



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: <http://oatao.univ-toulouse.fr/26677>

To cite this version:

Regnard, Juliette. Intérêt du scanner dans l'étude du degré d'obstruction du nasopharynx chez le chien brachycéphale. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2020, 78 p.

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

INTERET DU SCANNER DANS L'ETUDE DU DEGRE D'OBSTRUCTION DU NASOPHARYNX CHEZ LE CHIEN BRACHYCEPHALE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Juliette REGNARD

Née, le 18 Mars 1993 à Brétigny-sur-Orge (91)

Directeur de thèse : M. Giovanni MOGICATO

JURY

PRESIDENT :

Mme Isabelle BERRY

Professeure à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Giovanni MOGICATO

Mme Alexandra DEVIERS

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Maître de Conférences 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. SCHELCHER François, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1^o 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, *Zootecnie*
- 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^o 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*

MAITRES DE CONFÉRENCES HORS CLASSE

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

Mise à jour au 01/01/2020

- 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, *Ophthalmologie 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 WARET-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, *Ophthalmologie*
 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

A la présidente du jury :

Madame le Professeur Isabelle BERRY

Professeur des Universités

Université de Paul-Sabatier de Toulouse

Praticien hospitalier

Biophysique

Qui me fait l'honneur de présider ce jury de thèse.

Hommages respectueux.

A mon directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Giovanni MOGICATO

Professeur en Anatomie à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Anatomie-Imagerie médicale

Pour m'avoir proposé cette thèse, pour sa confiance dans sa réalisation et son accompagnement.

Mille fois merci et toutes mes amitiés.

A l'assesseur de ce jury :

Madame Alexandra DEVIERS

Maître de Conférences de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Anatomie-Imagerie médicale

Qui me fait l'honneur d'être assesseur dans mon jury de thèse.

Qu'elle trouve ici ma sincère reconnaissance.

*Pour son soutien et le temps qu'elle m'a accordé, un immense merci à Sandy SANTIN.
Pour son aide et sa gentillesse, remerciements chaleureux à Benjamin CARTIAUX.*

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	9
1^{ère} Partie LA TOMODENSITOMETRIE	11
A- La tomodensitométrie : contexte et historique	13
a. Le scanner : un outil de diagnostic	13
b. Constitution d'un scanner	14
B- Principe de la tomodensitométrie.....	16
a. Acquisition de l'image scanner.....	16
b. Le rayon X : de sa formation à sa réception	17
c. Formation de l'image tomodensitométrique.....	21
C- L'utilisation du scanner en médecine vétérinaire	22
a. Caractéristiques de l'image scanner	22
b. Le déroulement d'un examen scanner.....	23
2^{ème} Partie LE CHIEN BRACHYCEPHALE	29
A- Anatomie du chien brachycéphale.....	31
a. Historique	31
b. Définition et embryologie à l'origine de la brachycéphalie	31
c. Rappels d'anatomie : focus sur les voies aériennes supérieures et le pharynx.....	34
d. Anatomie comparée des races brachycéphales.....	41
B- Physiopathologie du brachycéphale	44
a. Définition du « Syndrome brachycéphale »	44
b. Cercle vicieux et pathologie respiratoire	44
c. Conséquences physiopathologiques à l'échelle de l'organisme	46
C- Application clinique.....	48
a. Diagnostic du syndrome brachycéphale	48
d. Quelques notions concernant la prise en charge du syndrome brachycéphale	51
3^{ème} Partie INTERET DU SCANNER DANS L'ETUDE DU DEGRE D'OBSTRUCTION DU NASOPHARYNX CHEZ LE CHIEN BRACHYCEPHALE	55
A- Etat des connaissances actuelles.....	57
a. Le scanner permet une meilleure compréhension du syndrome brachycéphale.....	57
b. Focus sur l'étude approfondie du nasopharynx chez le chien brachycéphale	59

B-	Proposition d'un matériel et méthode pour le recours au scanner dans l'étude de l'obstruction du nasopharynx	62
a.	Préparation à l'examen	62
b.	Réalisation du scanner	67
c.	Analyse des clichés tomodensitométriques : mesures pouvant être réalisées	68
C-	Anticipation des freins de l'étude	69
a.	Accessibilité au scanner en France pour la médecine vétérinaire	69
b.	Perception variable du syndrome brachycéphale par les propriétaires	70
	CONCLUSION.....	72
	Bibliographie.....	73

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Présentation d'un appareil scanner : exemple du scanner de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.....	14
Figure 2 : Distance foyer-détecteurs.....	14
Figure 3 : Les quatre générations de scanner.....	15
Figure 4 : Acquisition de l'image scanner.....	16
Figure 5 : L'onde électromagnétique.....	17
Figure 6 : Exposition de l'animal au champ de rayons X.....	19
Figure 7 : Rayons X issus de l'émission générale ou bremsstrahlung.....	19
Figure 8 : Constitution du générateur à rayons X.....	20
Figure 9 : Le voxel, entité compositionnelle de l'image tomographique.....	21
Figure 10 : Echelle de Hounsfield.....	22
Figure 11 : Le fenêtrage ou « windowing ».....	23
Figure 12 : Anesthésie générale et positionnement de l'animal pour la réalisation du scanner.....	24
Figure 13 : Du « Scout View » à l'acquisition des images.....	25
Figure 14 : Cinétique du produit de contraste – exemple du rein.....	27
Figure 15 : Les morphotypes crâniens de la race canine.....	31
Figure 16 : Vue dorsale d'un crâne de chien et mesures moyennes réalisées sur les trois morphotypes.....	32
Figure 17 : Mesures réalisables pour l'évaluation de la brachycéphalie.....	33
Figure 18 : Narines et truffe du chien.....	34
Figure 19 : La conformation interne du nez chez le chien.....	35
Figure 20 : Les cornets nasaux et leurs méats chez le chien.....	35
Figure 21a. : Coupe sagittale de tête de chien mettant en évidence l'os éthmoïde et ses lames.....	36
Figure 21b. : Coupe transversale de tête de chien en partie rostrale (A) et image scanner correspondante (B).....	36
Figure 22 : Sinus paranasaux sur un crâne de chien mésocéphale.....	37
Figure 23 : Coupe sagittale des voies aériennes supérieures d'un chien brachycéphale.....	37
Figure 24 : Le larynx : un organe musculo-cartilagineux complexe.....	38
Figure 25 : Aspect dorsal du larynx mettant en évidence l'espace glottique.....	40

Figure 26 : Coupe en région médiane d'une tête de chien mettant en évidence les structures du pharynx.....	40
Figure 27 : Le pharynx, carrefour des voies digestives et respiratoires.....	41
Figure 28 : Image tomodensitométrique en coupe transversale d'une tête de bouledogue français présentant des cornets nasopharyngés aberrants.....	42
Figure 29 : Vision endoscopique de nasopharynx physiologique (A) versus pathologique (B) de bouledogue anglais.....	43
Figure 30 : Cercle d'auto-aggravation conséquent au syndrome brachycéphale.....	45
Figure 31 : Conséquences organiques et hématologiques de l'obstruction respiratoire.....	46
Figure 32 : Différents grades du syndrome brachycéphale imputables aux signes cliniques selon Poncet et al.....	48
Figure 33 : Cliché radiographique de profil de chien en région cervicale.....	49
Figure 34 : Images endoscopiques réalisées sur trois chiens brachycéphales.....	50
Figure 35 : Sonde de trachéotomie.....	51
Figure 36 : Comparaison de deux rhinoscopies réalisées chez un mésocéphale (A) (berger allemand) et chez un brachycéphale (B) (carlin).....	58
Figure 37 : Comparaison de deux images scanner chez un mésocéphale (A) (berger allemand) et chez un brachycéphale (B) (carlin).....	58
Figure 38 : Image tomodensitométrique en coupe transversale de tête.....	59
Figure 39 : Coupes transversales tomodensitométriques d'un bouledogue français prises à différents niveaux du nasopharynx.....	60
Figure 40 : Différents niveaux de prolifération des cornets nasaux observés en coupe sagittales tomodensitométriques chez des chiens brachycéphales.....	61
Figure 41 : Statut ASA du patient.....	64
Figure 42 : Schéma récapitulatif de la démarche décisionnelle et des précautions à prendre pour l'anesthésie du brachycéphale.....	66
Figure 43 : Images tomodensitométriques transversales de crâne de chien prises avec la gueule fermée (A) puis ouverte (B).....	67
Figure 44 : Evolution du nombre de vétérinaires inscrits par département entre 2012 et 2016.....	69

INTRODUCTION

Depuis quelques années, la popularité des races dites « brachycéphales (au nez court), telles que les bouledogues ou les carlins, a connu un essor remarquable. Morphotype aggravé par des années de sélection, le brachycéphale est en effet apprécié pour sa face sympathique et infantilissante. Pourtant prédisposées à de nombreuses pathologies, ces races sont associées aujourd'hui à un véritable effet de mode, notamment chez les personnes de 25-35 ans. Paradoxalement, ce sont plus de la moitié des propriétaires de brachycéphales qui considèrent leur animal comme étant dans le « meilleur état de santé imaginable ». Certains troubles, notamment l'allergie, sont néanmoins fréquemment rapportés. Les propriétaires seraient globalement conscients de la sévérité des signes cliniques dont souffrent leur chien sans pour autant les associer à un « problème » en soi, les considérant comme « inhérents à la race ».

Parmi les pathologies dont souffrent fréquemment les animaux brachycéphales, le syndrome d'obstruction des voies aériennes supérieures est le plus communément décrit. Phénomène complexe, il se manifeste généralement par des difficultés respiratoires ainsi qu'une fatigabilité accrue. De par la conformation de leur crâne, les chiens brachycéphales y sont particulièrement prédisposés.

Le diagnostic de ce qu'on appelle communément le « syndrome brachycéphale » est avant tout clinique. Cependant, le recours aux examens complémentaires tels que l'imagerie reste indispensable à la compréhension globale de cette pathologie et peut résulter en une aide précieuse en amont d'une éventuelle prise en charge chirurgicale.

C'est dans cette optique que nous allons réfléchir aux intérêts de la tomodensitométrie dans l'étude du syndrome brachycéphale. Dans un premier lieu, nous étudierons le fonctionnement du scanner, depuis l'émission des rayons X jusqu'à la production de l'image. Dans un second temps, il sera important de revenir sur les aspects anatomiques et physiopathologiques définissant l'individu brachycéphale. Nous pourrions alors détailler les enjeux relatifs au syndrome obstructif des voies aériennes supérieures. Enfin, ceci nous permettra de conclure à l'intérêt du recours au scanner, tout en proposant un matériel et méthode d'étude portant plus particulièrement sur l'obstruction du nasopharynx. Cette dernière réflexion sera élaborée d'après de récentes publications sur le sujet.

1^{ère} Partie

LA TOMODENSITOMETRIE

A- La tomодensitométrie : contexte et historique ([1], [3], [8], [11], [12], [24])

a. Le scanner : un outil de diagnostic

De nos jours, les examens complémentaires d'imagerie sont devenus une aide indispensable au diagnostic que ce soit en médecine humaine ou vétérinaire. Si la radiographie est classiquement utilisée, elle reste néanmoins limitée à la visualisation globale d'un organisme et des différents organes qui le composent. Il s'agit en effet d'une technique d'imagerie résultant de la combinaison d'images en deux dimensions et sur un même plan. Ainsi, on comprend aisément que la superposition des plans anatomiques traversés et la création éventuelle d'images construites peuvent être à l'origine d'erreurs de diagnostic.

En parallèle, on remarque un besoin croissant de diagnostics précis face à une clientèle exigeante, de plus en plus encline à réaliser des soins et à envisager des examens complémentaires. La profession vétérinaire connaît en effet depuis quelques années un engouement pour la spécialisation. Par ailleurs, la valorisation des formations continues s'est exacerbée.

C'est ainsi qu'on comprend l'intérêt du scanner, qui s'inscrit dans une démarche de précision. Contrairement à la radiographie, il permet en effet la visualisation en trois dimensions d'organes ciblés ainsi qu'une reconstruction en coupe via la numérisation et la reconstitution des projections par ordinateur. Les images obtenues sont, d'une part, non altérées et d'autre part d'une grande qualité de par leur finesse, leur précision et leur résolution élevée [11].

La tomодensitométrie est mise au point en 1972 par le chercheur britannique Godfrey Newbold Hounsfield. Il s'appuyait alors sur les travaux de recherche du physicien américain Allan MacLeod Cormack (tous les deux récompensés par le prix Nobel de médecine en 1979). A cette époque, on parlait déjà de « computerized transverse axial scanning » : « scanner », « scannographie » ou « tomодensitométrie » en français [1].

Initialement, les premiers prototypes s'intéressaient à la visualisation en trois dimensions du cerveau humain. Un arc de cercle de capteurs était positionné autour de la tête du patient et permettait de réaliser une image en coupe d'une partie unique du cerveau en deux heures et demi. Aujourd'hui, l'amélioration de la technique permet de reconstruire un organisme entier en quelques minutes. A noter que la création de l'IRM permet depuis une meilleure visualisation des structures cérébrales.

b. Constitution d'un scanner

Le système d'acquisition en lui-même se constitue de deux éléments : le statif et la chaîne radiologique (**Figure 1**) [12]. Nous rentrerons plus loin dans les détails du générateur à rayon X et des récepteurs.



Figure 1 : Présentation d'un appareil scanner : exemple du scanner de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

D'après [12]

A noter que l'on peut distinguer les scanners à géométrie courte et ceux à géométrie longue selon la distance existante entre le foyer de production des rayons X et les détecteurs (**Figure 2**). Cette distance est fixée par le constructeur. Les appareils à géométrie longue nécessitent davantage de milliampères à leur fonctionnement (la dose requise est inversement proportionnelle au carré de la distance tube-récepteur). De nos jours, la tendance se porte plus vers l'utilisation des scanners multicoups à distance courte. En effet, ces derniers permettent une limitation des contraintes mécaniques et la préservation d'une réserve de puissance [24,3].

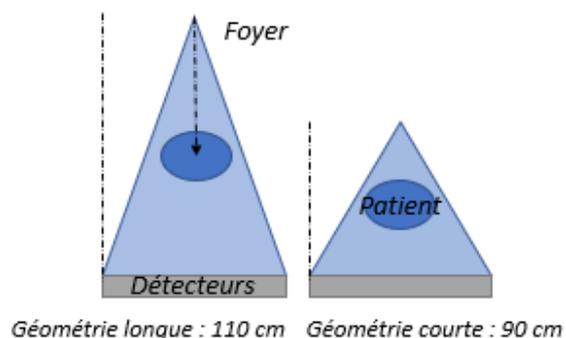


Figure 2 : Distance foyer-détecteurs

D'après [8]

Plusieurs générations de scanners se sont succédées (**Figure 3**), [8]. La première ne comportait dans le statif qu'un unique détecteur. L'image s'obtenait alors par simple mouvement de translation. C'est avec la deuxième génération de scanner qu'apparaît la translation-rotation. Les barrettes sont alors équipées de 7 à 60 détecteurs. La troisième génération voit ensuite naître le statif tournant, mettant ainsi en rotation le tube radiogène et les détecteurs. Enfin, la quatrième génération de scanner s'équipe de plusieurs milliers de détecteurs fixes formant une couronne complète autour de l'anneau. Dans ce dernier modèle, seule la source de rayons X est en rotation autour du patient.

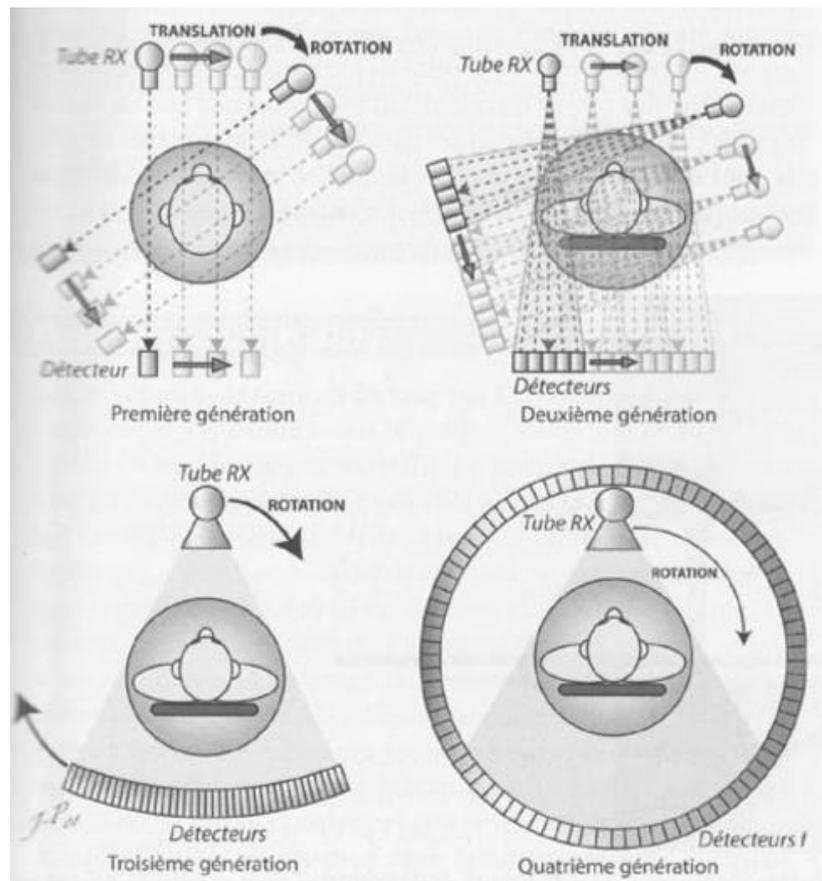


Figure 3 : Les quatre générations de scanner
D'après [8]

Les scanners utilisés actuellement sont en réalité des scanners de 3^{ème} génération modifiés. Le temps consacré à la rotation est raccourci et l'acquisition hélicoïdale apparaît : le tube à rayon X réalise une rotation constante autour du patient dans le même temps que la translation continue de la table s'effectue. Par ailleurs, les scanners s'équipent d'un système dit « multi-barrettes », chacune étant constituée de plusieurs centaines de détecteurs. On peut alors réaliser un plus grand nombre de coupes en une unique rotation.

B- Principe de la tomodensitométrie ([1], [3], [8], [12], [22], [24], [34], [37])

a. Acquisition de l'image scanner

Lors de la réalisation d'un scanner le principe est le même que celui utilisé en radiographie : l'animal est exposé à des rayons X. Cependant, les images scanner sont la résultante de multiples clichés de l'animal sous différentes projections. On passe ainsi d'ombres d'organes superposés avec la radiographie à des coupes précises de zones organiques sélectionnées, que l'on peut par la suite visualiser en trois dimensions après intégration informatique (**Figure 4**) [3, 22].

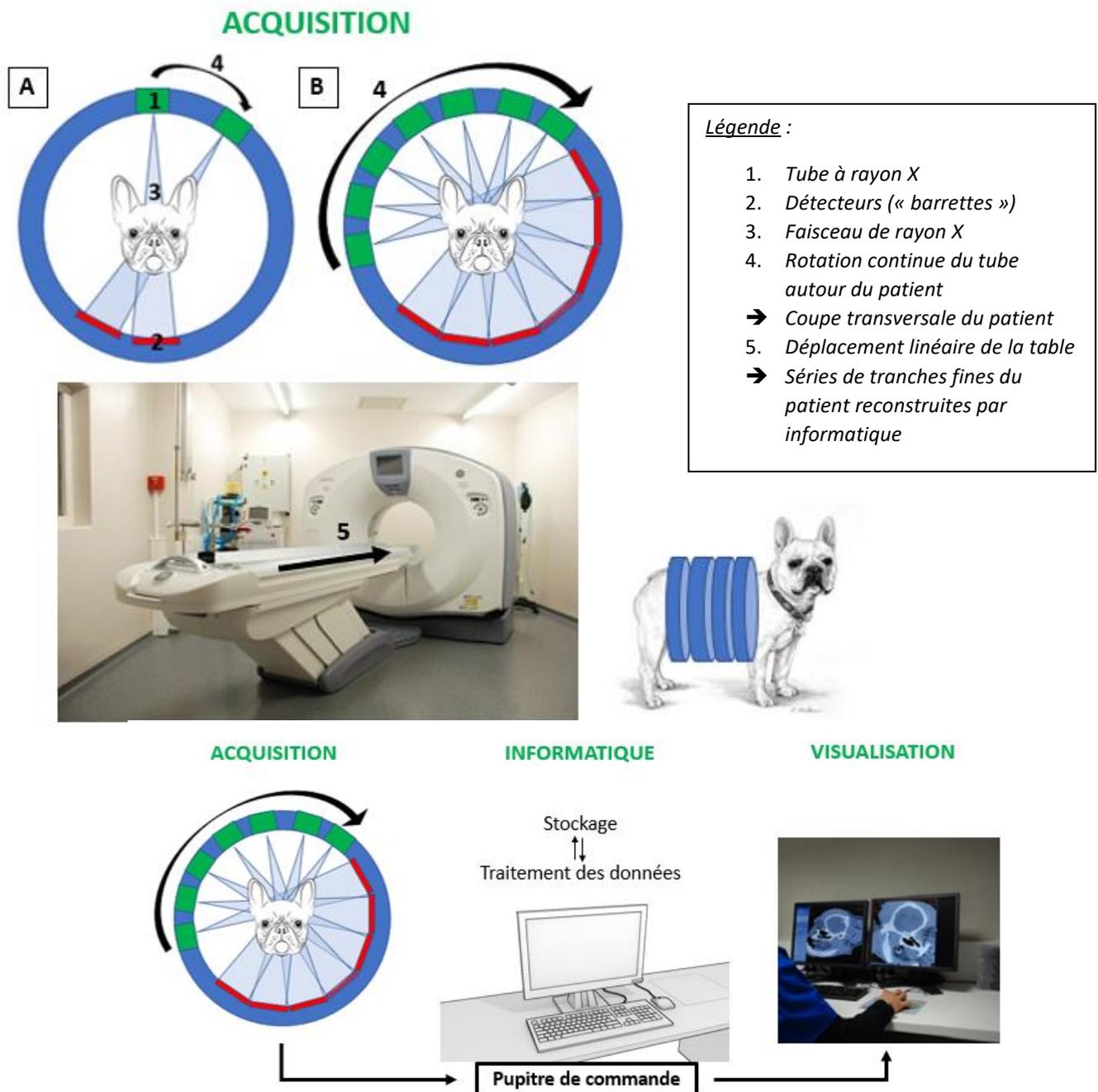


Figure 4 : acquisition de l'image scanner
D'après [12]

Sur un appareil de radiographie classique, on a un tube radiogène fixe. Dans le cas du scanner, celui-ci tourne autour du patient. Les signaux émis par le tube radiogène sont interceptés par l'ensemble des détecteurs (ou « barrettes ») situés dans cet anneau de rotation. Pour un tour complet du patient, on obtiendra une coupe transversale de celui-ci. Ainsi, la table se déplaçant de façon longitudinale, une série de coupes fines est réalisée puis traitée et reconstruite par informatique.

b. Le rayon X : de sa formation à sa réception

i. Définition du rayon X

Le rayon X est découvert en 1895 par Wilhem Röntgen (prix Nobel de physique), qui le nomme ainsi en référence à l'inconnue X utilisée en mathématiques. Dès lors, sa capacité à traverser la matière en étant partiellement absorbé est mise en évidence. Celle-ci est fonction de la densité de la matière, mais aussi de l'intensité du rayonnement [1].

