MCCARTNEY, Colin J. L., JELIC, Tomislav, ROMANO, Michael, HESLOP, Claire et BANDIERA, Glen, 2015. Defining the learning curve of point-of-care ultrasound for confirming endotracheal tube placement by emergency physicians. In : *Critical Ultrasound Journal* [en ligne]. 17 septembre 2015. Vol. 7. [Consulté le 19 mai 2020]. DOI 10.1186/s13089-015-0031-7. Disponible à l'adresse : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4573959/>.

CHOU, Eric H., DICKMAN, Eitan, TSOU, Po-Yang, TESSARO, Mark, TSAI, Yang-Ming, MA, Matthew Huei-Ming, LEE, Chien-Chang et MARSHALL, John, 2015. Ultrasonography for confirmation of endotracheal tube placement: A systematic review and meta-analysis. In : *Resuscitation*. 1 mai 2015. Vol. 90, p. 97- 103. DOI 10.1016/j.resuscitation.2015.02.013.

CHOU, Hao-Chang, CHONG, Kah-Meng, SIM, Shyh-Shyong, MA, Matthew Huei-Ming, LIU, Shih-Hung, CHEN, Nai-Chuan, WU, Meng-Che, FU, Chia-Ming, WANG, Chih-Hung, LEE, Chien-Chang, LIEN, Wan-Ching et CHEN, Shyr-Chyr, 2013. Real-time tracheal ultrasonography for confirmation of endotracheal tube placement during cardiopulmonary resuscitation. In : *Resuscitation*. 1 décembre 2013. Vol. 84, n° 12, p. 1708- 1712. DOI 10.1016/j.resuscitation.2013.06.018.

CHOU, Hao-Chang, TSENG, Wen-Pin, WANG, Chih-Hung, MA, Matthew Huei-Ming, WANG, Hsiu-Po, HUANG, Pei-Chuan, SIM, Shyh-Shyong, LIAO, Yen-Chen, CHEN, Shey-Yin, HSU, Chiung-Yuan, YEN, Zui-Shen, CHANG, Wei-Tien, HUANG, Chien-Hua, LIEN, Wan-Ching et CHEN, Shyr-Chyr, 2011. Tracheal rapid ultrasound exam (T.R.U.E.) for confirming endotracheal tube placement during emergency intubation. In : *Resuscitation*. 1 octobre 2011. Vol. 82, n° 10, p. 1279- 1284. DOI 10.1016/j.resuscitation.2011.05.016.

CHOWDHURY, Apala Roy, PUNJ, Jyotsna, PANDEY, R., DARLONG, V., SINHA, Renu et BHOI, D., 2020. Ultrasound is a reliable and faster tool for confirmation of endotracheal intubation compared to chest auscultation and capnography when performed by novice anaesthesia residents - A prospective controlled clinical trial. In : *Saudi Journal of Anaesthesia*. 2020. Vol. 14, n° 1, p. 15- 21. DOI 10.4103/sja.SJA_180_19.

CHUN, Rosaleen, KIRKPATRICK, Andrew W., SIROIS, M., SARGASYN, A. E., MELTON, S., HAMILTON, D. R. et DULCHAVSKY, S., 2004. Where's the tube? Evaluation of hand-held ultrasound in confirming endotracheal tube placement. In : *Prehospital and Disaster Medicine*. décembre 2004. Vol. 19, n° 4, p. 366- 369. DOI 10.1017/s1049023x00002004.

DAS, Saurabh Kumar, CHOUPPOO, Nang Sujali, HALDAR, Rudrashish et LAHKAR, Amitabh, 2015. Transtracheal ultrasound for verification of endotracheal tube placement: a systematic review and meta-analysis. In : *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*. 1 avril 2015. Vol. 62, n° 4, p. 413- 423. DOI 10.1007/s12630-014-0301-z.

DAVIS, Harold et CREEDON, Jamie M Burkitt, 2012. Advanced Monitoring and Procedures for Small Animal Emergency and Critical Care. In : . 2012. p. 889.

