

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 - Thèse n° 065

**DIAGNOSE DE L'ÂGE DU CHIEN ET DU CHAT,
APPLICATION EN MÉDECINE PRÉVENTIVE**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 20 octobre 2022
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

KAEMMERLEN Adeline

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 - Thèse n° 065

**DIAGNOSE DE L'ÂGE DU CHIEN ET DU CHAT,
APPLICATION EN MÉDECINE PREVENTIVE**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 20 octobre 2022
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

KAEMMERLEN Adeline

LISTE DES ENSEIGNANTS DU CAMPUS VETERINAIRE DE LYON (14-09-2022)

Pr	ABITBOL	Marie	Professeur
Dr	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Pr	ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
Dr	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Dr	BECKER	Claire	Maître de conférences
Dr	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Dr	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
Pr	BENOIT	Etienne	Professeur
Pr	BERNY	Philippe	Professeur
Pr	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur
Dr	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
Dr	BRUTO	Maxime	Maître de conférences
Dr	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
Pr	BUFF	Samuel	Professeur
Pr	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
Dr	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
Pr	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Pr	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
Pr	CHABANNE	Luc	Professeur
Pr	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
Dr	CHAMEL	Gabriel	Maître de conférences
Dr	CHETOT	Thomas	Maître de conférences
Dr	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Maître de conférences
Pr	DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
Pr	DJELOUADJI	Zorée	Professeur
Dr	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
Dr	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
Dr	GALIA	Wessam	Maître de conférences
Pr	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur
Dr	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Dr	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Dr	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Dr	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	JUNOT	Stéphane	Professeur
Pr	KODJO	Angeli	Professeur
Dr	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Dr	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Dr	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Pr	LE GRAND	Dominique	Professeur
Pr	LEBLOND	Agnès	Professeur
Dr	LEDOUX	Dorothee	Maître de conférences
Dr	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Dr	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
Dr	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
Pr	LEPAGE	Olivier	Professeur
Pr	LOUZIER	Vanessa	Professeur
Dr	LURIER	Thibaut	Maître de conférences
Dr	MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences
Pr	MARCHAL	Thierry	Professeur
Dr	MOSCA	Marion	Maître de conférences
Pr	MOUNIER	Luc	Professeur
Dr	PEROZ	Carole	Maître de conférences
Pr	PIN	Didier	Professeur
Pr	PONCE	Frédérique	Professeur
Pr	PORTIER	Karine	Professeur
Dr	POUZOT-NEVORET	Céline	Maître de conférences
Pr	PROUILLAC	Caroline	Professeur
Pr	REMY	Denise	Professeur
Dr	RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
Pr	ROGER	Thierry	Professeur
Dr	SAWAYA	Serge	Maître de conférences
Pr	SCHRAMME	Michael	Professeur
Pr	SERGENTET	Delphine	Professeur
Dr	TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Dr	VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
Pr	VIGUIER	Eric	Professeur
Dr	VIRIEUX-WATRELOT	Dorothee	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	ZENNER	Lionel	Professeur

REMERCIEMENTS JURY

A Monsieur le Professeur Laurent FANTON

De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon,

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

Hommages respectueux.

A Madame la Docteure Maria-Halima LAABERKI

De Vetagro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

Pour m'avoir proposé ce sujet et accompagnée dans la réalisation de ce travail,

Pour votre disponibilité, votre bienveillance et votre aide précieuse tout au long de l'élaboration de ce travail,

Sincères remerciements.

A Madame la Professeure Marie-Pierre CALLAIT-CARDINAL

De Vetagro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

Pour l'intérêt porté à ce travail et avoir accepté de prendre part au jury de cette thèse,

Sincères remerciements.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES FIGURES	13
TABLE DES TABLEAUX	17
LISTE DES ABREVIATIONS	19
INTRODUCTION	21
PARTIE 1 : ELEMENTS DE DIAGNOSE DE L'ÂGE DU CHIEN ET DU CHAT	23
I. Les étapes clés du développement du nouveau-né	24
1. Le développement sensoriel chez le nouveau-né	24
a) Acquisition de la vision	24
b) Acquisition de l'audition.....	24
c) Acquisition de l'olfaction	25
d) Acquisition des sens gustatif et tactile	25
2. Le développement des capacités motrices	25
a) Acquisition de la locomotion	25
b) Développement des réactions posturales	26
3. Le développement comportemental	26
a) Modification du comportement alimentaire.....	26
b) Comportements de miction et de défécation.....	27
c) Communication verbale, comportements sociaux et comportements de jeux.....	27
4. Conclusions sur l'intérêt des étapes clés du développement du nouveau-né	27
II. Utilisation de la dentition dans la détermination de l'âge	29
1. Anatomie de la denture du chien et du chat	29
a) Anatomie d'une dent.....	29
b) Les dentures déciduales et définitives.....	30
2. Calendrier des éruptions dentaires déciduales et définitives	32
a) Chez le chien.....	32
b) Chez le chat.....	34
c) Facteurs de variation du calendrier d'éruptions dentaires	36
3. Techniques de squelettochronologie et de cémentochnologie	37
a) Squelettochronologie et cémentochnologie : définitions.....	37
b) Squelettochronologie et cémentochnologie dans l'étude de l'âge.....	38
c) Conclusions sur l'intérêt de la squelettochronologie et la cémentochnologie....	39
4. Intérêt de la radiographie dentaire dans la détermination de l'âge	39

a)	Utilisation du rapport largeur de la cavité pulpaire sur largeur de la dent.....	39
b)	Utilisation de la fermeture des foramens radiculaires apicaux	43
c)	Autres critères de détermination de l'âge sur les radiographies dentaires.....	44
5.	Détermination de l'âge en fonction de l'usure des dents	44
a)	Stades d'usure des dents en fonction de l'âge chez le chien et le chat	44
b)	Limites de l'utilisation de l'usure des dents dans la détermination de l'âge	46
6.	Utilisation de la récession gingivale	47
III.	L'évolution de la courbe pondérale dans la détermination de l'âge.....	48
1.	La courbe pondérale chez le chien	48
a)	Le poids de naissance chez le chiot	48
b)	Pic de croissance et durée de la croissance chez le chiot.....	49
c)	Etablissement de courbes de croissance chez le chiot	51
d)	Facteurs de modification de la courbe de croissance chez le chiot.....	61
2.	La courbe pondérale chez le chat	62
a)	Le poids de naissance chez le chaton.....	62
b)	Etablissement de courbes de croissance chez le chaton.....	63
c)	Facteurs de modification de la courbe de croissance chez le chaton.....	66
3.	Conclusions sur l'intérêt de la courbe pondérale	66
IV.	Détermination de l'âge grâce à la maturation du squelette.....	69
1.	Mécanismes de l'ossification endochondrale	69
2.	Périodes d'apparition et de fermeture des différents centres d'ossification	69
3.	Localisation des différents centres d'ossification sur des radiographies.....	75
4.	Conclusions sur l'intérêt des centres d'ossification	84
V.	Les méthodes d'estimation de l'âge via l'examen oculaire.....	86
1.	Utilisation des reflets oculaires	86
a)	Principes des reflets oculaires	86
b)	Conditions d'observation des reflets oculaires	87
c)	Détermination de l'âge en utilisant les reflets oculaires	87
2.	Utilisation de la sclérose du cristallin	88
3.	Utilisation de l'évolution de la courbure de la cornée.....	89
4.	Utilisation de la masse du cristallin.....	89
5.	Conclusions sur l'intérêt de l'examen oculaire.....	89
VI.	Le développement de l'appareil reproducteur dans la détermination de l'âge.....	91
1.	Mise en place des testicules dans le scrotum	91
2.	Apparition des comportements de maturité sexuelle	91
3.	Conclusions sur l'intérêt du développement de l'appareil reproducteur	91

VII. La canitie dans la détermination de l'âge.....	92
VIII. L'âge biologique : déterminer l'âge en analysant l'ADN.....	93
1. Définition de l'âge biologique	93
2. Utilisation de l'âge biologique chez le chien et le chat.....	94
3. Conclusions sur l'intérêt de l'âge biologique	95
BILAN SUR LES ELEMENTS DE DIAGNOSE DE L'AGE DU CHIEN ET DU CHAT	96
PARTIE 2 : APPLICATIONS A LA CONSULTATION DE MEDECINE PREVENTIVE.....	137
I. L'âge du chien et du chat dans le cadre de la réglementation	138
1. Législation concernant l'identification des carnivores domestiques	138
2. Législation concernant la cession des carnivores domestiques	138
3. Législation concernant la rage.....	138
4. Conclusions sur l'importance de l'estimation de l'âge dans le cadre de la réglementation.....	139
II. Adapter la vaccination selon l'âge	142
1. Les différents vaccins disponibles	142
2. La vaccination chez le jeune animal	145
a) Transfert des anticorps maternels vers le nouveau-né par le colostrum	145
b) Persistance des anticorps maternels et période critique immunologique.....	145
c) Conséquences sur les protocoles vaccinaux du jeune animal	147
d) Méthodes supplémentaires pour limiter les risques lors de la période critique ...	148
3. La vaccination chez l'animal adulte.....	149
4. La vaccination chez l'animal âgé	153
III. Adapter la prophylaxie antiparasitaire selon l'âge	154
1. Importance de la prophylaxie antiparasitaire	154
2. Les protocoles de prophylaxie antiparasitaire.....	155
a) Prophylaxie antiparasitaire contre les endoparasites	155
b) Prophylaxie antiparasitaire contre les ectoparasites.....	161
IV. Adapter l'examen clinique selon l'âge.....	165
1. L'examen clinique du nouveau-né	165
2. L'examen clinique du chiot et du chaton prépubères	165
3. L'examen clinique de l'animal âgé.....	166
a) Définition de l'animal âgé.....	166
b) Importance de l'anamnèse chez l'animal âgé	167
c) L'examen clinique chez l'animal âgé	168
d) Les examens complémentaires dans le bilan gériatrique.....	169

e) Recommandations pour les propriétaires d'un animal âgé	169
V. Adapter l'alimentation selon l'âge	170
1. La nutrition de l'animal adulte	170
a) Calcul du besoin énergétique chez l'adulte.....	170
b) Estimation de la quantité d'aliment à apporter	171
c) Besoins en nutriments de l'animal adulte	172
2. La nutrition du jeune animal	172
a) Nutrition de l'animal en croissance avant le sevrage.....	172
b) Importance du suivi de la courbe de croissance.....	173
c) Calcul du besoin énergétique en croissance.....	173
d) Besoins en nutriments du jeune animal	174
3. La nutrition de l'animal âgé	175
a) Evolution des besoins nutritionnels chez l'animal âgé	175
b) Adaptations de l'alimentation chez l'animal âgé.....	176
VI. Adapter la gestion de la reproduction selon l'âge	177
1. La question de la castration chez le chien	177
a) Les avantages de la castration chez le chien	177
b) Les inconvénients de la castration chez le chien.....	177
c) Les recommandations concernant l'âge de la castration chez le chien.....	178
2. La question de la castration chez le chat	181
VII. Adapter les mesures comportementales selon l'âge	183
1. Ontogenèse des comportements et applications en médecine préventive chez le chien	183
a) Les grandes étapes de l'ontogenèse des comportements	183
b) Le cas des chiots séparés trop précocement de leur mère.....	187
c) Prévention des troubles du comportement chez le chiot en médecine préventive	187
2. Ontogenèse des comportements et applications en médecine préventive chez le chat	189
a) Les grandes étapes de l'ontogenèse des comportements chez le chat	189
b) Prévention des troubles du comportement chez le chaton en médecine préventive	189
3. Les changements de comportement chez le chien et le chat âgés	190
CONCLUSION	191
BIBLIOGRAPHIE	193

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Coupe longitudinale d'une prémolaire.....	29
Figure 2 : Photographies de prémolaires déciduales et d'une canine déciduale d'un chiot Cocker après leur chute.....	30
Figure 3 : Schéma d'une denture de profil d'un chien adulte.....	31
Figure 4 : Schéma d'une denture de profil d'un chat adulte.....	32
Figure 5 : Photographie d'un chien croisé de six mois présentant une canine déciduale persistante.....	36
Figure 6 : Photographie et cémentochronologie d'une section de canine de Lycaon.....	38
Figure 7 : Schéma du lieu de mesure du rapport largeur de la cavité pulpaire (A) sur largeur de la dent (B) sur les canines maxillaires dans l'étude de Park.....	40
Figure 8 : Radiographies de canines félines montrant une réduction marquée du rapport largeur de la cavité pulpaire sur largeur de la dent associée à l'âge.....	40
Figure 9 : Evolution du rapport largeur de la cavité pulpaire sur largeur de dent (rapport P/T) en fonction de l'âge chez le chat.....	41
Figure 10 : Schémas illustrant l'évolution de l'usure des dents chez un chien au cours du temps.....	45
Figure 11 : Usure modérée des crocs et usure importante des incisives I1 mandibulaires chez un chien croisé Labrador de cinq ans présentant une importante activité de mastication de balles de tennis.....	46
Figure 12 : Courbes de croissance des chiots de la naissance à trois semaines en fonction du poids de naissance.....	53
Figure 13 : Exemples de décalages de la courbe pondérale de différents au cours du temps sur des courbes de croissance correspondant à des poids de naissance inférieurs.....	54
Figure 14 : Courbes de croissance pour les chiots femelles de poids adulte inférieur à 6,5kg.....	56
Figure 15 : Courbes de croissance pour les chiots mâles de poids adulte inférieur à 6,5kg.....	57
Figure 16 : Courbes de croissance pour les chiots femelles de poids adulte compris entre 6,5 et 9kg.....	57
Figure 17 : Courbes de croissance pour les chiots mâles de poids adulte compris entre 6,5 et 9kg.....	58
Figure 18 : Courbes de croissance pour les chiots femelles de poids adulte compris entre 9 et 15kg.....	58
Figure 19 : Courbes de croissance pour les chiots mâles de poids adulte compris entre 9 et 15kg.....	59
Figure 20 : Courbes de croissance pour les chiots femelles de poids adulte compris entre 15 et 30 kg.....	59

Figure 21 : Courbes de croissance pour les chiots mâles de poids adulte compris entre 15 et 30 kg.....	60
Figure 22 : Courbes de croissance pour les chiots femelles de poids adulte compris entre 30 et 40kg.....	60
Figure 23 : Courbes de croissance pour les chiots mâles de poids adulte compris entre 30 et 40kg.....	61
Figure 24 : Courbe de croissance moyenne de 246 chatons entre 0 et huit semaines dans l'étude de DiGangi.....	64
Figure 25 : Courbes de croissance pour les chatons femelles.....	65
Figure 26 : Courbes de croissance pour les chatons mâles.....	65
Figure 27 : Facteurs influençant le poids de naissance et la courbe de croissance chez le chiot et le chaton.....	67
Figure 28 : Radiographie de l'épaule gauche (incidence médio-latérale) d'un chiot croisé Labrador et Border Collie mâle entier de 16 semaines.....	75
Figure 29 : Radiographie du coude gauche (incidence médio-latérale) d'un chiot Berger Australien femelle entière de 12 semaines.....	76
Figure 30 : Radiographie du carpe gauche (incidence dorso-palmaire) d'un chiot croisé Labrador et Epagneul femelle entière de 15 semaines.....	77
Figure 31 : Radiographie du carpe droit (incidence médio-latérale) d'un chiot croisé Labrador et Epagneul femelle entière de 15 semaines.....	78
Figure 32 : Radiographie du bassin (incidence ventro-dorsale) d'un chiot Samoyède mâle entier de 15 semaines.....	79
Figure 33 : Radiographie du bassin (incidence ventro-dorsale) d'un chiot croisé Berger allemand mâle entier de 30 semaines.....	80
Figure 34 : Radiographie du grasset droit (incidence médio-latérale) d'un chiot croisé Labrador et Epagneul femelle entière de 15 semaines.....	81
Figure 35 : Radiographie du grasset et du tarse droits (incidence médio-latérale) d'un Terre-neuve de 32 jours.....	82
Figure 36 : Radiographie du tarse droit (incidence médio-latérale) d'un chiot croisé Labrador et Epagneul femelle entière de 15 semaines.....	83
Figure 37 : Radiographie des vertèbres lombaires (incidence latérale) d'un chiot Samoyède mâle entier de 15 semaine.....	84
Figure 38 : Photographie des reflets oculaires C, La et Lb chez un chien jeune adulte et schéma correspondant.....	86
Figure 39 : Photographie des reflets oculaires C, La' et Lb' chez un chat âgé de 14 ans et schéma correspondant.....	87
Figure 40 : Structures de la cytosine et de la 5-méthylcytosine.....	93
Figure 41 : Photographie d'un chiot Pinscher nain de quatre jours.....	98
Figure 42 : Photographie d'un chiot Pinscher nain de six jours.....	98
Figure 43 : Photographie d'un chiot Berger des Shetland de 10 jours.....	99
Figure 44 : Ouverture des yeux d'un chiot Berger des Shetland de 13 jours.....	99
Figure 45 : Début d'éruption de la denture déciduale chez un chiot Berger des Shetland de 20 jours.....	101
Figure 46 : Posture assise chez un chiot Pinscher nain de 21 jours.....	101

Figure 47 : Denture déciduale chez un chiot Berger des Shetland de 28 jours.....	101
Figure 48 : Denture déciduale d'un chiot Spitz allemand de cinq semaines.....	103
Figure 49 : Début de la locomotion adulte chez un chiot Spitz allemand de six semaines....	104
Figure 50 : Denture déciduale complète d'un chiot Labrador de deux mois.....	106
Figure 51 : Début d'éruption des incisives définitives chez un chiot Eurasier de trois mois.....	107
Figure 52 : Eruption des incisives définitives chez un chiot Border Collie de quatre mois..	109
Figure 53 : Eruption des incisives définitives chez un chiot Cocker de presque cinq mois..	109
Figure 54 : Canines déciduales, prémolaires déciduales et PM1 définitives chez un chiot Cocker de presque cinq mois.....	109
Figure 55 : Fin d'éruption des incisives définitives I3 chez un chiot Labrador de cinq mois.....	110
Figure 56 : Eruption des canines définitives chez un chiot croisé Berger Blanc Suisse et Border Collie de cinq mois.....	110
Figure 57 : Transition entre les canines déciduales et définitives chez un chiot Cocker de cinq mois.....	111
Figure 58 : Retard de changement dentaire avec la mise en place des incisives I1 définitives chez un chiot Chihuahua de cinq mois.....	111
Figure 59 : Transition entre les canines et les prémolaires déciduales et définitives chez un chiot Cocker de cinq mois.....	111
Figure 60 : Transition entre les prémolaires déciduales et définitives chez un chiot Labrador de cinq mois.....	111
Figure 61 : Denture définitive avec très peu d'usure (vue de face) chez un chien Border Collie de deux ans.....	117
Figure 62 : Denture définitive avec très peu d'usure (vue latérale gauche) chez un chien Border Collie de deux ans.....	117
Figure 63 : Denture définitive avec très peu d'usure (vue latérale droite) chez un chien Border Collie de deux ans.....	117
Figure 64 : Denture définitive avec peu d'usure chez un chien Beauceron de 4,5 ans.....	118
Figure 65 : Denture d'un chien croisé de 13,5 ans ayant subi un détartrage et des extractions dentaires des prémolaires PM1, PM2 et PM4 maxillaires gauches, PM4 mandibulaire droite, PM2 maxillaire droite et de la molaire M2 maxillaire gauche à l'âge de neuf ans.....	119
Figure 66 : Canines et incisives d'un chien croisé de 13,5 ans ayant subi un détartrage à 9 ans.....	119
Figure 67 : Yeux fermés chez un chaton d'une semaine.....	120
Figure 68 : Début de soutien du corps par les membres thoraciques chez un chaton d'une semaine.....	120
Figure 69 : Yeux ouverts chez un chaton de 10 jours.....	121
Figure 70 : Tout début d'éruption des incisives déciduales chez un chaton de 10 jours.....	121
Figure 71 : Canines et incisives déciduales mandibulaires chez un chaton de quatre semaines.....	124
Figure 72 : Eruption des canines et de la prémolaire PM2 maxillaire déciduales chez un chaton de quatre semaines.....	124