Pour en comprendre le fonctionnement, il faut tout d'abord savoir que le rayon X est une onde électromagnétique composée de photons. Comme tout rayonnement de ce type, il peut ainsi être modélisé de deux façons [22, 34] :

- En tant qu'onde électromagnétique il est la résultante de la combinaison entre un champ électrique et un champ magnétique agissant perpendiculairement l'un à l'autre (**Figure 5**)

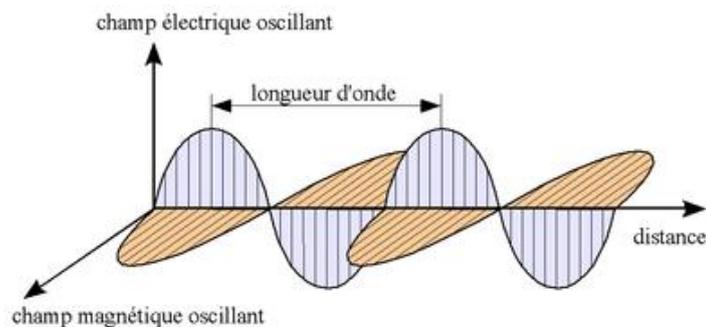


Figure 5 : L'onde électromagnétique

D'après [37]

- Ou selon le modèle de la mécanique quantique, associant chaque radiation monochromatique à un corpuscule de masse nulle ou particule élémentaire : le photon

Chaque onde est caractérisée par sa fréquence F (en Hertz), c'est-à-dire son nombre de cycles par seconde, sa longueur λ , distance existante entre deux maximums de l'onde (en mètres), et sa vitesse de propagation V (en mètres par seconde) [24, 34, 37].

La relation permettant de relier ces différents paramètres est la suivante :

$$\lambda = V/F$$

Le rayon X a la particularité de présenter une longueur d'onde très courte, ce qui le rend indétectable par l'œil humain en comparaison à la lumière visible. Cependant, c'est aussi cette propriété qui fait de lui un rayonnement ionisant et donc potentiellement dangereux. En effet, lors de l'exposition d'un corps à un champ de rayon X, les photons incidents vont interagir avec la matière selon une certaine probabilité définie par le coefficient d'atténuation linéique. Ce dernier est défini par la somme des différentes interactions possibles d'un rayonnement ionisant tel que le rayon X [22].

$$\mu_{\text{total}} = \mu_{\text{photoélectrique}} + \mu_{\text{Compton}} + \mu_{\text{matérialisation}}$$

Avec μ_{total} : le coefficient d'atténuation linéique

$\mu_{\text{photoélectrique}}$: l'effet photoélectrique, arrêt du photon et transfert de l'énergie à la matière

μ_{Compton} : l'effet Compton, c'est-à-dire le transfert partiel d'énergie à la matière

$\mu_{\text{matérialisation}}$: l'effet Rayleigh ou de matérialisation, c'est-à-dire l'absence d'interaction

Afin de déterminer le rapport entre intensité du faisceau transmis et intensité du faisceau initial incident, on utilise la loi de Beer-Lambert. Elle intègre le coefficient d'atténuation et permet ainsi de définir l'énergie optimale nécessaire à la formation d'une image à partir du corps traversé en fonction de la densité de la matière qui le compose.

Ainsi, pour un corps d'épaisseur x exposé à un champ de rayons X à 90° , le rapport entre l'intensité du faisceau transmis I et celle du faisceau incident I_0 est :

$$I_x = I_0 \cdot e^{(-\mu x)}$$

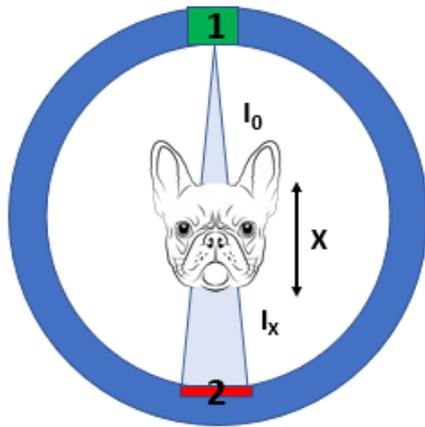
Avec I_0 : intensité initiale du faisceau de rayon X

I_x : intensité du faisceau de rayon X après traversée d'une épaisseur X de la matière

X : épaisseur traversée

μ : coefficient d'absorption linéaire du matériau traversé (exprimé en cm^{-1})

On comprend ainsi que l'intensité du faisceau photonique a subi une décroissance exponentielle en traversant le corps, décroissance qui est dépendante de l'épaisseur de la matière mais aussi de la nature du tissu biologique de par le coefficient μ (**Figure 6**). Ce dernier est en effet croissant si l'on considère dans l'ordre un poumon, des viscères ou un os [22, 24].



Légende :

1. Tube à rayon X
2. Détecteurs (« barrettes »)

I_0 : intensité initiale du faisceau de rayons X
 I_x : intensité du faisceau de rayons X après traversée d'une épaisseur X de la matière
X : épaisseur traversée

Figure 6 : Exposition de l'animal au champ de rayon X

ii. Formation du rayon X par le tube radiogène

Le mécanisme principal de formation des rayons X est l'émission générale ou bremsstrahlung. Il repose sur le principe des interactions coulombiennes à l'origine du rayonnement de freinage. En effet, en passant à proximité du noyau d'un atome, un électron est soumis à une force d'attraction appelée interaction coulombienne. Celle-ci va dévier sa trajectoire d'une part et lui faire perdre une partie de son énergie d'autre part, émise sous forme de photon (**Figure 7**). Plus l'électron passera à proximité du noyau et plus le photon qui lui sera arraché sera chargé d'une énergie importante, libérant ainsi un rayon X d'intensité proportionnelle [8, 22, 34].

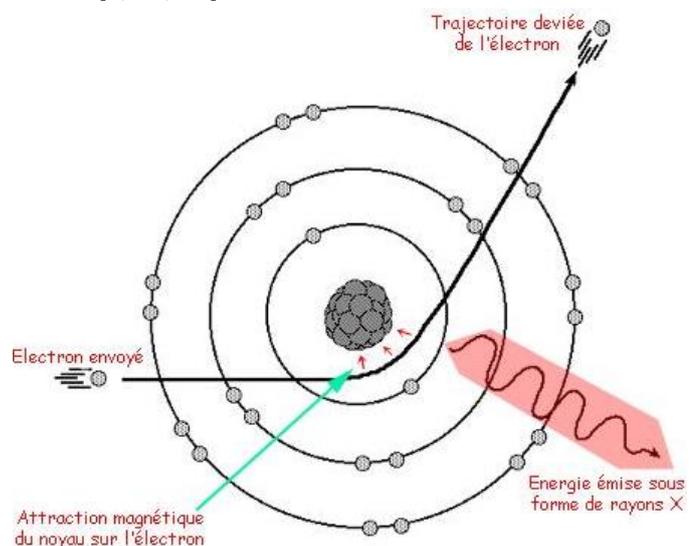
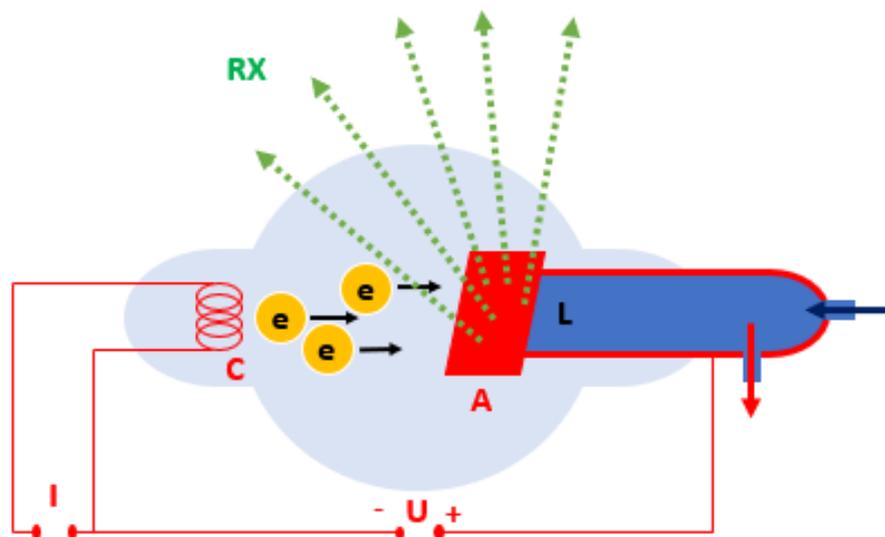


Figure 7 : Rayons X issus de l'émission générale ou bremsstrahlung
D'après [34]

On comprend donc aisément que l'obtention d'un flux de rayon X est basée sur l'accélération d'électrons dirigés vers une cible composée d'atomes.

Intéressons-nous maintenant au fonctionnement du générateur à rayon X du scanner. Celui-ci se situe dans le statif tournant de l'appareil. Il émet un faisceau de rayon X d'épaisseur allant de 1 à 10 millimètres, en rotation autour du patient. Le générateur produit une tension haute et continue qui va alimenter le tube à rayons X. Ce dernier est constitué d'une ampoule de verre renfermant la cathode et l'anode du système. Un filament de tungstène constitue la cathode et va alors être porté à incandescence, émettant un flux d'électrons dirigés vers l'anode (une plaque d'alliage de différents métaux) : les charges négatives sont attirées par la charge positive. L'accélération subie par les électrons est proche de celle de la lumière (3.10^8 m.s^{-1}). Lors de leur rencontre avec l'anode, selon l'effet de bremsstrahlung détaillé précédemment, la quasi-totalité de l'énergie (99%) est libérée sous forme de chaleur, tandis que la portion restante (1%) produit un rayonnement électromagnétique ou rayon X (**Figure 8**) [22, 24, 34].



Légende :

- | | |
|--------------------------------|---------------|
| A : anode | e : électrons |
| C : cathode | I : intensité |
| RX : rayons X | U : tension |
| L : liquide de refroidissement | |

Figure 8 : Constitution du générateur à rayons X
D'après [34]

Le faisceau obtenu subit par la suite une filtration et une collimation ayant pour but de le « durcir » et de définir ses dimensions, mais aussi de s'affranchir des rayonnements diffusés parasites de l'examen [24].

iii. Captation des rayons X par les détecteurs

Les rayons X sont émis par le générateur et dirigés vers le sujet de l'examen. Lors de la traversée du corps, le faisceau subit une atténuation que nous avons décrite plus haut. Le faisceau transmis va par la suite être réceptionné par des détecteurs, placés à l'opposé du tube à rayon X.

Les détecteurs des scanners de dernière génération sont dits « multibarrettes » et forment 4 à 16 rangées organisées sur un arc de cercle de 40°. Ils subissent une rotation autour du patient parallèle à celle réalisée par le tube à rayon X. C'est ainsi qu'on obtiendra, pour chaque degré des 360° effectués par le système, plusieurs centaines de mesures différentes [3].

Chaque détecteur intercepte des rayons et les transforme en photons lumineux grâce à un scintillateur. La lumière produite est ensuite convertie en signal électrique par l'intermédiaire d'une photodiode. Enfin, un photoamplificateur réalise une amplification du signal final, qui sera traduit en informations numériques enregistrées et analysables par ordinateur [8].

c. Formation de l'image tomодensitométrique

Chaque coupe transversale réalisée lors de l'examen scanner peut être analysée selon son entité compositionnelle : le voxel (un voxel correspondant à un cube ayant sa propre valeur μ) (**Figure 9**) [22].

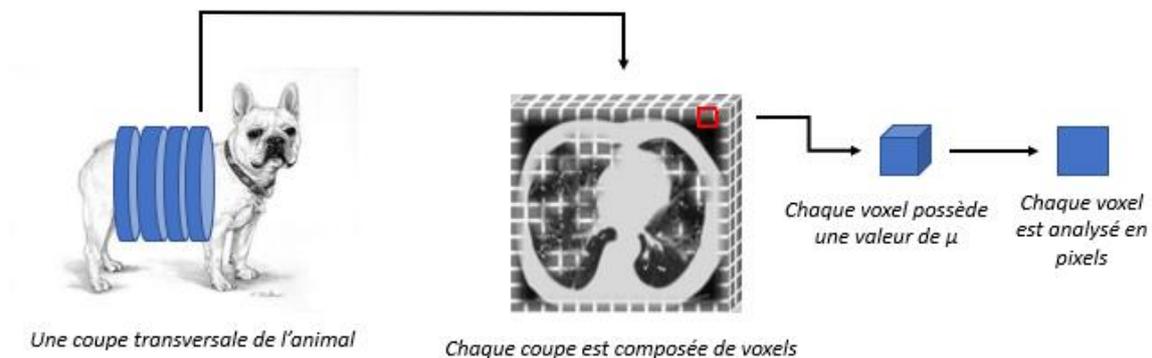


Figure 9 : Le voxel, entité compositionnelle de l'image tomодensitométrique

Chaque voxel est à son tour analysé comme un pixel (ou carré) avec une certaine valeur dans l'échelle de gris de Hounsfield. Cette échelle (définie par Sir Godfrey Newbold Hounsfield, en Unité Hounsfield (UH)), établit une gradation de la densité permettant ainsi la création d'une image

composée de gris différents. L'unité Hounsfield est reliée au coefficient d'atténuation via la formule suivante :

$$HU (tissu) = \frac{\mu_{tissu} - \mu_{eau}}{\mu_{eau}} \times 1000$$

Chez l'animal, on aurait environ 4000 densités différentes ainsi établies, allant de +3000 UH pour l'os par exemple à -1000 UH pour l'air, en passant par 0 UH pour l'eau (Figure 10) [24].

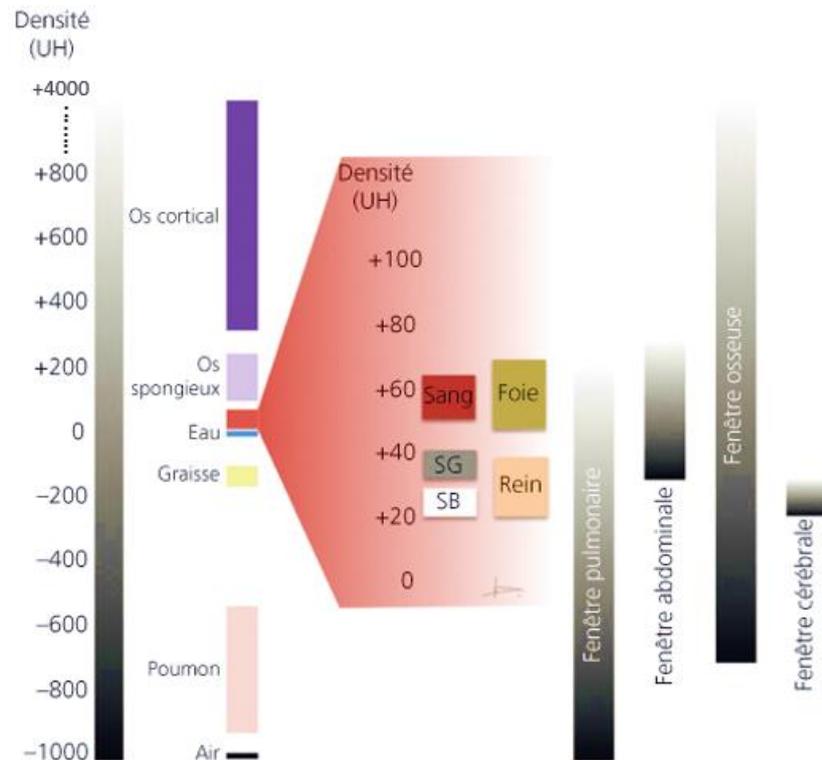


Figure 10 : Echelle de Hounsfield
D'après [24]

Une application pratique de ces valeurs est par exemple l'évaluation tomодensitométrique d'une tumeur : en effet, une valeur de 10 UH correspondant à une radiodensité de tissu musculaire, si l'on trouve une radiodensité moins importante pour la masse analysée, cela nous indique qu'elle est en fait composée de gras.

C- L'utilisation du scanner en médecine vétérinaire ([8], [22], [24], [34])

a. Caractéristiques de l'image scanner

En tant qu'être humain, notre œil n'est capable de distinguer qu'environ 90 densités différentes. C'est pourquoi il faut adapter l'échelle de Hounsfield lors des examens d'imagerie : on

parle de « fenêtrage ». Chaque fenêtre sera définie par deux valeurs : un centrage ou « gris moyen » (niveau L) et une étendue de « gris » possibles (largeur W) (**Figure 11**) [22, 24]. On comprend ainsi qu'une fenêtre étroite correspondra à une plus grande discrimination visuelle entre des densités voisines. Les tissus ayant une densité supérieure à la valeur maximale définie par la fenêtre apparaîtront blancs et ceux ayant une densité inférieure à la valeur minimale de la fenêtre apparaîtront noirs.

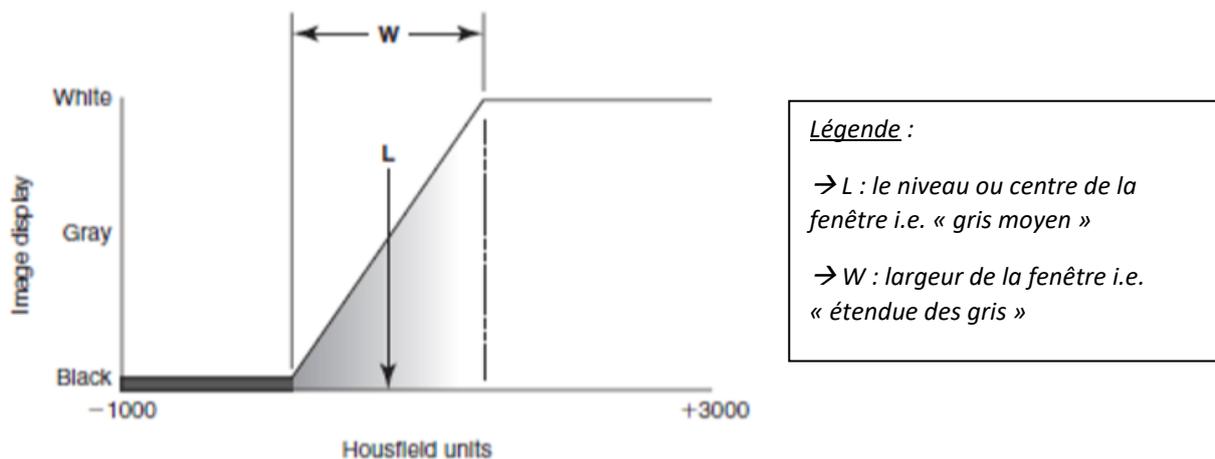


Figure 11 : Le fenêtrage ou « windowing »

D'après [22]

La fenêtre sera préétablie en début d'examen et après l'acquisition ce qui permettra à l'imageur d'adapter la reconstruction informatique des images à la fois en fonction de la vision humaine et de la zone d'examen souhaitée.

Par exemple, dans le cas d'un scanner de la tête, le centre de la fenêtre de visualisation pourra être placé sur un niveau de 50 UH et une étendue de 300 UH. Après une unique exposition de l'animal aux rayons X on obtiendra des séries d'images permettant d'évaluer la charpente osseuse mais aussi les tissus mous et les zones aériques, grâce à l'utilisation des différentes fenêtres de visualisation [24].

b. Le déroulement d'un examen scanner

i. Le patient

Une sédation profonde peut parfois être suffisante (scanner de membre par exemple) mais bien souvent on aura recours à une anesthésie générale. En effet, l'opérateur ne peut rester auprès de l'animal au cours de l'examen et son immobilité complète est nécessaire.

On comprend ainsi qu'un bilan de santé de l'animal est plus que conseillé avant tout examen tomodensitométrique. Toute contre-indication à l'anesthésie sera une contre-indication à sa réalisation. Par ailleurs, chaque salle de scanner sera équipée du matériel d'anesthésie volatile et de monitoring nécessaire à la mise en place, la surveillance et la sécurisation de l'anesthésie générale. Ceci sous-entend par ailleurs la présence d'un anesthésiste dans les locaux et ce, depuis l'induction et jusqu'au réveil.

Une fois l'animal anesthésié, il sera positionné correctement sur la table du scanner, selon les recommandations de l'imageur et dans le but d'optimiser la prise de vue des images (**Figure 12**).



Figure 12 : Anesthésie générale et positionnement de l'animal pour la réalisation du scanner

ii. L'imageur

Le premier travail de l'opérateur consiste en une identification précise de l'animal sur l'ordinateur relié au scanner depuis le poste de contrôle.

La deuxième étape consiste en la détermination du format de l'animal (petit, moyen ou gros) ainsi que la sélection de la région d'intérêt (crâne, thorax, rachis, corps entier...). Pour cela, l'imageur va mettre en place les limites de l'acquisition désirée via des repères matérialisés par trois raies lumineuses. Celles-ci vont permettre la réalisation de deux premiers clichés radiographiques dits en « topogramme » ou « scout view ». Un premier balayage du patient par le faisceau de rayon X selon cette incidence prédéfinie est en effet permis par la translation de la table du scanner [22].

Par la suite, et à partir des clichés obtenus, l'imageur va pouvoir sélectionner la région d'intérêt manuellement sur le scout. Il s'agit en réalité d'un volume ou champ de vision en 3D. On parle de DFOV pour Display Field Of View. L'appareil va utiliser ce DFOV comme matrice de travail. Il va effectuer une série de coupes fines de l'animal dans le volume défini par celui-ci, qui seront reconstruites selon le fenêtrage préétabli (**Figure 13**) [22, 24, 34].

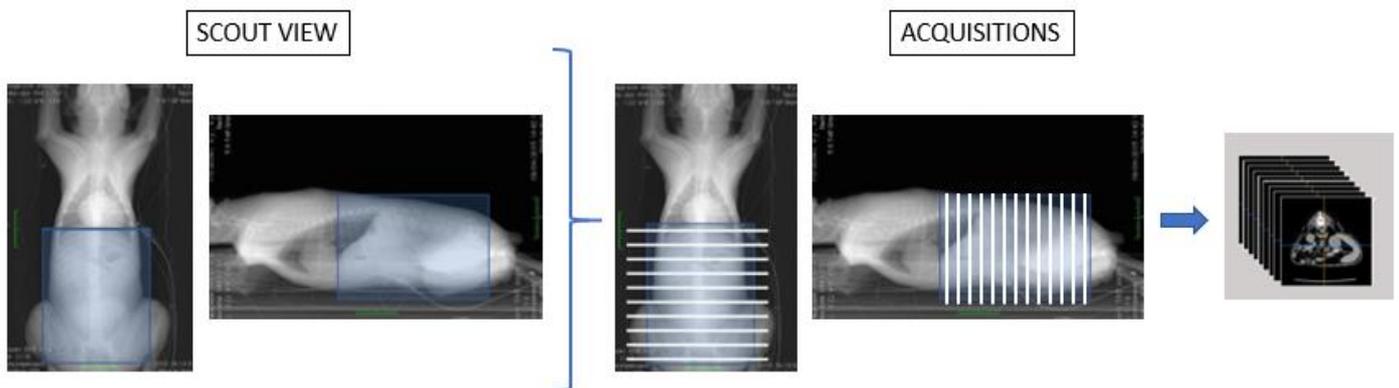


Figure 13 : Du « Scout view » à l'acquisition des images
D'après [22]

Les images obtenues dès lors peuvent être utilisées dans la réalisation d'une « reconstruction » en trois dimensions de l'animal. Cependant, leur analyse directe est aussi possible et riche d'informations. L'application de filtres numériques va en effet permettre d'intensifier certaines données de l'image selon l'examen réalisé. Par exemple, un filtre « mou » dit « médiastinal » privilégie sur des images thoraciques le contraste entre les différents tissus au dépend du contour des structures observées. A l'inverse, un filtre « dur » ou « parenchymateux pulmonaire » privilégie le contour au détriment du contraste. On aura donc par exemple plus de mal à différencier le muscle de la graisse médiastinale [24].

iii. La reconstruction informatique

1. La reconstruction des données volumiques

Le système informatique permet la reconstruction des volumes à partir de l'empilement des « coupes » de l'animal. On peut alors obtenir une reconstitution dite multiplanaire puisqu'elle est réalisable quel que soit le plan de l'espace considéré. C'est d'ailleurs par ce biais qu'il sera par la suite possible de suivre la trajectoire d'un vaisseau par exemple [24].

D'autres traitements de l'image sont possibles, comme des reconstitutions permettant l'endoscopie virtuelle.

2. Les principaux artefacts de l'image scanner

Comme toute technique d'imagerie, des artefacts existent et il est important de les connaître pour éviter de les confondre avec de véritables images, qu'elles soient pathologiques ou non.