DUKE-NOVAKOVSKI, Tanya, DE VRIES, Marieke et SEYMOUR, Chris, 2016. *BSAVA Manual of Canine and Feline Anaesthesia and Analgesia 3rd Edition*. S.l. : s.n.

- EFRATI, Shai, DEUTSCH, Israel, WEKSLER, Nathan et GURMAN, Gabriel, 2014. Detection of endobronchial intubation by monitoring the CO₂ level above the endotracheal cuff. In : *Journal of clinical monitoring and computing*. 29 mai 2014. Vol. 29. DOI 10.1007/s10877-014-9583-5.
- EVANS, Howard Ensign et DELAHUNTA, Alexander (éd.), 2013. *Miller's anatomy of the dog*. 4. ed. St. Louis, Mo : Elsevier. ISBN 978-1-4377-0812-7.
- EZRI, Tiberiu, KHAZIN, Vadim, SZMUK, Peter, MEDALION, Benjamin, SHECHTER, Pinhas, PRIEL, Israel, LOBERBOIM, Mordechai et WEINBROUM, Avi A., 2006. Use of the Rapiscope vs chest auscultation for detection of accidental bronchial intubation in non-obese patients undergoing laparoscopic cholecystectomy. In : *Journal of Clinical Anesthesia*. 1 mars 2006. Vol. 18, n° 2, p. 118- 123. DOI 10.1016/j.jclinane.2005.08.008.
- FAUCHER, Sarah, 2019. *Etude tomodensitométrique du risque d'intubation sélective chez le chat*. Toulouse : Paul-Sabatier.
- GEISSER, W., MAYBAUER, D. M., WOLFF, H., PFENNINGER, E. et MAYBAUER, M. O., 2009. Radiological validation of tracheal tube insertion depth in out-of-hospital and in-hospital emergency patients. In : *Anaesthesia*. 2009. Vol. 64, n° 9, p. 973- 977. DOI 10.1111/j.1365-2044.2009.06007.x.
- GILBERT, Dean et BENUMOF, Jonathan, 1989. Biphasic Carbon Dioxide Elimination Waveform with Right Mainstem Bronchial Intubation. In : *Anesthesia & Analgesia*. décembre 1989. Vol. 69, n° 6, p. 829- 832.
- GOTTLIEB, Michael, HOLLADAY, Dallas et PEKSA, Gary D., 2018. Ultrasonography for the Confirmation of Endotracheal Tube Intubation: A Systematic Review and Meta-Analysis. In : *Annals of Emergency Medicine*. 1 décembre 2018. Vol. 72, n° 6, p. 627- 636. DOI 10.1016/j.annemergmed.2018.06.024.
- GRMEC, Štefek, 2002. Comparison of three different methods to confirm tracheal tube placement in emergency intubation. In : *Intensive Care Medicine*. 1 juin 2002. Vol. 28, n° 6, p. 701- 704. DOI 10.1007/s00134-002-1290-x.
- GRUBB, Tamara, SAGER, Jennifer, GAYNOR, James S., MONTGOMERY, Elizabeth, PARKER, Judith A., SHAFFORD, Heidi et TEARNEY, Caitlin, 2020. 2020 AAHA Anesthesia and Monitoring Guidelines for Dogs and Cats. In : *Journal of the American Animal Hospital Association*. mars 2020. Vol. 56, n° 2, p. 59- 82. DOI 10.5326/JAAHA-MS-7055.
- HAIDER, Georg, LORINSON, Karin, LORINSON, Dragan et AUER, Ulrike, 2019. Development of a clinical tool to aid endotracheal tube size selection in dogs. In : *Veterinary Record*. 17 septembre 2019. p. vetrec- 2018- 105065. DOI 10.1136/vr.105065.
- HEDENSTIERNA, Göran et ROTHEN, Hans Ulrich, 2012. Respiratory Function During Anesthesia: Effects on Gas Exchange. In : TERJUNG, Ronald (éd.), *Comprehensive Physiology* [en ligne]. Hoboken, NJ, USA : John Wiley & Sons, Inc. p. c080111. [Consulté le 12 février 2020]. ISBN 978-0-470-65071-4. Disponible à l'adresse : <http://doi.wiley.com/10.1002/cphy.c080111>.
- HERRERIA-BUSTILLO, Vicente J., KUO, Kendon W., BURKE, Pierre J., COLE, Robert et BACEK, Lenore M., 2016. A pilot study evaluating the use of cervical ultrasound to confirm endotracheal intubation in dogs. In : *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 2016. Vol. 26, n° 5, p. 654- 658. DOI 10.1111/vec.12507.
- HOFFMANN, B., GULLETT, J. P., HILL, H. F., FULLER, D., WESTERGAARD, M. C., HOSEK, W. T. et SMITH, J. A., 2014. Bedside Ultrasound of the Neck Confirms Endotracheal Tube Position in Emergency