Figure 73 : Posture debout chez un chaton de quatre semaines.....	124
Figure 74 : Posture assise chez un chaton de quatre semaines.....	124
Figure 75 : Chatons de six semaines.....	125
Figure 76 : Denture déciduale complète chez un chaton de presque deux mois.....	126
Figure 77 : Posture assise chez un chaton de presque deux mois.....	126
Figure 78 : Denture déciduale complète chez un chat de deux mois.....	127
Figure 79 : Photographie d'un chaton de deux mois.....	127
Figure 80 : Transition entre les incisives déciduales et définitives chez un chaton de trois mois.....	128
Figure 81 : Fin de transition entre les incisives déciduales et définitives chez un chaton de quatre mois exactement.....	129
Figure 82 : Denture définitive chez des chats de 6,5 mois (vue latérale gauche).....	131
Figure 83 : Denture définitive chez un chat de 6,5 mois (vue latérale droite).....	131
Figure 84 : Denture définitive chez un chat de 6,5 mois (vue de face).....	131
Figure 85 : Denture définitive chez un chat de cinq ans.....	134
Figure 86 : Canine maxillaire droite présentant un jaunissement important chez un chat de 10 ans.....	135
Figure 87 : Incisives et canines d'un chat de 12 ans.....	135
Figure 88 : Denture d'un chat de 12 ans.....	135
Figure 89 : Diminution de la quantité d'Anticorps d'Origine Maternels (AOM) et augmentation de la quantité d'anticorps propres au cours du temps et période critique.....	147

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Calendrier d'éruption de la denture déciduale chez le chien.....	33
Tableau II : Calendrier d'éruption de la denture définitive chez le chien.....	34
Tableau III : Calendrier d'éruption de la denture déciduale chez le chat.....	35
Tableau IV : Calendrier d'éruption de la denture définitive chez le chat.....	35
Tableau V : Evolution de la largeur de la pulpe (P) et du rapport P/T en fonction de l'âge en utilisant la formule de Park et en fixant la largeur de la dent T = 5mm.....	42
Tableau VI : Estimation de l'âge du chien en fonction du rapport P/T selon l'étude de Van den Broeck.....	43
Tableau VII : Stades d'usure des dents en fonction de l'âge chez le chien.....	45
Tableau VIII : Stades d'usure des dents en fonction de l'âge chez le chat.....	46
Tableau IX : Intervalles moyens du poids de naissance dans des races de tailles différentes.....	49
Tableau X : Âge de fin du pic de croissance et âge de fin de croissance en fonction du format de la race du chien.....	50
Tableau XI : Estimation du poids adulte du chien en fonction de son poids au pic de croissance.....	52
Tableau XII : Catégorisation des différents formats de chiens en fonction de leur poids adulte.....	55
Tableau XIII : Âges approximatifs d'apparition et de fermeture des différents centres d'ossification chez le chien.....	69
Tableau XIV : Âges approximatifs d'apparition et de fermeture des différents centres d'ossification chez le chat.....	72
Tableau XV : Âges approximatifs de fermeture des centres d'ossification du crâne chez le chien et le chat.....	74
Tableau XVI : Estimation de l'âge du chien en fonction du diamètre des reflets oculaires nucléaires.....	88
Tableau XVII : Estimation de l'âge du chat en fonction du diamètre des reflets oculaires nucléaires.....	88
Tableau XVIII : Estimation de l'âge du chien en fonction du stade de sclérose du cristallin.....	89
Tableau XIX : Avantages et inconvénients des différentes méthodes de détermination de l'âge du chien et du chat.....	96
Tableau XX : Maladies du chien ayant un vaccin disponible en France, importance et niveau de recommandation.....	143
Tableau XXI : Maladies du chat ayant un vaccin disponible en France, importance et niveau de recommandation.....	144

Tableau XXII : Demi-vies des anticorps maternels et durée de protection moyenne pour les différentes maladies du chien et du chat ayant un vaccin.....	146
Tableau XXIII : Exemples de protocole de primo-vaccination selon l'âge à la première injection.....	148
Tableau XXIV : Protocoles de vaccination recommandés chez le chien.....	150
Tableau XXV : Protocoles de vaccination recommandés chez le chat.....	152
Tableau XXVI : Principaux nématodes et cestodes autres que les ascarides, échinocoques et filaires.....	157
Tableau XXVII : Âge ou poids minimal pour les principales spécialités antihelminthiques disponibles en France chez le chien.....	157
Tableau XXVIII : Âge ou poids minimal pour les principales spécialités antihelminthiques disponibles en France chez le chat.....	159
Tableau XXIX : Âge ou poids minimal pour les principales spécialités insecticides et acaricides disponibles en France chez le chien.....	162
Tableau XXX : Âge ou poids minimal pour les principales spécialités insecticides et acaricides disponibles en France chez le chat.....	163
Tableau XXXI : Âge de début du vieillissement en fonction de l'espèce et du poids de l'animal.....	167
Tableau XXXII : Eléments de questionnement des propriétaires dans la prise d'anamnèse chez l'animal âgé.....	167
Tableau XXXIII : Recommandations par races pour l'âge de la castration en fonction de l'augmentation de risque de survenue de troubles articulaires et de néoplasies en lien avec la castration.....	179

LISTE DES ABREVIATIONS

a : ans

AAFP : American Association of Feline Practitioners

AAHP : American Animal Hospital Association

ABCD : Advisory Board on Cat Diseases

AOM : Anticorps d'Origine Maternels

ASV : Association of Shelter Veterinarians

AVMA : American Veterinary Medical Association

BE : besoin énergétique

BEC : besoin énergétique de croissance

BEE : besoin énergétique à l'entretien

C : canine

CO : centre d'ossification

CpG : dinucléotides cytosine-guanine

D : doigt

DAPP = Dermatite allergique aux piqures de puces

DE : densité énergétique

DHA : acide docosahexaénoïque

ENA : extractif non azoté

EPA : acide eicosapentaénoïque

ESCAPP = Comité Scientifique Européen d'études des Parasites des Animaux de Compagnie
(European Scientific Counsel Companion Animal Parasites)

g : grammes

GMQ : Gain Moyen Quotidien

I : incisive

Ig : immunoglobuline

kcal : kilocalories

Kg : kilogrammes

m : mois

M : molaire

MC : métacarpe

MT : Métatarse

NEC : note d'état corporelle

PM : prémolaire

P/T : rapport largeur de la pulpe dentaire sur largeur de la dent

RPC : rapport protido-calorique

s : semaines

WSAVA : World Small Animal Veterinary Association

INTRODUCTION

En zoologie, la diagnose de l'âge des individus des différentes espèces est primordiale et permet d'améliorer la compréhension des dynamiques de populations, la répartition de la population dans la pyramide des âges ainsi que la prévision du risque d'extinction d'une population (1).

En pratique vétérinaire courante, la diagnose de l'âge d'un chien ou d'un chat fait partie des demandes fréquentes de la part des propriétaires. En effet, dans de nombreux cas, la date de naissance de l'animal, même approximative, est inconnue. C'est par exemple le cas pour les nombreux animaux trouvés errants ou adoptés en refuge et dont le passé est peu connu. Les nouveaux propriétaires souhaitent alors avoir un âge approximatif pour leur animal, notamment pour estimer son espérance de vie.

Pour les vétérinaires, une estimation correcte de l'âge de l'animal est également un point important. Elle permet d'adapter la consultation de médecine préventive, influence les diagnostics différentiels réalisés, les bilans hématologiques et biochimiques proposés, les protocoles anesthésiques ou encore les traitements envisagés (2,3).

En médecine légale, la diagnose de l'âge est un élément essentiel pour lutter contre les importations et le commerce illégaux, particulièrement de jeunes chiots en provenance des pays de l'Europe de l'Est (2, 4, 5, 6). L'accroissement de la demande de chiots de race à bas prix en Europe occidentale encourage les trafics et l'âge des animaux est fréquemment volontairement surestimé car il est plus facile de vendre des chiots d'aspect encore très juvénile et de petite taille. Les conditions de vie de ces chiens, souvent élevés dans des « usines à chiots » sont très souvent très préoccupantes d'un point de vue sanitaire. La surpopulation, le jeune âge des chiots, l'absence de vaccination, de prophylaxie antiparasitaire et antimicrobienne favorisent la propagation de maladies infectieuses, telles que la parvovirose.

Ces trafics mettent également en jeu la santé humaine avec des risques de propagation de zoonoses, et en particulier la rage, encore présente en Europe de l'Est. Cette menace a conduit l'Union Européenne à mettre en place une réglementation très stricte autour du transport des carnivores domestiques, dont l'applicabilité dépend considérablement de la possibilité d'une diagnose précise de l'âge.

Enfin, le transport et le sevrage trop précoces de jeunes animaux ont des fortes conséquences en termes de bien-être animal et sont souvent à l'origine de troubles comportementaux.

De multiples méthodes existent pour déterminer l'âge d'un chien ou d'un chat. Cependant, leur application par les vétérinaires est généralement réalisée de manière empirique et sans réels fondements scientifiques.

Le premier objectif de cette thèse est donc de répertorier les différentes méthodes de détermination de l'âge et de définir leurs avantages et leurs limites afin d'apporter des éléments concrets de diagnose de l'âge du chien et du chat aux vétérinaires.

Le second objectif de ce travail est de définir les conséquences de l'âge de l'animal sur la consultation de médecine préventive.

La médecine préventive peut se définir comme « une discipline clinique des Sciences Vétérinaires qui s'attache, tout au long de la vie de l'animal, à préserver son état de bonne santé, à identifier et limiter les risques de sa dégradation, ainsi qu'à empêcher la transmission de zoonoses » (7).

La consultation de médecine préventive s'inscrit donc aujourd'hui dans un cadre bien plus large que la consultation vaccinale pour répondre au développement de la médecine vétérinaire et aux demandes des propriétaires. Elle inclut bien évidemment les problématiques infectieuses avec la vaccination et la prophylaxie antiparasitaire mais s'élargit également aux questions autour de la génétique, de la reproduction, de la nutrition, de la médecine comportementale, de la dentisterie... La santé humaine a également sa place et l'information des propriétaires des risques de transmission d'agents pathogène de l'animal, même en apparence bonne santé, vers l'Homme est nécessaire.

La première partie de ce manuscrit consiste en une présentation des différentes méthodes de diagnose de l'âge du chien et du chat mentionnées dans la littérature. Elle est complétée par des fiches pratiques regroupant les caractéristiques notables du chien et du chat à différents âges. La seconde partie du manuscrit est consacrée aux conséquences pratiques de l'âge de l'animal sur les différents aspects de la consultation de médecine préventive.

PARTIE 1 : ELEMENTS DE DIAGNOSE DE L'ÂGE DU CHIEN ET DU CHAT

I. Les étapes clés du développement du nouveau-né

Les premiers mois de vie du chiot et du chaton sont marqués par de nombreux événements en lien avec leur développement sensoriel et l'acquisition de leurs capacités locomotrices. Selon les sources, les périodes sur lesquelles ont lieu ces événements diffèrent légèrement. Le choix a été fait de rapporter dans cette thèse les intervalles de temps les plus grands trouvés dans la bibliographie.

1. Le développement sensoriel chez le nouveau-né

a) Acquisition de la vision

Chez le chiot et le chaton, les yeux sont fermés à la naissance. Chez le chiot, l'ouverture des yeux a lieu entre le 10^e et le 16^e jour de vie (8, 9, 10). Le chiot commence à réagir aux stimuli en mouvement autour du 18^e jour (8) et sa vision est considérée comme quasiment adulte à partir de la quatrième semaine (11, 12).

Chez le chaton, l'ouverture des yeux a lieu entre six et 12 jours de vie (jusqu'à 17 jours) (13, 14, 15). Les yeux s'ouvrent à partir du bord médial en un à deux jours avec un décalage parfois possible d'un à trois jours entre les deux yeux (13, 15). L'orientation visuelle débute entre la troisième et la quatrième semaine (8, 13, 16) mais la coordination binoculaire n'est effective qu'autour du 47^e jour de vie (13). La couleur de l'iris est définitive entre quatre et six semaines (14).

Chez le chiot et le chaton, une réaction à une lumière vive peut être observée dès les deux premiers jours de vie, avec un resserrement des paupières et une contraction des muscles de la face (10, 13). Le réflexe palpébral apparaît entre le deuxième et le quatrième jour (12). Le réflexe cornéen et le réflexe photomoteur apparaissent dès l'ouverture des yeux (10, 12, 13). Le clignement à la menace nécessite quant à lui une phase d'apprentissage. Il n'apparaît que vers deux à trois mois et peut être aléatoire jusqu'à quatre mois (10, 11).

b) Acquisition de l'audition

Les chiots et les chatons naissent sourds et le conduit auditif externe est fermé. Chez le chiot, l'ouverture du conduit auditif externe a lieu entre le 10^e et le 14^e jour (8, 12). Une réponse aux stimuli auditifs est observée à partir du 16^e jour, avec une localisation de la provenance des sons qui se précise à partir du 25^e jour et l'audition est considérée comme mature après trois à quatre semaines de vie (8, 10, 12, 17).

Chez le chaton, le conduit auditif externe s'ouvre progressivement de l'extérieur vers l'intérieur en moyenne vers le neuvième jour avec un intervalle entre le sixième jour et le 17^e (14, 15). Cependant, des réponses aux stimuli auditifs (mouvements de la tête et du pavillon

auriculaire, modification de l'expression faciale) sont observées à partir du cinquième jour (13, 16, 18). L'étude de Villablanca et d'Olmstead (13) a également montré que les chatons réagissent aux vocalisations de chats avant l'ouverture complète du canal auditif et avant de réagir aux stimuli artificiels (claquement de mains, trousseau de clés...). La période d'acquisition de l'audition est donc également dépendante de la nature du stimulus auditif. La localisation de la provenance des sons débute vers le 10^e jour, se précise vers le 16^e jour et l'audition est considérée comme mature entre quatre et six semaines (14, 16, 18, 19).

c) Acquisition de l'olfaction

Chez le chiot et le chaton, les capacités olfactives sont présentes dès la naissance mais peu fonctionnelles. L'odorat devient mature au cours des trois premières semaines (8, 16, 18).

d) Acquisition des sens gustatif et tactile

Chez le chiot et le chaton, les sens du goût et du toucher sont présents dès la naissance (20, 21).

2. Le développement des capacités motrices

a) Acquisition de la locomotion

Les chiots et les chatons sont capables de lever la tête dès la naissance (10). Lors des quatre premiers jours de vie, le tonus des muscles fléchisseurs prédomine et les nouveau-nés présentent une position recroquevillée (11). Le tonus des muscles extenseurs devient ensuite prédominant et les nouveau-nés se couchent en décubitus ventral avec la tête en extension jusqu'à trois à quatre semaines de vie (10, 11). Il est à noter que les périodes de ces deux tonus sont plus variables chez le chaton (10).

Chez le chiot, les membres thoraciques commencent à pouvoir supporter le poids du corps entre le sixième et le 10^e jour (8). Pour les membres pelviens, le soutien débute entre le 11^e et le 16^e jour (8, 12). Les chiots commencent à ramper entre le septième et le 14^e jour (11). Le début de la marche s'effectue entre le 16^e et le 21^e jour (11, 12). La posture et l'attitude sont symétriques à un mois et le chiot possède des capacités d'équilibre et de coordination locomotrices réellement matures entre la sixième et la huitième semaine de vie (10, 18, 22). Il est à noter que des variations raciales ont été observées concernant la temporalité du développement de la locomotion. Fox (22) avait par exemple mis en évidence un développement locomoteur plus précoce chez le Greyhound par rapport au Teckel.

Chez le chaton, le soutien du poids du corps par les membres thoraciques débute entre le cinquième et le sixième jour de vie. Le soutien par les membres pelviens débute entre le 14^e et

le 16^e jour (12). Les chatons commencent à ramper entre sept et 14 jours (11, 14). La marche débute autour de la troisième semaine et reste instable jusqu'à la cinquième semaine (8, 16, 18, 23). Villablanca et Olmstead (13, 19) ont observé une disparition des mouvements d'oscillations de la tête autour du 17^e jour (13 à 21 jours) et une disparition du tremblement du corps autour du 43^e jour (38 à 49 jours) avec un tremblement qui concerne d'abord le corps entier puis qui se limite aux membres pelviens avant de disparaître. Ils ont également noté une marche et une course adulte avec une légère hypermétrie persistante des membres thoraciques autour du 44^e jour (39 à 50 jours).

b) Développement des réactions posturales

Chez le chaton, l'étude de Villablanca et d'Olmstead (13) a conclu que les placers proprioceptifs étaient matures à dix jours environ (huit à 12 jours). Les placers visuels débutaient entre trois et quatre semaines et étaient matures autour de 37 jours (31 à 43 jours) (13, 23). Sechzer et al. (23) ont observé que les placers tactiles des membres thoraciques étaient extrêmement variables d'un jour à l'autre et semblaient dépendre fortement du degré de vigilance du chaton au moment du test, ces placers étaient complètement matures seulement à partir de la cinquième semaine. Les placers tactiles des membres pelviens étaient toujours présents à partir de six semaines mais à des degrés variables en fonction des jours (23). Le placer du menton était présent dès la naissance mais très inconstant et mature à partir de la cinquième semaine (23). La réaction de redressement était également présente dès la naissance mais très immature en raison du manque de coordination et de force musculaire, elle devenait mature à partir de la quatrième semaine (23). La réaction de redressement lors d'une chute était cependant complètement absente jusqu'à trois semaines et mature environ à six semaines (23). Les réactions de sautilllements étaient matures sur les membres thoraciques à partir de la cinquième semaine et toujours immatures sur les membres pelviens à la sixième semaine.

Chez le chiot, peu de données sont disponibles dans la bibliographie. Fox (22) a observé que les placers tactiles des membres thoraciques étaient présents à partir de la deuxième semaine et matures à cinq semaines. Les réactions de sautilllements étaient difficilement observables avant six à huit semaines. On retiendra que chez le chiot et le chaton, les réactions posturales sont toutes entièrement matures à deux mois (18).

3. Le développement comportemental

a) Modification du comportement alimentaire

Le cordon ombilical sèche et chute deux à trois jours après la naissance (11, 14, 16). Les chiots et les chatons sont capables de téter dès leur naissance. Le réflexe de succion est présent jusqu'à trois semaines puis est remplacé par une réaction de rejet et de déglutition (12). Le réflexe d'enracinement consiste chez le nouveau-né à pousser contre une surface placée devant sa tête (par exemple le ventre de la mère). Il est présent dès la naissance et disparaît chez le

chaton autour du huitième jour (deux à 16 jours) (15). Le sevrage débute chez le chiot et le chaton à partir de la troisième semaine et se termine vers sept à huit semaines (16, 18, 24). Le comportement de chasse débute chez le chat autour de cinq semaines (18).

b) Comportements de miction et de défécation

Lors des premières semaines de vie, la miction et la défécation ne s'effectuent que grâce à la stimulation de la région périnéale par léchage de la mère. La miction et la défécation deviennent volontaire à partir de trois semaines mais le réflexe ano-génital persiste jusqu'à cinq à six semaines (8). Le chiot et le chaton se mettent en position de miction à partir de la quatrième semaine environ (8).