Parmi les principaux artefacts on compte les artefacts de mouvement, limités en médecine vétérinaire du fait du recours fréquent à l'anesthésie générale. En effet, si l'acquisition est rapide, elle nécessite tout de même que le patient reste immobile au risque de provoquer un flou sur les images.

Un autre artefact couramment rencontré est l'artefact métallique. Celui-ci se produit lorsque le faisceau de rayon X entre en contact avec un corps étranger métallique (transpondeur électrique, électrodes d'électrocardiogramme...). On obtiendra alors sur l'image des bandes d'artefacts de densité apparente supérieure à celle d'un os [8, 24].

iv. *L'utilisation de produit de contraste*

Dans la majorité des acquisitions tomodensitométriques, un produit de contraste iodé sera utilisé dans un second temps. En effet, il permet d'augmenter nettement le contraste de certaines régions anatomiques qui en sont naturellement limitées (par exemple l'abdomen).

Le produit de contraste est généralement administré par voie intraveineuse et via un cathéter thoracique pour une rapidité d'action. Une nouvelle acquisition est réalisée 2 à 3 minutes plus tard selon la taille de l'animal et de l'examen souhaité [24].

Physiologiquement parlant, le bolus administré va suivre la circulation sanguine et ainsi rejoindre la veine cave supérieure et donc l'atrium droit du cœur. Suite à son passage dans le ventricule droit, il s'achemine vers les artères et veines pulmonaires avant de revenir dans le cœur par l'atrium gauche. Le ventricule gauche l'expulse enfin dans l'aorte puis vers l'ensemble des organes irrigués par l'une des branches artérielles aortiques. L'élimination du produit de contraste se fait principalement par le rein mais une élimination hépatique est aussi possible. On comprend ainsi que si l'examen s'intéresse au réseau artériel pulmonaire, le délai entre l'injection et l'acquisition se devra d'être plus court que si l'on souhaite visualiser les voies urinaires excrétrices (**Figure 14**) [24].

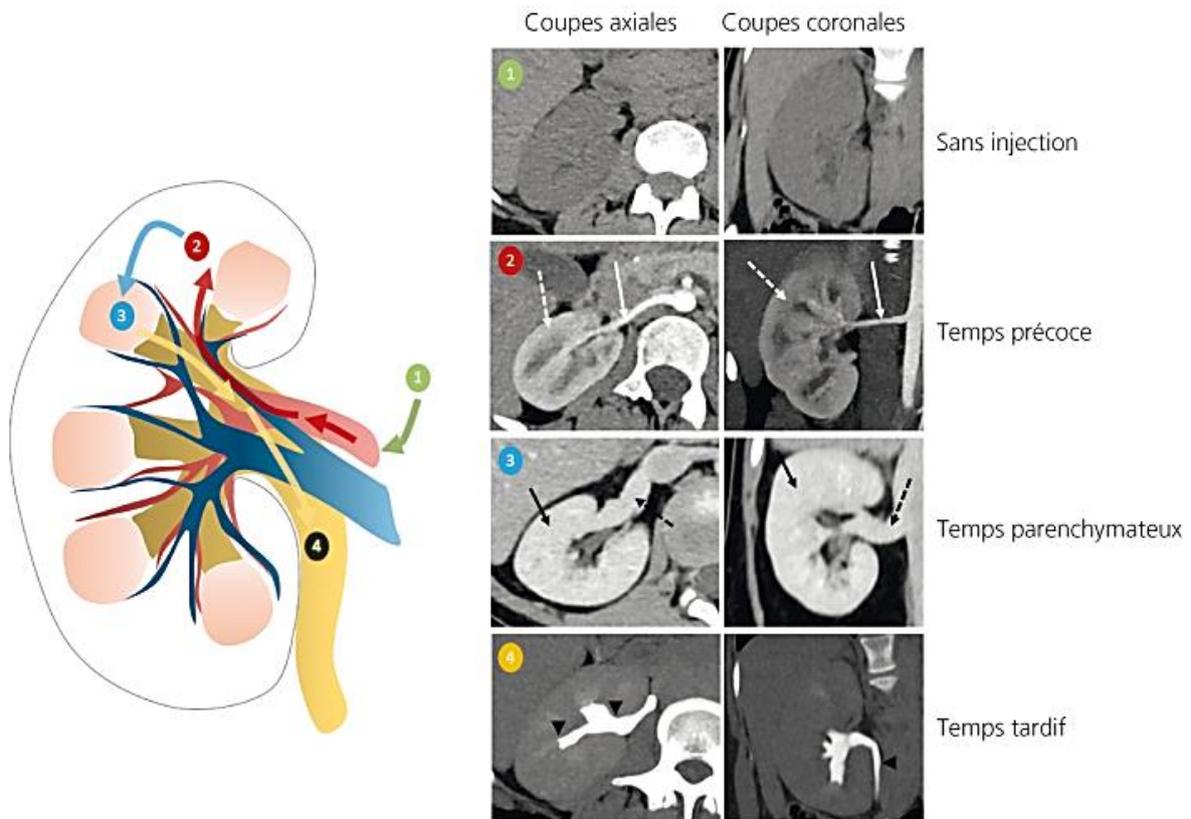


Figure 14 : Cinétique du produit de contraste – exemple du rein
D'après [24]

A noter que comme toute substance injectée ou ingérée, le produit de contraste peut provoquer des effets indésirables et est sujet à contre-indications. Des cas de réactions allergiques et d'hypersensibilités ont été décrits chez l'homme ainsi que des perturbations du métabolisme thyroïdien principalement chez les individus souffrant d'affection thyroïdienne. Par ailleurs, l'élimination étant pour majorité rénale, il est conseillé de réaliser un dosage de la créatinémie avant l'utilisation d'un produit de contraste. Enfin, l'injection s'accompagne évidemment d'une augmentation de l'osmolarité plasmatique et ainsi d'une déshydratation intracellulaire. Elle sera ainsi fortement déconseillée pour tout animal en état de choc ou déshydraté [8, 24].

Nous avons vu le fonctionnement général du scanner ainsi que son évolution historique. Si les contraintes associées à son utilisation (recours fréquent à l'anesthésie générale, maîtrise du logiciel informatique) en font un examen technique, il n'en est pas moins qu'il constitue une aide au diagnostic d'intérêt croissant.

De par la finesse des images obtenues, le scanner s'inscrit dans une démarche de qualité. Néanmoins, un certain nombre de contre-indications à son utilisation existent, notamment si le patient n'est pas suffisamment stable et donc qu'une sédation ou anesthésie générale est inenvisageable.

2^{ème} Partie

LE CHIEN BRACHYCEPHALE

A- Anatomie du chien brachycéphale ([2], [4], [10], [11], [13], [15], [16], [20], [23], [25], [26]))

a. Historique

L'étymologie du mot « brachycéphale » dérive du mot grecque *brachus* qui signifie « court » et *kephalê* qui signifie « tête ». Ainsi, le chien brachycéphale est désigné de la sorte de par la forme de son crâne [26].

Les chiens brachycéphales sont fréquemment cités au cours de l'Histoire. On note par exemple les épagneuls nains du roi Charles II d'Angleterre qui leur donna son nom en les rebaptisant cavaliers King Charles. Fortuné, le carlin de Joséphine de Beauharnais est aussi couramment évoqué. Le bulldog (ou bouledogue anglais) quant à lui, était initialement utilisé en tant que chien de combat à l'époque Victorienne de l'Angleterre. Ce n'est que sur la seconde moitié du 19^{ème} siècle que cessent ces pratiques pour laisser place à un intérêt grandissant pour les mélanges interraciaux. C'est ainsi que naît par exemple le bouledogue français, issu très probablement du croisement entre un carlin et un bulldog [26].

b. Définition et embryologie à l'origine de la brachycéphalie

Chez le chien, les variations raciales quant aux proportions et à la forme de la tête sont infiniment plus étendues que chez les autres espèces. Cependant, on peut définir globalement trois morphotypes de crânes : les dolichocéphales (ou « crânes allongés ») comme le greyhound, les brachycéphales (ou « crânes courts ») comme le bouledogue anglais et les mésocéphales (ou « crâne moyen »), l'intermédiaire entre les deux cas précédents, comme le golden retriever (**Figure 15**) [11, 25].

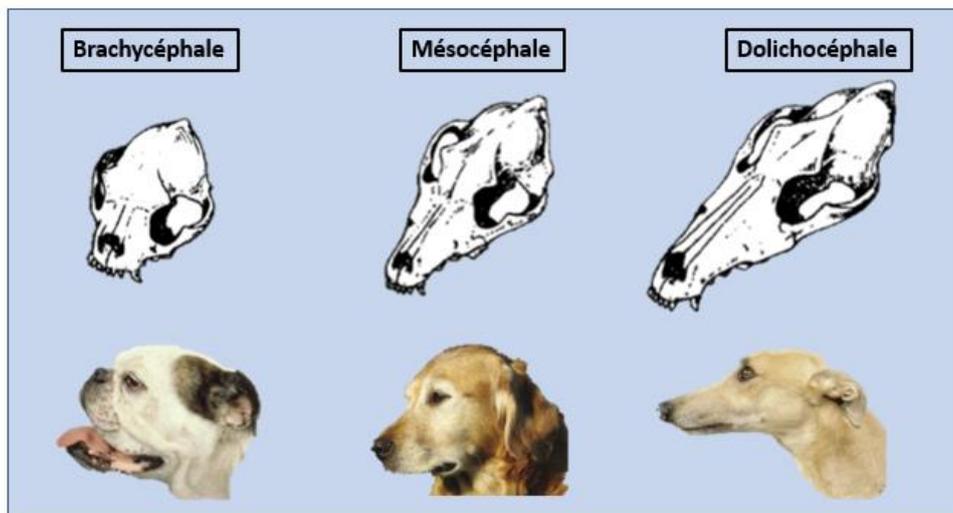


Figure 15 : Les morphotypes crâniens de la race canine
D'après [11] et [25]

Les variations morphologiques affectent en réalité principalement le développement de la face, le crâne ne variant que d'une moindre mesure (**Figure 16**) [13]. On remarque d'ailleurs que les deux mâchoires elles-mêmes ne présentent pas toujours une évolution similaire.

L'ankylose précoce du cartilage de croissance du crâne ainsi que la fusion prématurée de certaines de ses articulations sont à l'origine chez les races brachycéphales d'un l'axe longitudinal plus court que chez les mésocéphales ou les dolichocephales. En effet, un certain nombre de mutations génétiques spontanées est responsable de ces modifications anatomiques : celles-ci aboutissent à une chondrodystrophie précoce. C'est ainsi qu'on obtient la formation d'un maxillaire déformé et raccourci. La croissance de la mâchoire inférieure quant à elle se poursuit, aboutissant à une déformation rostro-dorsale en l'absence d'occlusion avec une mâchoire supérieure. Chez certaines races brachycéphales comme le bouledogue anglais, ce phénomène induira un prognathisme de la mandibule [13, 20].

	BRACHYCEPHALE	MESOCEPHALE	DOLICHOCEPHALE
Longueur de la face	48 mm	89 mm	114 mm
Largeur de la face	103 mm	99 mm	92 mm
Longueur occipitale	99 mm	100 mm	124 mm
Largeur occipitale	56 mm	56 mm	59 mm
Longueur de la mandibule	85 mm	134 mm	163 mm
Longueur du crâne	127 mm	189 mm	238 mm
Largeur du crâne	103 mm	99 mm	92 mm

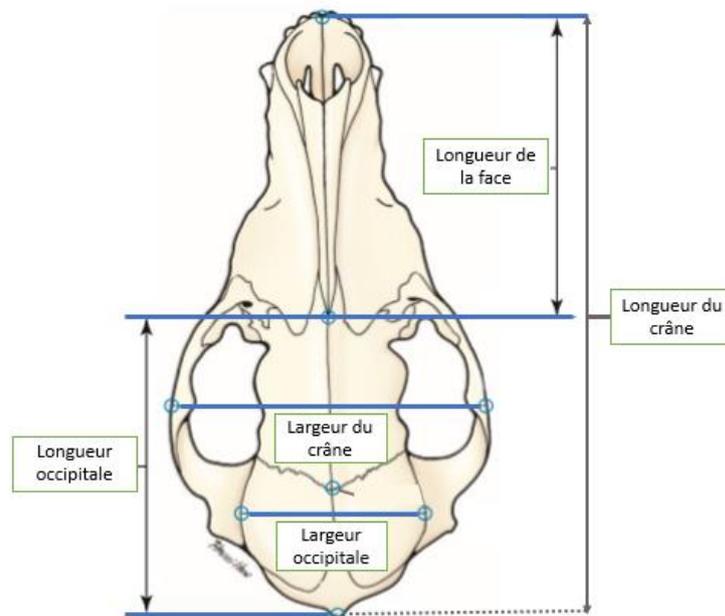


Figure 16 : Vue dorsale d'un crâne de chien et mesures moyennes réalisées sur les trois morphotypes
D'après [13]

Différents repères anatomiques sont utilisés dans la classification des morphotypes. Il a été défini que les chiens ayant un crâne large et dont le ratio largeur sur longueur dépassait 0,81 étaient considérés comme brachycéphales. D'autres classifications sont basées par exemple sur la relation entre la longueur du crâne et celle de sa partie occipitale. Enfin, les angles crânio-faciaux diffèrent selon les races brachycéphales (9 à 14°), mésocéphales (19 à 21°) ou dolichocéphales (25 à 26°) (**Figure 17**) [20].

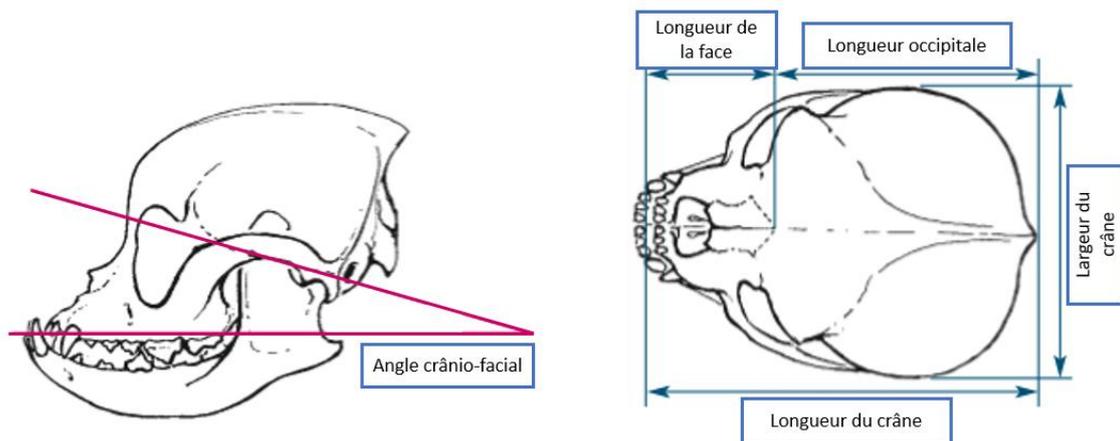


Figure 17 : Mesures réalisables pour l'évaluation de la brachycéphalie
D'après [20]

Si le crâne de brachycéphale est, somme toute, de taille réduite, toutes les structures et tissus qu'il contient sont par ailleurs conservés. C'est ainsi qu'on obtient notamment une obstruction partielle des voies aériennes supérieures suite au développement embryonnaire normal des tissus mous de la sphère oropharyngée [13, 20].

Ainsi, sont considérées comme brachycéphales des races telles que les chihuahuas, les bouledogues français et anglais, les cavaliers king charles, les carlins, les bostons terriers, les boxers, les pékinois, les shi-tzu, mais aussi certains bichons maltais ou encore les pinschers miniatures [10, 11, 13, 20, 23, 25, 26].

c. Rappels d'anatomie : focus sur les voies aériennes supérieures et le pharynx

i. Le nez externe

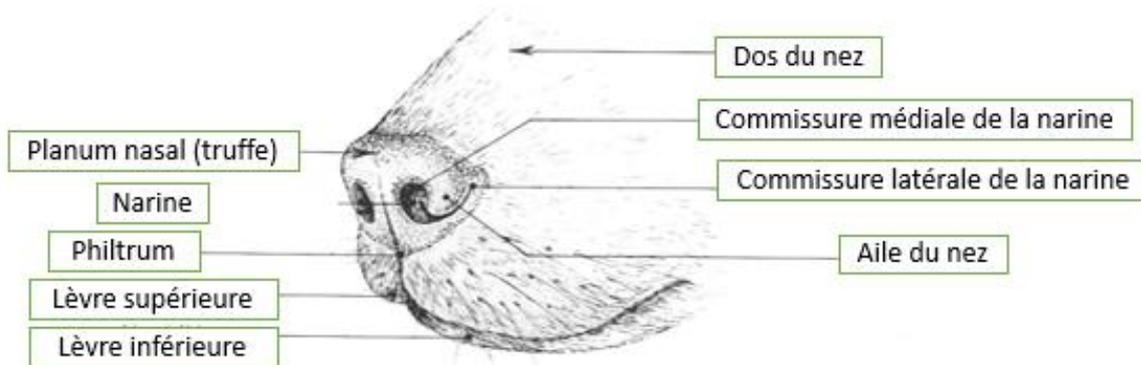


Figure 18 : Narines et truffe du chien

D'après [2]

Les deux narines sont délimitées par les ailes du nez composées de cartilage. Elles constituent la porte d'entrée du tractus respiratoire (**Figure 18**). Les muscles qui les constituent permettent leur variation de diamètre et assurent ainsi une certaine adaptation aux efforts respiratoires. Le rostrum est la partie dorsale du nez externe, qui est en nette communication avec la lèvre supérieure du chien via le philtrum [2]. Chez le chien brachycéphale, on observe à la fois un nez plus court et des narines plus étroites que chez les mésocéphales. De plus, la chondrodysplasie des cartilages nasaux diminue leur rigidité et concourt à l'occlusion partielle des narines [10, 20, 23, 26].

ii. Les cavités nasales

Les deux narines sont délimitées par un septum cartilagineux se poursuivant dans les cavités nasales (**Figure 19**) [2]. Ces dernières assurent trois rôles fondamentaux :

- Un rôle respiratoire par purification, réchauffement et humidification de l'air inspiré,
- Un rôle olfactif, via la muqueuse éthmoïde contenue dans les cavités,
- Et enfin un rôle phonateur, en continuité avec le pharynx

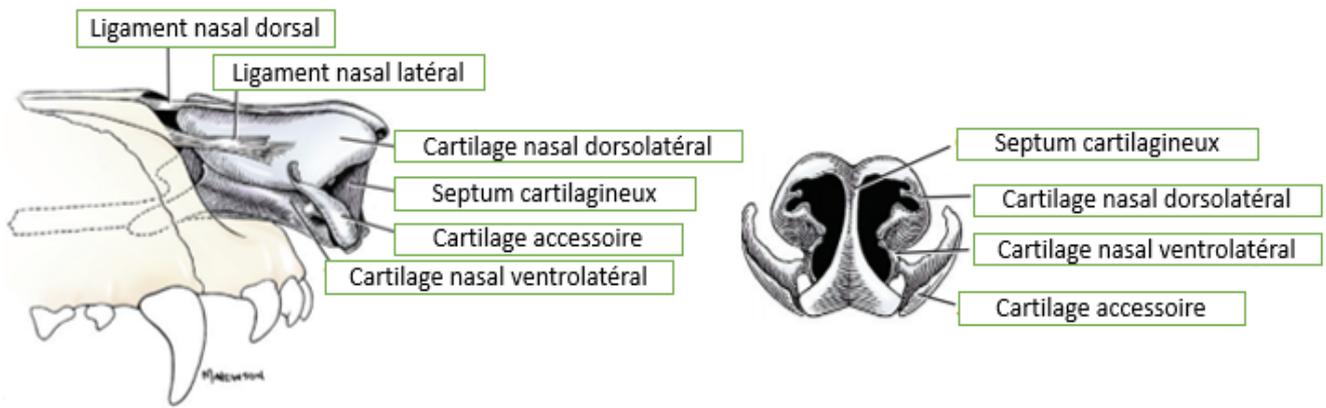


Figure 19 : La conformation interne du nez chez le chien
D'après [13]

Les deux cavités séparées par le septum nasal sont supportées par l'os vomer. Dans ces cavités on retrouve des cornets, fines lames osseuses enroulées sur elles-mêmes et recouvertes d'une muqueuse de type respiratoire. Chaque cavité nasale comporte trois cornets : un dorsal, un ventral et un moyen. Chez le chien, ces cornets sont à enroulement ramueux (**Figure 20**) [2].

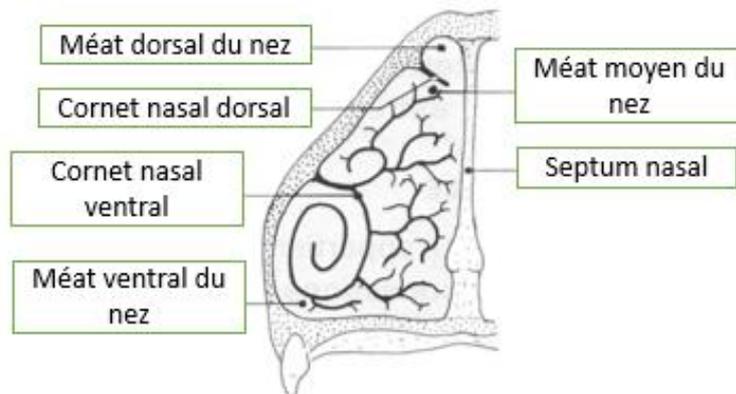


Figure 20 : Les cornets nasaux et leurs méats chez le chien
D'après [2]

Entre les cornets, on délimite des espaces appelés méats. Ainsi, on peut en définir trois : un méat dorsal (situé dorsalement au cornet nasal dorsal), un méat moyen et un méat ventral (le plus étendu, situé ventralement au cornet nasal ventral). Ce dernier méat aboutit au niveau des choanes, c'est-à-dire dans la portion caudale de la cavité nasale et de l'ouverture gutturale. On appelle communément méat commun la zone de communication des trois méats précédemment cités. Elle s'étend depuis les narines et jusqu'au labyrinthe éthmoïdal. Les volutes de l'os éthmoïde sont situées caudalement aux cornets nasaux et sont recouvertes d'une muqueuse de type olfactive. Ce sont de minces et fragiles lames osseuses, enroulées sur elles-mêmes. On retrouve de façon similaire aux

cornets la présence de méats éthmoïdaux entre les volutes (**Figure 21**). Ces derniers communiquent avec les méats cornéens cités plus haut [2].