Intubations. In : *Ultraschall in der Medizin - European Journal of Ultrasound*. octobre 2014. Vol. 35, n° 5, p. 451- 458. DOI 10.1055/s-0034-1366014.

HOSSEIN-NEJAD, Hooman, PAYANDEMEHR, Pooya, BASHIRI, Seyed Ali et NEDAI, Hamid Hossein-Nejad, 2013. Chest radiography after endotracheal tube placement: is it necessary or not? In : *The American Journal of Emergency Medicine*. 1 août 2013. Vol. 31, n° 8, p. 1181- 1182. DOI 10.1016/j.ajem.2013.04.032.

HSIEH, Kai-Sheng, LEE, Cheng-Liang, LIN, Chu-Chung, HUANG, Ta-Cheng, WENG, Ken-Pen et LU, Wen-Hsien, 2004. Secondary confirmation of endotracheal tube position by ultrasound image. In : *Critical Care Medicine*. septembre 2004. Vol. 32, n° 9, p. S374. DOI 10.1097/01.CCM.0000134354.20449.B2.

HUET, Thibaud, TURBELIN, Clément, ESQUEVIN, Sébastien et GRISONI, Marie-Lise, 2011. Tableau des tests statistiques d'hypothèse. In : *BiostaTGV Tests statistiques en ligne* [en ligne]. 2011. Disponible à l'adresse : <https://biostatgv.sentiweb.fr/?module=tests>.

KARZAI, Waheedullah et SCHWARZKOPF, Konrad, 2009. Hypoxemia during One-lung Ventilation Prediction, Prevention, and Treatment. In : *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*. 1 juin 2009. Vol. 110, n° 6, p. 1402- 1411. DOI 10.1097/ALN.0b013e31819fb15d.

KAVANAGH, Brian P, 2016. Chapter 19 - Respiratory Physiology and Pathophysiology. In : . 2016. p. 33.

KERREY, Benjamin Thomas, GEIS, Gary Lee, QUINN, Andrea Megan, HORNUNG, Richard William et RUDDY, Richard Michael, 2009. A Prospective Comparison of Diaphragmatic Ultrasound and Chest Radiography to Determine Endotracheal Tube Position in a Pediatric Emergency Department. In : *Pediatrics*. 1 juin 2009. Vol. 123, n° 6, p. e1039- e1044. DOI 10.1542/peds.2008-2828.

KNAPP, Sylvia, KOFLER, Julia, STOISER, Brigitte, THALHAMMER, Florian, BURGMANN, Heinz, POSCH, Martin, HOFBAUER, Roland, STANZEL, Margit et FRASS, Michael, 1999. The Assessment of Four Different Methods to Verify Tracheal Tube Placement in the Critical Care Setting. In : *Anesthesia & Analgesia*. avril 1999. Vol. 88, n° 4, p. 766–770. DOI 10.1213/00000539-199904000-00016.

KOGAN, David A., JOHNSON, Lynelle R., STURGES, Beverly K., JANDREY, Karl E. et POLLARD, Rachel E., 2008. Etiology and clinical outcome in dogs with aspiration pneumonia: 88 cases (2004–2006). In : *Journal of the American Veterinary Medical Association*. décembre 2008. Vol. 233, n° 11, p. 1748- 1755. DOI 10.2460/javma.233.11.1748.