Chez le chat, le comportement de toilettage par léchage est décrit à partir de deux à trois semaines de vie (16, 18).

c) Communication verbale, comportements sociaux et comportements de jeux

La communication verbale (cris, couinements) est présente dès la naissance. Chez le chiot, le jappement et l'aboïement se développent après la naissance pour aboutir à un répertoire vocal presque adulte vers quatre semaines (25). Chez le chat, le ronronnement est présent dès le deuxième jour de vie (16, 18).

Cinq périodes comportementales sont habituellement décrites : la période néonatale de la naissance au 14^e jour, la période de transition entre 14 et 21 jours environ, la période de socialisation de trois semaines à trois mois environ, la période juvénile de trois mois jusqu'à la maturité sexuelle puis la période adulte (25).

Chez le chaton, les comportements de jeux peuvent être divisés en plusieurs catégories. Les jeux sociaux avec la fratrie incluent des simulations de combats avec des congénères et débutent vers trois à quatre semaines pour atteindre un point culminant entre sept et neuf semaines avant de diminuer (8, 16, 18). Levy et al. (18) rapportent que le hérissément du poil face à un congénère apparaît à partir de six semaines. Les jeux avec les objets et les jeux de locomotion (courses, sauts, escalade, seul ou en groupe) débutent vers six semaines et atteignent un point culminant vers 18 semaines (8). Une diminution du comportement de jeu est observée à partir de quatre mois (18).

4. Conclusions sur l'intérêt des étapes clés du développement du nouveau-né

Les différentes étapes du développement sensoriel, locomoteur et comportemental ont lieu sur des périodes relativement bien définies et peuvent ainsi donner de précieux indices sur l'âge des nouveau-nés. Il faut cependant prendre en compte l'importance des variations individuelles. Des retards de développement sont par exemple possibles chez des individus avec un faible

poids de naissance et/ou en retard de croissance (14). D'autres éléments, tels que les réactions posturales, demeurent inconstants durant plusieurs semaines et peuvent difficilement être utilisés dans la détermination de l'âge.

De plus, certaines étapes sont difficilement observables. Il est par exemple délicat de déterminer le niveau de maturité de la vision ou l'audition d'un chiot ou d'un chaton sans examens plus poussés, tels que l'utilisation des potentiels évoqués auditifs.

II. Utilisation de la dentition dans la détermination de l'âge

1. Anatomie de la denture du chien et du chat

a) Anatomie d'une dent

Les dents du chien et du chat sont composées de deux grandes parties : la couronne, visible dans la bouche et la racine, située dans la gencive. Ces deux parties sont constituées de différentes couches, comme illustré dans la figure 1.

L'émail est un tissu très fortement minéralisé et correspond à la couche la plus superficielle de la couronne. La dentine est un tissu organique poreux et moins minéralisé. La dentine primaire correspond à la dentine présente lors de la mise en place de la dent. Des couches de dentine, dite secondaire, sont déposées continuellement au cours de la vie du côté de la pulpe dentaire. La dentine réparatrice ou tertiaire correspond à une couche supplémentaire mise en place à la suite d'un traumatisme ou une irritation (26). La pulpe dentaire correspond au tissu conjonctif richement vascularisé et innervé situé dans la cavité centrale de la dent (définition du *Larousse*).

Le ciment dentaire est le tissu calcifié très fin qui recouvre la racine de la dent et assure la cohésion de celle-ci avec l'os de la mâchoire (définition du *Larousse*). La jonction amélo-cémentaire correspond à la jonction entre la couronne (recouverte d'émail) et la racine dentaire (recouverte de ciment). Il s'agit également du lieu de liaison entre la gencive et la dent (26). Enfin, l'extrémité de la racine dentaire est appelée apex de la dent.

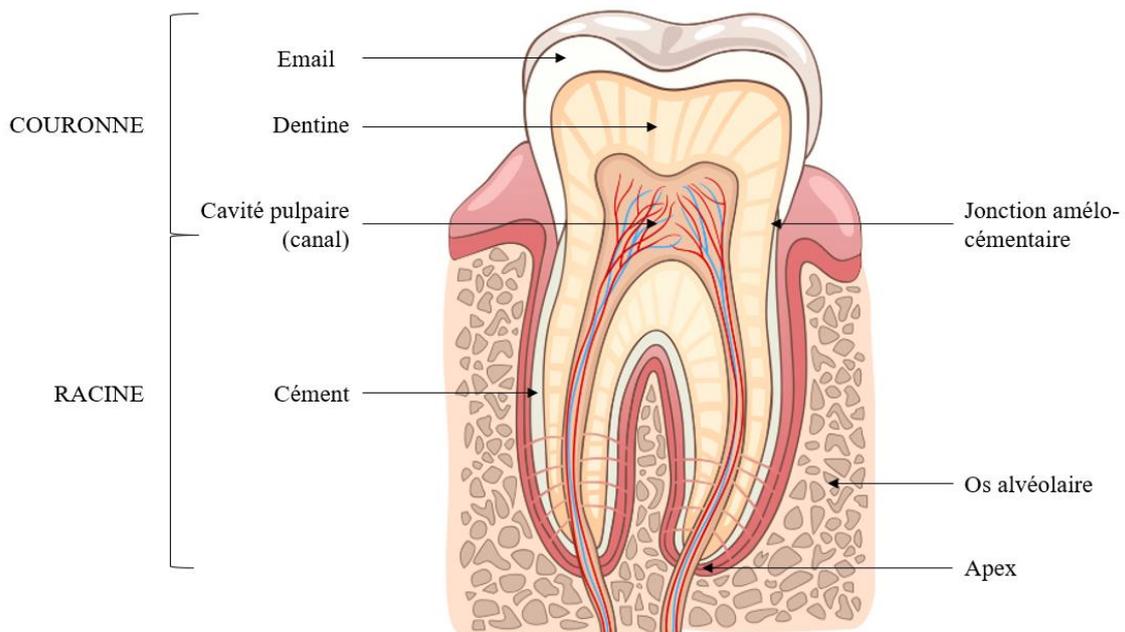


Figure 1 : Coupe longitudinale d'une prémolaire (Source image : Shutterstock, légendes : Kaemmerlen Adeline)

b) Les dentures déciduales et définitives

Les chiens et les chats sont des espèces diphyodontes, deux dentures se succèdent : une denture déciduale (ou lactéale) et une denture définitive (ou adulte). Les dents déciduales ont une conformation identique aux dents définitives mais elles sont plus petites, plus étroites, plus pointues et séparées par un espace plus grand par rapport à la denture adulte (9, 27, 28). Les incisives sont nommées de la plus médiale à la plus latérale : pince, mitoyenne et coin (29). D'une manière générale, on numérote les dents des plus médiales vers les plus latérales (la pince correspond donc à I1, la moyenne à I2, le coin à I3, etc...).

La denture déciduale du chien est formée de 28 dents. Dans chaque demi-mâchoire sont présentes : trois incisives (I) mandibulaires et trois maxillaires, une canine (C) mandibulaire et une maxillaire et trois prémolaires (PM) mandibulaires et trois maxillaires (Figure 2). Il n'y a pas de molaires déciduales (27). Ainsi, la formule dentaire de la denture déciduale du chien se note : $I = 3/3$, $C = 1/1$, $PM = 3/3$.



Figure 2 : Photographies de prémolaires déciduales et d'une canine déciduale d'un chiot Cocker après leur chute (Source : Kaemmerlen Adeline).

La denture définitive du chien est formée de 42 dents (Figure 3). Dans chaque demi-mâchoire sont présentes : trois incisives mandibulaires et trois maxillaires, une canine mandibulaire et une maxillaire, quatre prémolaires mandibulaires et quatre maxillaires, deux molaires (M) maxillaires et trois molaires mandibulaires (27). La formule dentaire de la denture définitive du chien est donc : $I = 3/3$, $C = 1/1$, $PM = 4/4$, $M = 2/3$.

Les première prémolaires (PM1) sont considérées, en fonction des auteurs, comme des dents déciduales persistantes ou comme des dents définitives non précédées de dents lactéales (30). Les dents dites carnassières correspondent à la quatrième prémolaire (PM4) maxillaire et à la première molaire (M1) mandibulaire (31, 32). Les quatrième prémolaires (PM4) et les deux premières molaires maxillaires (M1 et M2) ont trois racines. Les autres prémolaires et molaires ont deux racines. Les incisives et les canines ont une seule racine (33).

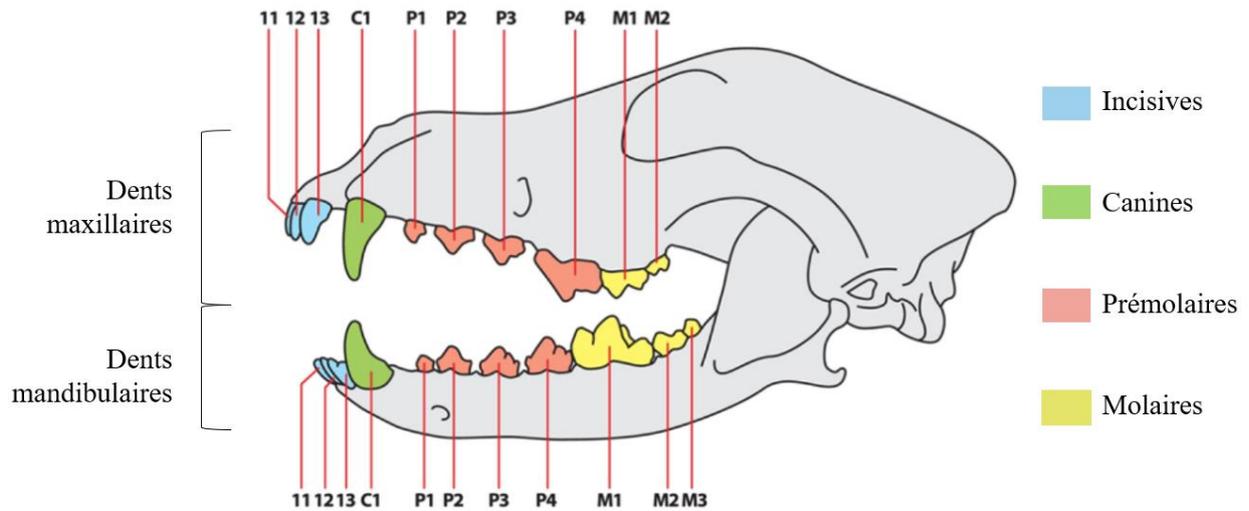


Figure 3 : Schéma d'une denture de profil d'un chien adulte (Source image : Shutterstock, modifications : Kaemmerlen Adeline)

La denture déciduale du chat est formée de 26 dents. Dans chaque demi-mâchoire sont présentes : trois incisives mandibulaires et trois maxillaires, une canine mandibulaire et une maxillaire et trois prémolaires maxillaires et deux mandibulaires. Il n'y a pas de molaires déciduales (27). Ainsi, la formule dentaire de la denture déciduale du chat se note : $I = 3/3$, $C = 1/1$, $PM = 3/2$.

La denture définitive du chat est formée de 30 dents (Figure 4). Dans chaque demi-mâchoire sont présentes : trois incisives mandibulaires et trois maxillaires, une canine mandibulaire et une maxillaire, trois prémolaires maxillaires et deux mandibulaires, une molaire maxillaire et une mandibulaire (10). La formule dentaire de la denture définitive du chat est donc : $I = 3/3$, $C = 1/1$, $PM = 3/2$, $M = 1/1$.

Il n'y a pas de première prémolaire (PM1), ni déciduale, ni définitive. Les dents carnassières sont la quatrième prémolaire maxillaire (soit la troisième prémolaire visible en l'absence de PM1) et la molaire mandibulaire (26, 34). La prémolaire PM2 et la molaire maxillaires sont petites et peu visibles. La quatrième prémolaire maxillaire possède trois racines, les autres prémolaires et les molaires ont deux racines, les canines et les incisives ont chacune une racine (33).

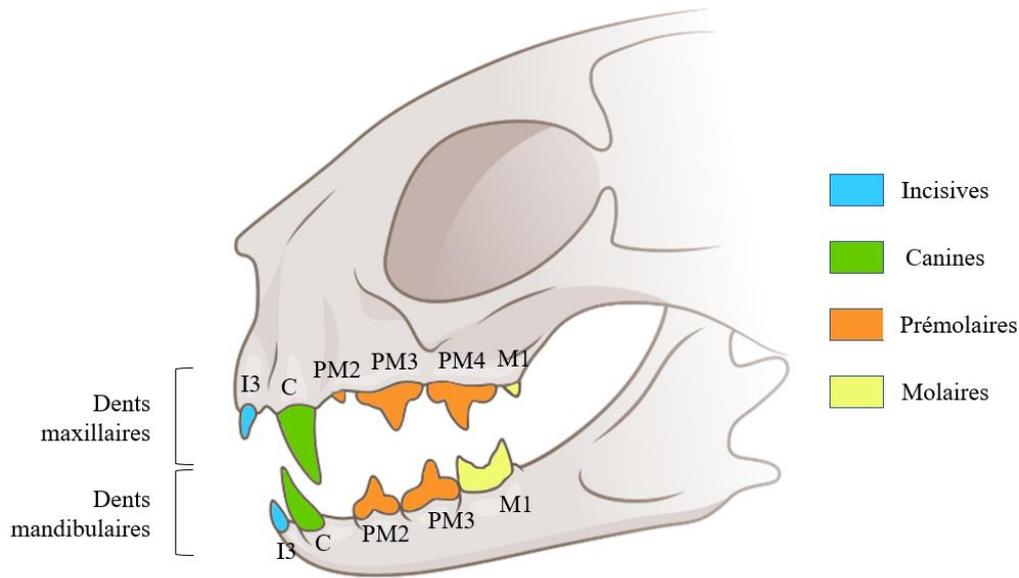


Figure 4 : Schéma d'une denture de profil d'un chat adulte (Source image : Shutterstock, légende : Kaemmerlen Adeline)

2. Calendrier des éruptions dentaires déciduales et définitives

Le calendrier des éruptions dentaires déciduales et définitives varie en fonction des auteurs. Les intervalles de temps présentés dans cette thèse correspondent aux intervalles les plus souvent retrouvés dans la littérature.

a) Chez le chien

La mise en place de la denture déciduale chez le chien débute vers trois semaines et se termine vers six semaines (Tableau I).

Les canines sont les premières dents à se mettre en place, vers trois semaines de vie (9, 28, 30, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40).

Les incisives arrivent juste après les canines lors de la troisième et quatrième semaine de vie (4, 5, 28, 30, 36, 38, 39). L'éruption débute par les coins (vers 25 jours), se poursuit par les moyennes (vers 28 jours) et se termine par les pinces (vers 30 jours) (9, 32, 40). L'éruption des incisives maxillaires débute avant les incisives mandibulaires (9, 29, 32, 40).

La fenêtre d'éruption des prémolaires déciduales du chiot varie fortement selon les sources. Certains auteurs mentionnent qu'elle a lieu entre la troisième et la sixième semaine de vie (5, 9, 35, 40, 41) et d'autres entre la quatrième et la 12^e semaine (4, 28, 30, 36, 38, 39). La troisième prémolaire (PM3) sort en premier, puis la quatrième prémolaire (PM4) et la deuxième prémolaire (PM2) (35, 37).

Tableau I : Calendrier d'éruption de la denture déciduale chez le chien (d'après : (6), sources : (4, 5, 9, 22, 28, 29, 30, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40))

Mois	1					2				
Semaines	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Incisives <i>Maxillaires avant mandibulaires</i> <i>I3 → I2 → I1</i>	I1									
	I2									
	I3									
Canines	C									
Prémolaires <i>PM3 → PM4 → PM2</i>	PM1									
	PM2									
	PM3									
	PM4									

La mise en place de la denture définitive chez le chien débute vers trois mois et se termine vers sept mois (Tableau II).

Avant trois à quatre mois, la denture est donc uniquement déciduale, entre quatre et sept mois la denture est mixte et après sept mois la denture est définitive.

Les incisives définitives remplacent les incisives déciduales à partir de trois mois et jusqu'à cinq mois (4, 36, 42, 38, 39, 40). Les incisives définitives se mettent en place dans l'ordre inverse des incisives déciduales : les pinces, les mitoyennes puis les coins (32, 37, 40, 43).

Les canines définitives se mettent en place entre quatre et six mois (4, 30, 36, 38, 39).

L'éruption des prémolaires définitives a lieu entre quatre et six mois également (4, 28, 30, 36, 38, 39). Elle débute par la première prémolaire (quatre mois) puis se poursuit par la quatrième, la troisième et la deuxième prémolaire (37, 40, 41). L'éruption de la quatrième prémolaire débute par la dent maxillaire avant la dent mandibulaire (5, 43).

Les molaires se mettent en place entre quatre et sept mois en commençant par la première molaire (M1) entre quatre et cinq mois, la deuxième molaire (M2) entre cinq et six mois et la troisième (M3) entre six et sept mois (35, 37, 40, 41, 42, 43). L'éruption de la deuxième molaire débute par la dent mandibulaire avant la dent maxillaire (35, 40).

Tableau II : Calendrier d'éruption de la denture définitive chez le chien. Les semaines indiquées sont des moyennes arrondies à l'unité. (d'après : (6), sources : (4, 5, 28, 30, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43))

Mois		3	4	5	6	7
Semaines		13	17	22	26	30
Incisives <i>I1 → I2 → I3</i>	I1	■				
	I2		■			
	I3			■		
Canines	C		■			
Prémolaires <i>PM1 → PM4 → PM3 → PM2</i>	PM1		■			
	PM2			■		
	PM3			■		
	PM4		■			
Molaires <i>M1 → M2 → M3</i>	M1		■			
	M2			■		
	M3 mandibulaire				■	

b) Chez le chat

La mise en place de la denture déciduale chez le chat débute vers deux semaines et se termine vers six semaines (Tableau III).

Les incisives sont les premières dents déciduales à se mettre en place lors de la deuxième et troisième semaine de vie (14, 16, 18, 30, 36, 38, 39).

L'éruption des canines déciduales a lieu au cours des troisième et quatrième semaines (16, 18, 26, 30, 39, 36, 38, 39).

Les prémolaires apparaissent entre trois et six semaines (16, 18, 30, 36, 38, 39). La mise en place de la denture déciduale chez le chaton se fait donc dans le sens médio-latéral.

Tableau III : Calendrier d'éruption de la denture déciduale chez le chat (sources : (14, 16, 18, 26, 30, 39, 36, 38, 39))

Mois	1							
Semaines	2	3	4	5	6	7		
Incisives	I1	■						
	I2	■						
	I3	■						
Canines	C		■					
Prémolaires	PM1	■						
	PM2		■					
	PM3		■					
	PM4 maxillaire		■					

La mise en place de la denture définitive chez le chat débute vers trois mois et se termine vers sept mois (Tableau IV).

Les incisives définitives se mettent en place lors des troisième et quatrième mois de vie (26, 30, 36, 38, 39) et les canines définitives lors des quatrième et cinquième mois (30, 36, 38, 39). Les éruptions des prémolaires définitives ont lieu entre quatre et six mois (30, 36, 38, 39) et les molaires apparaissent autour du quatrième et cinquième mois (30, 36, 38, 39).

Tableau IV : Calendrier d'éruption de la denture définitive chez le chat. Les semaines indiquées sont des moyennes arrondies à l'unité. (Sources : 26, 30, 36, 38, 39)

Mois	3	4	5	6	7	
Semaines	13	17	22	26	30	
Incisives	I1	■				
	I2	■				
	I3	■				
Canines	C		■			
Prémolaires	PM1	■				
	PM2		■			
	PM3		■			
	PM4 maxillaire		■			
Molaires	M1		■			

c) Facteurs de variation du calendrier d'éruptions dentaires

Les fortes variations dans les intervalles d'éruptions dentaires entre les différents auteurs poussent à s'interroger sur les facteurs de variation du calendrier d'éruptions dentaires. La race du chien est un premier facteur de variation. Les éruptions dentaires semblent être plus précoces chez les chiens de grandes races (6, 29) et les retards d'éruptions dentaires sont fréquentes dans certaines races (par exemple chez le Terrier tibétain et le Terrier Wheaten) (27).