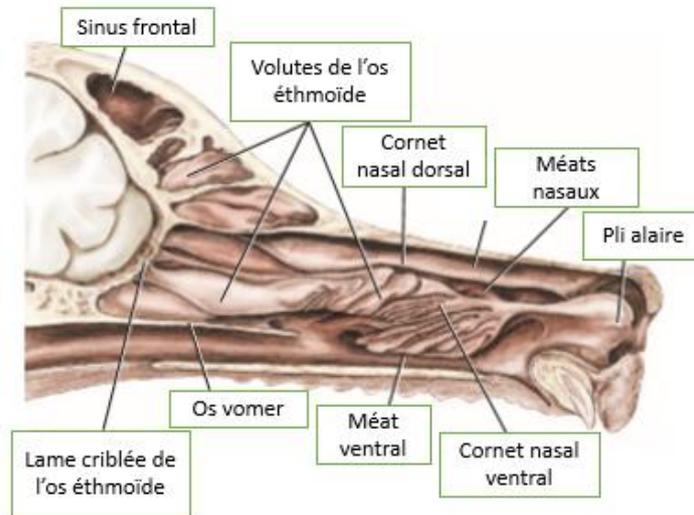
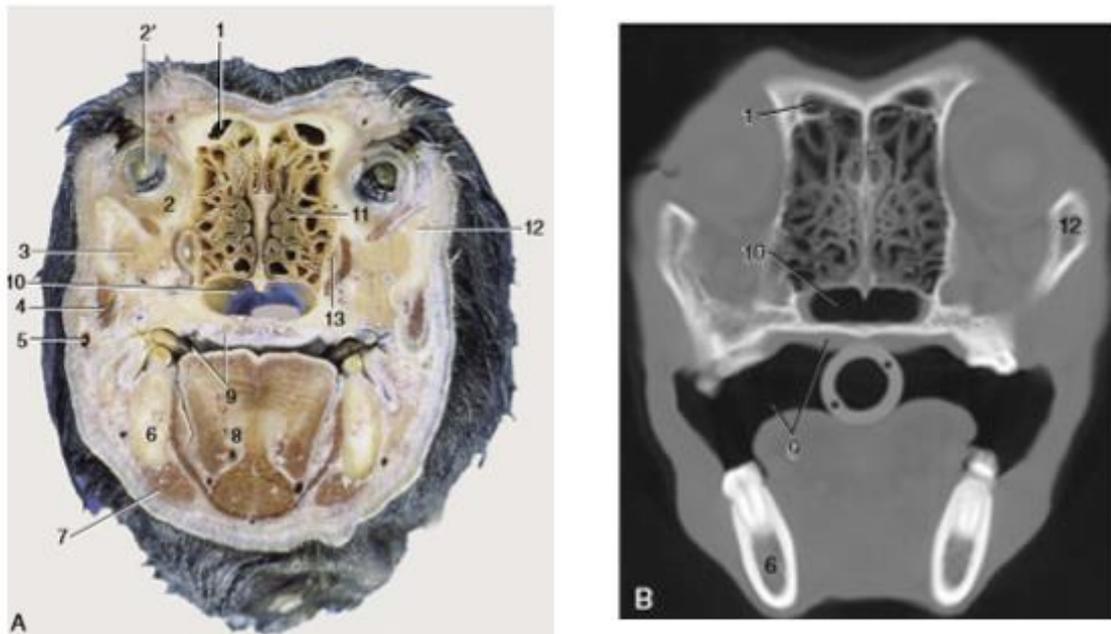


Figure 21 a. : Coupe sagittale de tête de chien mettant en évidence l'os éthmoïde et ses lames
D'après [13]



<u>Légende :</u>		
1. Sinus frontal	6. Mandibule	11. Volutes de l'éthmoïde
2. Orbites	7. Muscle digastrique	12. Arc zygomatique
3. Glandes zygomatiques	8. Langue	13. Récessus maxillaire
4. Masséters	9. Cavité orale et palais dur	2'. Œil
5. Veine faciale	10. Choanes	

Figure 21 b. : Coupe transversale de tête de chien en partie rostrale (A) et image scanner correspondante (B)
D'après [11]

En communication avec les cornets nasaux et dans la portion caudale du crâne, se trouvent les sinus paranasaux (**Figure 22**). Il s'agit de cavités creusées dans les os de la tête et remplies d'air permettant ainsi un allègement du poids de cette dernière. Leur muqueuse, de type respiratoire, assure un rôle de protection de l'encéphale vis-à-vis des vibrations ressenties par le corps [2].

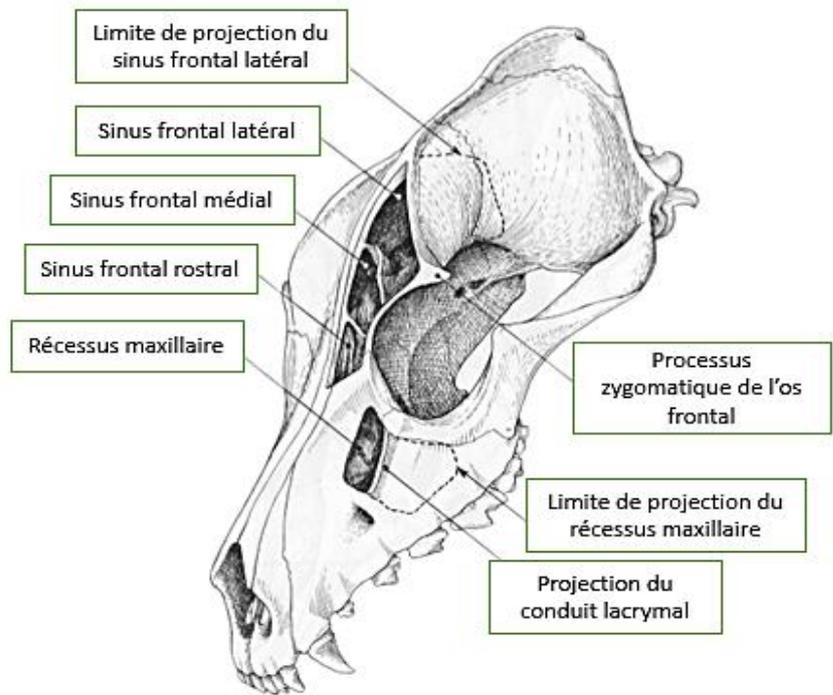


Figure 22 : Sinus paranasaux sur un crâne de chien mésocéphale
D'après [2]

Chez le chien brachycéphale, on observe généralement une absence de sinus paranasaux. Les cavités nasales sont par ailleurs étroites, les cornets s'étendent caudalement, occupant une place prépondérante et laissant peu d'espace aux méats (**Figure 23**) [10, 20, 23, 26].

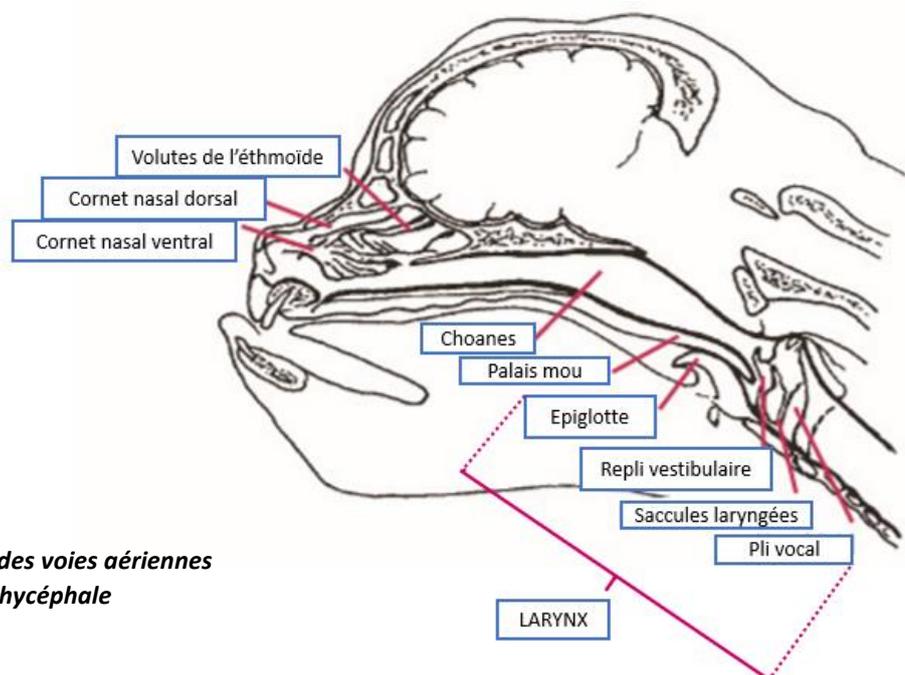


Figure 23 : Coupe sagittale des voies aériennes supérieures d'un chien brachycéphale
D'après [20]

iii. La région pharyngolaryngée

1. Le larynx

Le larynx constitue la portion initiale de l'arbre aéroporteur. Il est appendu à l'os hyoïde, situé entre les deux os de la mâchoire inférieure. C'est un organe musculo-cartilagineux complexe et puissant, composé de 5 cartilages (**Figure 24**) [2].

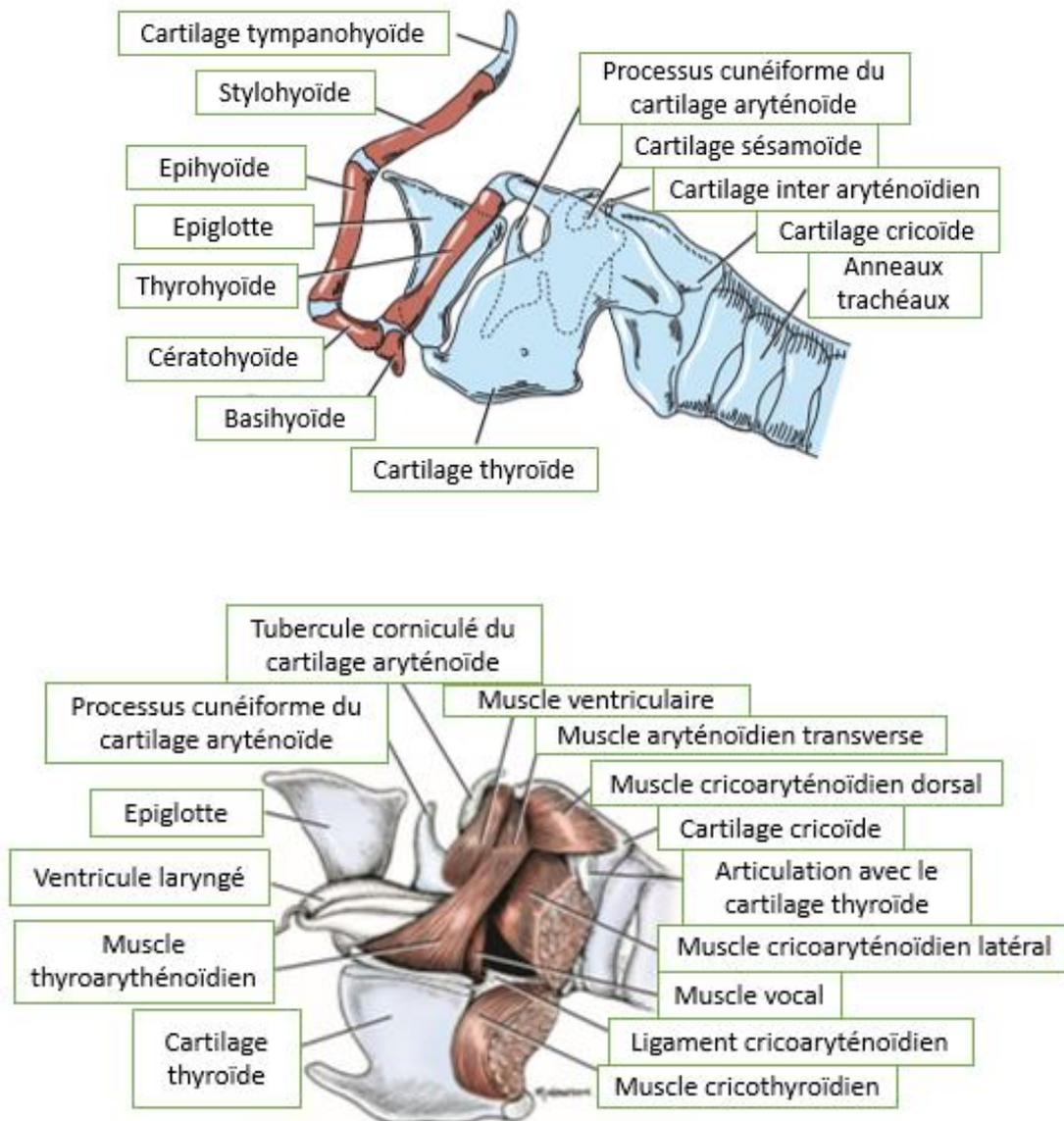


Figure 24 : Le larynx : un organe musculo-cartilagineux complexe
D'après [13]

L'espace losangique délimité par les deux cartilages aryténoïdes et les cordes vocales est appelé la glotte (**Figure 25**). Cette dernière se dilate lors de l'inspiration et se relâche en expiration [13].

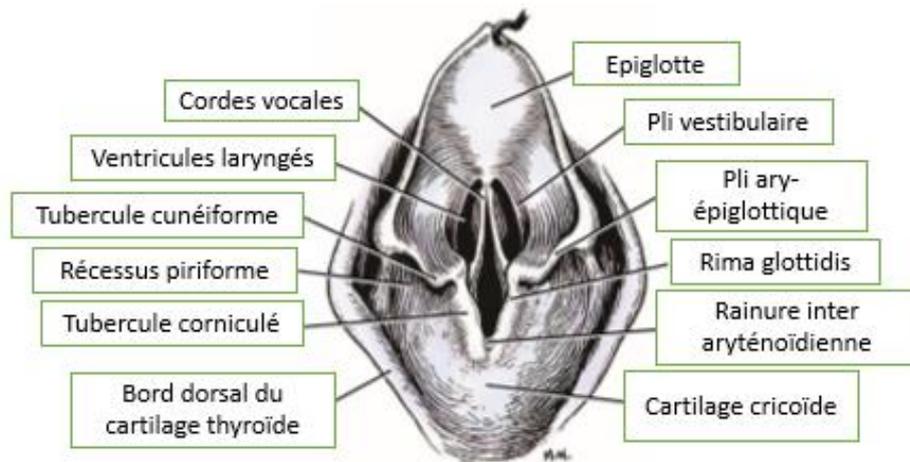


Figure 25 : Aspect dorsal du larynx mettant en évidence l'espace glottique
D'après [2] et [13]

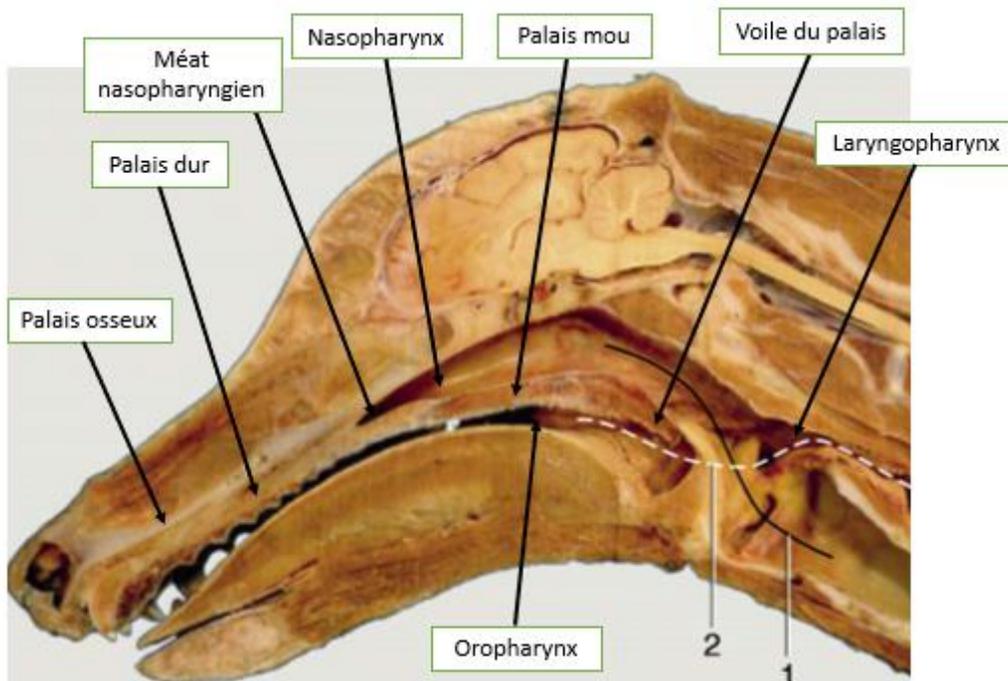
L'innervation motrice du larynx est réalisée par le nerf vague. Elle se compose de deux branches : une crâniale et une caudale. La branche crâniale comprend une portion motrice innervant les muscles cricothyroïdiens (intervenant dans la tension des cordes vocales) et une portion sensitive de la muqueuse laryngée. La branche caudale assure quant à elle l'innervation motrice de l'ensemble des autres muscles intrinsèques du larynx. Une atteinte nerveuse peut donc entraîner sa paralysie et ainsi engendrer une dyspnée, accompagnée qu'un bruit caractéristique audible au cours de l'inspiration : le cornage laryngé [2, 4].

Par ailleurs, le larynx possède une fonction protectrice des voies respiratoires inférieures en se fermant pendant la déglutition. Il empêche le passage des aliments dans la trachée qui lui fait suite par le réflexe de toux. Enfin, il est impliqué dans la vibration de l'air et donc dans la phonation grâce aux cordes vocales. En effet, la modification de son calibre grâce aux différents muscles qui le composent est à l'origine de la variation du débit de l'air et ainsi de la formation de sons [2, 11, 13].

Chez le chien brachycéphale, on note plusieurs modifications laryngo-trachéales : un œdème des muqueuses, une éversion des saccules laryngées et enfin un collapsus trachéal. Cependant, les auteurs de publications vétérinaires s'accordent à penser que celles-ci apparaîtraient secondairement à d'autres affections au cours de la vie de l'animal. Nous reviendrons sur ces précisions plus loin. Par ailleurs, le collapsus laryngé peut s'observer dans d'autres contextes et sa sévérité ne semble pas liée au grade clinique [16]. Sa cause la plus fréquente reste néanmoins l'obstruction chronique des voies aériennes supérieures provoquée par le syndrome brachycéphale [4].

2. Le pharynx

Le pharynx constitue le carrefour des voies digestives et respiratoires. Il réalise la connexion entre la cavité buccale et l'œsophage, entre les cavités nasales et le larynx. Sur un plan de coupe médian, cette jonction musculomembraneuse s'étend globalement depuis le niveau de la cavité orbitaire jusqu'à la vertèbre cervicale numéro deux (**Figure 26**) [2, 11].



Légende :

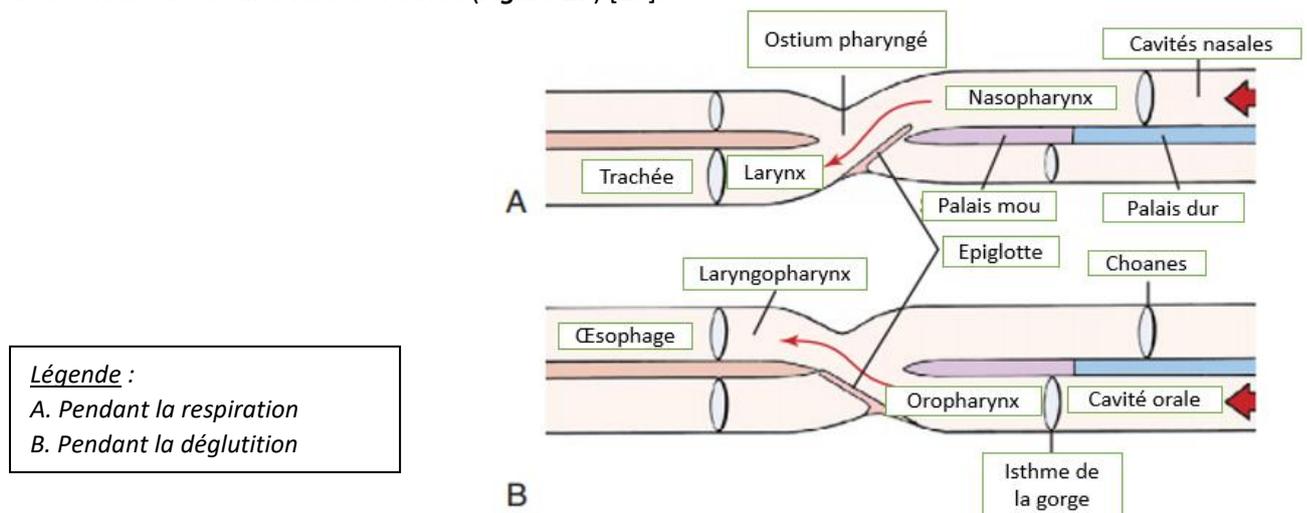
1. Trajet de l'air depuis le nasopharynx jusqu'à la trachée
2. Trajet de la nourriture depuis la cavité buccale jusqu'à l'œsophage

Figure 26 : Coupe en région médiane d'une tête de chien mettant en évidence les structures du pharynx
D'après [2] et [11]

Il est possible de subdiviser le pharynx en trois parties [2, 11, 13] :

- *Le nasopharynx* : le plus rostral, uniquement composé d'une muqueuse de type respiratoire assurant cette fonction. C'est à cet étage que l'on retrouve l'entrée de la trompe auditive.
- *L'oropharynx* : intermédiaire, il est délimité par les arcs palatoglosse et palato-pharyngien et constitue l'entrée du pharynx. Il est recouvert d'une muqueuse de type digestive.
- *Le laryngopharynx* : le plus caudal, s'étendant de la base de l'épiglotte jusqu'à l'œsophage. La muqueuse qui le compose est de type digestive.

Le palais dur sépare la cavité buccale des cavités nasales. Il est prolongé caudalement par le palais mou, cloison contractile et mobile qui réalise la séparation avec le pharynx. Un muscle tenseur permet en effet de l'abaisser contre la langue, tandis qu'un muscle élévateur assure le dégagement du gosier. Ainsi, lors de la déglutition, le voile du palais s'élève et se plaque contre la paroi dorsale du pharynx tandis que l'épiglotte bloque l'entrée du larynx. Au cours de la respiration c'est le phénomène inverse qui se produit : le palais mou étant relâché, l'air en provenance du nasopharynx est directement acheminé vers la trachée (**Figure 27**) [13].



Légende :
A. Pendant la respiration
B. Pendant la déglutition

Figure 27 : Le pharynx, carrefour des voies digestives et respiratoires
D'après [13]

La transition entre palais dur et palais mou est située caudalement à la dernière molaire chez les races mésocéphales et dolichocéphales. Chez les brachycéphales, cette transition est encore plus caudale (d'environ un centimètre) et est à l'origine d'un allongement du voile du palais [10]. Cependant, la différence la plus importante concernerait non pas la longueur mais l'épaisseur du palais mou, significativement plus importante chez les animaux souffrant du syndrome brachycéphale [15].

d. Anatomie comparée des races brachycéphales ([2], [5], [14], [36])

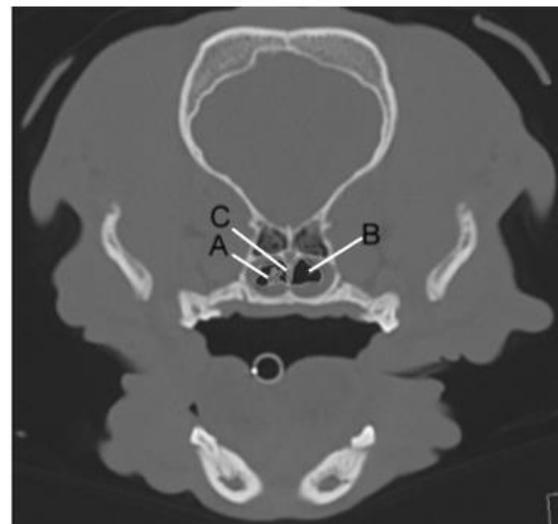
Si les particularités anatomiques évoquées précédemment nous indiquent de fortes similitudes entre les races brachycéphales, certaines différences intéressantes ont récemment été découvertes.

Dans une première étude, Caccamo et al. ([5]) comparent trois races brachycéphales (bouledogue français, bouledogue anglais et carlin) sur des différences anatomiques concernant la glotte et la taille du crâne afin d'éventuellement trouver une corrélation existante entre les deux. Si celle-ci n'a pas été mise en évidence, il s'avère cependant que chaque race possède sa propre forme

de trachée. Cette dernière serait en effet plus ronde chez le bouledogue anglais, de forme elliptique chez le carlin et intermédiaire aux deux précédentes chez le bouledogue français. Des mesures des espaces glottiques ont par ailleurs été réalisées. L'indice de taille se trouve être significativement plus petit chez les carlins sans aucune corrélation avec la taille du crâne.

Une autre source de variations anatomiques depuis peu fréquemment étudiée chez les animaux brachycéphales est la présence de cornets nasaux aberrants.

Pour mieux comprendre leur mise en place, il est nécessaire de revenir sur quelques notions d'embryologie. Les cornets nasaux sont issus d'un dérivé ectodermique comme la majeure partie des os du crâne [2]. On les différencie des autres os du corps, qui sont formés à partir du mésoderme [5]. Produits par ossification endochondrale (ossification primaire permettant la formation du tissu osseux à partir du cartilage), ils vont avoir tendance à grandir jusqu'à obtention de leur taille définitive. Or, nous avons vu que le cartilage de croissance des os du crâne du brachycéphale subissait une ankylose précoce au cours du développement. En conséquence, les cornets et volutes de l'os éthmoïde vont avoir tendance à encombrer les voies respiratoires ou à faire saillie au niveau du nasopharynx relativement au peu de place dont ils disposent dans la capsule osseuse (**Figure 28**) [36]. De façon intéressante, les comparaisons microscopiques des cornets nasaux aberrants avec ceux physiologiquement observés mettent en évidence un tissu histologiquement normal [5, 36].