LI, James, 2001. Capnography alone is imperfect for endotracheal tube placement confirmation during emergency intubation
Original Contributions is coordinated by John A. Marx, MD, of Carolinas Medical Center, Charlotte, North Carolina. In : *The Journal of Emergency Medicine*. 1 avril 2001. Vol. 20, n° 3, p. 223- 229. DOI 10.1016/S0736-4679(00)00318-8.

LICHTENSTEIN, D.A., 2007. Échographie pleuropulmonaire. In : *Imagerie en réanimation* [en ligne]. S.l. : Elsevier. p. 113- 134. [Consulté le 27 août 2020]. ISBN 978-2-84299-821-9. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9782842998219500060>.

LISCIANDRO, Gregory R., FOSGATE, Geoffrey T. et FULTON, Robert M., 2014. Frequency and Number of Ultrasound Lung Rockets (b-Lines) Using a Regionally Based Lung Ultrasound Examination Named Vet Blue (veterinary Bedside Lung Ultrasound Exam) in Dogs with Radiographically Normal Lung Findings. In : *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2014. Vol. 55, n° 3, p. 315- 322. DOI 10.1111/vru.12122.

LISH, Jim, KO, Jeff C. H. et PAYTON, Mark E., 2008. Evaluation of Two Methods of Endotracheal Tube Selection in Dogs. In : *Journal of the American Animal Hospital Association*. 1 septembre 2008. Vol. 44, n° 5, p. 236- 242. DOI 10.5326/0440236.

MA, Gene, DAVIS, Daniel P., SCHMITT, James, VILKE, Gary M., CHAN, Theodore C. et HAYDEN, Stephen R., 2007. The Sensitivity and Specificity of Transcricothyroid Ultrasonography to Confirm Endotracheal Tube Placement in a Cadaver Model. In : *The Journal of Emergency Medicine*. 1 mai 2007. Vol. 32, n° 4, p. 405- 407. DOI 10.1016/j.jemermed.2006.08.023.

MCCOY, É P., RUSSELL, W. J. et WEBB, R. K., 1997. Accidental bronchial intubation. In : *Anaesthesia*. 1997. Vol. 52, n° 1, p. 24- 31. DOI 10.1111/j.1365-2044.1997.007-az007.x.

MILLING, Truman John, JONES, Matthew, KHAN, Tara, TAD-Y, Darlene, MELNIKER, Lawrence A., BOVE, Joseph, YARMUSH, Jody et SCHIANODICOLA, Joseph, 2007. Transtracheal 2-D Ultrasound for Identification of Esophageal Intubation. In : *The Journal of Emergency Medicine*. 1 mai 2007. Vol. 32, n° 4, p. 409- 414. DOI 10.1016/j.jemermed.2006.08.022.

MONTGOMERY, James E., MATHEWS, Kyle G., MARCELLIN-LITTLE, Denis J., HENDRICK, Steve et BROWN, James C., 2015. Comparison of Radiography and Computed Tomography for Determining Tracheal Diameter and Length in Dogs. In : *Veterinary Surgery*. 2015. Vol. 44, n° 1, p. 114- 118. DOI 10.1111/j.1532-950X.2014.12227.x.

OVBEY, Dianna H, WILSON, Deborah V, BEDNARSKI, Richard M, HAUPTMAN, Joe G, STANLEY, Bryden J, RADLINSKY, Maryann G, LARENZA, M Paula, PYPENDOP, Bruno H et REZENDE, Marlis L, 2014. Prevalence and risk factors for canine post-anesthetic aspiration pneumonia (1999–2009): a multicenter study. In : *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 1 mars 2014. Vol. 41, n° 2, p. 127- 136. DOI 10.1111/vaa.12110.

OWEN, Robert L. et CHENEY, Frederick W., 1987. Endobronchial Intubation A Preventable Complication. In : *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*. 1 août 1987. Vol. 67, n° 2, p. 255- 256.