Les anomalies de conformation de la mâchoire (anomalies dans la correspondance des arcades dentaires par exemple) et toutes les maladies dentaires (infections dentaires...) peuvent occasionner des anomalies dans le processus d'éruption dentaire (dents déciduales persistantes, retard d'éruption) (Figure 5). Ces affections sont particulièrement fréquentes chez les chiens brachycéphales et/ou de petite taille (5, 39).

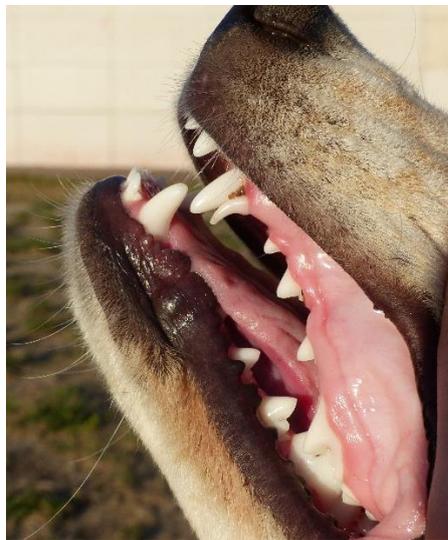


Figure 5 : Photographie d'un chien croisé de six mois présentant une canine déciduale persistante. (Source : Kaemmerlen Adeline)

Certaines dents sont manquantes (agénésie dentaire) chez certains individus, particulièrement dans les petites races mais également dans d'autres races de plus grande taille comme le Doberman, le Rottweiler et le Berger allemand (27).

Des données sont souvent manquantes dans la littérature, notamment sur la race des chiens étudiés. Un manque de précision concernant le stade d'éruption de la dent décrit est également fréquent (période de début d'éruption ou de mise en place complète), ceci peut certainement expliquer les fortes variations observées, concernant par exemple la mise en place des prémolaires déciduales du chien (5).

Enfin, quelques jours de décalage semblent généralement observés entre l'éruption des dents maxillaires et celles des dents mandibulaires (dents maxillaires plus précoces ou plus tardives par rapport aux dents mandibulaires en fonction de la dent concernée) (6, 9, 43), ce qui est très peu rapporté dans les différentes études.

3. Techniques de squelettochronologie et de cémentochnologie

a) Squelettochnologie et cémentochnologie : définitions

La squelettochnologie est une technique d'estimation de l'âge qui « consiste à dénombrer les couches d'apposition successives qui apparaissent soit au niveau des tissus dentaires et périodontaires, soit au niveau des corticales périostiques primaires » (44).

La cémentochnologie est une branche de la squelettochnologie qui s'appuie sur l'analyse histologique de coupes de ciment dentaire. L'équivalent en botanique de ces techniques correspond à la dendrochnologie, la datation par l'étude des anneaux de croissance des troncs d'arbres.

Le ciment dentaire se dépose de manière cyclique tout au long de la vie d'un individu. Différents types de lignes de ciment sont possibles.

Les lignes dites « primaires » sont bien visibles et se déposeraient en fonction de paramètres variant annuellement, tels que les conditions météorologiques, les possibilités d'accès à la nourriture ou encore certaines fluctuations hormonales. Ces lignes apparaîtraient lors de la période hivernale et correspondraient à une diminution de l'ostéogenèse et de la minéralisation liée à la modification des conditions de vie (lignes d'arrêt de croissance ou LAC) (44, 45). Ce sont ces lignes qui peuvent être comptées pour déterminer l'âge d'un individu (Figure 6). On estime généralement qu'une ligne primaire et un espace entre deux lignes primaires correspondent au dépôt d'une année de vie, avec une légère variabilité en fonction de la période de naissance de l'individu qui influence l'apparition de la première ligne primaire.

Les lignes de ciment dites « secondaires » sont moins bien visibles et apparaissent de manière plus aléatoire, probablement en lien avec des modifications mineures et à court terme du mode de vie de l'animal.

Enfin, des lignes de résorption, correspondant à des mécanismes de réparation dentaire, peuvent également apparaître (1).

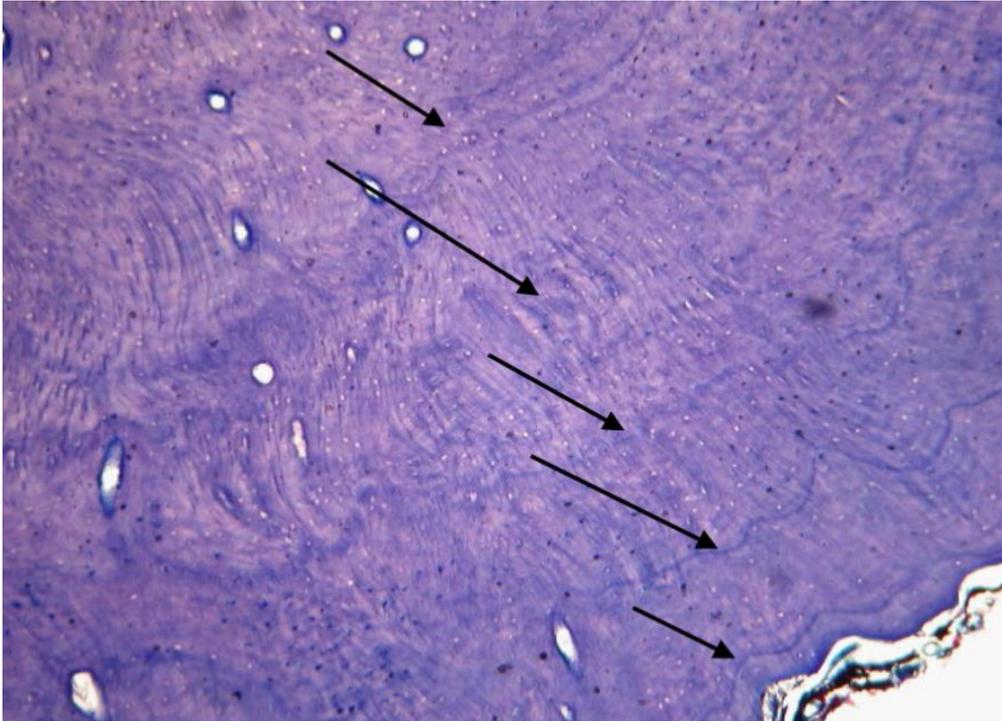


Figure 6 : Photographie et cémento-chronologie d'une section de canine de *Lycaon* (grossissement 60). Concordance entre l'âge connu (5 ans) et le comptage des lignes de ciment primaires (indiquées par les flèches) qui indique un âge de cinq ans (Source : (45)).

De la même manière que pour le ciment, des couches correspondant à des phases de croissance rapide et plus lente annuelles peuvent être observées au niveau des os. Les os plats sont peu utilisables car les couches déposées sont très fines et donc peu dénombrables. Les os longs subissent de forts remaniements et des phénomènes de résorption au cours de la vie qui font disparaître les couches successives. Les tissus dentaires, péri-dentaires et l'os mandibulaire n'ont pas ces inconvénients et sont donc particulièrement utilisés (44).

b) Squelettochronologie et cémento-chronologie dans l'étude de l'âge

De nombreuses études ont montré l'intérêt de la squelettochronologie et particulièrement de la cémento-chronologie, dans l'estimation de l'âge chez des dizaines d'espèces appartenant à la faune sauvage, notamment chez le *Lycaon* (45), le chat haret des îles Kerguelen (44), le renard (46), le coyote (47) ...

Des études ont également été réalisées chez *Felis catus* qui correspond au chat dit « domestique ». Ainsi, en 2021, une étude australienne portant sur des chats errants (34) a confirmé l'intérêt du comptage des lignes de ciment dans l'estimation de l'âge, même si elle a souligné que cette méthode a tendance à sous-estimer l'âge par rapport à l'âge réel.

En 2005, une étude (48) s'est intéressée à l'intérêt de la cémento-chronologie dans la détermination de l'âge des renards et des chiens domestiques. Chez le renard, une bonne corrélation entre l'âge des individus et le nombre de lignes primaires de ciment a été démontrée.

En revanche, chez le chien, le comptage des lignes a été compliqué : de nombreuses lignes secondaires étaient présentes et les lignes primaires ressemblaient fortement aux lignes secondaires. Les auteurs ont émis l'hypothèse que le manque de spécificité dans l'apparence des lignes primaires était vraisemblablement dû au fait que les chiens domestiques ne sont pas soumis aux mêmes variations saisonnières que les animaux sauvages, notamment en termes de conditions météorologiques et d'accès à l'alimentation. Les lignes primaires sont donc moins marquées. Cette hypothèse est étayée par le résultat d'autres études (46) qui montraient que les lignes de ciment étaient moins marquées et donc plus difficiles à compter chez les animaux vivant dans un environnement au climat doux tout au long de l'année, par rapport à ceux vivant dans un biotope présentant des variations climatiques marquées au cours de l'année.

c) Conclusions sur l'intérêt de la squelettochronologie et la cémento-chronologie

La squelettochronologie et la cémento-chronologie, bien qu'elles soient très largement utilisées dans l'étude de la faune sauvage et en archéologie semblent difficiles à mettre en œuvre chez nos chiens et chats domestiques. La première difficulté consiste dans le caractère invasif de l'acte, puisque la cémento-chronologie nécessite l'extraction d'une dent, ce qui est difficilement envisageable en clientèle vétérinaire.

De plus, l'analyse histologique nécessite une préparation de la dent (décalcification et section), ce qui est long et coûteux (44, 45).

Enfin, les études semblent montrer que les lignes de ciment primaires sont peu marquées et donc difficilement utilisables chez nos chiens et nos chats domestiques pour lesquels les conditions de vie sont sensiblement identiques tout au long de l'année.

4. Intérêt de la radiographie dentaire dans la détermination de l'âge

a) Utilisation du rapport largeur de la cavité pulpaire sur largeur de la dent

i. Définition

Lors de l'éruption dentaire, la cavité de la pulpe dentaire est très large car seule la dentine primaire est en place. Lors du vieillissement de la dent, une dentine dite « secondaire » est mise en place autour de la pulpe et le rapport largeur de la pulpe dentaire sur largeur de la dent (noté « P/T ») diminue. Ce rapport peut être mesuré après réalisation de radiographies dentaires (45).

Dans les études portant sur la faune sauvage, les auteurs concluent généralement que le rapport P/T permet de distinguer les individus juvéniles des adultes. Cependant, une fois l'âge adulte atteint, le rapport décroît beaucoup plus lentement au fil des ans et l'estimation précise de l'âge se complique (45, 49).

ii. Utilisation du rapport P/T chez le chat

En 2014, l'étude de Park (50) conduite sur 32 chats s'est intéressée à l'intérêt de la mesure du rapport largeur de la cavité pulpaire sur largeur de la dent pour estimer l'âge des chats (rapport P/T pour Pulp cavity/Tooth width). Les mesures ont été réalisées sur des radiographies des canines maxillaires, en regard de la jonction amélo-cémentaire (Figure 7).

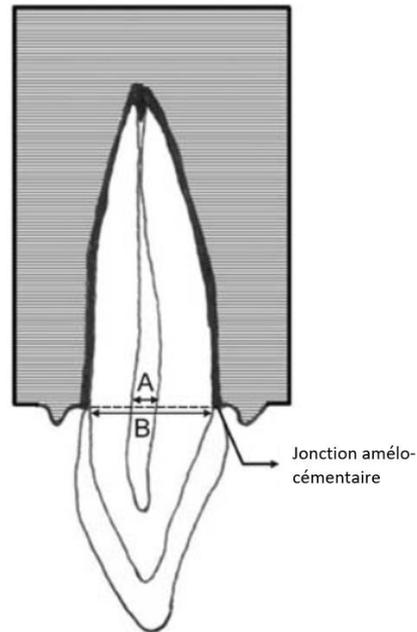


Figure 7 : Schéma du lieu de mesure du rapport largeur de la cavité pulpaire (A) sur largeur de la dent (B) sur les canines maxillaires dans l'étude de Park (D'après : (50))

Il a été observé une nette corrélation entre l'augmentation de l'âge de l'animal et la diminution du rapport P/T (Figure 8).

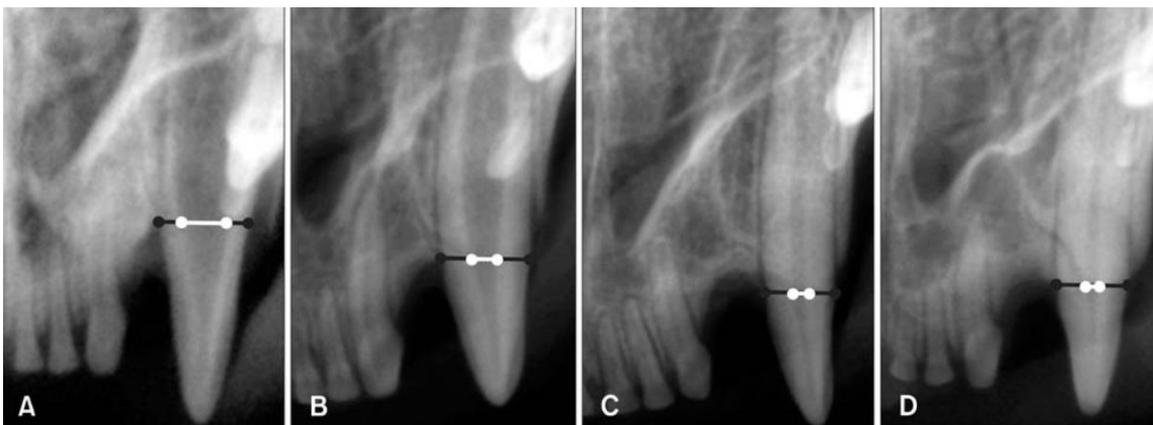


Figure 8 : Radiographies de canines félines montrant une réduction marquée du rapport largeur de la cavité pulpaire (ligne blanche) sur largeur de la dent (ligne noire) associée à l'âge. (A) Chat de 6 mois, (B) 12 mois, (C) 32 mois et (D) 60 mois. (Source : (50))

Cette corrélation entre l'âge et le rapport pouvait être modélisée par une régression hyperbolique (Figure 9) en utilisant la formule :

$$\frac{P}{T} = 0,094 + \frac{2,463}{m}$$

Avec :

- $\frac{P}{T}$, le rapport largeur de la cavité pulpaire sur largeur de la dent
- m , l'âge de l'animal en mois

Il est également possible d'exprimer l'âge en fonction du rapport P/T en inversant la formule :

$$m = \frac{2,463}{\frac{P}{T} - 0,094}$$

Avec :

- $\frac{P}{T}$, le rapport largeur de la cavité pulpaire sur largeur de la dent
- m , l'âge de l'animal en mois

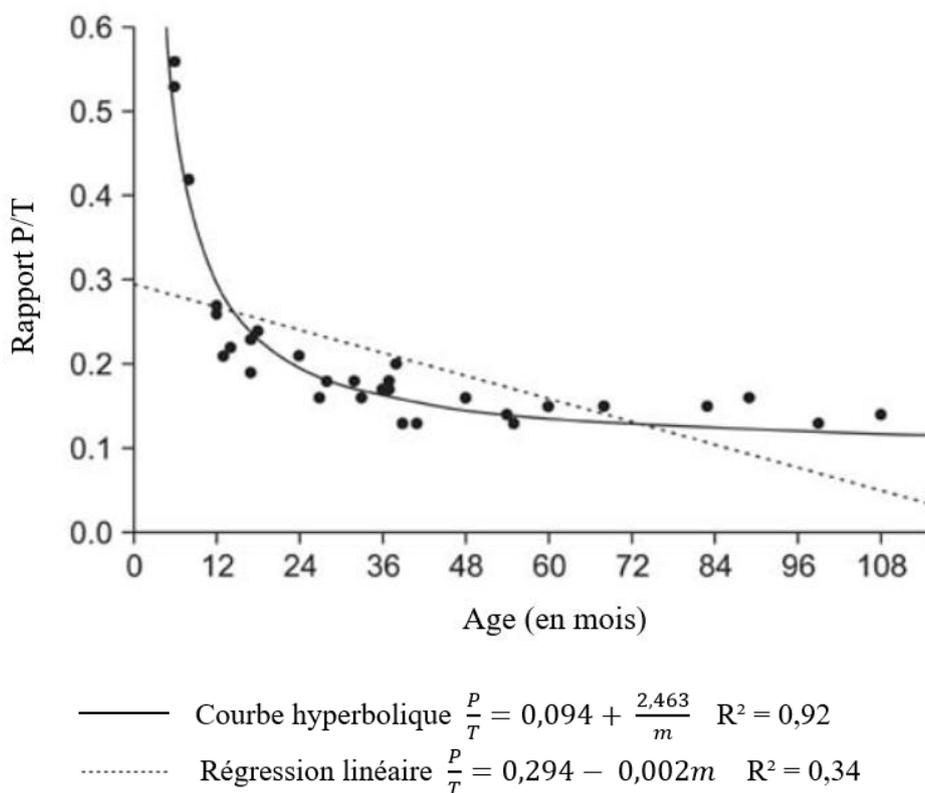


Figure 9 : Evolution du rapport largeur de la cavité pulpaire sur largeur de dent (rapport P/T) en fonction de l'âge chez le chat (D'après : (50))

Le rapport P/T diminue rapidement au cours des deux premières années de vie puis tend à se stabiliser car la diminution de la largeur de la cavité pulpaire est de plus en plus lente (Tableau V). En prenant en compte les variations individuelles, il devient donc difficile voire impossible d'estimer l'âge de l'animal au-delà de cette limite.

Tableau V : Evolution de la largeur de la pulpe (P) et du rapport P/T en fonction de l'âge en utilisant la formule de Park et en fixant la largeur de la dent T = 5mm (Source : Kaemmerlen Adeline, d'après (50))

m = nombre de mois	P = largeur pulpe	P / T avec T = 5mm
6	2,5 mm	0,5
9	1,84 mm	0,37
12 (1 an)	1,49 mm	0,29
24 (2 ans)	0,98 mm	0,196
48 (4 ans)	0,72 mm	0,145
72 (6 ans)	0,64 mm	0,128
96 (8 ans)	0,59mm	0,119
120 (10 ans)	0,57mm	0,114
144 (12 ans)	0,55 mm	0,111
168 (14 ans)	0,54 mm	0,109

iii. Utilisation du rapport P/T chez le chien

En 1991, l'étude de Morgan et Miyabayashi (51) donnait des valeurs initiales lors de l'éruption dentaire du rapport P/T sur une cohorte de Beagles. Ce rapport variait légèrement selon la dent considérée : il était de 0,8 pour les canines (à la jonction amélo-cémentaire) ; 0,75 pour la quatrième prémolaire maxillaire (mesure à la moitié de la distance entre la bifurcation des racines et l'apex des racines) ; 0,66 pour la quatrième prémolaire mandibulaire et 0,7 pour la racine crânienne de la première molaire mandibulaire. L'étude rapportait une diminution rapide du rapport pour toutes les dents jusqu'à être inférieur à 0,1 à partir de deux ou trois ans d'âge.

En 2020, l'étude de Nomokonova portant sur 106 chiens de 23 races (52) dont l'âge au décès était connu a confirmé l'intérêt du ratio largeur de la pulpe sur largeur de la dent. La corrélation entre le ratio et l'âge de l'animal était meilleure sur les canines maxillaires, par comparaison aux canines mandibulaires et aux racines de la première molaire mandibulaire. Là encore, la fermeture de la cavité pulpaire était très forte lors des deux premières années de vie, le ratio décroissait donc rapidement jusqu'à 24 mois puis plus lentement.