Légende :

Septum nasal (C) séparant l'entrée du nasopharynx avec présence de cornets nasaux aberrants à droite (A) et non à gauche (B).

Figure 28 : Image tomodensitométrique en coupe transversale d'une tête de bouledogue français présentant des cornets nasopharyngés aberrants.

D'après [17]

On distingue deux types de cornets nasaux aberrants : les rostraux, issus des cornets nasaux ventraux (partie intégrante des cavités ventrales et moyennes) et les caudaux, issus des endoturbiniaux (os éthmoïde) et des cornets maxillaires [36]. Dans les cas les plus sévères, ces cornets peuvent passer

à travers les choanes et s'étendre jusqu'au nasopharynx (**Figure 29**). On les appellera alors des cornets nasopharyngés. Par ailleurs, des atteintes unies ou bilatérales sont possibles. Jusqu'à aujourd'hui, ces malformations n'ont été démontrées que chez des animaux brachycéphales.

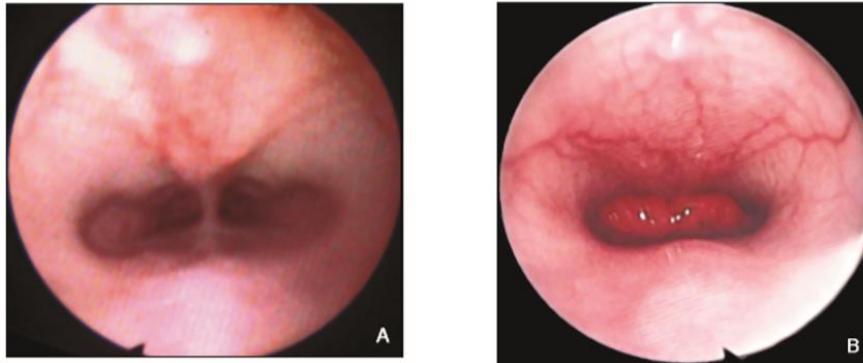


Figure 29 : Vision endoscopique de nasopharynx physiologique (A) versus pathologique (B) de bouledogue anglais – La Figure 27B met en évidence la présence de cornets nasaux aberrants en protrusion dans la lumière du nasopharynx. L'os vomer se situe dorsalement et le palais mou ventralement sur les deux vues. D'après [14]

Une étude réalisée par Ginn et al. ([14]) s'est intéressée à la présence des cornets nasaux aberrants chez les races brachycéphales de chiens et de chats. L'endoscopie est utilisée comme moyen diagnostique et les animaux choisis pour l'étude présentent tous des signes cliniques évocateurs de maladie obstructive des voies respiratoires hautes. Les malformations de cornets nasaux sont retrouvées chez 21% des chiens de l'étude. De façon intéressante, 82% d'entre eux sont des carlins.

Une étude plus récente, menée via tomодensitométrie par Vilaplana Grosso, Haar, et Boroffka ([36]) démontre en réalité la présence de cornets nasaux aberrants pour 100% des bouledogues anglais testés dans l'expérience. Une hyperplasie des cornets nasaux caudaux serait la plus fréquemment impliquée chez cette race (63% contre 26% pour les rostraux). Il existerait par ailleurs différents grades de développement de ces malformations. On peut enfin penser qu'un biais de technique existe entre les deux études. Le scanner est en effet peut être plus sensible que l'endoscopie pour le diagnostic de cette affection. Une autre explication peut être trouvée en relation avec la sélection des hyper-types. De fait, les critères morphologiques des brachycéphales sont aujourd'hui en partie « choisis » afin de répondre à une forte demande de la clientèle canine. Cette sélection génétique, liée à un véritable effet de mode, a probablement concouru au cours du temps à l'apparition de nouveaux phénotypes dominants au sein des populations de chiens.

Nous avons défini le brachycéphale au regard de critères anatomiques. Intéressons-nous maintenant à décrire la physiopathologie pouvant en découler.

B- Physiopathologie du brachycéphale ([5], [10], [20], [23])

a. Définition du « Syndrome brachycéphale »

Le syndrome brachycéphale se définit comme un ensemble d'anomalies anatomiques et physiologiques résultant en une obstruction des voies aériennes supérieures [23]. Les malformations primaires liées à ce syndrome sont une sténose des narines ainsi qu'une hypoplasie de la trachée. Toutes deux conduisent à l'apparition d'anomalies dites secondaires telles que l'éversion des saccules laryngées, des amygdales, ainsi qu'un collapsus trachéal, laryngé et éventuellement bronchoalvéolaire. D'autres anomalies sont fréquemment associées au syndrome brachycéphale, comme l'hyperplasie linguale (malformation primaire) et les troubles gastrointestinaux (d'apparition secondaire) [5, 10, 20, 23].

En conséquence, on comprend qu'un nez court et des narines étroites ne peuvent à eux-seuls constituer un critère diagnostique de syndrome brachycéphale. Un animal brachycéphale pourra ainsi mettre plusieurs années avant de développer un syndrome obstructif des voies respiratoires supérieures. Il est donc inexact de considérer qu'un bouledogue souffre forcément d'un syndrome brachycéphale ou qu'un bichon maltais ne peut être atteint d'un tel trouble. Si de fortes prédispositions liées à la race existent, elles ne suffisent pas à expliquer l'impact de cette pathologie.

b. Cercle vicieux et pathologie respiratoire

Chez les individus non brachycéphales, la résistance au flux d'air via les parties respiratoires hautes est pratiquement identique en inspiration et en expiration. Les cavités nasales assurent jusqu'à 80% de la filtration de l'air inspiré. Ainsi, un chien cherchera toujours à compenser sa respiration en premier lieu par le nez, et ce, même si la résistance au flux d'air est artificiellement augmentée [23].

Chez les races brachycéphales, la respiration laborieuse est à l'origine d'une augmentation de la phase d'inspiration et de la pression intraluminaire. Si cette pression excède la pression atmosphérique, on peut observer à la fois une inflammation des tissus mous, une éversion des saccules laryngées voire un collapsus trachéal et laryngé. Se met alors en place un cercle vicieux par augmentation conséquente de la résistance au flux d'air devenu turbulent. L'œdème des muqueuses vient aggraver les phénomènes pathologiques cités précédemment. Lors de l'inspiration, on peut souvent entendre le flottement du palais mou, celui-ci pouvant aller jusqu'à recouvrir l'épiglotte. Le halètement joue aussi un rôle dans l'exacerbation de la turbulence de l'air. Par ailleurs, tout ceci concorde à engendrer les bruits respiratoires surajoutés observés chez les races brachycéphales, ainsi

qu'une détresse respiratoire et éventuellement une surchauffe. C'est pourquoi chez ces animaux, il est particulièrement recommandé d'éviter les excès de chaleur, d'humidité ou d'activité physique, aggravant le collapsus des voies respiratoires hautes et ainsi l'asphyxie. A noter qu'une obstruction bilatérale chronique des cavités nasales est à l'origine d'une augmentation de la pression intra pleurale et ainsi de modifications pulmonaires. C'est pourquoi un collapsus bronchoalvéolaire est parfois décrit lors de la mise en place d'un syndrome d'obstruction des voies aériennes supérieures (**Figure 30**) [20, 23].

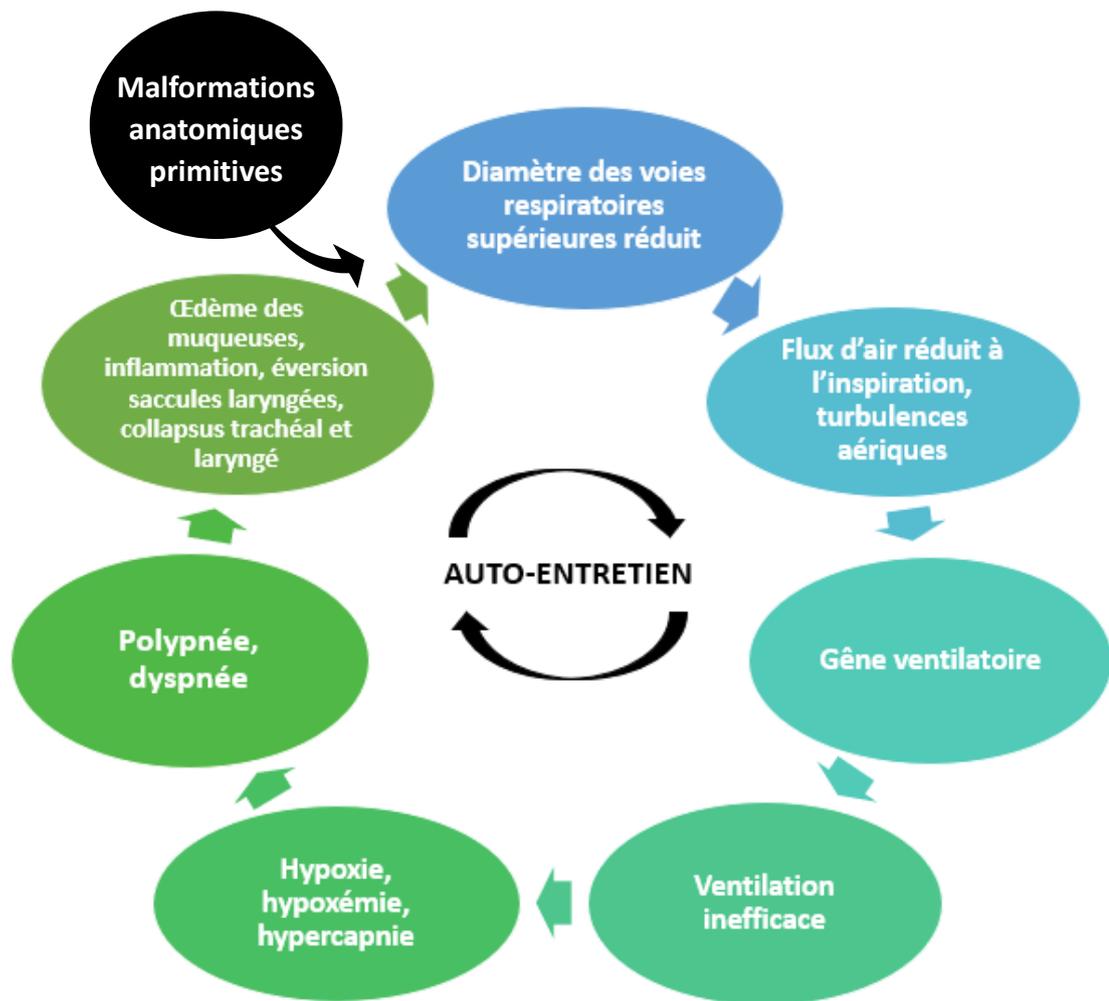


Figure 30 : Cercle d'auto-aggravation consécutif au syndrome brachycéphale

Lors d'épisodes de dyspnée, on pourra observer le chien tendre le cou à la recherche d'une dilatation de son nasopharynx et de son larynx. Si le palais mou recouvre totalement l'épiglotte provoquant une suffocation, le chien sera souvent observé en décubitus latéral dans un effort de dégagement de cette obstruction. La suffocation est très souvent observée lors du sommeil du fait de la myorelaxation généralisée. On aura alors une exacerbation du stridor inspiratoire [5, 10, 23].

c. Conséquences physiopathologiques à l'échelle de l'organisme

i. Conséquences sur le système respiratoire et cardiovasculaire ([18], [35])

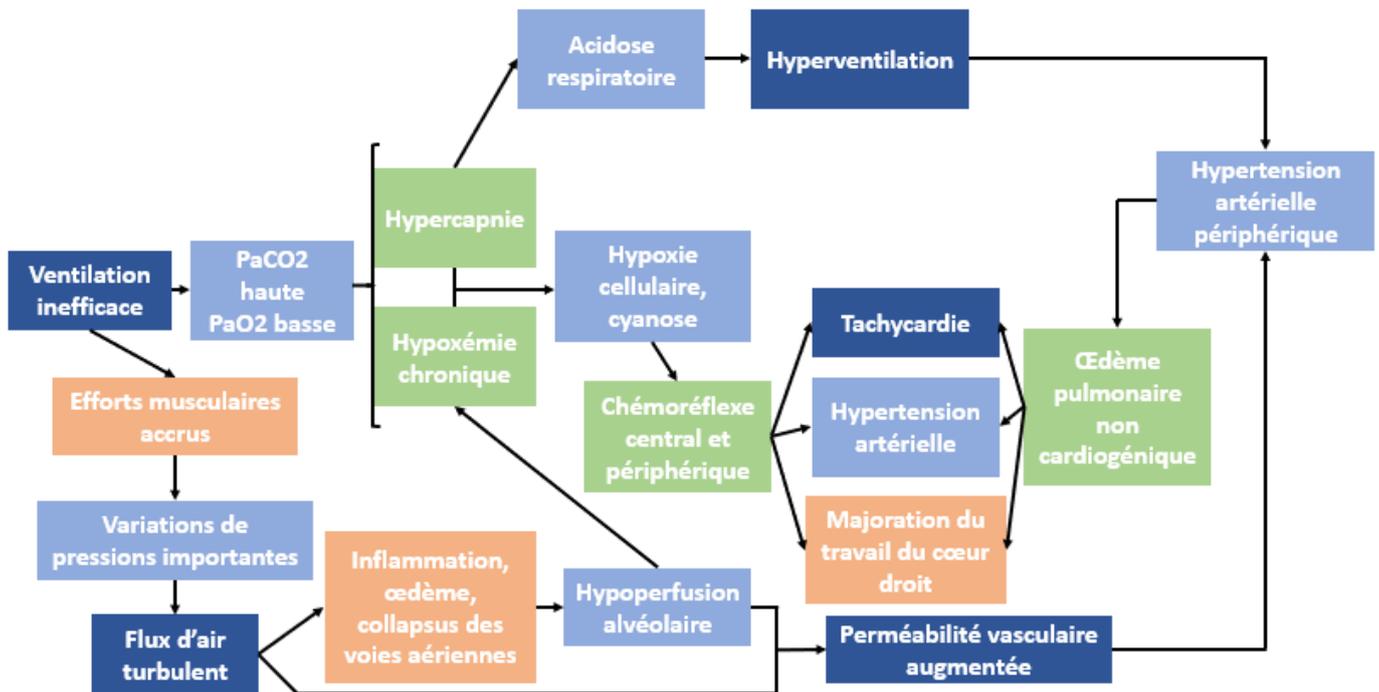


Figure 31 : Conséquences organiques et hématologiques de l'obstruction respiratoire

La ventilation inefficace subie par l'animal est à l'origine d'un défaut d'hématose et ainsi qu'un état d'hypoxémie chronique, c'est-à-dire d'insuffisance quantitative en oxygène dans le sang. Par ailleurs, conjointement à ce phénomène, on observe une hypercapnie qui se traduit par une augmentation de la concentration du dioxyde de carbone dans le sang. Ces modifications de la gazométrie sanguine induisent chez l'animal un état dit d'acidose respiratoire. Ce dernier va ainsi chercher à compenser cet état pathologique en hyperventilant de façon plus ou moins efficace et temporaire (Figure 31) [35].

Cet état d'hypoxémie va de façon logique avoir de fortes répercussions sur les différentes portions de l'organisme. La moindre délivrance d'oxygène au niveau des tissus provoque en effet une hypoxie cellulaire et un passage au fonctionnement anaérobie. Par ailleurs, l'hypoxémie est à l'origine d'une stimulation des chémorécepteurs périphériques, qui, par activation du système nerveux sympathique provoque une tachycardie ainsi qu'une vasoconstriction périphérique, une hypertension artérielle et une majoration du travail du cœur droit. Ces phénomènes, aggravant l'hypoxie cellulaire, sont par ailleurs impliqués dans les répercussions cardiaques dont peuvent souffrir les animaux atteints de syndrome brachycéphale [18, 35].

En effet, cette augmentation du travail du cœur droit, associée aux efforts respiratoires accrus, sont à la source de la mise en place d'une hypertension artérielle périphérique. Cette dernière, couplée à l'augmentation de la perméabilité vasculaire, va engendrer une augmentation de la pression hydrostatique intravasculaire et éventuellement la mise en place d'un œdème pulmonaire non cardiogénique. S'en suit une hypertension pulmonaire et à nouveau une augmentation consécutive de la post-charge cardiaque responsables d'un cœur dit « pulmonaire » (hypertrophie du cœur droit et développement d'une insuffisance cardiaque) [35].

Enfin, il faut prendre en compte les efforts musculaires produits afin de prolonger l'inspiration et de compenser le faible volume courant d'oxygène. Ils entraînent une fatigue respiratoire précoce et ainsi un épuisement plus rapide au cours d'une activité physique. Par ailleurs, ils sont à l'origine d'une production de chaleur excessive et d'une thermolyse inefficace, prédisposant au coup de chaleur [35].

ii. Conséquences sur la sphère digestive ([5] [10], [16], [19], [31])

Les brachycéphales semblent particulièrement prédisposés aux troubles gastrointestinaux. En effet, d'après certaines études, ce seraient 97% des bouledogues français qui souffriraient de ces affections. Le syndrome brachycéphale semble être impliqué en partie dans la physiopathologie gastrointestinale. Comme nous l'avons vu chez les animaux atteints, une pression intrathoracique excessive est provoquée au cours de l'inspiration. Celle-ci est suspectée de contribuer à la mise en place d'un reflux gastrointestinal chronique [10, 16, 19, 31]. La dilatation stomacale et les flatulences provoquée par l'aérophagie viennent se rajouter au tableau clinique [5]. Par ailleurs, l'apparition d'hernies hiatales, de sténoses pyloriques, de déviations œsophagiennes ou encore de diverticules gastriques pourraient être favorisées [31].

Nous avons clarifié la physiopathologie du syndrome brachycéphale ainsi que ses conséquences à l'échelle de l'organisme. Néanmoins, il est important de comprendre que de nombreuses controverses restent en suspens quant à la mise en place de cette affection. Il reste à ce jour difficile d'établir une chronologie des événements, même si la présence de malformations anatomiques primaires fait consensus.

Nous allons maintenant réfléchir à l'application clinique de cette affection.

C- Application clinique

a. Diagnostic du syndrome brachycéphale ([5], [10], [14], [16], [17], [19], [20], [23], [28], [31], [36])

i. Signes cliniques et facteurs aggravant

Différents stades d'atteinte clinique sont observés lors de syndrome brachycéphale. Poncet et al. [31] ont d'ailleurs établi une gradation selon les signes respiratoires observés chez l'animal (**Figure 32**). A noter que les auteurs s'accordent à penser que les mâles sont généralement plus représentés que les femelles sur les grades élevés.

Nature des signes respiratoires	FREQUENCE					
	Jamais	Moins d'une fois par mois	Une fois par semaine	Tous les jours	Plusieurs fois par jours	De façon constante
Reniflement	Grade 1			Grade 3		
Efforts inspiratoires	Grade 1		Grade 2			Grade 3
Stress ou intolérance à l'exercice	Grade 1	Grade 2		Grade 3		
syncope	Grade 1	Grade 2	Grade 2	Grade 3		Grade 3
	Grade 1		Grade 2		Grade 3	

Figure 32 : Différents grades du syndrome brachycéphale imputables aux signes cliniques selon Poncet et al. D'après [16] et [31]

Les signes cliniques typiquement décrits découlent des caractéristiques physiopathologiques évoquées précédemment. On pourra en effet observer de la dyspnée, associée à des bruits de stridor inspiratoire et de stertor expiratoire. Une intolérance à l'effort se développe, ainsi que parfois des régurgitations ou vomissements, pouvant aller jusqu'à la syncope sur les cas les plus avancés. On observe alors une évolution des muqueuses du rose au cyanosé en fonction du stade d'atteinte. La suffocation est très souvent observée lors du sommeil du fait de la myorelaxation généralisée : une exacerbation du stridor inspiratoire est décrite [10].

A noter que ces différents signes cliniques sont globalement bien rapportés par les propriétaires d'animaux souffrant effectivement de syndrome brachycéphale. En effet, si les bruits respiratoires augmentés sont souvent associés à la race et considérés comme « mignons », ils ne passent pour autant pas inaperçus. De plus, consécutives à l'aérophagie, des flatulences sont fréquemment rapportées (notamment chez les bouledogues) [28].

L'apparition des symptômes est souvent liée à un contexte. En effet, sont incriminés le stress, l'excitation ou un effort trop important. On note aussi le rôle de l'hygrométrie et de la température ambiante, une chaleur ou un taux d'humidité trop élevé pouvant agir en tant que facteurs

déclenchants. Ceci s'explique par la mauvaise thermorégulation réalisée par les animaux souffrant du syndrome brachycéphale.

Cependant, par la clinique, il nous est à ce jour difficile d'évaluer pleinement le niveau d'atteinte de l'animal. C'est pourquoi différents moyens diagnostics peuvent être intéressants en complément de l'examen initial du patient, dans un but principalement pronostic.

ii. *Examens complémentaires d'intérêt dans l'étude du syndrome brachycéphale*

De nos jours, la radiographie, l'endoscopie, la fibroscopie et le scanner sont régulièrement cités de par leur contribution à une meilleure connaissance globale du syndrome brachycéphale. Les radiographies thoraciques ainsi que l'endoscopie sont couramment utilisées en routine par leur facilité d'accès (**Figure 33**). Il est par ailleurs recommandé de réaliser à minima chez les chiens prédisposés un cliché radiographique de face et de profil afin d'évaluer la trachée, les poumons, ainsi que le cœur [10].

En effet, les troubles respiratoires prédisposent aux fausses routes et ainsi aux bronchopneumonies de fausse déglutition, pouvant être identifiées sur des radiographies pulmonaires. De même, une hypoplasie trachéale ainsi qu'une éventuelle hernie peuvent parfois être détectées [10, 23].

Légende :

L'indice thoracique (IT) défini par la taille à l'entrée du thorax, est calculé par la diagonale entre la première vertèbre thoracique (T1) et le manubrium sternal.

Le diamètre trachéal (DT) est facilement obtenu sur une radiographie de profil.

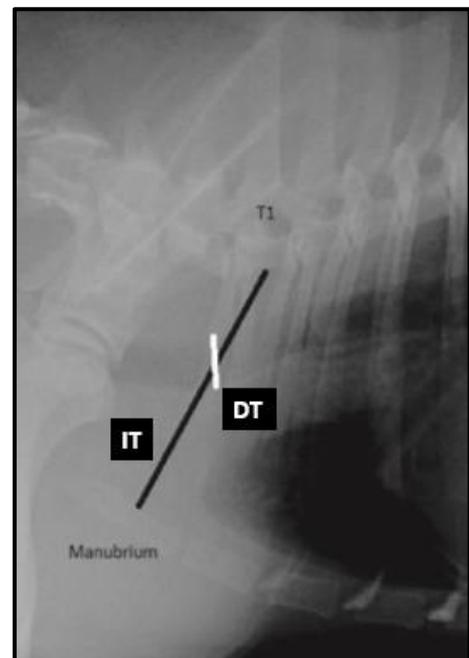


Figure 33 : Cliché radiographique de profil de chien en région cervicale
D'après [23]

Pour ce qui est de l'endoscopie, elle est de plus en plus couramment utilisée en routine. Si elle nécessite une anesthésie générale de l'animal, elle permet néanmoins une visualisation directe et dynamique des structures laryngées, de la trachée, puis de l'œsophage et de l'estomac. La longueur du voile du palais, l'ouverture laryngée et l'aspect des saccules peuvent être évalués tout comme les cavités nasales par rhinoscopie. Enfin, une visualisation de la muqueuse digestive permet la détection d'éventuelles lésions ulcératives ou inflammatoires (**Figure 34**) [5, 10, 14, 31].