PARK, Soon, RYU, Ji, YEOM, Seok, JEONG, Jinwoo et CHO, Suck, 2009. Confirmation of endotracheal intubation by combined ultrasonographic methods in the Emergency Department. In : *Emergency medicine Australasia : EMA*. 1 septembre 2009. Vol. 21, p. 293- 7. DOI 10.1111/j.1742-6723.2009.01199.x.

PFEIFFER, P., BACHE, S., ISBYE, D. L., RUDOLPH, S. S., ROVSING, L. et BØRGLUM, J., 2012. Verification of endotracheal intubation in obese patients – temporal comparison of ultrasound vs. auscultation and capnography. In : *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2012. Vol. 56, n° 5, p. 571- 576. DOI 10.1111/j.1399-6576.2011.02630.x.

QUANDT, Jane E., ROBINSON, Elaine P., WALTER, Patricia A. et RAFFE, Marc R., 1993. Endotracheal Tube Displacement During Cervical Manipulation in the Dog. In : *Veterinary Surgery*. 1993. Vol. 22, n° 3, p. 235- 239. DOI 10.1111/j.1532-950X.1993.tb00391.x.

RAMSINGH, Davinder, FRANK, Ethan, HAUGHTON, Robert, SCHILLING, John, GIMENEZ, Kimberly M., BANH, Esther, RINEHART, Joseph et CANNESSON, Maxime, 2016. Auscultation versus Point-of-care Ultrasound to Determine Endotracheal versus Bronchial Intubation A Diagnostic Accuracy Study. In : *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*. 1 mai 2016. Vol. 124, n° 5, p. 1012- 1020. DOI 10.1097/ALN.0000000000001073.

REED, Rachel et DOHERTY, Thomas, 2018. Minimum alveolar concentration: Key concepts and a review of its pharmacological reduction in dogs. Part 2. In : *Research in Veterinary Science*. 1 juin 2018. Vol. 118, p. 27- 33. DOI 10.1016/j.rvsc.2018.01.009.

RL, Riley et A, Cournand, 1949. Ideal alveolar air and the analysis of ventilation-perfusion relationships in the lungs. In : *Journal of applied physiology* [en ligne]. juin 1949. [Consulté le 10 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18145478/>.

SAHU, Ankit Kumar, BHOI, Sanjeev, AGGARWAL, Praveen, MATHEW, Roshan, NAYER, Jamshed, T, Amrithanand V., MISHRA, Prakash Ranjan et SINHA, Tej Prakash, 2020. Endotracheal Tube Placement Confirmation by Ultrasonography: A Systematic Review and Meta-Analysis of more than 2500 Patients. In : *The Journal of Emergency Medicine* [en ligne]. 14 juin 2020. [Consulté le 12 août 2020]. DOI 10.1016/j.jemermed.2020.04.040. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736467920303462>.

SHIN, Chi Won, SON, Won-gyun, JANG, Min, KIM, Hyunseok, HAN, Hyungjoo, CHA, Jeesoo et LEE, Inhyung, 2018. Selection of appropriate endotracheal tube size using thoracic radiography in Beagle dogs. In : *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 1 janvier 2018. Vol. 45, n° 1, p. 13- 21. DOI 10.1016/j.vaa.2017.10.002.

SIM, Shyh-Shyong, LIEN, Wan-Ching, CHOU, Hao-Chang, CHONG, Kah-Meng, LIU, Shih-Hung, WANG, Chih-Hung, CHEN, Shey-Yin, HSU, Chiung-Yuan, YEN, Zui-Shen, CHANG, Wei-Tien, HUANG, Chien-Hua, MA, Matthew Huei-Ming et CHEN, Shyr-Chyr, 2012. Ultrasonographic lung sliding sign in confirming proper endotracheal intubation during emergency Intubation. In : *Resuscitation*. 1 mars 2012. Vol. 83, n° 3, p. 307- 312. DOI 10.1016/j.resuscitation.2011.11.010.