Encore plus récemment, en 2022, l'étude de Van den Broeck (3) portait sur 166 canines maxillaires de 84 chiens de races variées âgés de six mois à cinq ans. Contrairement à l'étude de Nomokonova, le rapport P/T a également été mesuré à mi-hauteur de la dent (longueur de la dent mesurée de l'apex de la couronne jusqu'à l'apex radiculaire), en plus de la jonction amélo-cémentaire. Une forte corrélation entre la diminution du rapport P/T et l'augmentation de l'âge a été mise en évidence pour les deux emplacements de mesure. Cependant, l'usure de la dent ainsi que des superpositions sur les radiographies pouvaient faire varier la mesure de

l'emplacement à mi-hauteur de la dent, les auteurs ont donc considéré la mesure à la jonction amélo-cémentaire plus fiable.

L'étude a conclu que la corrélation était d'autant plus forte que le chien était jeune. Après 400 jours, la vitesse de fermeture de la cavité pulpaire ralentissait fortement. Ainsi, tous les chiens âgés de moins de 448 jours (environ 1,2 ans) avait un rapport P/T supérieur ou égal à 0,39. Il est à noter l'absence dans l'étude de chiens entre 448 et 531 jours, ce qui aurait pu modifier ce seuil. Les conclusions de l'étude sont présentées dans le tableau VI.

Tableau VI : Estimation de l'âge du chien en fonction du rapport P/T selon l'étude de Van den Broeck (d'après (3))

Rapport P/T	Age
$PT \geq 0,50$	$\leq 1,5$ ans (548 jours)
$0,50 > PT \geq 0,40$	$\leq 2,5$ ans (913 jours)
$0,39 \geq PT \geq 0,20$	Le plus probablement entre 1,5 ans et 2,5 ans
$0,19 \geq PT \geq 0,10$	Le plus probablement entre 2,5 ans et 4,5 ans (1642 jours)
$PT < 0,10$	Le plus probablement $> 4,5$ ans

Les auteurs soulignent également que bien que les mesures sur les deux canines maxillaires d'un même individu étaient toujours très proches, il est conseillé d'effectuer les mesures bilatéralement afin d'augmenter la probabilité de placer le chien dans la bonne classe d'âge.

Enfin, comme dans les études précédentes, aucune influence du sexe ou de la race n'a été démontrée.

iv. Conclusions sur l'intérêt du rapport P/T

L'utilisation du rapport entre la largeur de la cavité pulpaire et la largeur de la dent semble être une méthode intéressante pour estimer l'âge des carnivores domestiques, bien qu'elle s'applique surtout jusqu'au début de l'âge adulte. Cette méthode aurait l'avantage de s'affranchir des effets raciaux, ce qui est un point très intéressant chez le chien.

Des études récentes montrent que les mesures doivent s'effectuer prioritairement sur les canines maxillaires, à la jonction amélo-cémentaire et de préférence bilatéralement.

Cette méthode est peu invasive, nécessite peu de matériel et de formation et pourrait donc s'appliquer relativement facilement en clientèle vétérinaire. Il serait cependant utile de réaliser de nouvelles études, notamment chez le chat, pour préciser les valeurs de référence.

b) Utilisation de la fermeture des foramens radiculaires apicaux

Après la mise en place de la denture définitive, un foramen est visible sur les radiographies au pôle apical (correspondant à l'extrémité de la racine dentaire) des dents. La fermeture de ces foramens a lieu dans les mois suivant l'éruption dentaire.

Chez le chat, le foramen apical de la première molaire mandibulaire se fermerait vers sept mois (33). Les foramens des canines seraient les derniers à se fermer, entre 11 et 12 mois (33, 34). Fleming (34) plaçant la fin de la mise en place de la denture définitive vers huit mois, il en concluait que l'âge d'un chat ayant toute sa denture définitive mais dont les pôles apicaux des canines sont encore ouverts pourrait donc être estimé entre huit et 12 mois.

Chez le chien, l'étude de Morgan et Miyabayashi (51) sur des Beagles a décrit un rétrécissement évident du foramen radicaire apical des canines à 191 jours (environ six mois et une semaine) et leur fermeture définitive entre 270 et 300 jours (neuf à 10 mois). Pour les prémolaires et les molaires, les foramens de la quatrième prémolaire (racine caudale) et de la première molaire mandibulaires (racine crâniale) semblaient fermés entre 196 et 226 jours (6,5 à 7,5 mois) (33, 51). Les auteurs soulignent cependant que ces foramens étaient difficilement visibles sur les radiographies dentaires, contrairement à ceux des canines.

c) Autres critères de détermination de l'âge sur les radiographies dentaires

Certains auteurs rapportent d'autres critères qui évoluent avec l'âge sur les radiographies dentaires, tels que la résorption des racines des dents déciduales, la formation des racines et des couronnes des dents définitives (5, 27), la visualisation des foramens mentonniers, la modification de la densité de l'os mandibulaire et de l'apparence de la *lamina dura* (51)... Ces changements sont cependant, avec les techniques actuelles, peu mesurables et relativement subjectifs.

5. Détermination de l'âge en fonction de l'usure des dents

Le chien et le chat sont des espèces brachyodontes : leurs dents cessent de croître à l'âge adulte. La morphologie dentaire est donc modifiée par l'usure au cours du temps, permettant en théorie d'évaluer l'âge de l'individu.

a) Stades d'usure des dents en fonction de l'âge chez le chien et le chat

Certains auteurs évoquent des stades d'usure des dents en fonction de l'âge de l'individu. Ces résultats sont rassemblés dans les tableaux VII et VIII.

L'évocation de la fleur de lys dans la littérature fait référence aux deux à trois reliefs qui sont visibles sur les couronnes après l'éruption dentaire. La disparition de ces reliefs est appelée nivellement dentaire.

D'une manière générale, les auteurs s'accordent à dire que chez le chien l'usure des dents définitives débute après un an, d'abord sur les incisives mandibulaires puis sur les incisives maxillaires et dans un sens médio-latéral (I1 puis I2 puis I3) et qu'il devient difficile d'utiliser les critères d'usure des dents après cinq ans d'âge (9, 29, 32, 40) (Figure 10).

Tableau VII : Stades d'usure des dents en fonction de l'âge chez le chien (d'après (9, 29, 32, 40))

Age du chien	Dents concernées	Stades d'usure
2 à 2,5 mois	I1 déciduales	Nivellement
3 à 3,5 mois	I2 déciduales	Nivellement
4 mois	I3 déciduales	Nivellement
1 an	Incisives définitives	Blanches et intactes
1,5 ans environ	I1 mandibulaires	Nivellement
2,5 à 3 ans	I2 mandibulaires	Nivellement
3,5 à 4 ans	I1 maxillaires	Nivellement
4 ans	Toutes	Début de jaunissement
4 à 5 ans	I2 maxillaires	Nivellement
Après 5 ans	Autres incisives	Nivellement progressif
10 – 12 ans	I1	Chute des dents mandibulaires puis maxillaires
12 – 16 ans	I2 et I3	Chute des dents
16 – 20 ans	Canines	Chute des dents

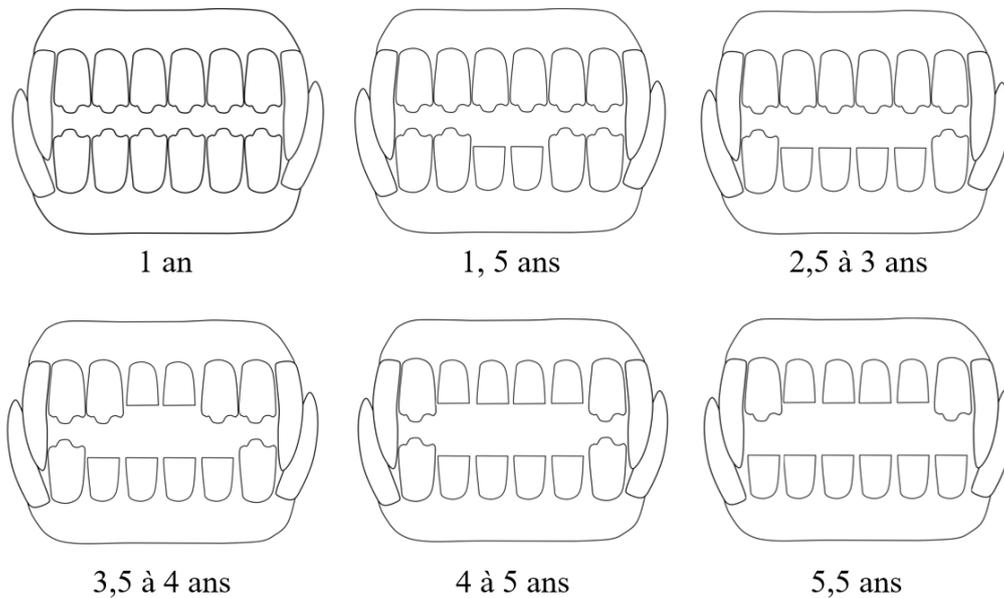


Figure 10 : Schémas illustrant l'évolution de l'usure des dents chez un chien au cours du temps (D'après : (9, 29, 32, 40))

Tableau VIII : Stades d'usure des dents en fonction de l'âge chez le chat (d'après (9))

Age du chat	Dents concernées	Stades d'usure
1 an	Dents définitives	Blanches et intactes
2 ans	I1 mandibulaires	Nivellement
3 ans	I2 mandibulaires	Nivellement
4 ans	I1 maxillaires	Nivellement
5 ans	I2 maxillaires	Nivellement
6 ans	Toutes	Début de jaunissement

b) Limites de l'utilisation de l'usure des dents dans la détermination de l'âge

Bien que des données soient présentes dans la littérature, l'utilisation de l'usure dentaire est cependant une méthode beaucoup moins précise que celles présentées précédemment (9, 34, 45, 46).

En effet, l'évolution de la morphologie des dents au cours du temps est extrêmement variable entre les individus. Elle dépend notamment de leur régime alimentaire (consommation de proies, d'alimentation industrielle sèche ou humide, de ration ménagère...), de l'activité et de la mastication d'objets durs (jouets, os ou cailloux, notamment chez les chiens) (Figure 11), de la race (dépôt de tartre et déchaussement dentaire généralement plus important et plus rapide chez les chiens de petite taille), des maladies parodontales, des malocclusions dentaires, de la qualité de l'émail, des traumatismes dentaires (fractures...), etc.



Figure 11 : Usure modérée des crocs et usure importante des incisives I2 mandibulaires chez un chien croisé Labrador de cinq ans présentant une importante activité de mastication de balles de tennis (Source : Kaemmerlen Adeline).

Chez le chien, l'étude de Morgan et Miyabayashi (51) décrivait ainsi une usure de la quatrième prémolaire mandibulaire et des deux premières molaires autour de cinq ans, avec un aplatissement de la dent dû à l'usure des cupsides (éminences des molaires et des prémolaires sur la face qui est en contact avec la dent opposée, définition *Le Robert*). Pour les canines, selon les Beagles de l'étude, une usure notable était visible entre 1 et 9 ans.

Chez le chat, l'étude de Fleming (34) concluait que l'usure de la pointe de la canine chez le chat domestique n'était pas un critère fiable dans l'estimation de l'âge. Cependant, les auteurs soulignaient également que d'autres publications avaient permis de mettre en évidence une concordance entre l'usure des dents et l'âge dans d'autres espèces. C'est le cas de l'étude de Marti (53) qui s'est intéressée à de multiples critères de vieillissement de la denture chez le lynx : la couleur de la dent, la quantité de tartre, le nombre d'incisives, la morphologie des canines, l'usure des prémolaires et la forme des molaires. Les lynx ont ainsi pu être catégorisés en six classes d'âge avec un taux d'erreur compris entre 12 et 31% selon les opérateurs.

En conclusion, aucune étude n'a pour le moment réussi à démontrer la pertinence de l'utilisation de l'usure des dents dans la détermination de l'âge. Cependant, considérant la praticité qu'aurait une telle méthode, notamment chez des chats et chiens adultes vivants, il serait intéressant de conduire de nouvelles études en multipliant les critères d'usure dentaire afin de s'affranchir au maximum de l'influence des différents facteurs cités précédemment.

6. Utilisation de la récession gingivale

En 2000, une étude menée sur des lions (54) a démontré une corrélation positive via une régression linéaire entre l'âge et la récession gingivale mesurée sur les canines maxillaires (âge en mois = $1,7 + 15,67 \times$ récession gingivale en millimètres). Cette équation permettait d'estimer avec un bon indice de confiance l'âge des lions à un an près.

L'utilité de la mesure de la récession gingivale doit encore être démontrée chez nos carnivores domestiques, il s'agit cependant d'une piste d'étude.

III. L'évolution de la courbe pondérale dans la détermination de l'âge

1. La courbe pondérale chez le chien

De nombreuses études ont porté sur l'évolution du poids chez le chien dans différentes races. Cependant, la variabilité dans les données est importante ; les causes en seront discutées en fin de partie III.

a) Le poids de naissance chez le chiot

Le poids de naissance chez le chien varie en fonction de différents facteurs :

- Le format de la race à l'âge adulte (petite, moyenne, grande ou géante) (41, 55, 56).
- La race en elle-même (11, 18, 56, 57, 58). Les intervalles de poids de naissance sont parfois très importants pour une même race (18). En croisant les sources, il est possible de déterminer des grandes catégories de formats de chiens et les intervalles moyens de poids de naissance associés ; des poids de naissance plus détaillés pour certaines races (18) sont également rapportés dans le tableau IX.

Remarque : si on rapporte le poids de naissance en pourcentage de la taille adulte, les chiots de grande race naissent avec un plus faible pourcentage que les chiots de petite race (62).

- La taille de la portée : une portée de taille importante donnera des chiots avec un poids de naissance plus faible (55, 56, 58, 9, 60, 61). Le poids de l'ensemble de la portée correspondrait à 10 à 15% du poids de la mère (60). Certaines études ont mis en évidence que plus la taille et le poids de la mère étaient élevés, plus la taille de la portée augmentait (56, 61, 62), avec par exemple 3,5 chiots en moyenne par portée pour les races miniatures (< 5kg) et 7,1 chiots en moyenne pour les races géantes (> 45kg) (61).
- Les variabilités individuelles : les chiots d'une même portée peuvent avoir des poids différents à la naissance (59).
- Certaines études ont rapporté un poids de naissance plus important chez les mâles (56, 57) tandis que d'autres n'ont pas observé d'effets du sexe (58, 60, 63).
- L'âge de la mère et sa parité ne semblent pas influencer le poids de naissance des chiots (55, 58).
- D'autres facteurs tels que la taille du père, l'apport nutritif durant la gestation, la durée de gestation, le stress environnemental... sont certainement présents mais encore peu étudiés.

Remarque : un faible poids de naissance par rapport aux normes de la race est significativement associé à une plus forte mortalité néonatale (55).

Tableau IX : Intervalles moyens du poids de naissance dans des races de tailles différentes (d'après (11, 16, 18, 55, 62))

Format de la race et intervalle moyen de poids de naissance associé	Exemples de races	Intervalle de poids de naissance
Petit (< 10kg) 100 – 200g	Yorkshire Terrier	60 – 170
	Chihuahua	80 – 110
	Jack Russel	100 – 170
	Teckel	200 – 280
Moyen (10 – 25 kg) 250 – 350g	Fox Terrier	200 – 300
	Bouledogue français	210 – 330
	Cocker anglais	210 – 350
	Border Collie	220 – 350
	Setter anglais	250 – 350
Grand (25 – 40 kg) 400 – 500g	Golden Retriever	300 – 620
	Bouledogue anglais	320 – 570
	Rottweiler	400 – 550
	Berger Allemand	400 – 550
	Boxer	400 – 600
Géant (> 40kg) > 500g	Bouvier Bernois	480 – 650
	Montagne des Pyrénées	550 – 740
	Saint Bernard	550– 880

b) Pic de croissance et durée de la croissance chez le chiot

L'étude de Hawthorne (64) en 2004, portant sur 173 chiots de 12 races différentes, a classé les différentes races de chiens en cinq catégories selon le poids adulte moyen de la race et a tenté de déterminer des âges de milieu de croissance et de fin de croissance en fonction de ces catégories (Tableau X).

Les auteurs ont décrit que les courbes de poids pouvaient, pour toutes les races, être divisées en trois phases principales avec une phase de croissance exponentielle entourée de deux phases de croissance plus lente. La fin de cette phase exponentielle équivalait à la fin du pic de croissance et correspondait, selon les auteurs, à un poids équivalent à 50% du poids adulte du chien. La durée de la phase exponentielle était proportionnelle au poids adulte du chien. La fin du pic de croissance était donc atteinte à un plus jeune âge chez des chiens de petites races par rapport à des chiens de race de plus grande taille : deux mois et demi environ pour les races miniatures, trois à quatre mois pour les races petites à grandes et cinq mois pour les races géantes. Les auteurs ont cependant remarqué que les taux de croissance pendant la phase exponentielle étaient relativement identiques, quelle que soit la race considérée (64).

La fin de croissance, définie comme l'atteinte de 99% du poids adulte, était également plus précoce chez les petites races (environ 10 mois) par rapport aux grandes races (environ 15 mois pour le Mastiff).

Tableau X : Âge de fin du pic de croissance et âge de fin de croissance en fonction du format de la race du chien (d'après (64))

Format de la race (intervalle de poids du chien à l'âge adulte) et exemples de races	Fin du pic de croissance = 50% du poids adulte atteint	Fin de croissance
Miniature (< 5 kg) <i>Epagneul nain continental</i>	Environ 11 semaines (2,5 mois)	Environ 10 mois
Petit (5-10kg) <i>Cairn terrier, Schnauzer nain, Cocker anglais</i>	14 à 16 semaines (3,2 à 3,6 mois)	Environ 10 mois
Moyen (10-20kg) <i>Springer anglais, Beagle</i>	14 à 16 semaines (3,2 à 3,6 mois)	Environ 10 mois
Grand (20-30kg) <i>Labrador</i>	Environ 18 semaines (4,1 mois)	Environ 12 mois
Géant (> 40kg) <i>Terre-neuve, Dogue allemand, Lévrier irlandais, Saint Bernard, Mastiff</i>	18 à 22 semaines (4,1 à 5 mois)	Environ 11 à 15 mois

Certaines limites à l'étude d'Hawthorne peuvent cependant être soulignées, notamment en comparant ses résultats avec ceux d'autres études.

Le nombre de races dans chaque catégorie de taille est faible (uniquement le Labrador dans les chiens de grande taille par exemple) et les effectifs dans chaque race sont relativement faibles (entre trois et 37 chiens). Ainsi, Trangerud (57), qui a étudié quatre races de chiens dont trois sont présentes dans l'étude d'Hawthorne mais sur des effectifs plus importants, a conclu à des poids adultes relativement supérieurs à ceux cités par Hawthorne (5 kg de différence pour le Labrador, 8 kg pour le Lévrier irlandais, 13 kg pour le Terre-neuve).

L'étude d'Hawthorne ne prend pas en compte l'effet du sexe sur le poids des chiens. L'étude d'Helmink (65) concluait par exemple à une différence de cinq kilogrammes entre les Labradors femelles (25 kg) et les mâles (30 kg).