Légende :

A : Image endoscopique d'un larynx de carlin avec mesures de l'espace glottique [5]

B : Image endoscopique de nasopharynx de bouledogue avec cornets en protrusion de chaque côté de l'os vomer [14]

C : Image endoscopique d'une œsophagite sévère chez un bouledogue [31]

Figure 34 : Images endoscopiques réalisées sur trois chiens brachycéphales

D'après [5], [14] et [31]

Enfin, nous pouvons remarquer de nos jours un intérêt grandissant pour l'utilisation du scanner en clinique vétérinaire. Celui-ci est particulièrement intéressant dans l'étude du syndrome brachycéphale puisque, comme développé en première partie, il permet une visualisation de l'ensemble des tissus mous et osseux en coupe comme en trois dimensions. Les cavités nasales, la trachée ou encore le nasopharynx sont ainsi facilement visualisables. Nous reviendrons plus en détail sur son intérêt au cours de la troisième partie [10, 14, 17, 36].

Les examens complémentaires utilisables dans l'étude du syndrome brachycéphale sont divers. Nous n'avons pas évoqué les analyses sanguines mais elles peuvent aussi s'avérer intéressantes en termes pronostic. En effet, comme nous l'avons vu plus haut, l'analyse des gaz du sang est tout à fait pertinente lors d'états respiratoires obstructifs et dans le but de mettre en évidence une acidose respiratoire. Par ailleurs, la mesure de la saturation en oxygène par oxymétrie pulsée est particulièrement indiquée en cas de détresse respiratoire puisqu'elle est indicatrice de l'état d'oxygénation de l'organisme ainsi que de sa perfusion périphérique. Elle permet ainsi de prévenir des complications telles que les syncopes [20, 23].

- d. Quelques notions concernant la prise en charge du syndrome brachycéphale ([4], [10], [19], [20], [23], [35])
- i. *Traitement médical*

Dans un premier temps et en cas de détresse respiratoire accrue, le patient se doit d'être pris en charge médicalement parlant. Bien souvent, les états dyspnéiques sur un syndrome brachycéphale s'accompagnent d'une hyperthermie du fait de la mauvaise thermorégulation de l'animal en détresse. Il est ainsi recommandé d'accompagner la réanimation ventilatoire par oxygénation précoce d'une thérapie tranquilisante ainsi qu'un refroidissement très progressif du patient. L'intubation et la ventilation mécanique seront parfois nécessaires malgré la difficulté de réalisation de ce geste technique sur un animal brachycéphale [35].

Dans un second temps, et si des symptômes digestifs sont inclus dans les signes cliniques, l'arsenal thérapeutique utilisé pourra inclure des inhibiteurs des pompes à protons (par exemple 0,7 mg/kg d'oméprazole toutes les 24h) ainsi que des pro-kinétiques (comme du métoprolol à raison de 0,3 mg/kg deux fois par jour) et des antiacides (par exemple du sulfate d'aluminium, 1 mL/kg toutes les 8h). Par ailleurs, des corticoïdes peuvent être utilisés à dose minimale efficace afin de limiter l'inflammation et l'œdème tissulaire du tractus respiratoire [19].

Il est cependant important de comprendre que si le traitement médical est parfois incontournable lors d'un état d'urgence, il ne peut en aucun cas se substituer au seul traitement efficace qui est chirurgical.

- ii. *Traitement chirurgical*
1. *Traitement chirurgical d'urgence*

En cas de dyspnée sévère, la trachéotomie d'urgence est recommandée. Elle permet en effet une arrivée d'air salvatrice pour l'animal. La sonde utilisée sera maintenue en place sur une courte période et permet par ailleurs l'évacuation du mucus accumulé [35] (**Figure 35**).



Figure 35 : Sonde de trachéotomie
D'après [35]

2. Chirurgie correctrice dans un contexte de syndrome brachycéphale

D'après les études et dans l'optique d'augmenter l'espérance de vie de l'animal, il est recommandé de réaliser la chirurgie correctrice le plus tôt possible, à partir de 6 mois d'âge [10, 20]. Cependant, le consensus n'est pas encore établi puisque de récentes études affirment que la qualité de vie de l'animal suite à la chirurgie sera dans la majorité des cas améliorée, et ce, même à l'âge adulte [16, 30, 31].

Différents axes chirurgicaux sont envisageables dans le but de corriger les anomalies anatomiques impliquées dans le syndrome brachycéphale.

Tout d'abord, une rhinoplastie destinée à ouvrir davantage les narines peut être réalisée. Plusieurs techniques existent pour cette chirurgie dont la réalisation reste assez aisée et à la portée d'un vétérinaire généraliste [10, 30].

La palatoplastie est de même couramment pratiquée. Elle consiste en un raccourcissement de la longueur du palais mou et demande un degré de technicité légèrement plus élevé. En effet, une résection trop importante serait à l'origine de rhinites ou sinusites ainsi que des remontées alimentaires au niveau du nasopharynx. A l'inverse, une résection insuffisante n'améliorerait pas l'état clinique de l'animal [16]. La technique est réalisable à l'aide de ciseaux de Metzenbaum ou à l'aide d'un bistouri électrique qui possède l'avantage de réaliser dans un même temps la coupe et l'hémostase [19, 30].

Différentes chirurgies sont enfin réalisables sur le larynx. Une résection des saccules laryngées éversées est en effet décrite dans de nombreuses études. Nécessitant une technicité de chirurgie supérieure, cette opération n'a par ailleurs pas fait ses preuves. En effet, ses bienfaits ne semblent pour l'heure pas clairement prouvés [10, 16].

Enfin, d'autres chirurgies de turbinectomies, d'amygdalectomie ou d'ablation des tissus mous hyperplasiés sont par exemple réalisables. Leur recours reste néanmoins marginal en pratique courante [10].

iii. Pronostic

Il est aujourd'hui difficile d'établir un pronostic individuel fiable et précis sur un patient souffrant du syndrome brachycéphale. Si la chirurgie semble être incontournable afin d'améliorer la

qualité de vie et la longévité de l'animal [10, 20, 23], il semblerait que son recours n'ait pas le même impact selon la race.

En effet, dans une étude récente réalisée par Kaye et al. [19], une chirurgie correctrice du palais mou et des narines a été pratiquée sur quatre-vingt-dix-huit chiens (quarante-trois bouledogues français, douze bouledogues anglais et quarante-trois carlins) souffrant d'un syndrome brachycéphale, incluant des signes cliniques digestifs. Suite à cette prise en charge, une influence de la race sur la variation de la réponse au traitement chirurgical est suspectée. Il semblerait que l'amélioration des signes gastrointestinaux observés chez les bouledogues français soit nettement supérieure à celle que présentent les carlins. Cette découverte va dans le sens de précédentes observations relatives aux variations interraciales [31].

Différentes hypothèses peuvent permettre d'expliquer ces différences. Tout d'abord, le taux de hernies hiatales pourrait être supérieur chez le bouledogue français (non démontré à l'heure d'aujourd'hui). Ainsi, une chirurgie correctrice des voies aériennes supérieures lui serait d'autant plus profitable puisqu'en diminuant la pression intrathoracique inspiratoire, elle réduirait de façon conséquente le risque de hernies.

Une autre explication semble néanmoins plus probable. D'après Heidenreich et al. [17], les dimensions du nasopharynx sont significativement plus petites chez les carlins, et ce, même si les bouledogues français possèdent un palais mou aux dimensions plus importantes. De plus, Ginn et al. [14] ont démontré que la présence de cornets nasaux aberrants semblait nettement plus fréquente chez les carlins. Enfin, l'étude de Caccamo et al. sur la taille de l'espace glottique peut aussi appuyer ces idées [5]. En effet, on peut éventuellement supposer que la glotte étroite des carlins puisse prédisposer à une évolution plus rapide du syndrome brachycéphale que chez les bouledogues.

Finalement, l'implication de diverses études rétrospectives utilisant différents protocoles de sédation, mettant en scène différentes chirurgies et différents chirurgiens, impliquant des animaux de races et d'âges variés, complexifie la réflexion. Il est par ailleurs difficile d'obtenir des informations claires et utilisables scientifiquement parlant concernant le post-opératoire. En effet, l'interprétation des propriétaires et la sévérité clinique variable s'ajoutent aux facteurs à prendre en compte.

Cependant, malgré les différents points de variation cités, des études récentes s'accordent autour de 90% d'amélioration clinique post chirurgicale indépendamment de la race [9, 16, 30]. A noter de plus que les taux de réussite sont meilleurs de nos jours, grâce à une meilleure connaissance du syndrome, une meilleure prise en charge anesthésique et chirurgicale, ainsi qu'un meilleur suivi post-opératoire et thérapeutique.

Les différents points évoqués précédemment nous permettent de conclure quant à une prédisposition de certains animaux au syndrome brachycéphale.

En effet, premièrement, nous avons vu que les races dites brachycéphales sont par essence prédisposées à cette pathologie du fait de l'anatomie de leur système respiratoire. Certaines pourraient d'ailleurs l'être plus que d'autres du fait des particularités anatomiques présentées antérieurement. Il est à l'heure d'aujourd'hui prouvé que l'épaisseur du palais mou ainsi que l'hypoplasie trachéale sont deux facteurs clefs jouant un rôle prépondérant dans l'obstruction des voies aériennes supérieures. Néanmoins l'implication des endoturbinaux et cornets nasaux aberrants reste à ce jour incertaine. Par ailleurs, le diagnostic de la pathologie et l'identification de facteurs de comorbidités sont essentiels afin d'établir un pronostic précoce et une meilleure prise en charge chirurgicale de l'animal.

C'est ainsi que de nombreuses études se penchent aujourd'hui sur l'étude de l'obstruction des cavités nasales des races brachycéphales. Nous ferons tout d'abord un point sur les connaissances actuelles et nous démontrerons ainsi les intérêts de l'utilisation de la tomодensitométrie. Enfin, nous terminerons par une proposition de matériel et méthodes utilisables en nous appuyant sur des travaux publiés récemment dans les revues scientifiques vétérinaires.

3^{ème} Partie

INTERET DU SCANNER DANS
L'ETUDE DU DEGRE
D'OBSTRUCTION DU
NASOPHARYNX CHEZ LE CHIEN
BRACHYCEPHALE

A- Etat des connaissances actuelles ([7], [10], [15], [17], [23], [27], [30], [36])

a. Le scanner permet une meilleure compréhension du syndrome brachycéphale

i. *Intérêt du recours au scanner*

La tomodensitométrie est une méthode non invasive permettant l'évaluation complète des voies respiratoires supérieures. Cette technique a été validée pour l'étude de l'apnée obstructive du sommeil chez l'homme : elle a notamment permis la réalisation de coupes transversales de pharynx à différents niveaux [15].

De façon intéressante, les chiens brachycéphales sont couramment comparés aux humains souffrant d'apnée du sommeil [7, 15]. En effet, du fait de la conformation de leur crâne, de nombreux chiens brachycéphales souffrent d'hypoxémie au cours de leur sommeil [30]. Par ailleurs, chez l'homme, il a été démontré que l'obésité était une comorbidité importante à prendre en compte dans l'étude de l'apnée du sommeil [7]. En parallèle, nous savons aujourd'hui que les chiens mâles en surpoids sont globalement plus susceptibles de développer un syndrome brachycéphale [15].

Les nombreuses similitudes entre ces deux pathologies permettent ainsi de confronter les données préexistantes en médecine humaine à celles obtenues plus récemment en médecine vétérinaire. Si le scanner a fait ses preuves dans l'étude de l'apnée du sommeil, on peut donc espérer qu'il soit tout aussi pertinent dans l'étude du syndrome obstructif des voies aériennes supérieures chez le chien.

ii. *Comparaison avec l'endoscopie*

L'endoscopie a longtemps été considérée comme l'examen de choix dans l'étude du syndrome brachycéphale. En effet, si elle nécessite une technicité particulière pour manipuler le matériel et apprécier les diverses lésions, son avantage est grandement lié à la visualisation directe des structures d'intérêt. L'exploration des différentes cavités de l'organisme est rendue possible et retranscrite instantanément sur un moniteur couleur. Les images et vidéos peuvent de plus être conservées sur un ordinateur, permettant au clinicien leur exploitation ultérieure (envoi au vétérinaire référent le cas échéant ou exposé aux propriétaires).

Par de nombreux points l'endoscopie est informative. Elle permet en effet de se représenter l'aspect dynamique impliqué dans le syndrome d'obstruction des voies aériennes supérieures chez le brachycéphale. La visualisation de la muqueuse et la gradation de l'œdème, de l'inflammation et de

l'hyperplasie sont de même possibles (**Figure 36**). En ces différents éléments, l'endoscopie est donc avantageuse en comparaison au scanner [27].

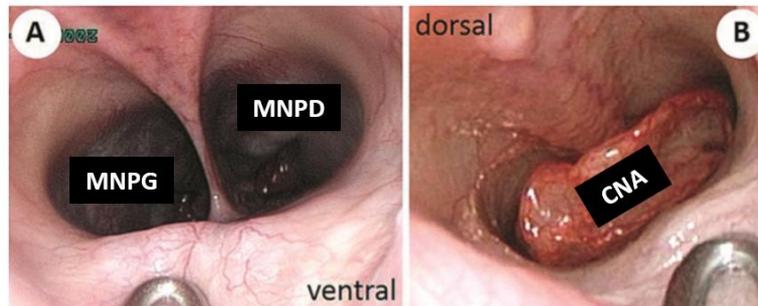


Figure 36 : Comparaison de deux rhinoscopies réalisées chez un mésocéphale (A) (berger allemand) et chez un brachycéphale (B) (carlin) – Les deux cavités du méat nasopharyngé (MNPG et MNPD) sont visibles chez le berger allemand, la muqueuse est lisse et rosée ; Le méat est obstrué par un cornet nasal aberrant (CNA) chez le carlin, la muqueuse est œdématiée et inflammée, une hyperplasie débutante est observable. D'après [27]

Cependant, si on prend l'exemple de la visualisation de la cavité nasopharyngée, celle-ci sera inversement proportionnelle au degré d'obstruction intrinsèque. Le recours au scanner s'affranchit de cette limite et permet de plus la visualisation des cornets nasaux dans leur intégralité sans se limiter à leur portion proximale en protrusion dans le nasopharynx. Par ailleurs, la tomodensitométrie a l'avantage de replacer le nasopharynx dans son contexte anatomique et en relation avec les structures qui l'entourent. Ceci est essentiel dans la compréhension globale du syndrome brachycéphale qui ne se résume pas à l'obstruction des cavités nasales [17, 27] (**Figure 37**).

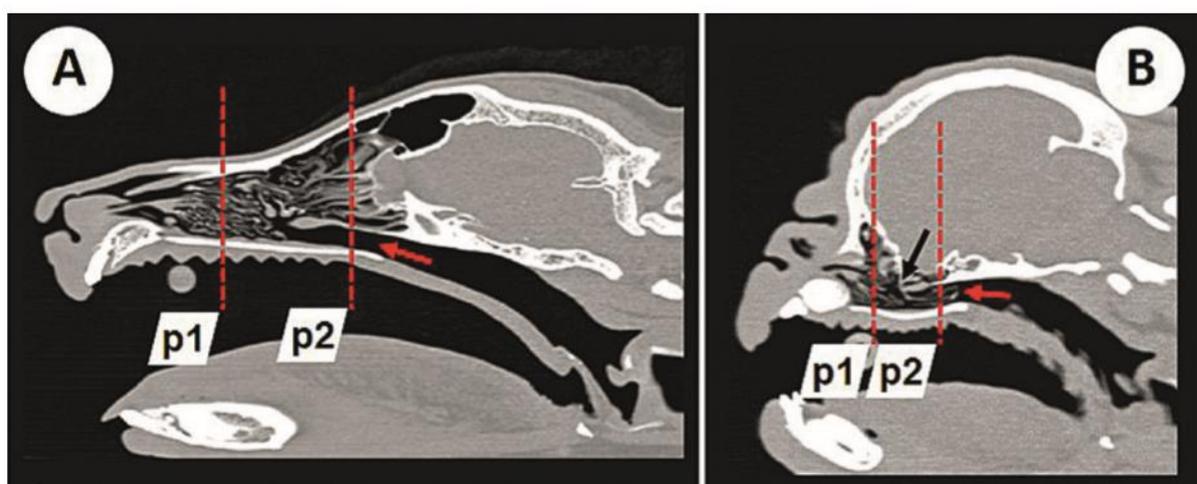


Figure 37 : Comparaison de deux images scanner chez un mésocéphale (A) (berger allemand) et chez un brachycéphale (B) (carlin) – La flèche rouge indique le méat nasopharyngé et la protrusion des cornets nasaux aberrants au niveau de ce dernier chez le carlin D'après [27]

Néanmoins, il est important de prendre en compte la limite principale inhérente aux deux examens que sont l'endoscopie et le scanner : ils nécessitent tous deux le recours à une anesthésie générale. Or nous verrons en détails un peu plus loin les nombreux enjeux qui en découlent pour un animal brachycéphale.

b. Focus sur l'étude approfondie du nasopharynx chez le chien brachycéphale

La tomодensitométrie est communément utilisée pour l'investigation de maladies pharyngées chez les animaux [10, 23]. En effet, l'anatomie complexe du pharynx en fait un organe compliqué à analyser en radiologie : les différentes portions de celui-ci possédant un coefficient d'atténuation similaire, leurs silhouettes respectives seront indiscernables sur une image en deux dimensions. Par ailleurs, l'étude du nasopharynx est possible même si l'animal est intubé, la visualisation en coupe du méat naso-œsophagien restant possible [15] (**Figure 38**).

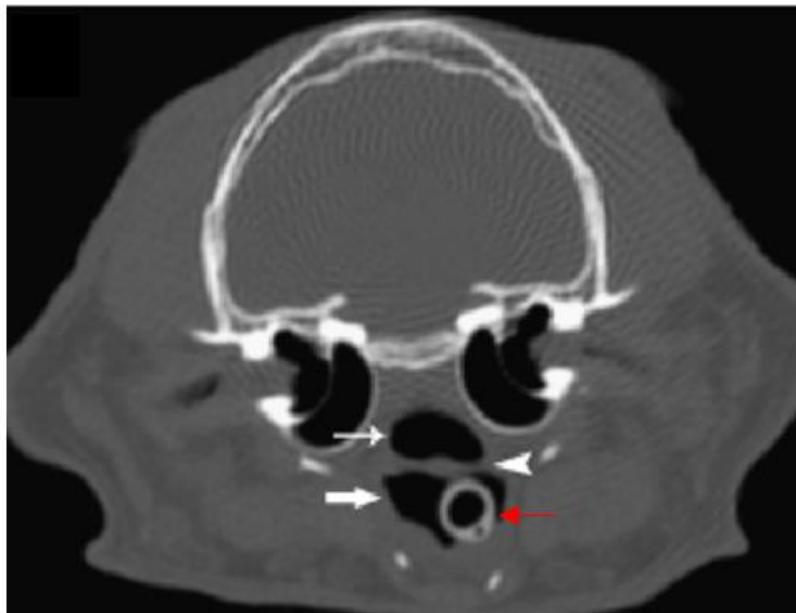
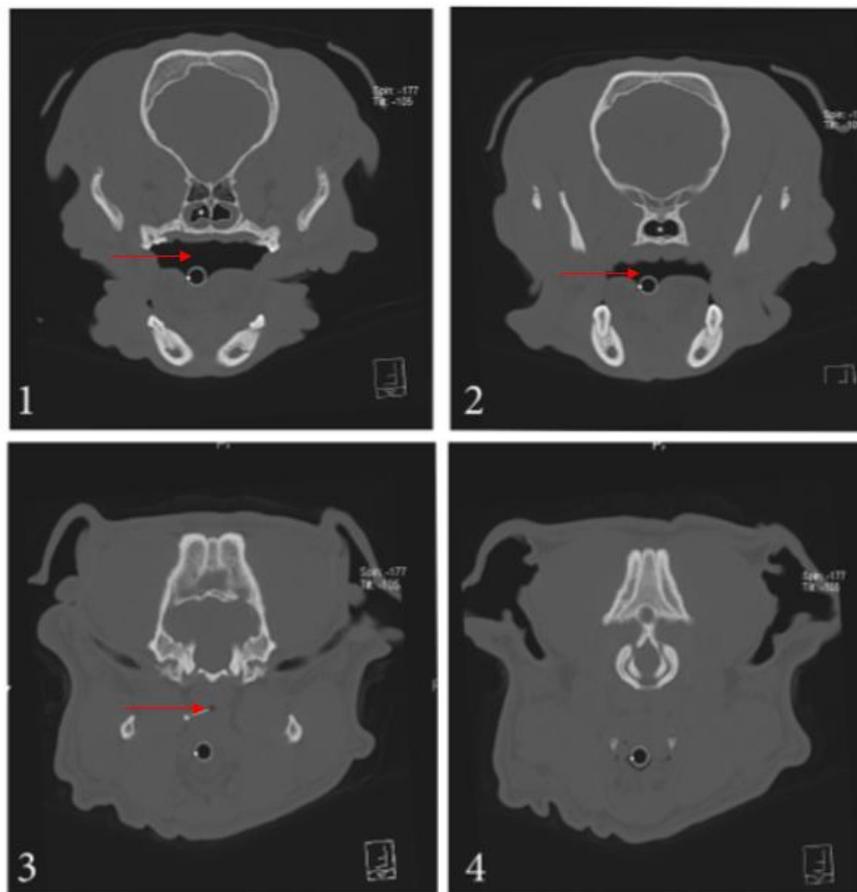


Figure 38 : Image tomодensitométrique en coupe transversale de tête – Il est possible de visualiser le tube endotrachéal (flèche rouge), la lumière de l'oropharynx (flèche blanche large), celle du nasopharynx (flèche blanche fine), ainsi que le palais mou (tête de flèche)
D'après [15]

Comme nous l'avons vu précédemment, un certain nombre de modifications anatomiques au niveau du nasopharynx du chien brachycéphale peuvent être à l'origine d'une prédisposition au syndrome obstructif des voies aériennes supérieures. Plus précisément, la présence d'éventuels

cornets nasaux aberrants a plus récemment suscité l'intérêt des recherches concernant le développement et la pathogénie du syndrome brachycéphale.

Des résultats récemment obtenus [17, 36] lors d'études tomодensitométriques suggèrent que la zone la plus étroite des voies aériennes au niveau du nasopharynx se situerait toujours (indépendamment de la race) dorsalement à l'extrémité distale du palais mou (**Figure 39**). De plus, la longueur ou l'épaisseur de ce dernier ne seraient pas les uniques facteurs influençant la réduction de la taille des voies aériennes. Le collapsus nasopharyngé secondaire à une augmentation de la pression intraluminaire au moment de l'inspiration semblerait notamment largement impliqué.