SITZWOHL, Christian, LANGHEINRICH, Angelika, SCHOBER, Andreas, KRAFFT, Peter, SESSLER, Daniel I., HERKNER, Harald, GONANO, Christopher, WEINSTABL, Christian et KETTNER, Stephan C., 2010. Endobronchial intubation detected by insertion depth of endotracheal tube, bilateral auscultation, or observation of chest movements: randomised trial. In : *BMJ*. 9 novembre 2010. Vol. 341, p. c5943. DOI 10.1136/bmj.c5943.

STUTH, Eckehard A.E., STUCKE, Astrid G. et ZUPERKU, Edward J., 2012. Effects of Anesthetics, Sedatives, and Opioids on Ventilatory Control. In : TERJUNG, Ronald (éd.), *Comprehensive Physiology* [en ligne]. Hoboken, NJ, USA : John Wiley & Sons, Inc. p. c100061. [Consulté le 6 septembre 2020]. ISBN 978-0-470-65071-4. Disponible à l'adresse : <http://doi.wiley.com/10.1002/cphy.c100061>.

SZEKELY, S. M., WEBB, R. K., WILLIAMSON, J. A. et RUSSELL, W. J., 1993. Problems Related to the Endotracheal Tube: An Analysis of 2000 Incident Reports. In : *Anaesthesia and Intensive Care*. 1 octobre 1993. Vol. 21, n° 5, p. 611- 616. DOI 10.1177/0310057X9302100520.

TAKEDA, Taku, TANIGAWA, Koichi, TANAKA, Hitoshi, HAYASHI, Yuri, GOTO, Eiichi et TANAKA, Keiichi, 2003. The assessment of three methods to verify tracheal tube placement in the emergency setting. In : *Resuscitation*. 1 février 2003. Vol. 56, n° 2, p. 153- 157. DOI 10.1016/S0300-9572(02)00345-3.

TART, Kelly M., BABSKI, Danielle M. et LEE, Justine A., 2010. Potential risks, prognostic indicators, and diagnostic and treatment modalities affecting survival in dogs with presumptive aspiration pneumonia: 125 cases (2005–2008). In : *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 2010. Vol. 20, n° 3, p. 319- 329. DOI 10.1111/j.1476-4431.2010.00542.x.

TIMMERMANN, Arnd, RUSSO, Sebastian G., EICH, Christoph, ROESSLER, Markus, BRAUN, Ulrich, ROSENBLATT, William H. et QUINTEL, Micheal, 2007. The Out-of-Hospital Esophageal and

Endobronchial Intubations Performed by Emergency Physicians. In : *Anesthesia & Analgesia*. mars 2007. Vol. 104, n° 3, p. 619–623. DOI 10.1213/01.ane.0000253523.80050.e9.

VARON, A. J., MORRINA, J. et CIVETTA, J. M., 1991. Clinical utility of a colorimetric end-tidal CO₂ detector in cardiopulmonary resuscitation and emergency intubation. In : *Journal of Clinical Monitoring*. octobre 1991. Vol. 7, n° 4, p. 289- 293. DOI 10.1007/BF01619347.

VOLPICELLI, Giovanni, ELBARBARY, Mahmoud, BLAIVAS, Michael, LICHTENSTEIN, Daniel A., MATHIS, Gebhard, KIRKPATRICK, Andrew W., MELNIKER, Lawrence, GARGANI, Luna, NOBLE, Vicki E., VIA, Gabriele, DEAN, Anthony, TSUNG, James W., SOLDATI, Gino, COPETTI, Roberto, BOUHEMAD, Belaid, REISSIG, Angelika, AGRICOLA, Eustachio, ROUBY, Jean-Jacques, ARBELOT, Charlotte, LITEPLO, Andrew, SARGSYAN, Ashot, SILVA, Fernando, HOPPMANN, Richard, BREITKREUTZ, Raoul, SEIBEL, Armin, NERI, Luca, STORTI, Enrico, PETROVIC, Tomislav et INTERNATIONAL LIAISON COMMITTEE ON LUNG ULTRASOUND (ILC-LUS) FOR THE INTERNATIONAL CONSENSUS CONFERENCE ON LUNG ULTRASOUND (ICC-LUS), 2012. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. In : *Intensive Care Medicine*. 1 avril 2012. Vol. 38, n° 4, p. 577- 591. DOI 10.1007/s00134-012-2513-4.