Certains auteurs ont des définitions différentes du pic de croissance. Lévy (18) rapporte ainsi que le pic de croissance est atteint lorsque le chiot pèse les deux tiers (66,6%) de son poids adulte. Les périodes citées sont donc plus tardives : quatre mois pour les chiens de moins de 10 kg, cinq mois pour les chiens entre 10 et 30 kg, six mois pour les chiens entre 30 et 40 kg, sept à huit mois pour les chiens de plus de 40 kg. Les périodes de fin de croissance étaient parfois

également différentes, avec une fin de croissance entre 18 et 24 mois pour les chiens de plus de 40 kg par exemple (18).

c) Etablissement de courbes de croissance chez le chiot

De nombreuses études ont été conduites pour tenter de déterminer la courbe de croissance normale des différentes races de chiens. La plupart d'entre elles ne comptait qu'un faible nombre d'individus et/ou de races (57, 65, 66, 67) et souvent sur une courte période d'étude rendant impossible la mise en place de courbes de croissance globales, de la naissance à l'âge adulte. Quelques-unes se sont cependant appuyées sur un effectif plus large (de plusieurs centaines à plusieurs millions d'individus), permettant de recueillir des données plus précises.

i. Différentes modélisations possibles pour les courbes de croissance

De nombreuses modélisations ont été testées par différents auteurs pour approcher au mieux l'évolution des courbes de croissance. Sans être exhaustif, nous pouvons par exemple citer des modélisations linéaires, logarithmique, exponentielles, logistiques... (68). Généralement, la courbe de croissance est modélisée par une fonction sigmoïde avec trois phases de vitesse de croissance, telle que décrite par Hawthorne (64).

En 2000, par exemple, l'étude d'Helming (65) portant sur les races Berger allemand et Labrador modélise la courbe de croissance en utilisant la fonction sigmoïde de Gompertz :

$$W_t = W_{max} \exp\left(-e^{-\frac{t-c}{b}}\right)$$

Avec :

- W_t le poids au jour t
- W_{max} le poids atteint à l'âge adulte
- b un facteur proportionnel à la durée de la croissance (durée de croissance = $4b + c$)
- c l'âge au point d'inflexion de la courbe, correspondant au moment où le chien atteint 36,8% de son poids adulte
- t l'âge en jours

Le poids adulte a été estimé autour de 25 kg pour les femelles des deux races et autour de 30 kg pour les mâles. La durée de croissance estimée a également été fixée en fonction de la race et du sexe et variait autour de 10 à 11 mois.

Cette formule a cependant un inconvénient majeur : l'estimation du poids atteint à l'âge adulte est nécessaire. Or, ceci peut être relativement compliqué en raison des variations entre les différentes lignées raciales mais surtout pour des chiens issus de croisements entre plusieurs races, fréquemment rencontrés en pratique vétérinaire. De la même manière, la durée de croissance peut être assez raisonnablement estimée pour des chiens de pure race, plus difficilement pour des chiens issus de croisements.

Il peut donc être intéressant de noter que Lévy (18), en se basant sur l'estimation que le poids du chiot équivaut à deux tiers de son poids adulte au pic de croissance, a proposé un tableau permettant d'estimer le poids adulte en fonction du poids du chiot à son pic de croissance (à condition que le chiot ait une note d'état corporelle idéale) (Tableau XI).

Tableau XI : Estimation du poids adulte du chien en fonction de son poids au pic de croissance (Source : (18))

Âge au pic de croissance	Poids du chiot (en kg)	Poids adulte (en kg)	Âge au pic de croissance	Poids du chiot (en kg)	Poids adulte (en kg)
4 mois	2	3	6 mois	14	21
	2,7	4		16	24
	3,3	5		18	27
	4	6	7 mois	20	30
4,7	7	23,3		35	
5,3	8	26,7		40	
5 mois	6	9	8 mois	30	45
	6,7	10		33,3	50
	8	12		36,7	55
	10	15	40	60	
	12	18	46,7	70	
	13,3	20	53,3	80	

ii. Courbes de croissance sur les trois premières semaines de vie

En 2020, l'étude d'Alves (59) a permis de valider l'intérêt de la modélisation exponentielle de la courbe de croissance lors des trois premières semaines de vie (Figure 12) en utilisant la formule :

$$P = P_0 \exp^{0,13084 x - 0,001616 x^2}$$

Avec :

- P le poids au jour x
- P_0 le poids de naissance

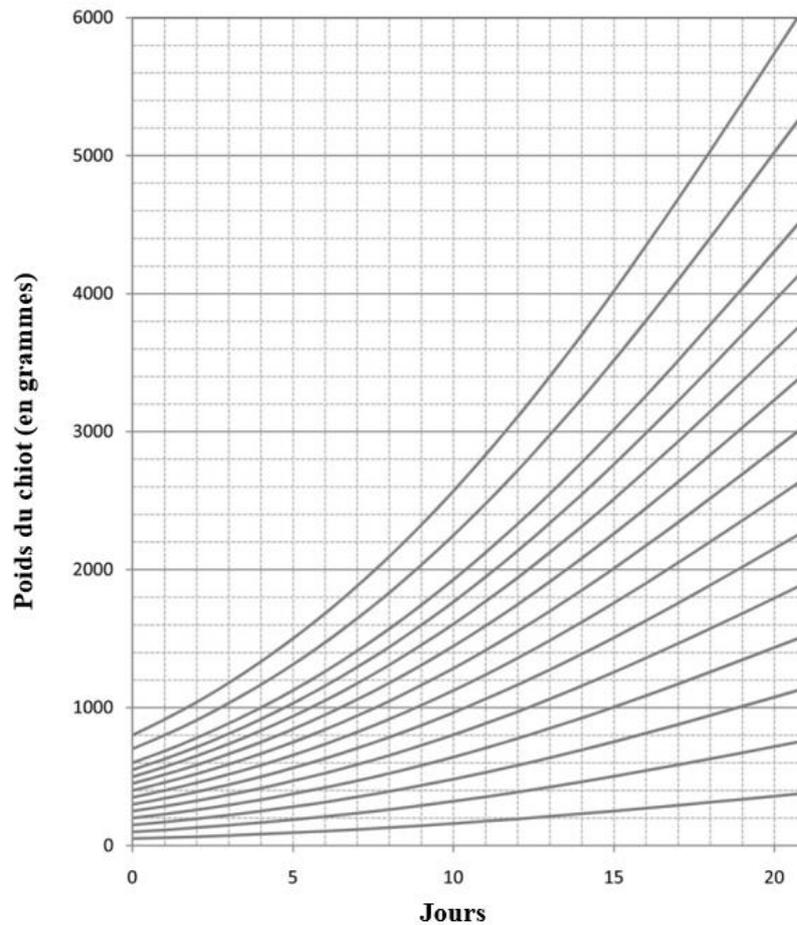


Figure 12 : *Courbes de croissance des chiots de la naissance à trois semaines en fonction du poids de naissance (D'après : (59))*

L'étude a été conduite sur 345 chiots de 19 races différentes, de taille adulte très variable, durant leurs trois premières semaines de vie. Les auteurs ont observé que la courbe de croissance d'environ 10 % des chiots suivait une seule ligne, correspondant à celle de leur poids de naissance P_0 .

Une diminution du gain de poids journalier voire une perte de poids pouvaient être observées dans certaines circonstances, par exemple lors d'une diminution de l'apport énergétique (diminution de l'ingestion lactéale, maladie diminuant l'absorption des nutriments...). Dans ce cas, il a été observé que la courbe pondérale se décalait sur une ligne de modélisation correspondant à un poids de naissance P_0 plus faible et ne retournait plus sur la courbe suivie initialement (Figure 13). Ainsi, environ deux tiers des chiots suivaient successivement trois lignes ou plus au cours de leurs trois premières semaines de vie. Aucun chien n'a vu sa courbe de croissance se décaler sur une ligne de modélisation correspondant à un poids de naissance P_0 plus important.

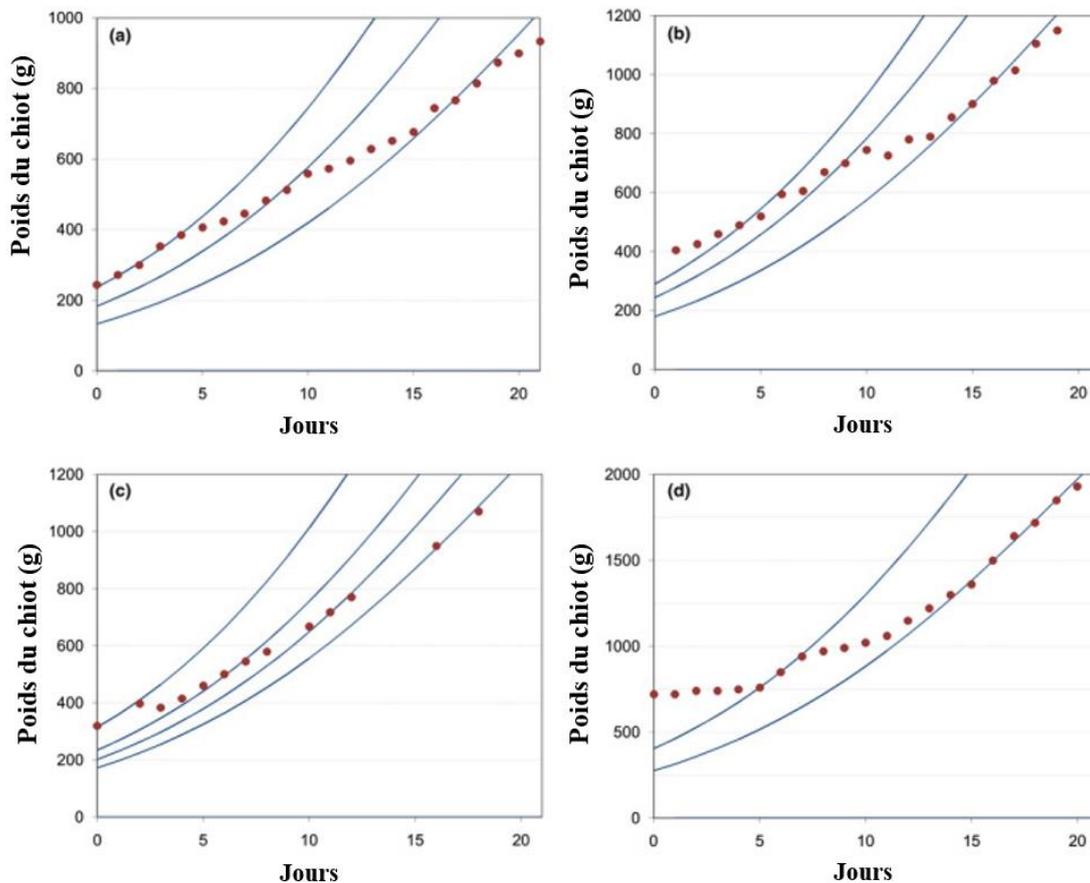


Figure 13 : Exemples de décalages de la courbe pondérale de différents chiens ((a) : Teckel, (b) : Basset Hound, (c) : Whippet, (d) : Dogue allemand) au cours du temps sur des courbes de croissance correspondant à des poids de naissance inférieurs (D'après : (59))

En conclusion, l'équation d'Alves permettait de modéliser une courbe de croissance maximale avec un gain de poids journalier maximal durant les trois premières semaines de vie, dépendant du poids de naissance et indépendant de la race du chien.

iii. Courbes de croissance lors des premiers mois de vie

De nombreux auteurs mentionnent que les chiots devraient normalement doubler leur poids de naissance à la fin de la première semaine ou entre sept et 10 jours (11, 18) si une perte de poids survient lors des premières 48 h. Le modèle d'Alves (59) valide cette donnée. Lévy (18) mentionne également que le poids de naissance devrait être multiplié par trois à trois semaines, par cinq à un mois et entre 10 (chiens de petit format) et 15 (chiens de grand format) vers sept à huit semaines.

La seconde donnée énoncée dans de nombreux articles correspond à un gain moyen quotidien (GMQ) minimal entre 5 et 10% du poids du chiot, quelle que soit sa race (16, 69). Ainsi, un chiot qui pèse 400g le lundi, devrait peser entre 420 et 440g le lendemain. Ceci est également confirmé dans l'étude d'Alves (59).

D'autres auteurs expriment le GMQ en fonction du poids adulte et estiment que le chiot devrait prendre deux à quatre grammes par kilogramme de poids adulte par jour pendant les cinq premiers mois (18, 24, 69). Ainsi, un chiot avec un poids adulte estimé à 30 kg devrait prendre 60 à 120 g par jour. Lévy (18) augmente ce GMQ idéal entre quatre (pour les grandes races de plus de 40 kg adulte) et six grammes (pour les petites races de moins de 10 kg) par kilogramme de poids adulte par jour avant le sevrage (environ deux mois).

Entre trois semaines et trois mois de vie, très peu de courbes de croissance sont disponibles dans la littérature.

En 2017, une thèse vétérinaire (70) a établi des courbes de croissance jusqu'à deux mois pour quatre formats de chiens (format « Small » de moins de 10 kg, format « Medium » entre 10 et 25 kg, format « Large » entre 25 et 45 kg et format « Giant » de plus de 45 kg) en s'appuyant sur des données portant sur la croissance de plus de 5000 chiots d'une soixantaine de races. La modélisation utilisée était une fonction polynomiale du second degré.

iv. Courbes de croissance de trois mois à l'âge adulte

En 2017, Salt (71) a repris les résultats de l'étude d'Hawthorne (64) et a cherché à les compléter avec une étude rétrospective sur plus de six millions de chiens en les classant en six catégories selon leur poids adulte (Tableau XII).

Tableau XII : Catégorisation des différents formats de chiens en fonction de leur poids adulte (D'après : (71))

Catégorie	Poids adulte	Exemples de races
I	< 6,5 kg	Chihuahua, Yorkshire terrier, Bichon Maltais, Caniche nain, Loulou de Poméranie, Pinscher nain
II	Entre 6,5 et 9kg (< 9kg)	Shih Tzu, Pékinois, Teckel, Bichon frisé, Rat Terrier, Jack Russel Terrier, Lhasa Apso, Schnauzer nain
III	Entre 9 et 15kg (< 15kg)	Fox Terrier, Carlin, Terrier de Boston, Cocker américain, Beagle
IV	Entre 15 et 30kg (< 30kg)	Berger Australien, Chow Chow, Basset Hound, Husky de Sibérie, Bulldog anglais, Pit Bull type Boxer
V	Entre 30 et 40kg (< 40kg)	Berger allemand, Golden Retriever, Labrador Retriever, Bouledogue américain
VI	≥ 40kg	Rottweiler, Dogue allemand, Mastiff

Un des objectifs de cette étude était de déterminer s'il était nécessaire ou non de créer des courbes de croissance spécifiques de chaque race ou s'il était possible de regrouper les races en classes dépendantes du poids adulte. Les auteurs ont conclu qu'il était effectivement possible de créer des courbes se basant sur des intervalles de poids adulte. Quelques exceptions ont toutefois été notées : dans la catégorie VI par exemple, le Dogue allemand, le Mastiff et le

Rottweiler avaient des courbes de croissance très différentes, rendant impossible la création d'une courbe de croissance unique pour les très grandes races.

Cette étude a abouti à la création de dix courbes de croissance allant de 12 semaines à deux ans d'âge avec différents percentiles représentés (0,4%, 2%, 9%, 25%, 50%, 75%, 91%, 98% et 99,6%) pour cinq catégories de format de chien et pour les deux sexes. Ces courbes ont été publiées par l'institut scientifique pour animaux de compagnie Waltham (Waltham Petcare Science Institute) et Royal Canin (72) (Figures 14 à 23).

Remarque : Pour rappel, les courbes de percentiles permettent d'indiquer pour l'individu étudié, le pourcentage de la population du même âge dont le poids est supérieur ou inférieur à celui de l'individu. Cela signifie, par exemple, que pour un chien dont le poids à six mois se trouve sur la courbe correspondant au 75^e percentile, 75% des chiens de la population étudiée ont un poids inférieur et 25% ont un poids supérieur à ce chien à six mois.

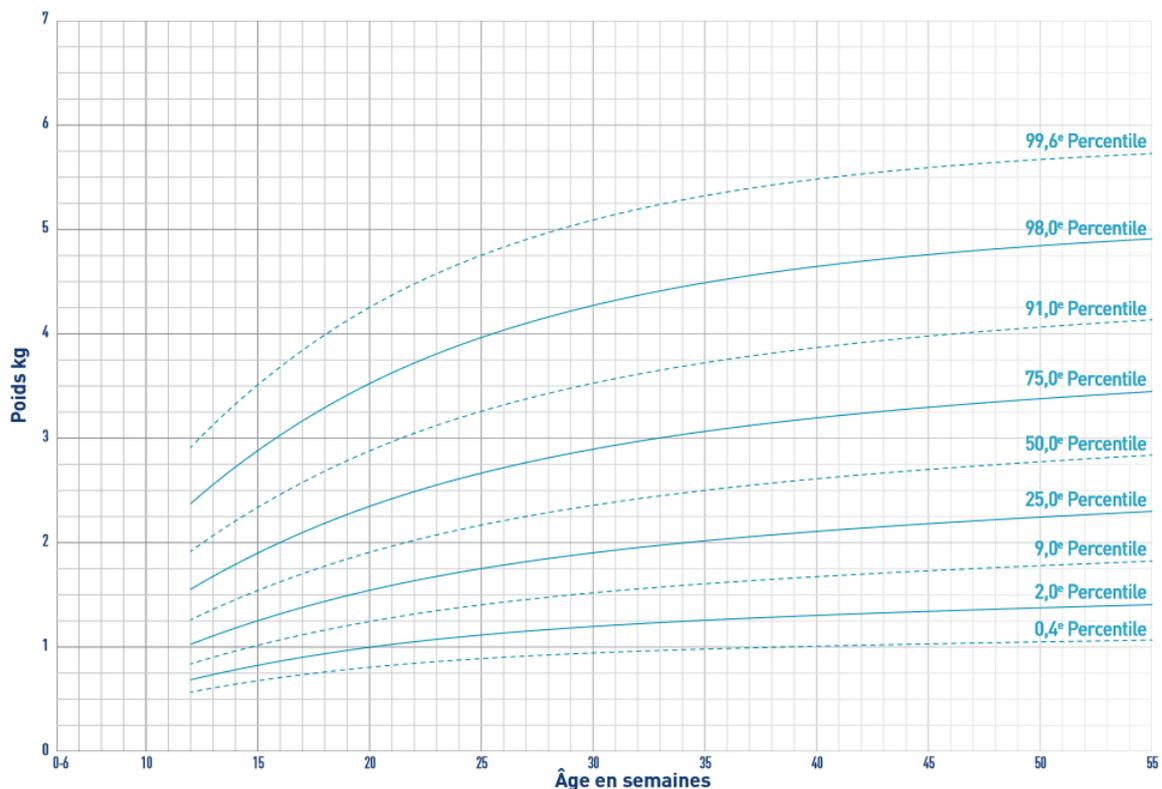


Figure 14 : Courbes de croissance pour les chiots femelles de poids adulte inférieur à 6,5 kg (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