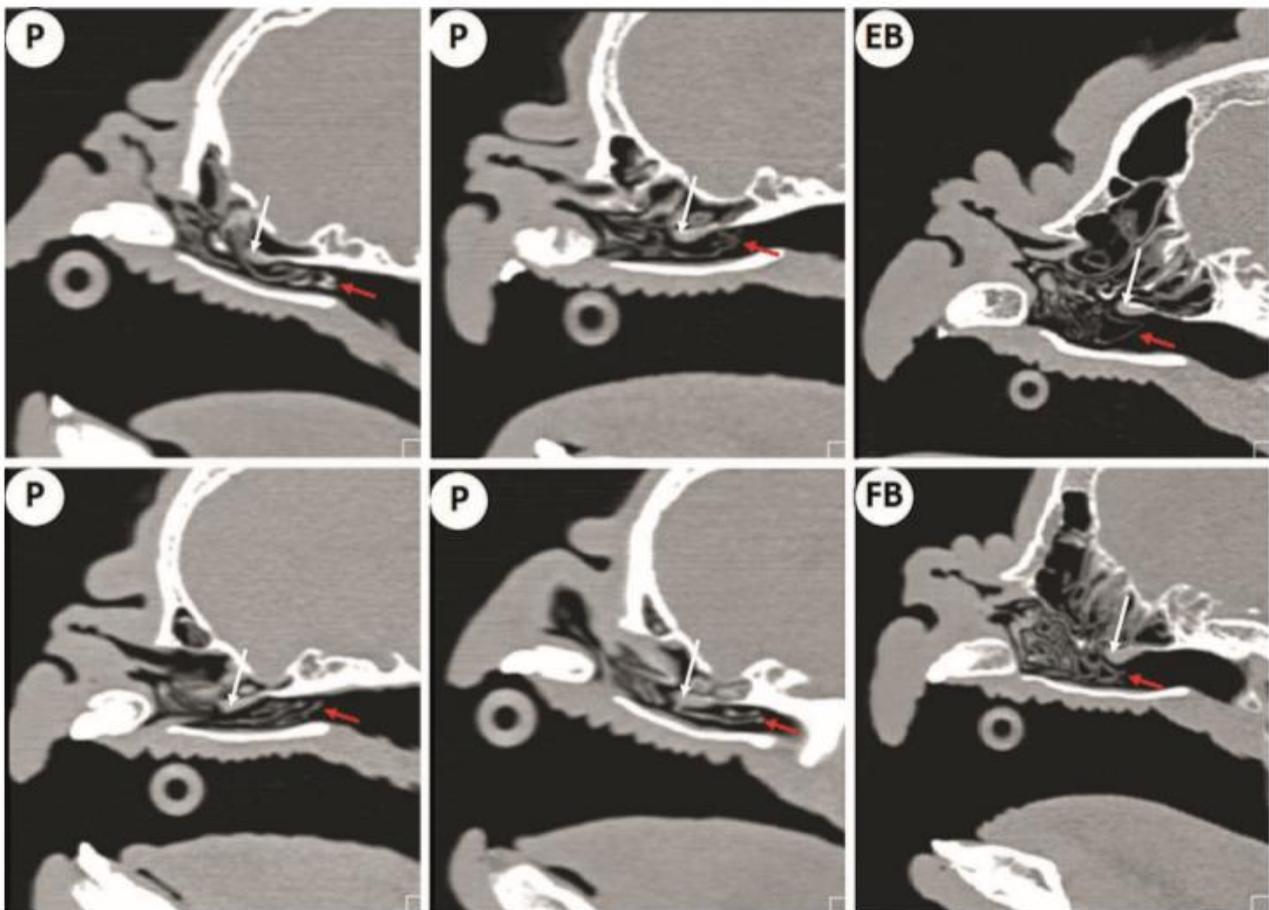
Légende : Localisation des différentes coupes tomодensitométriques

1. Début de nasopharynx : point de discontinuité du septum
2. Portion caudale du palais dur
3. Portion rostrale du palais mou
4. Portion caudale du palais mou

→ Localisation du nasopharynx

Figure 39 : Coupes transversales tomодensitométriques d'un bouledogue français prises à différents niveaux du nasopharynx – L'aire nasopharyngée la plus étroite se situe dorsalement à l'extrémité distale du palais mou D'après [17]

Par ailleurs, les chiens possédant des cornets nasaux aberrants verraient certes l'espace aérien dorsalement au palais dur diminuer, mais celui-ci resterait tout de même largement supérieur à l'espace aérien dorsalement au palais mou [17]. Ainsi, les cornets nasaux aberrants interviendraient dans le syndrome d'obstruction des voies aériennes supérieures mais leur impact exact serait encore inexploré. Il est d'ailleurs intéressant de noter qu'ils auraient été rapportés chez des chiens brachycéphales présentant des signes avérés de « syndrome brachycéphale » ainsi que chez des chiens brachycéphales dits « sains » [36]. Ceci sous-entend donc que cette malformation pourrait s'exprimer de façon subclinique en fonction du grade d'atteinte (**Figure 40**).



Légende :

P : Carlin

EB : Bouledogue anglais

FB : Bouledogue français



Cornets nasaux aberrants

Os vomer

Figure 40 : Différents niveaux de prolifération des cornets nasaux observés en coupe sagittales tomodensitométriques chez des chiens brachycéphales

D'après [27]

A l'heure d'aujourd'hui, il est impossible de conclure de façon claire à une implication des cornets nasaux aberrants dans l'exacerbation des signes cliniques associés au syndrome brachycéphale [14, 36]. Il paraîtrait cependant logique que ces derniers interviennent dans les phénomènes de résistance au flux d'air inspiré. Couplé à l'utilisation de l'endoscopie, l'examen scanner permet une approche plus approfondie et un diagnostic plus précis de l'état d'obstruction du nasopharynx. Les connaissances actuelles à l'égard du syndrome brachycéphale ainsi que les études précédemment citées sont autant de ressources permettant l'établissement d'un matériel et méthode adapté pour l'étude tomodynamométrique du nasopharynx.

B- Proposition d'un matériel et méthode pour le recours au scanner dans l'étude de l'obstruction du nasopharynx ([7], [14], [15], [17], [21], [32], [35], [36], [38])

a. Préparation à l'examen

Comme évoqué précédemment, l'immobilité de l'animal est essentielle à la réalisation des clichés tomodynamométriques. Ainsi, une anesthésie générale devra être planifiée. Cette dernière doit toujours faire partie d'un raisonnement réfléchi et adapté au patient. Dans le cas du chien brachycéphale, les risques et complications péri-anesthésiques sont multipliés. C'est pourquoi il est primordial de réaliser tout d'abord un examen clinique ainsi qu'un recueil de commémoratifs soigneux.

i. Informations relatives au patient

L'anamnèse du chien sera primordiale avant l'anesthésie et la réalisation du scanner. Elle permet en effet de prévenir d'éventuelles complications devant être prises en compte avant même de réaliser la prémédication. En effet, si l'historique de l'animal révèle de fréquents troubles gastro-intestinaux tels que des vomissements/régurgitations ou de l'étouffement, la difficulté d'intubation, les risques de désaturation, de régurgitation ou de fausse déglutition seront majorés au cours de l'anesthésie [7].

Par ailleurs, les auteurs recommandent l'utilisation d'oméprazole (1mg/kg) en routine, quatre heures avant l'induction sur des animaux ayant un historique de troubles gastro-intestinaux. Eventuellement associé à des gastroprotecteurs (ex : sucralfate, kaolin) ou des prokinétiques (ex : métoclopramide), il permettrait en effet la réduction du risque de reflux gastro-œsophagien per anesthésique [7, 35]. Ce dernier, s'il se produit au cours de l'anesthésie, peut être à l'origine d'une

fausse déglutition, d'œsophagite ou d'irritation des tissus, eux-mêmes responsables d'une aggravation du cercle vicieux subi par l'animal brachycéphale.

L'intérêt d'un questionnaire type pré-anesthésique pourrait être discuté dans le cas d'une telle procédure. Il permettrait en effet de n'éviter aucun détail concernant la vie de l'animal et les éventuels comorbidités dont il souffre. L'examen clinique d'admission doit par ailleurs être soigneusement réalisé : la balance bénéfice risque est à prendre en compte avant toute anesthésie et ce, d'autant plus sur un animal souffrant de syndrome brachycéphale.

Enfin, cette première étape se terminera par la réalisation d'un minimal data base adapté. Celui-ci doit inclure à minima une température corporelle et une mesure de la saturation en oxygène sanguine. Une mesure de l'hématocrite et des protéines totales peut éventuellement être ajoutée dans la mesure où elle informe notamment sur l'état d'hydratation de l'animal ainsi que sur une éventuelle anémie. Par ailleurs, un dosage de l'urée et de la créatinine est particulièrement intéressant dans le cas d'une anesthésie puisqu'il renseigne sur la fonction rénale et donc sur les capacités d'élimination des agents anesthésiques [7, 35].

ii. Anesthésie générale d'un chien brachycéphale

1) Evaluation de la balance bénéfice-risque

Les races brachycéphales étant prédisposées au syndrome d'obstruction des voies aériennes supérieures, d'importantes implications anesthésiques sont à prendre en compte afin de gérer le haut risque de complications.

En effet, tout comme les humains atteints d'apnée du sommeil, ces chiens seront d'autant plus à risque de décompensation au cours d'une anesthésie générale. Les potentiels dangers exacerbés étant notamment l'hypoxie, l'hypertension artérielle et l'arythmie [35, 38]. De plus, du fait de la conformation de leur tête, les chiens brachycéphales souffrent fréquemment de problèmes oculaires. En effet, une macrofente palpébrale est souvent observée notamment chez les bouledogues. Ainsi, au cours de l'anesthésie, ils seront d'autant plus à risque de développer des ulcères cornéens si la lubrification du globe oculaire est insuffisante. A noter de plus que des troubles de la coagulation, notamment de l'hypercoagulabilité, ont été décrits chez certains chiens brachycéphales [7]. Cette dernière est présentée comme étant proportionnelle à la sévérité du syndrome brachycéphale et induit un risque augmenté de maladies cardiovasculaires et de complications hématologiques. Cependant, l'intérêt de l'utilisation d'anticoagulants n'a pour le moment pas été démontré [7]. Enfin,

rappelons la mauvaise thermorégulation dont souffrent les animaux brachycéphales, les prédisposant notamment au coup de chaleur lors d'un stress comme par exemple au cours du réveil anesthésique.

L'évaluation complète de la balance bénéfico-risque permet au clinicien de classer l'animal selon le statut ASA. Mis au point en 1941 par la Société Américaine des Anesthésistes, ce score est utilisé en médecine humaine comme vétérinaire pour résumer l'état de santé préanesthésique du patient (**Figure 41**) [35]. Un chien brachycéphale sans comorbidité sera toujours considéré comme étant au minimum de score ASA 2. On l'évaluera à un score ASA 2-3 en cas de surpoids sans hypoxémie ou bronchopneumonie mises en évidence. Enfin, un score ASA 4-5 sera attribué à un animal présentant une hypoxémie ou un coup de chaleur avéré, une inflammation intense des voies aériennes supérieures, une obésité morbide ou une bronchopneumonie sévère. Cependant, pour cette catégorie d'animaux, il ne sera absolument pas recommandé de pratiquer une anesthésie à des fins diagnostiques comme pour la réalisation d'un scanner. Nous nous placerons donc dans le cas d'un animal ayant au maximum un score ASA 3 [35, 38].

STADE ASA	Etat clinique préanesthésique	Mortalité associée dans l'espèce canine selon [32]
I	Patient normal, sans affection discernable	0,1-0,5%
II	Patient ayant une affection à répercussion générale mineure	ASA I x (1,5-2)
III	Patient ayant une affection à répercussion générale modérée	ASA I x (3-5)
IV	Patient ayant une affection à répercussion générale majeure, nécessitant un traitement vital	ASA I x (30-50)
V	Patient moribond, dont l'espérance de vie n'excède pas 24h avec ou sans intervention chirurgicale	99%
VI	Coma dépassé	> 99%

Figure 41 : Statut ASA du patient
D'après [32] et [35]

2) Choix d'un protocole et déroulement de l'anesthésie

Avant même de prémédiquer l'animal, il est nécessaire de prévenir les difficultés respiratoires typiques de la race. L'oxygénation alvéolaire doit être assurée grâce à une technique douce et ce, dès l'admission de l'animal en salle de préparation. Il est primordial d'éviter de stresser le chien outre mesure et ainsi, une préférence sera portée vers des lunettes ou un « flow by nose » afin de préoxygéner dans le calme [38]. Grâce à la pré-oxygénation, le clinicien s'assure de la saturation artérielle en oxygène et ainsi de la diminution du risque de désaturation suite à une apnée

(désaturation à hauteur de 30% par minute) [7]. Ainsi, les publications recommandent de la réaliser si possible avec un mélange air/oxygène pendant 3 minutes avant de réaliser l'induction [7, 38].

Il sera parfois nécessaire de tranquilliser l'animal. Une injection de butorphanol est dans ce cas conseillée à 0,3-0,4 mg/kg (intraveineux (IV), intramusculaire (IM) ou sous-cutanée (SC)) [7, 35, 38]. Par ailleurs, des molécules préventives peuvent être utilisées afin de prévenir certaines complications digestives ou respiratoires : métopropramide 0,2-0,5 mg/kg (IV ou SC) ou maropitant 1 mg/kg (IV ou SC) ainsi que dexaméthasone 0,1-0,2 mg/kg IV, SC, IM ou fluticasone 125-500 µg/CN en local [35].

Pour ce qui est du reste du protocole anesthésique, il doit être choisi selon l'expérience et l'habitude du clinicien à utiliser une molécule plus qu'une autre. En effet, l'agent anesthésique parfait n'existe pas pour l'anesthésie du brachycéphale. L'acépromazine peut être utilisée mais il faudra alors surveiller avec attention la température du milieu et celle de l'animal puisqu'elle provoque une poïkilothermie chez celui-ci. Les alpha-2 agonistes sont aussi une option (à condition que le statut ASA 2 ne soit pas dépassé) [32]. De petites doses sont recommandées afin d'éviter une sédation trop profonde et une hypoventilation sévère [7]. L'usage de la médétomidine de 2-10 µg/kg (IV, IM ou SC) ou de la dexmédétomidine de 1-5 µg/kg (IV, IM ou SC) est décrit. Enfin, on retiendra de ne jamais utiliser les benzodiazépines seules puisqu'un phénomène de désinhibition peut se produire [35].

Du propofol ou de l'alfaxalone pourront être utilisés en titration pour l'induction puis un relais sera pris à l'isoflurane [14]. L'intubation avec une sonde adaptée au ballonnet gonflé sera par la suite indispensable sur le chien brachycéphale : elle permet un meilleur débit d'oxygène mais aussi une vidange plus efficace des espaces morts au cours de l'expiration [7].

Au cours de l'intervention, une surveillance toute particulière sera portée au suivi de la pression artérielle, à la capnographie et à l'oxymétrie pulsée [38]. La température devra de même être prise régulièrement même sur une anesthésie courte comme celle préconisée pour l'examen scanner.

3) Le réveil

Planifier le réveil est essentiel. En effet, le stress, l'hypothermie ou au contraire l'hyperthermie, la dépression respiratoire provoquée par des agents anesthésiants résiduels, concourent tous à l'augmentation du travail fourni par le système cardiorespiratoire [7]. Par ailleurs, l'extubation ne doit se faire ni trop tôt pour éviter les défauts de ventilation, ni trop tard afin éviter tout stress [2]. Il est recommandé de placer l'animal en décubitus sternal, la tête élevée, le cou tendu et la langue tirée rostralement afin de l'aider dans le maintien de l'ouverture de ses cavités respiratoires hautes [38].

Le recours à la sédation, une nouvelle intubation, des corticostéroïdes ou bronchodilatateurs pourra éventuellement être décidé. Le but principal de la médicalisation sera ainsi d'aider le patient à recruter son énergie dans le but de fournir des mouvements respiratoires amples et efficaces [2, 7] (*Figure 42*).

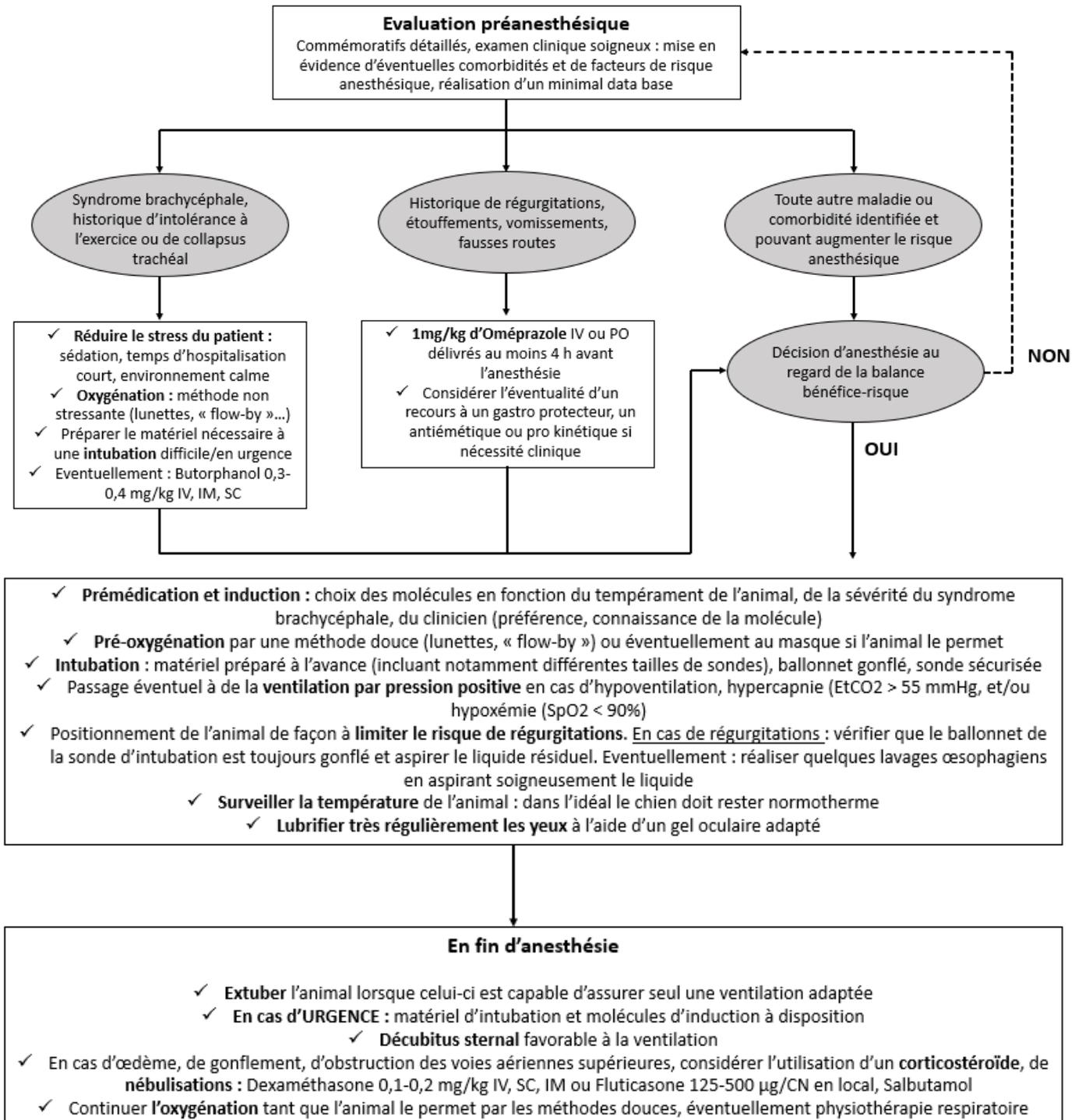


Figure 42 : Schéma récapitulatif de la démarche décisionnelle et des précautions à prendre pour l'anesthésie du brachycéphale
D'après [7]

La préparation à la réalisation d'un scanner est essentielle. Pour un chien brachycéphale, un certain nombre de comorbidités challengent le clinicien dans la réalisation de l'anesthésie générale nécessaire à l'immobilité du patient. C'est pourquoi le recueil des commémoratifs de l'animal ainsi que la compréhension du syndrome brachycéphale et de ses implications est primordiale.

b. Réalisation du scanner

Pour la réalisation d'un scanner de la tête et dans l'objectif d'une étude du nasopharynx, l'animal anesthésié doit être placé en décubitus sternal, intubé et bouche ouverte [17]. En effet, il a été démontré que l'évaluation du pharynx par examen tomodensitométrique était meilleure en position gueule ouverte, c'est-à-dire avec un angle d'ouverture de 30 à 45° [21]. La visualisation de l'anatomie du pharynx ainsi que l'identification d'anomalies sont sensiblement meilleures dans cette conformation. Par ailleurs, en gueule fermée, l'oropharynx est l'une des premières régions à se collaber, avec une perte de contraste. Ces différences s'expliquent par une composante aérienne plus importante lorsque le chien a la gueule ouverte, en particulier au niveau du nasopharynx [21] (**Figure 43**).

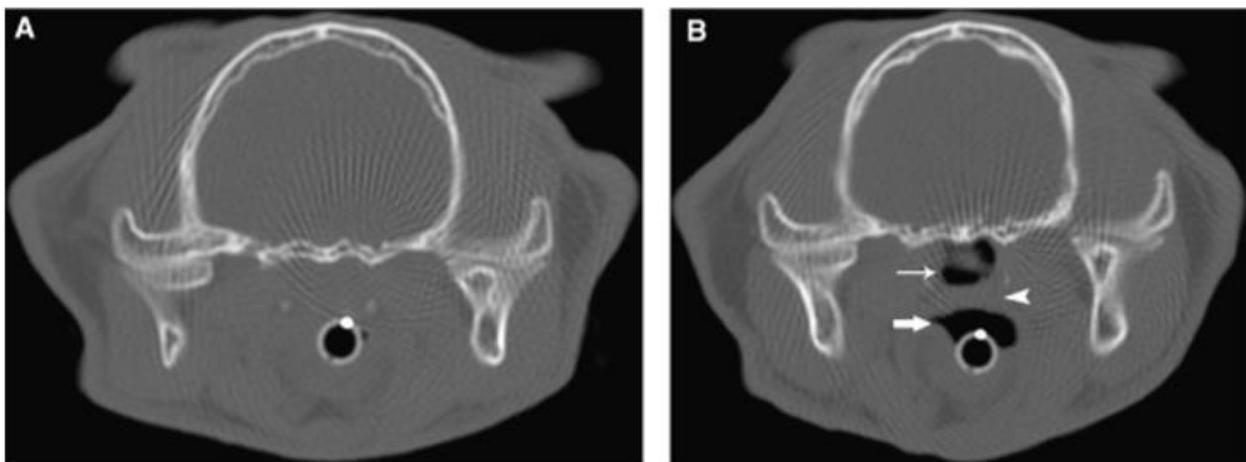


Figure 43 : Images tomodensitométriques transversales de crâne de chien prises avec la gueule fermée (A) puis ouverte (B) – On note une quantité de gaz plus importante au niveau du pharynx en gueule ouverte ainsi que la présence d'un polype (petite flèche blanche) non visible en position gueule fermée
D'après [21]

L'acquisition des images scanner est réalisée de la partie la plus rostrale (bout du nez) à la quatrième cervicale. La reconstruction informatique se fait en fenêtre osseuse [17, 21].

c. Analyse des clichés tomодensitométriques : mesures pouvant être réalisées

Une fois l'acquisition des images réalisée, différentes mesures sont réalisables.

Chez le chat, le degré de brachycéphalie semble corrélé avec une position plus horizontale des canines. Cependant, cette anomalie n'est pas retrouvée chez le chien, il est donc inutile de mesurer l'angle d'orientation de la mandibule [17]. De même, l'indice céphalique est couramment évoqué dans les publications scientifiques. Pourtant, il ne semble pas suffisamment pertinent pour l'évaluation des dimensions des voies aériennes supérieures. En effet, aucune corrélation à l'obstruction nasopharyngée n'a été mise en évidence [5, 17].

Néanmoins, d'autres mesures peuvent être plus intéressantes. Comme nous l'avons vu, les résultats récents suggèrent que la zone la plus étroite des voies aériennes au niveau du nasopharynx se situe dans tous les cas dorsalement à l'extrémité distale du palais mou. Le collapsus nasopharyngé secondaire à une augmentation de la pression intraluminale serait largement impliqué dans la réduction des voies aériennes supérieures. On peut supposer que cette restriction sera d'autant plus marquée chez un animal présentant des cornets nasaux aberrants. Actuellement, aucune donnée précise ne permet de corréler leur développement à la gravité des signes cliniques du syndrome obstructif. De plus, il n'est pas impossible que leur présence explique les résultats décevants obtenus chez certains animaux suite à l'opération de correction du syndrome brachycéphale. En effet, si l'amélioration clinique obtenue après la rhinoplastie ou la réduction du voile du palais s'est montrée satisfaisante pour une majorité de chiens, cela n'a pas été le cas pour 100% des animaux traités et ce, sans explication claire [31]. De façon intéressante, ce genre de chirurgie se montre par exemple peu efficace sur les carlins. Or nous avons vu que les cornets nasaux aberrants sont aussi beaucoup plus fréquents chez cette race. Il est possible que l'obstruction du nasopharynx qui en découle contrebalance les effets positifs de la chirurgie correctrice. Cependant nous ne faisons ici que des suppositions, d'autres études tomодensitométriques seraient nécessaires afin d'évaluer la prévalence et l'impact de ces cornets nasaux chez le chien brachycéphale. Il serait par exemple très intéressant de comparer un degré d'obstruction du nasopharynx (inversement proportionnel à l'espace aérien restant pouvant être calculé sous forme d'aire) à une gravité de signes cliniques observés.