WAHBA, R. W., 1991. Perioperative functional residual capacity. In : *Canadian Journal of Anaesthesia = Journal Canadien D'anesthésie*. avril 1991. Vol. 38, n° 3, p. 384- 400. DOI 10.1007/BF03007630.

WEAVER, Blake, LYON, Matthew et BLAIVAS, Michael, 2006. Confirmation of Endotracheal Tube Placement after Intubation Using the Ultrasound Sliding Lung Sign. In : *Academic Emergency Medicine*. 2006. Vol. 13, n° 3, p. 239- 244. DOI 10.1197/j.aem.2005.08.014.

TITRE : L'ECHOGRAPHIE PEUT-ELLE ETRE UTILISEE COMME MOYEN DE DIAGNOSTIC D'UNE INTUBATION SELECTIVE CHEZ LE CHIEN ANESTHESIE DE MOINS DE 10kg ? UNE ETUDE PILOTE EXPERIMENTALE

RESUME : Dans le cadre de l'anesthésie générale, une intubation endotrachéale est fréquemment nécessaire. En effet, elle présente de nombreux avantages tels que le soutien de la fonction respiratoire, la possibilité d'une protection des voies aériennes ainsi qu'un relais pour les molécules anesthésiques volatiles. Néanmoins, l'intubation endotrachéale peut s'accompagner de complications comme des anomalies de positionnement, dont l'intubation sélective ou endobronchique. Ce phénomène est bien décrit chez l'homme, mais est très peu documenté chez le chien, que ce soit la fréquence de son occurrence ou ses moyens diagnostiques. L'objectif premier de cette étude pilote expérimentale est d'étudier la faisabilité d'une méthode échographique indirecte pour déterminer la position trachéale ou endobronchique de la sonde endotrachéale. Cette étude se propose également d'évaluer le risque d'intubation sélective en fonction de la longueur d'insertion de la sonde endotrachéale, ce, par la mesure de la distance entre l'extrémité distale de la sonde et la carène bronchique ainsi que la présence d'une éventuelle ré-inhalation des gaz par majoration de l'espace mort physiologique anatomique. Les objectifs, les matériels et méthodes, les résultats ainsi que la discussion de l'étude sont présentés dans cette thèse.

MOTS CLES : chien, intubation endotrachéale, intubation sélective, intubation endobronchique, échographie, anesthésie générale, glissement pleural.

TITLE : CAN THE ULTRASOUND BE USED AS A DIAGNOSTIC TOOL FOR SELECTIVE INTUBATION IN THE UNDER 10KG ANESTHESIED DOG ? AN EXPERIMENTAL PILOT STUDY

SUMMARY : In the context of general anesthesia, an endotracheal intubation is often required. Indeed, several advantages such as the support of the respiratory function, the protection of the respiratory airways and a relay for volatile anesthetic molecules are described. Nevertheless, endotracheal intubation may come with some issues such as positioning abnormalities, including selective or endobronchial intubation. This phenomenon is well depicted in human but very few literature in dogs is available, in regards of frequencies or diagnostic tools. The main objective of this experimental pilot study is to determine the feasibility of an indirect ultrasound method to identify the tracheal or endobronchial position of the endotracheal tube. A second objective is to assess the occurrence risk of a selective intubation depending on the insertion length, by the measurement of the distance between the distal tip of the endotracheal tube and the bronchial carena, as well as the potential reinhalation of the gas by the increase of the physiological anatomic dead space. The objectives, materials and methods, results and discussion are presented in this thesis.

KEY-WORDS : dogs, endotracheal intubation, selective intubation, endobronchial intubation, ultrasound, general anesthesia, glide sign.