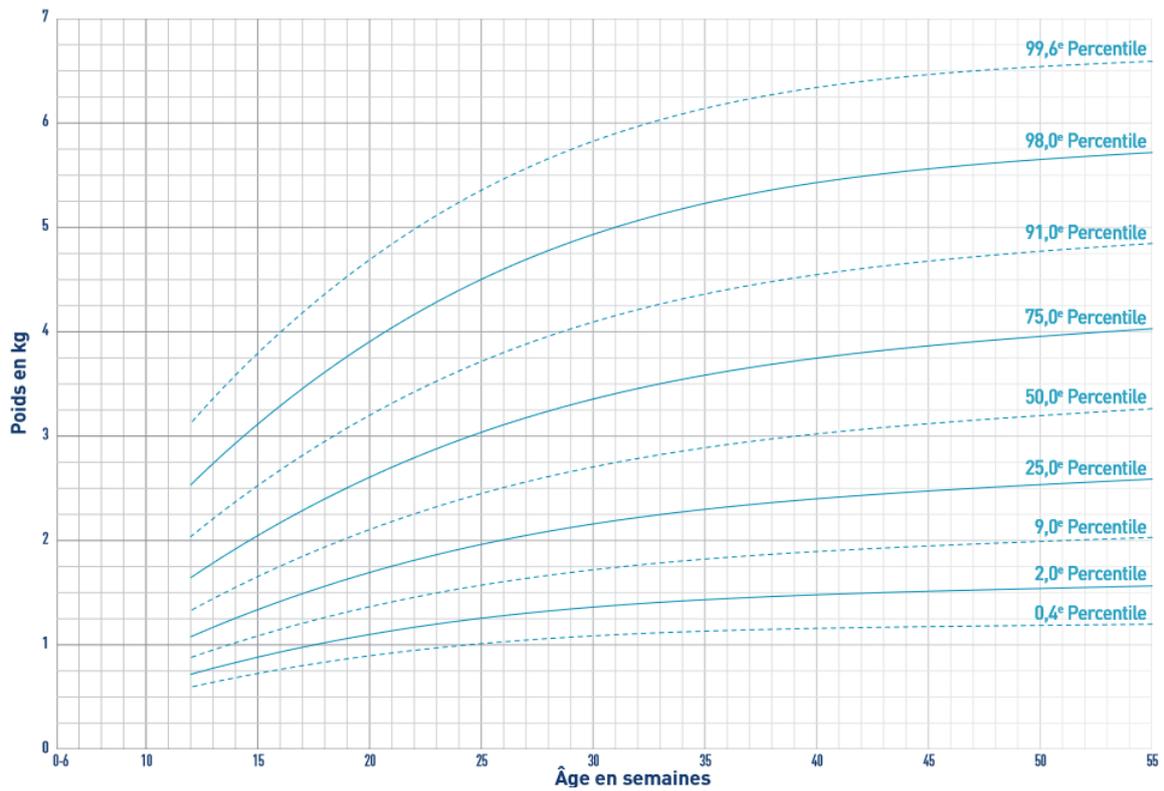


Figure 15 : Courbes de croissance pour les chiots mâles de poids adulte inférieur à 6,5 kg (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

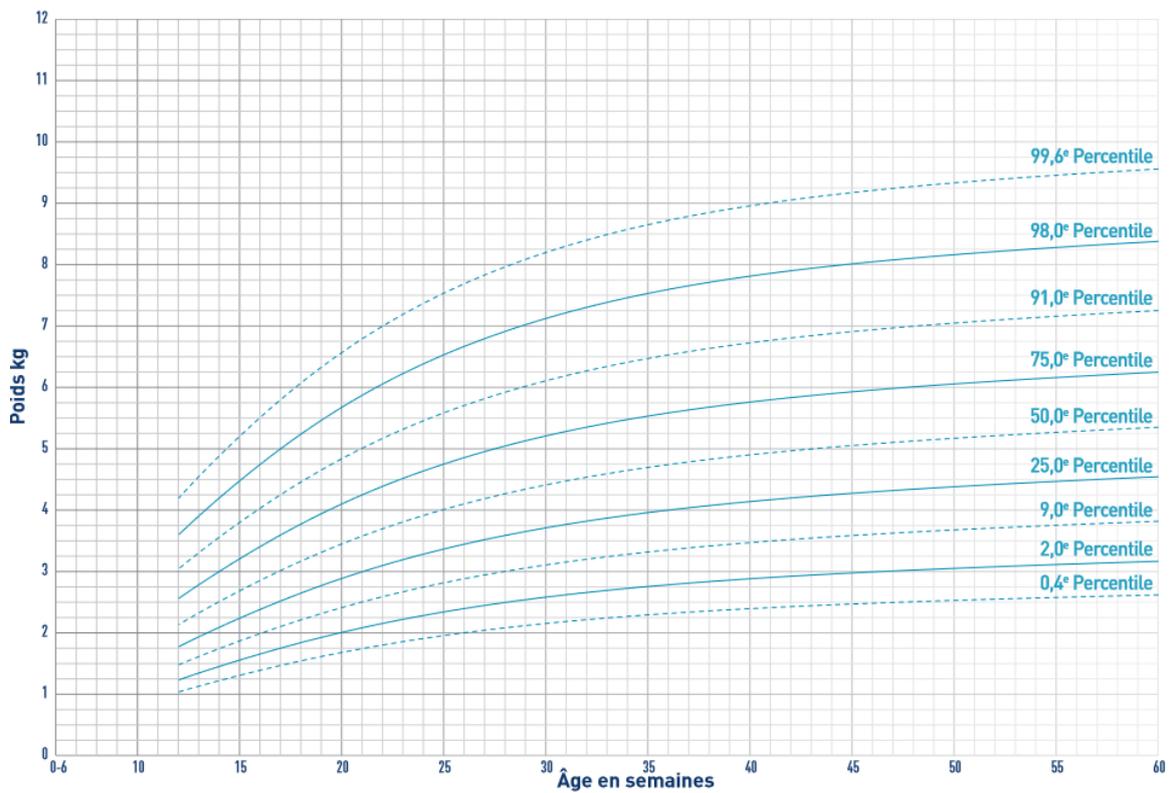


Figure 16 : Courbes de croissance pour les chiots femelles de poids adulte compris entre 6,5 et 9 kg (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

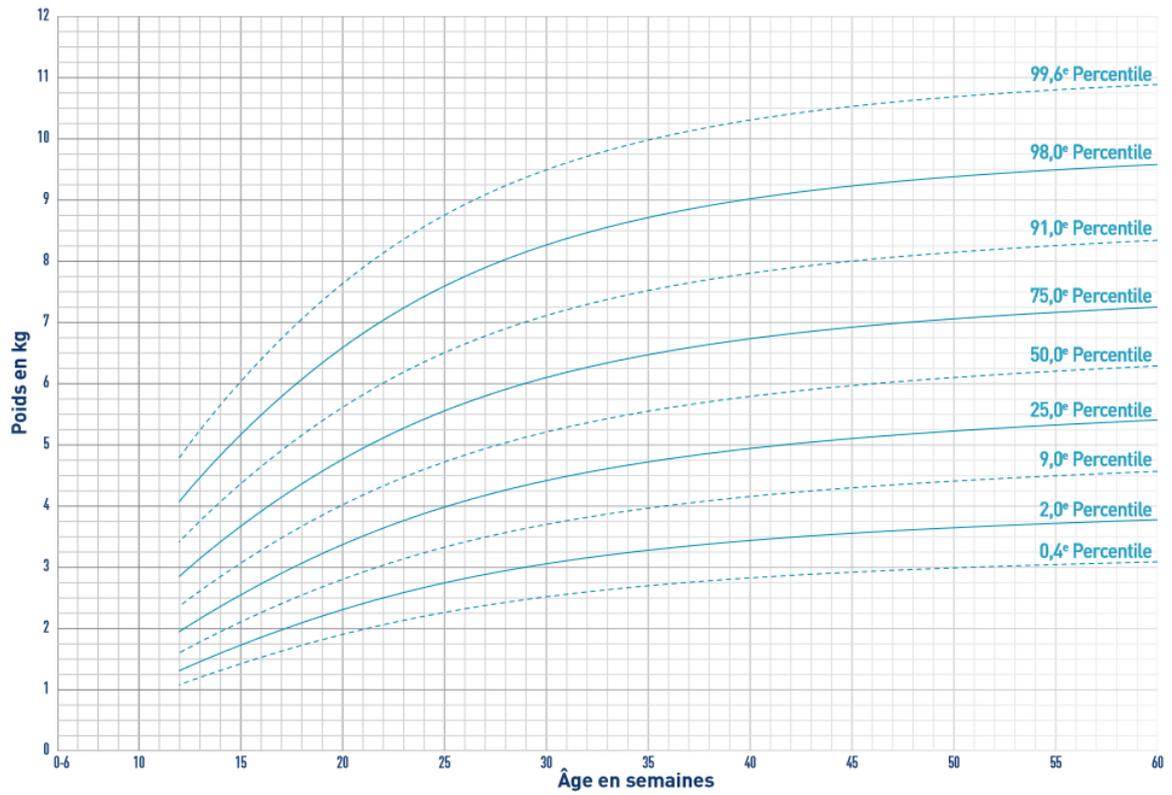


Figure 17 : Courbes de croissance pour les chiots mâles de poids adulte compris entre 6,5 et 9 kg (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

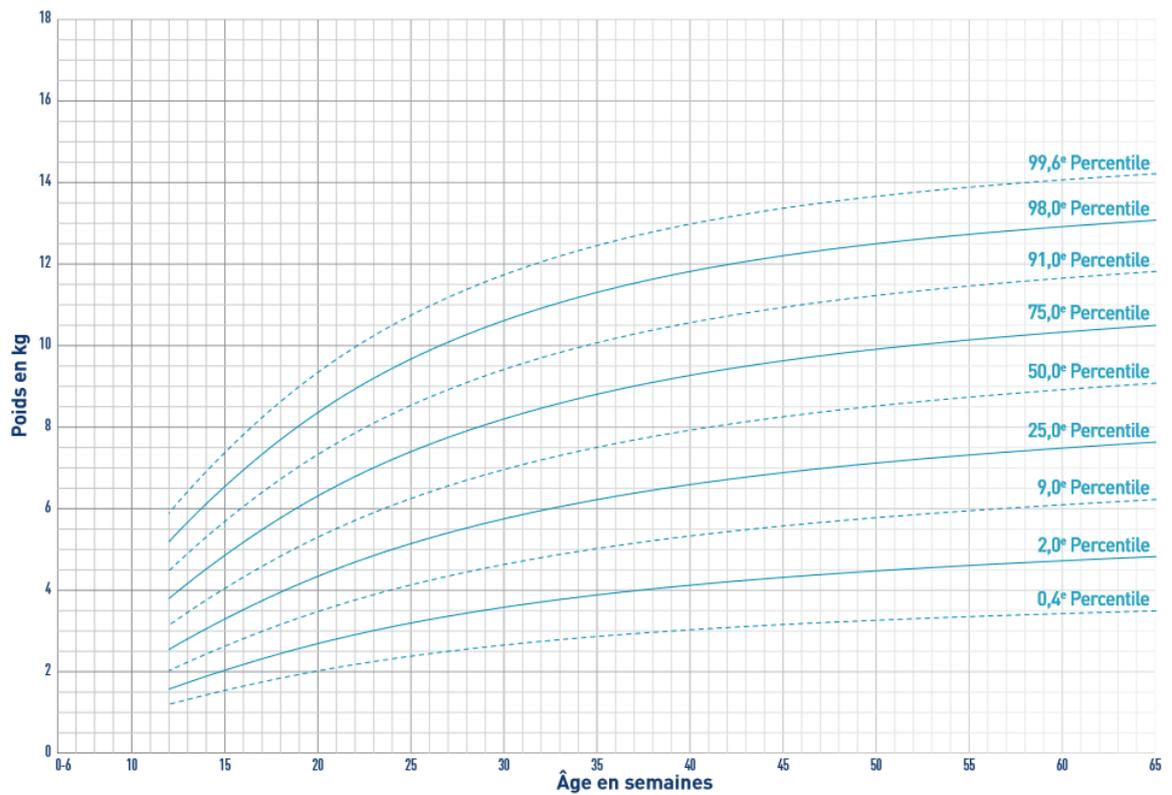


Figure 18 : Courbes de croissance pour les chiots femelles de poids adulte compris entre 9 et 15 kg (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

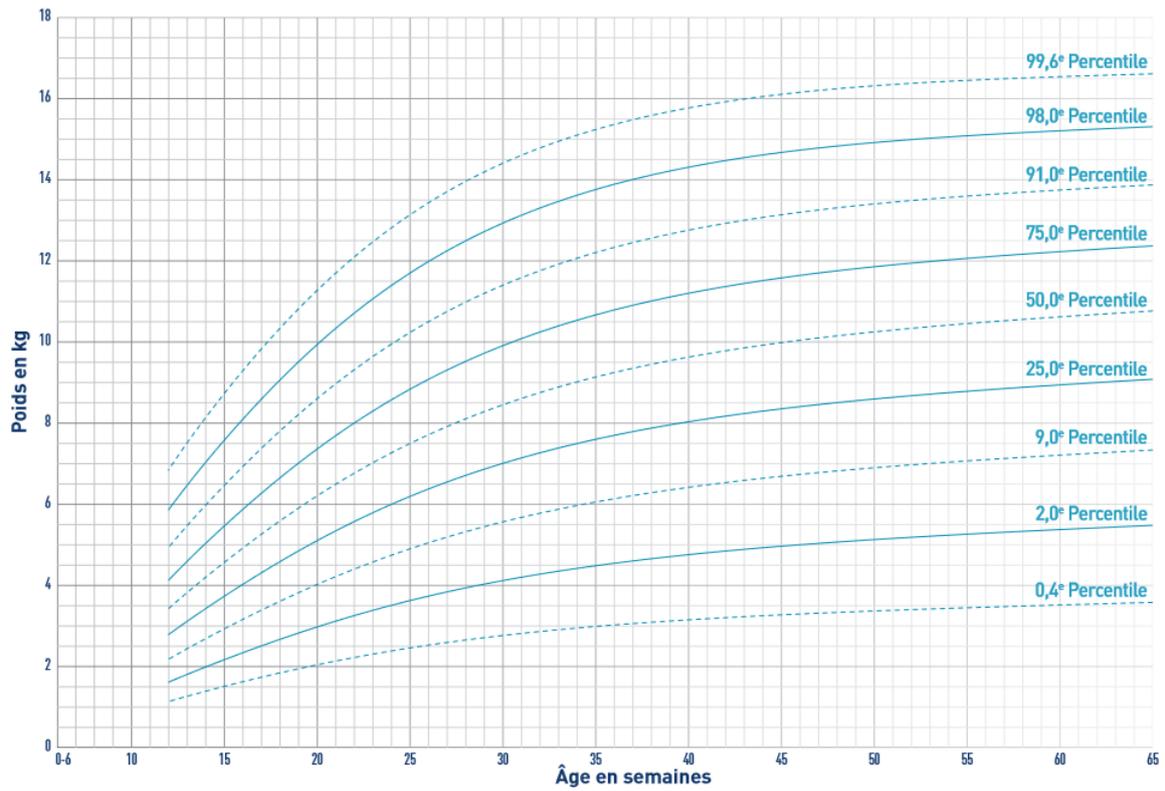


Figure 19 : Courbes de croissance pour les chiots mâles de poids adulte compris entre 9 et 15 kg (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

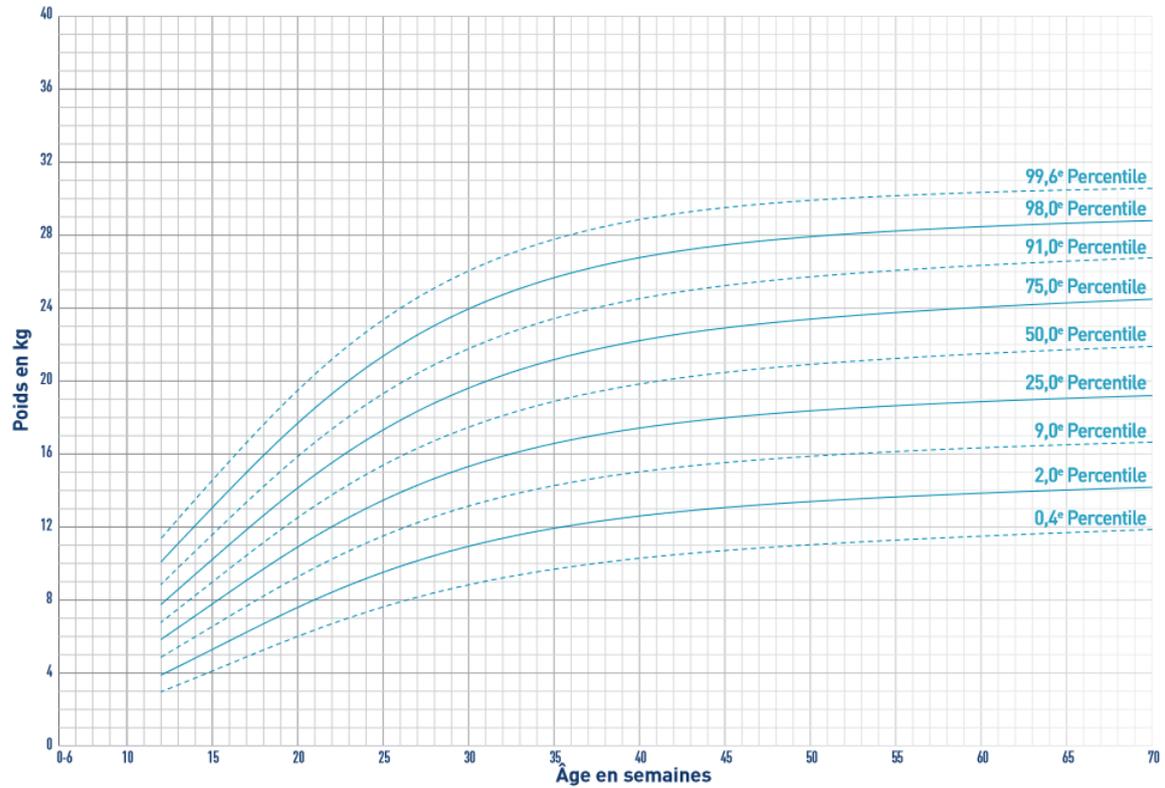


Figure 20 : Courbes de croissance pour les chiots femelles de poids adulte compris entre 15 et 30 kg (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

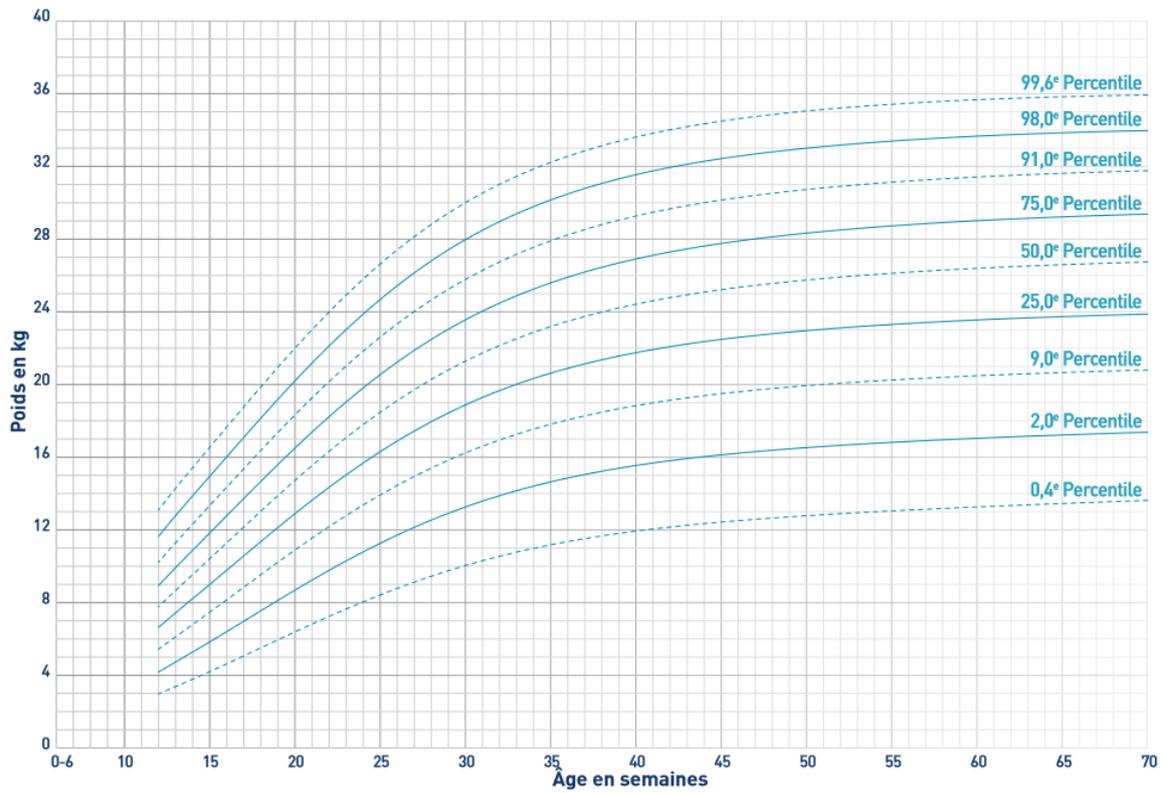


Figure 21 : Courbes de croissance pour les chiots mâles de poids adulte compris entre 15 et 30 kg (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