De nombreuses questions restent à ce jour en suspens concernant le syndrome brachycéphale. Il est probable que l'importance de l'obstruction du nasopharynx par les cornets nasaux soit au moins corrélée à une gravité des signes cliniques mais cela n'a pour le moment pas été prouvé. C'est pourquoi il serait intéressant de poursuivre les recherches concernant cette malformation encore méconnue.

Nous avons montré que le scanner est pour cela tout indiqué. Néanmoins, différents freins à l'étude tomodensitométrique du syndrome brachycéphale peuvent être anticipés.

C- Anticipation des freins de l'étude ([6], [28], [29])

a. Accessibilité au scanner en France pour la médecine vétérinaire

Ces dernières années, le nombre de cliniques ou de regroupement de cliniques vétérinaires équipées d'un scanner a beaucoup augmenté. Si de nombreux déserts vétérinaires restent encore dépourvus de cette technologie (**Figure 44**), on peut facilement envisager une amélioration de la situation dans les années à venir. On remarque en effet un nombre croissant d'association entre cliniques ainsi qu'une diminution globale du prix des équipements concourant à une augmentation du pouvoir d'achat des vétérinaires.

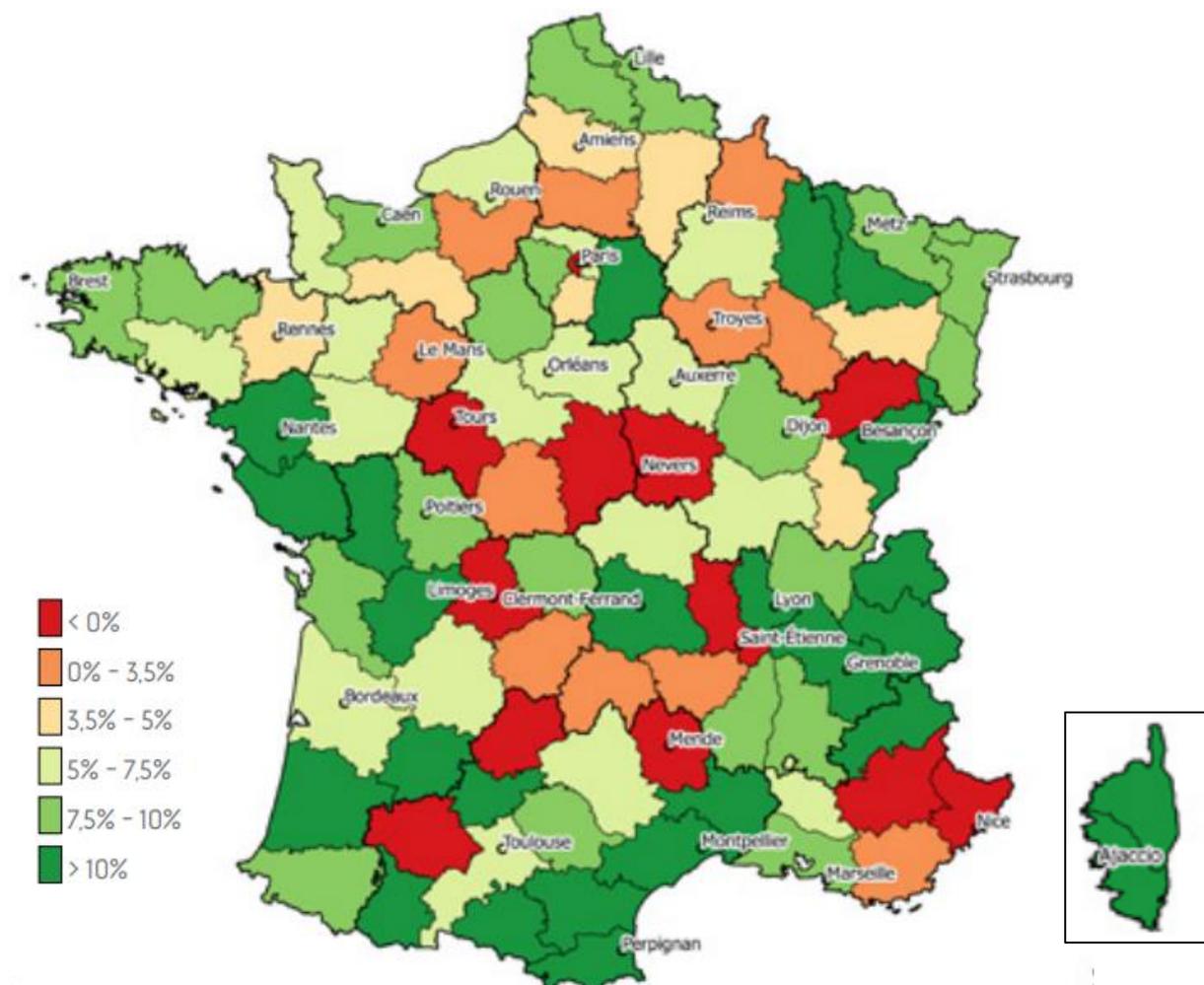


Figure 44 : Evolution du nombre de vétérinaires inscrits par département entre 2012 et 2016
D'après [6]

Cependant, un autre frein à l'utilisation du scanner est à prendre en compte. En effet, contrairement à la médecine humaine, les soins vétérinaires restent à l'heure d'aujourd'hui très peu pris en charge par les assurances. Ainsi, le prix est souvent dissuasif pour les propriétaires (compter généralement entre 300 et 500 euros pour un scanner de chien).

b. Perception variable du syndrome brachycéphale par les propriétaires

Un lien d'attachement particulièrement fort a été plusieurs fois décrit entre le chien brachycéphale et son propriétaire. Mais comment expliquer l'engouement actuel pour ce type de races ? D'après les études de « l'American Kennel Club registration statistics » (fédération canine la plus importante des Etats Unis), la popularité d'une race serait principalement expliquée par des caractéristiques physiques plutôt qu'à des avantages en termes de santé. Tout comme les visages de bébés peuvent, chez l'homme, provoquer des émotions positives ainsi que de l'affection, il semblerait que les animaux brachycéphales soient à l'origine d'un sentiment d'attachement. Cela a été notamment décrit chez le carlin, qui, du fait de sa petite taille et de sa petite tête aplatie susciterait le plus haut niveau d'adoration de la part du propriétaire parmi toutes les races canines [29].

Les propriétaires ayant envers leur animal un lien d'attachement plus important que la moyenne sont globalement plus susceptibles d'accepter le recours aux soins médicaux [29]. Paradoxalement, le nombre d'individus brachycéphales ayant été pris en charge chirurgicalement reste de nos jours relativement bas. Ceci semble s'expliquer en plusieurs points. Premièrement un rapport au coût reste indéniable, ces interventions représentant une charge financière pour le propriétaire. Plus d'un propriétaire sur cinq serait en effet étonné des frais vétérinaires à engager pour son chien brachycéphale [29]. Deuxièmement, il semblerait que plus de la moitié des propriétaires de brachycéphales ne seraient pas conscients de la pathologie respiratoire dont souffre leur animal. Ils justifieraient par ailleurs les signes cliniques observés comme étant « physiologiques pour la race » ou « acceptables » [28]. Pire, il semblerait que la majorité d'entre eux perçoive paradoxalement son animal comme étant « dans le meilleur état de santé possible » ou « en parfait état de santé » [29]. Enfin, pour de nombreuses personnes, certaines manifestations pathologiques propres à la race sont qualifiées de « mignonnes » [28]. On peut donner l'exemple des chiens brachycéphales dormant avec un jouet dans la bouche. Vision attendrissante pour les propriétaires, ce comportement est en réalité lié à une stratégie respiratoire visant à conserver l'ouverture des voies aériennes supérieures durant le sommeil [29].

On comprend ainsi qu'une vision erronée concernant la santé de l'animal peut malheureusement représenter un frein à la réalisation d'une étude approfondie du syndrome brachycéphale. Si les connaissances sur le sujet tendent à croître de nos jours, on constate globalement une méconnaissance de la pathologie de la part des propriétaires [28, 29]. Ceci est à l'origine d'un prolongement du mal-être de l'animal et d'un assombrissement du pronostic vital chez de nombreux animaux, le délai avant la réalisation des soins nécessaires étant bien souvent trop long. On peut donc imaginer que le recours à des examens coûteux tels que le scanner ainsi que l'investigation d'un syndrome considéré par beaucoup de propriétaires comme « physiologique de la race » ne soient pas considérés comme des priorités.

CONCLUSION

S'inscrivant dans une démarche de qualité, le scanner est actuellement en cours de démocratisation en médecine vétérinaire. Il constitue par ailleurs un outil diagnostique d'intérêt majeur dans l'étude du syndrome brachycéphale. Plus particulièrement, ses atouts ont récemment été démontrés pour l'étude de l'obstruction du nasopharynx. En effet, si l'endoscopie est classiquement utilisée pour l'observation dynamique des cavités nasales et nasopharyngées, elle reste cependant limitée à une visualisation de leur aspect proximal. La tomодensitométrie permet quant à elle une visualisation globale en trois dimensions de la tête de l'animal et de l'ensemble des structures qui la compose.

L'incontournable recours à une anesthésie générale ainsi que le prix de l'examen scanner restent à ce jour des freins indéniables à son utilisation en routine. Néanmoins, de nombreux avantages sont aussi à prendre en compte. En effet, une connaissance approfondie des anomalies anatomiques de l'animal facilite sa prise en charge médicale comme chirurgicale et permet de plus l'élaboration d'un pronostic vital. Par ailleurs, une meilleure perception du syndrome brachycéphale par les propriétaires est nécessaire puisqu'elle permettrait une intervention plus précoce du vétérinaire dans une optique de bien-être animal et de prolongement de l'espérance de vie.

Bibliographie

- [1] Auclair, Pierre, Alison Bocquet, et Wendy Tokuoka. « Le scanner - historique ». *L'imagerie médicale* (blog), s. d. <https://sites.google.com/site/limageriemedicale/scanner/historique>.
- [2] Barone, Robert. *Anatomie Comparée des mammifères domestiques - Tome 1 : Ostéologie*. 5ème édition. Anatomie Comparée des mammifères domestiques 1. Paris: VIGOT FRERES, 2010.
- . *Anatomie Comparée des mammifères domestiques - Tome 2 : Arthrologie et myologie*. 4ème édition. Anatomie Comparée des mammifères domestiques 2. Paris: VIGOT FRERES, 2010.
- . *Anatomie Comparée des mammifères domestiques - Tome 3 : Splanchnologie I, appareil digestif, appareil respiratoire*. 2^{ème} édition. Anatomie Comparée des mammifères domestiques 3. Par: VIGOT FRERES, 1984.
- [3] Dr. Bouklia Hassane, Y. « TDM : Principe en imagerie médicale ». Cours magistral PACES, s. d.
- [4] Bright, Ronald M. « Laryngeal Collapse in Dogs ». Saunders Elsevier, 2011
- [5] Caccamo, Roberta, Paolo Buracco, Guiseppa La Rosa, Matteo Cantatore, et Stefano Romussi. « Glottic and skull indices in canine brachycephalic airway obstructive syndrome ». *BMC Veterinary Research*, 2014, BioMed Central édition.
- [6] Conseil national de l'Ordre des vétérinaires. « Atlas démographique de la profession vétérinaire », décembre 2017.
- [7] Downing, F., et S. Gibson. « Anesthesia of brachycephalic dogs ». *Journal of Small Animal Practice*, n°59 (2018): 725-33.
- [8] Drost W. T., Reese D. J., et Hornof W.J., Digital radiography artifacts, *Vet. Radiol.*, 2008 ; 49, N°1, supplement 1 : 48-56. (Évolution du scanner et artefacts)
- [9] Dunié-Mérigot A, Bouvy B, Poncet C. Comparative use of CO2 laser, diode laser and monopolar electrocautery for resection of the soft palate in dogs with brachycephalic airway obstruction syndrome. *Vet Rec* 2010 ; 167 : 700-4.
- [10] Dupré, Gilles, et Dorothee Heidenreich. « Brachycephalic Syndrome ». *vetsmall.theclinics.com*. 2016, Elsevier édition.
- [11] Dyce, K.M., W.O. Sack, et C.J.G. Wensing. *Textbook of Veterinary Anatomy*. 4ème. Saunders Elsevier, 2010.
- [12] ENVV. « Scanner ». *Site internet de l'envv* (blog), s. d. <http://www.envv.fr/menu-og-33/scanner>.
- [13] Evans, HE. *Miller's Anatomy of the Dog*. 4^e éd. Missouri: ELSEVIER, 2013.
- [14] Ginn, Jennifer A., M.S.A Kumar, Brendan C. McKierman, et Barbara E. Powers. « Nasopharyngeal Turbinates in Brachycephalic Dogs and Cats ». *Journal of the American Animal Hospital Association*. octobre 2008, sect. 243-249.
- [15] Grand, J-G. R., et S. Bureau. « Structural characteristics of the soft palate and meatus nasopharyngeus in brachycephalic and non-brachycephalic dogs analysed by CT ». *Journal of Small Animal Practice* 52, n° May 2011 (2011): 232-39.

- [16] Haimel, G., et Gilles Dupré. « Brachycephalic airway syndrome: a comparative study between pugs and French bulldogs ». *Journal of Small Animal Practice* 56, n° December 2015 (13 novembre 2015):
- [17] Heidenreich, Dorothee, Gabriele Gradner, Sibylle Kneissl, et Gilles Dupré. « Nasopharyngeal Dimensions From Computed Tomography of Pugs and French Bulldogs With Brachycephalic Airway Syndrome ». *Veterinary Surgery*, n° 45 (2016): 83-90.
- [18] Johnson, Rebecca A., et Helio Autran de Morais. « Respiratory Acid-Base Disorders ». In *Fluid, electrolyte, and acid-base disorders in small animal practice*, 768. Chapter 11; pp 287-301. London, United Kingdom: Elsevier Health Sciences, 2011.
- [19] Kaye, B.M., Rutherford, Lynda, D. J. Perridge, et Haar, Gert ter. « Relationship between brachycephalic airway syndrome and gastrointestinal signs in three breeds of dog ». *Journal of Small Animal Practice* 59 (novembre 2018): 670-73.
- [20] Koch, Daniel A., Susanne Arnold, Madelein Hubler, et Pierre M. Montavon. « Brachycéphalic Syndrome in Dogs ». *Vetlurn.com*, janvier 2003.
- [21] Laurenson, Michele P., Allison Zwingenberger, Derek D. Cissell, Lynelle R. Johnson, Matie J. McPeters, Mathieu P. Spiret, Sandra L. Taylor, et Rachel E. Pollard. « Computed Tomography of the Pharynx in a Closed VS Open Mouth Position ». *Veterinary Radiology & Ultrasound* 52, n° 4 (2011): 357-61.
- [22] Layssol-lamour, C. « Scanner ou Tomodensitométrie : introduction aux principes de formation de l'image », 23 octobre 2018.
- [23] Lodato L., Dena, et Cheryl S. Hedlund. « Brachycephalic Airway Syndrome: Pathyphysiology and Diagnosis ». *Vetlurn.Com*, Compendium, juillet 2012, 5.
- [24] Longère, B., F. Pontana, et A. Lalande. « Tomodensitométrie (TDM) ». *SIDES : Wiki-SIDES* (blog), mai 2018. https://wiki.side-sante.fr/doku.php?id=sides:ref-trans:imagerie_dfgsm:chapitre_4_tomodensitometrie_tdm.
- [25] Luquet Maurice, *Le chien : morphologie, extérieur, esthétique*, Maloine, 1971, 405 p.
- [26] Mogicato, Giovanni, et Benjamin Cartiaux. « Brachycephale, kesako ? » Séminaire AFVAC Jr présenté à Le brachycéphale sous toutes ses facettes, ENVT, 6 avril 2019.
- [27] Oechtering, Gerhard U., Sabine Pohl, Claudia Schlueter, Johanna P. Lippert, Michael Alef, Ingmar Kiefer, Eberhard Ludwig, et Riccarda Schuenemann. « A novel approach to brachycephalic syndrome - Evaluation of anatomical intranasal airway obstruction ». *Veterinary Surgery*, n° 45 (2016): 165-72.
- [28] Packer, Rowena Mary Anne, Anke Hendricks, et Charlotte C. Burn. « Do dog owners perceive the clinical signs related to conformational inherited disorders as “normal” for the breed? A potential constraint to improving canine welfare ». *Animal welfare* 21, n° 2012 (2012): 81-93.
- [29] Packer, Rowena Mary Anne, Dan G. O’Neil, Francesca Fletcher, et Mark J. Farnworth. « Great expectations, inconvenient truths, and the paradoxes of the dog-owner relationship for owners of brachycephalic dogs ». *Plos One*, 19 juillet 2019, 23.
- [30] Poncet, C.M., Gilles Dupré, V.G. Freiche, et B.M. Bouvy. « Long-term results of upper respiratory syndrome surgery and gastrointestinal tract medical treatment in 51 brachycephalic dogs ». *Journal of Small Animal Practice* 47 (2006): 137-42.

- [31] Poncet, C.M., Gilles Dupré, V.G. Freiche, M.M. Estrada, Y. A. Poubannet, et B.M. Bouvy. « Prevalence of gastrointestinal tract lesions in 73 brachycephalic dogs with upper respiratory syndrome ». *Journal of Small Animal Practice* 46, n° Juin 2005 (2005): 273-79.
- [32] Portier, Karine, et Keila Kazue. « The ASA physical status classification : what is the evidence for recommending its use in veterinary anesthesia? A systematic review ». *Frontiers in Veterinary Science* 5, n° 204 (août 2018): 15.
- [33] Rutherford, Lynda, Lee Beever, Mieghan Bruce, et Gert ter Haar. « Assessment of Computed Tomography Derived Cricoid Cartilage and Tracheal Dimensions to Evaluate Degree of Cricoid Narrowing in Brachycephalic Dogs ». *Wileyonlinelibrary.com*. 2017, sect. 634-646.
- [34] Unknown. Les rayons X dans l'imagerie médicale. « L'émission des rayons X », s. d. <http://rayons-x-imagerie-medicale.e-monsite.com/pages/cat-1/la-creation-de-rayons-x.html>.
- [35] Verwaerde, Patrick. « Considérations pour l'anesthésie d'un chien brachycéphale ou lors de dyspnée inspiratoire ». Vet@rusi, 25 septembre 2016. https://www.vetarusi.com/html/cours/cours_ppt.php?cours_id=384.
- [36] Vilaplana Grosso, Federico, Gert ter Haar, et Susanne A. E. B. Boroffka. « Gender, weight, and age effects on prevalence of caudal aberrant nasal turbinates in clinically healthy english bulldogs: a computed tomographic study and classification ». *Veterinary Radiology and Ultrasound* 56, n° 5 (2015): 486-93.
- [37] Wikiversity « L'onde électromagnétique », s. d. <https://fr.wikiversity.org/wiki/Wikiversit%C3%A9:Accueil>.
- [38] Zilberstein, Luca, et Isabelle Mennecier-Broutin. *Abrégé d'anesthésie du chien et du chat*. Med'com. Paris, 2016.

Intérêt du scanner sans l'étude du degré d'obstruction du nasopharynx chez le chien brachycéphale

REGNARD Juliette

RESUME :

L'attractivité croissante de la clientèle canine pour les races brachycéphales a été largement démontrée ces vingt dernières années. Une meilleure connaissance des enjeux liés au syndrome obstructif des voies aériennes supérieures auquel sont prédisposés ces animaux est nécessaire. Chez les chiens brachycéphales, des particularités anatomiques et physiologiques primaires sont en effet à la source de remaniements anatomiques secondaires ainsi que d'une symptomatologie complexe. Dans une démarche à la fois diagnostique et pronostique, le scanner est un outil intéressant dans l'étude du syndrome brachycéphale. La qualité et la précision des images obtenues semblent par ailleurs particulièrement indiquer son recours pour l'analyse de l'obstruction du nasopharynx. A cette fin, ce travail a pour but de faire l'état des lieux de l'utilisation de la tomodensitométrie, ainsi que de proposer un matériel et méthode répétable pour le clinicien dans le but d'une étude approfondie du syndrome brachycéphale.

MOTS CLES : Chien, Brachycéphale, Obstruction, Nasopharynx, Tomodensitométrie.

JURY :

Président : Pr. I. BERRY

Directeur : Pr. G. MOGICATO

Assesseur : Pr. A. DEVIERS

ADRESSE DE L'AUTEUR :

Mlle Juliette REGNARD

31240 Saint-Jean

Interest of scanner regarding the study of the nasopharynx collapse level in brachycephalic dogs

REGNARD Juliette

ABSTRACT :

In recent years, proof of the growing attractiveness of people for brachycephalic breeds has been widely shown. Because these animals are susceptible to it, better knowledge of the airway obstructive syndrome is necessary. In brachycephalic breeds, anatomical and physiological characteristics result in secondary anatomical changes and complex symptomatology. Using a scanner is interesting regarding the study of brachycephalic syndrome, in a diagnostic and prognosis approach. Its use seems to be particularly appropriate for the investigation of the nasopharynx thanks to the quality and accuracy of the images. For this purpose, this work aims to draw an assessment of its use and to suggest a repeatable material and method in the study of the brachycephalic syndrome.

KEYWORDS : Dog, Brachycephalic, Obstruction, Nasopharynx, CT scan.

JURY :

President : Pr. I. BERRY

Director : Dr. G. MOGICATO

Assessor : Dr. A. DEVIERS

AUTHOR'S ADDRESS :

Miss Juliette REGNARD

31240 Saint-Jean

Intérêt du scanner sans l'étude du degré d'obstruction du nasopharynx chez le chien brachycéphale

REGNARD Juliette

RESUME :

L'attractivité croissante de la clientèle canine pour les races brachycéphales a été largement démontrée ces vingt dernières années. Une meilleure connaissance des enjeux liés au syndrome obstructif des voies aériennes supérieures auquel sont prédisposés ces animaux est nécessaire. Chez les chiens brachycéphales, des particularités anatomiques et physiologiques primaires sont en effet à la source de remaniements anatomiques secondaires ainsi que d'une symptomatologie complexe. Dans une démarche à la fois diagnostique et pronostique, le scanner est un outil intéressant dans l'étude du syndrome brachycéphale. La qualité et la précision des images obtenues semblent par ailleurs particulièrement indiquer son recours pour l'analyse de l'obstruction du nasopharynx. A cette fin, ce travail a pour but de faire l'état des lieux de l'utilisation de la tomodensitométrie, ainsi que de proposer un matériel et méthode répétable pour le clinicien dans le but d'une étude approfondie du syndrome brachycéphale.

MOTS CLES : Chien, Brachycéphale, Obstruction, Nasopharynx, Tomodensitométrie.

JURY :

Président : Pr. I. BERRY
Directeur : Pr. G. MOGICATO
Assesseur : Pr. A. DEVIERS

ADRESSE DE L'AUTEUR :

Mlle Juliette REGNARD
31240 Saint-Jean

ABSTRACT :

In recent years, proof of the growing attractiveness of people for brachycephalic breeds has been widely shown. Because these animals are susceptible to it, better knowledge of the airway obstructive syndrome is necessary. In brachycephalic breeds, anatomical and physiological characteristics result on secondary anatomical changes and complex symptomatology. Using a scanner is interesting regarding the study of brachycephalic syndrome, in a diagnostic and prognosis approach. Its use seems to be particularly appropriate for the investigation of the nasopharynx thanks to the quality and accuracy of the images. For this purpose, this work aim to draw an assessment of its use and to suggest a repeatable material and method in the study of the brachycephalic syndrome.

KEYWORDS : Dog, Brachycephalic, Obstruction, Nasopharynx, CT scan.

JURY :

President : Pr. I. BERRY
Director : Dr. G. MOGICATO
Assessor : Dr. A. DEVIERS

AUTHOR'S ADDRESS :

Miss Juliette REGNARD
31240 Saint-Jean