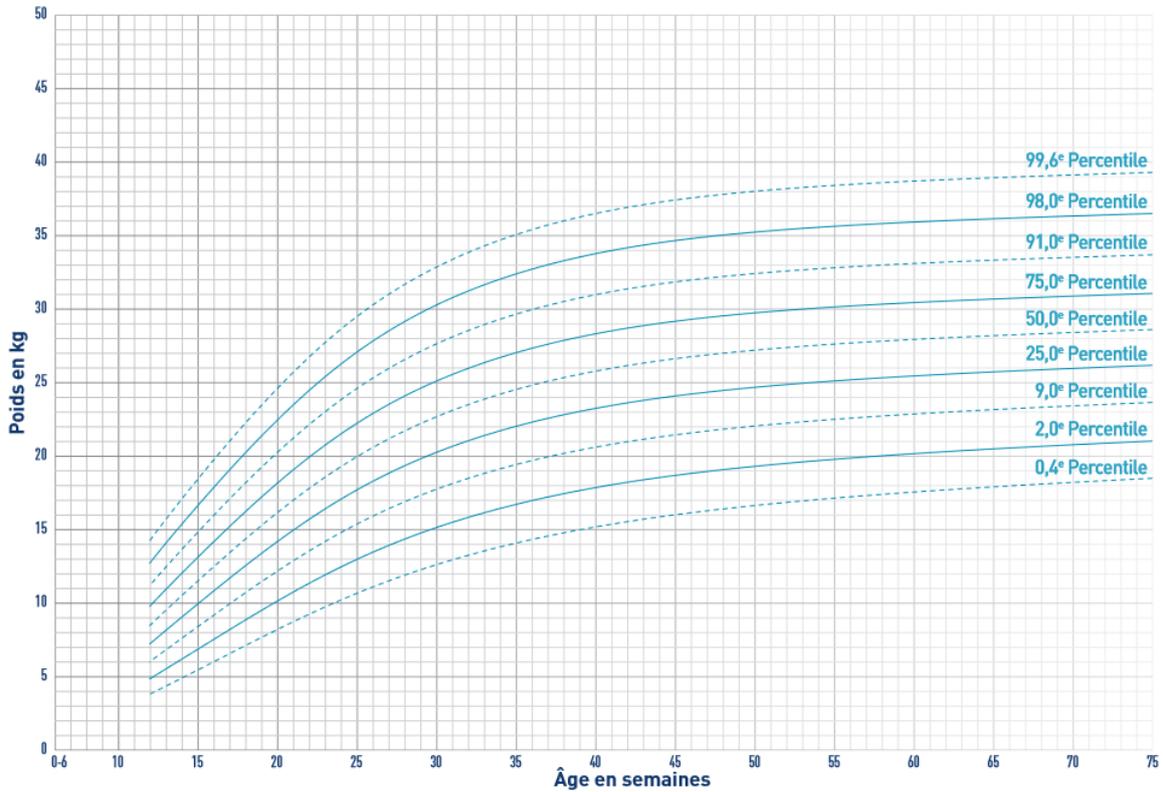


Figure 22 : Courbes de croissance pour les chiots femelles de poids adulte compris entre 30 et 40 kg (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

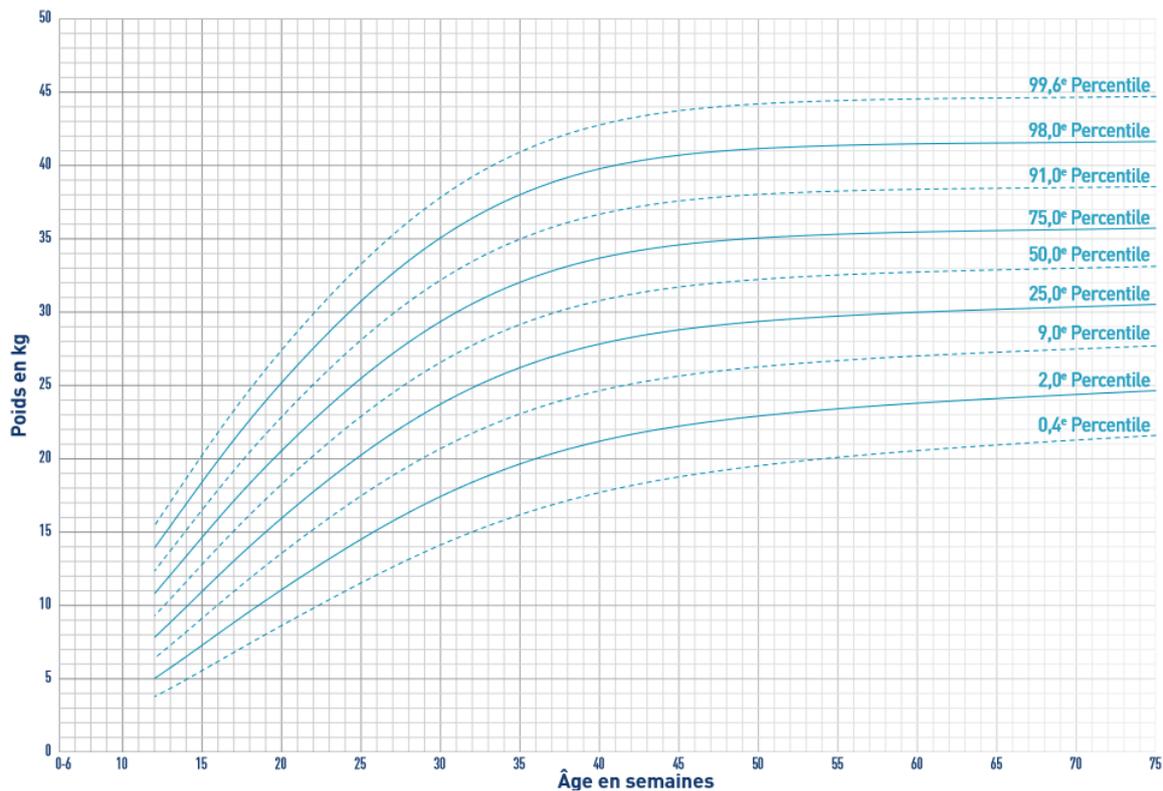


Figure 23 : Courbes de croissance pour les chiots mâles de poids adulte compris entre 30 et 40 kg (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

d) Facteurs de modification de la courbe de croissance chez le chiot

De la même manière que pour le poids de naissance, les courbes de croissance dépendent de différents facteurs. Le premier facteur est bien évidemment la race. Il a été montré que des races de poids adultes identiques peuvent avoir des courbes de croissance relativement différentes (62, 64, 71), comme c'était le cas dans l'étude de Salt pour les chiens de catégorie VI. Les races plus petites ont un taux de croissance par rapport au poids adulte plus important que les grandes races : les chiens de petite taille atteignent donc leur taille adulte plus rapidement que les chiens de grande taille (58, 62) et ont un pic de croissance plus précoce (64). Attention, cela ne signifie pas que les petites races ont un gain moyen quotidien plus important que les grandes races, il est au contraire plus faible.

Certaines études n'ont pas trouvé d'effets du sexe sur la courbe de croissance (59, 55, 60, 63) ou ne l'ont pas étudié (64). Cependant, d'autres études ont montré au contraire que les mâles avaient un poids supérieur par rapport aux femelles dès la naissance et que cette différence se retrouvait tout au long de la croissance jusqu'à l'âge adulte (57, 67, 71). Ainsi, dans l'étude de Tranangerud (57) portant sur quatre grandes races, les femelles avaient un poids de naissance inférieur de 2,3 à 8% par rapport à celui des mâles et un poids adulte inférieur de 10,8 à 16%. Cette différence correspondait à une durée de croissance légèrement plus longue pour les mâles par rapport aux femelles (65).

L'étude de Salt (71) a montré qu'une stérilisation en-dessous de 37 semaines (8,5 mois) était associée à un discret décalage vers le haut de la courbe de croissance, tandis qu'une stérilisation après cette date était associée à un discret décalage de la courbe vers le bas. Cependant, ces modifications étaient faibles (moins de 1% de variation de poids) et négligeables par rapport aux variations individuelles, les auteurs ont donc conclu qu'il n'était pas nécessaire de tenir compte de la stérilisation dans l'établissement de courbes de croissance.

D'autres facteurs, notamment les apports nutritifs et les maladies, influencent bien évidemment les courbes de croissance.

2. La courbe pondérale chez le chat

a) Le poids de naissance chez le chaton

La majorité des auteurs s'accorde sur le fait que le poids de naissance d'un chaton est d'environ 100 g +/- 10 g avec des variations individuelles très importantes (11, 14, 16, 73). Par exemple dans l'étude de Gatel (73) portant sur 140 chatons, le poids de naissance moyen était de 104 g avec des extrêmes à 65 g et 165 g.

Comme chez le chien, différents facteurs influençant le poids de naissance des chatons ont été rapportés :

- Le temps de gestation : plus la gestation est longue, plus le poids de naissance est important. Ainsi, selon l'étude de Sparkes (74), chaque jour supplémentaire de gestation augmentait le poids de naissance des chatons de 1,4 grammes. Il est également à noter que cette même étude a montré que la durée de la gestation dépendait notamment de la race, avec une moyenne de 63 jours de gestation pour le Korat par exemple, tandis que l'Oriental et le Siamois dépassaient les 66 jours de gestation, la durée moyenne de gestation toute races confondues étant de 65 jours.

- La taille de la portée : comme chez le chien, plus le nombre de chatons est important dans la portée, plus les poids de naissance sont faibles (73, 74, 75). Ainsi, pour chaque chaton supplémentaire, une diminution 2,2 grammes du poids moyen à la naissance a été observée (74). Là encore, une influence de la race a été évoquée (74) avec des portées entre trois et quatre chatons en moyenne pour le Sacré de Birmanie et le Somali par exemple, tandis que l'Asian avait entre six et sept chatons par portée ; la moyenne toute races confondues étant de 4,6 chatons par portée. Des études ont suggéré, comme chez le chien, que la taille de la portée était d'autant plus importante que la race était de grande taille (76).

- La race (14, 74, 75) : le poids de naissance est plus important pour les races de grande taille telles que le Maine Coon ou le Norvégien (73, 74, 76). L'étude de Sparkes (74) donnait

par exemple un poids moyen à la naissance entre 70 et 75g pour le Korat, alors qu'il était supérieur à 110g pour le Maine Coon. Il est à souligner que bien que la race semble influencer le temps de gestation et la taille de la portée, qui influencent eux même le poids de naissance, la race modifie également le poids de naissance, indépendamment de ces deux autres facteurs. Ainsi, le Maine Coon était associé à un poids de naissance important dans l'étude de Sparkes, mais pas à un temps de gestation plus long ou à une taille de portée plus petite que la moyenne.

- Le poids et la taille de la mère (73) : probablement en lien avec des facteurs génétiques. Ceci confirme la corrélation avec la race, le Korat étant par exemple un chat de petite taille et le Maine Coon appartient aux races de chats les plus grandes.

- La parité : dans l'étude de Gatel (73), le poids de naissance semblait corrélé négativement avec le nombre de gestations antérieures de la mère. Les chatons naîtraient donc avec des poids de naissance plus faible chez les mères multipares.

- A priori, aucune corrélation n'a été montrée entre l'âge de la mère et le poids des chatons à la naissance (73, 74).

- L'influence du sexe a été très peu étudiée.

b) Etablissement de courbes de croissance chez le chaton

i. Courbes de croissance lors des premiers mois de vie

Selon les auteurs, le chaton devrait doubler son poids de naissance entre huit et 14 jours de vie (11, 14, 16, 18).

La plupart des auteurs rapportent un gain moyen quotidien entre 10 et 15 grammes par jour (16, 24, 41, 69). D'autres rapportent le GMQ au poids de naissance, avec un GMQ équivalent à 5 à 10 % du poids de naissance (16), soit cinq à dix grammes par jour pour un chaton pesant 100 grammes à la naissance.

La plupart des auteurs rapportent également un gain de poids de 50 à 100 grammes par semaine (14, 16, 18, 69) et certains citent un gain de poids mensuel d'environ 450 grammes sur les premiers mois de vie (16).

C'est à cette dernière donnée que s'est intéressée en 2020, l'étude de DiGangi (77). Elle a porté sur l'évolution de la courbe de poids de 246 chatons entre la naissance et huit semaines (Figure 24) et plus de mille chatons entre six et 20 semaines. Cette étude a conclu que la croissance des chatons pouvait être représentée par une modélisation linéaire avec un gain de poids de 450 grammes par mois jusqu'à dix semaines. Au-delà de dix semaines, avec cette modélisation, l'âge avait tendance à être sous-estimé ou surestimé.

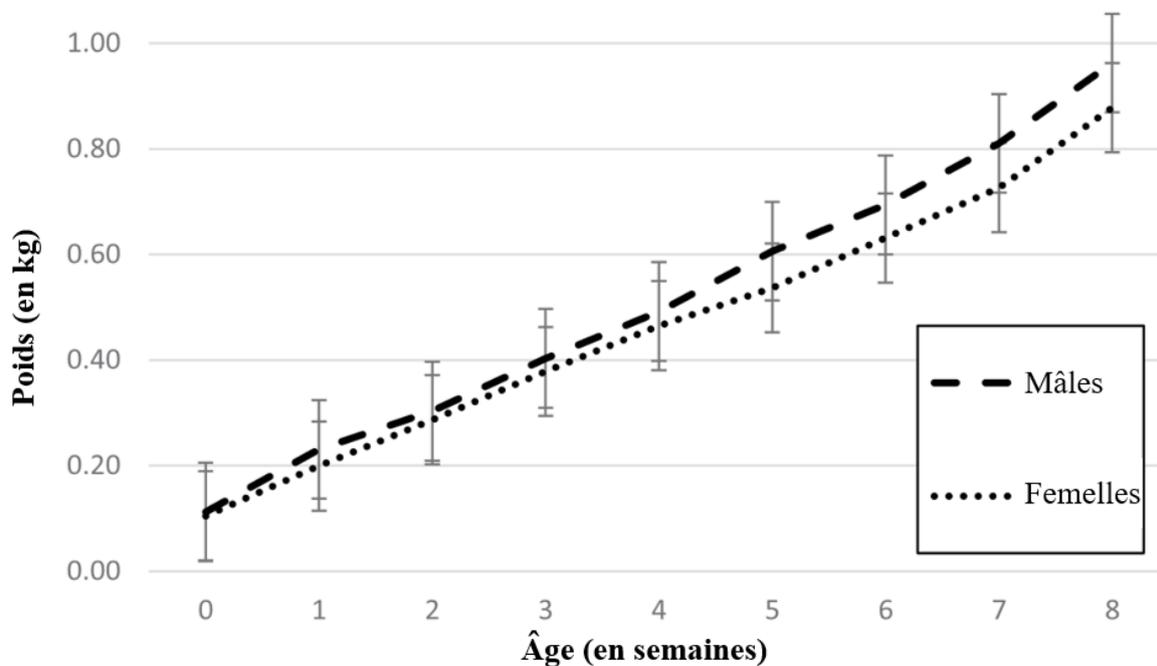


Figure 24 : Courbe de croissance moyenne de 246 chatons entre 0 et huit semaines dans l'étude de DiGangi (D'après : (77))

En 2011, une thèse vétérinaire (75) s'est intéressée à la croissance du chaton entre 0 et 200 jours de vie (environ 6,5 mois) à partir de données d'un échantillon de 370 chatons provenant d'une trentaine d'élevages en utilisant un modèle de régression linéaire multivariée mixte.

Il a été mis en évidence que les chatons avaient un gain de poids quotidien moyen entre 10 et 15 grammes jusqu'à six semaines puis entre 15 et 20 grammes entre sept et 15 semaines. Au-delà les intervalles de confiance augmentaient trop pour que les résultats soient interprétables.

ii. Courbes de croissance de huit semaines à l'âge adulte

En 2022, l'institut scientifique pour animaux de compagnie Waltham (*Waltham Petcare Science Institute*) et Royal Canin ont publié, comme ils l'avaient fait pour les chiens, des courbes de croissance pour les chatons femelles et mâles (Figures 25 et 26). Les courbes débutent à huit semaines d'âge et vont jusqu'à l'âge adulte avec la représentation des différents percentiles (72).

La fin de croissance chez le chat est estimée entre sept et 12 mois, voire 18 mois pour les plus grandes races (18).

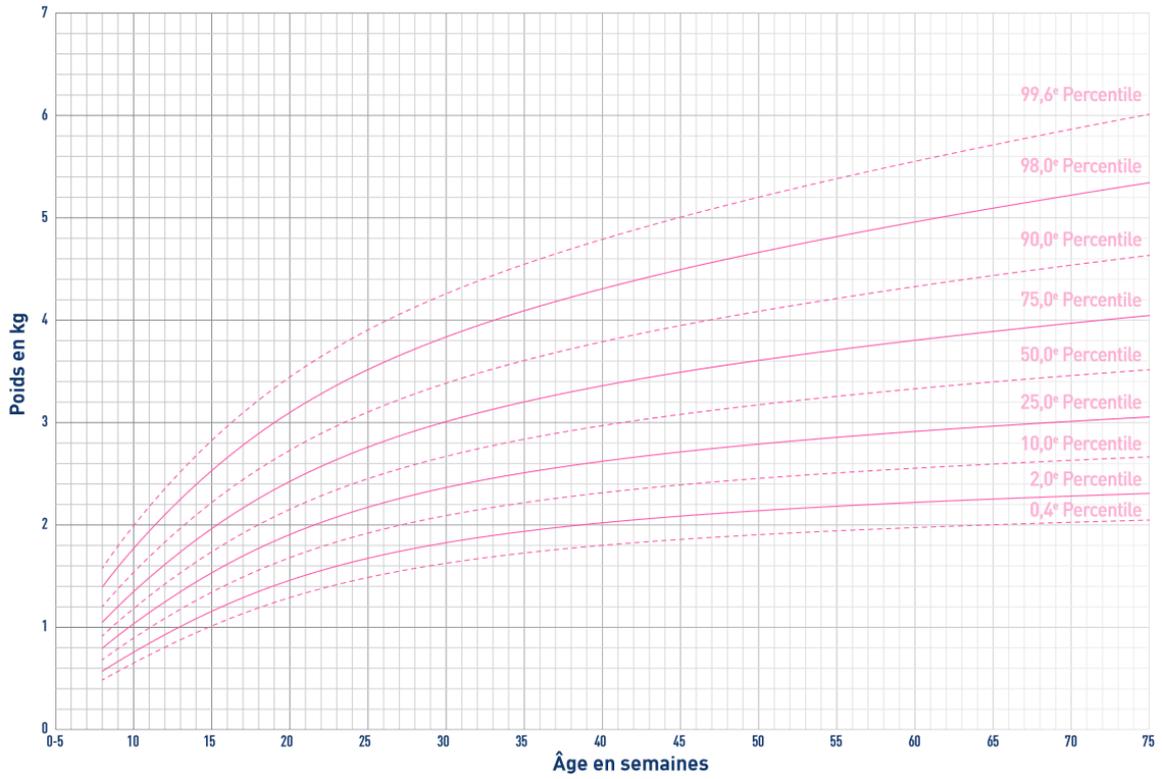


Figure 25 : Courbes de croissance pour les chatons femelles (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

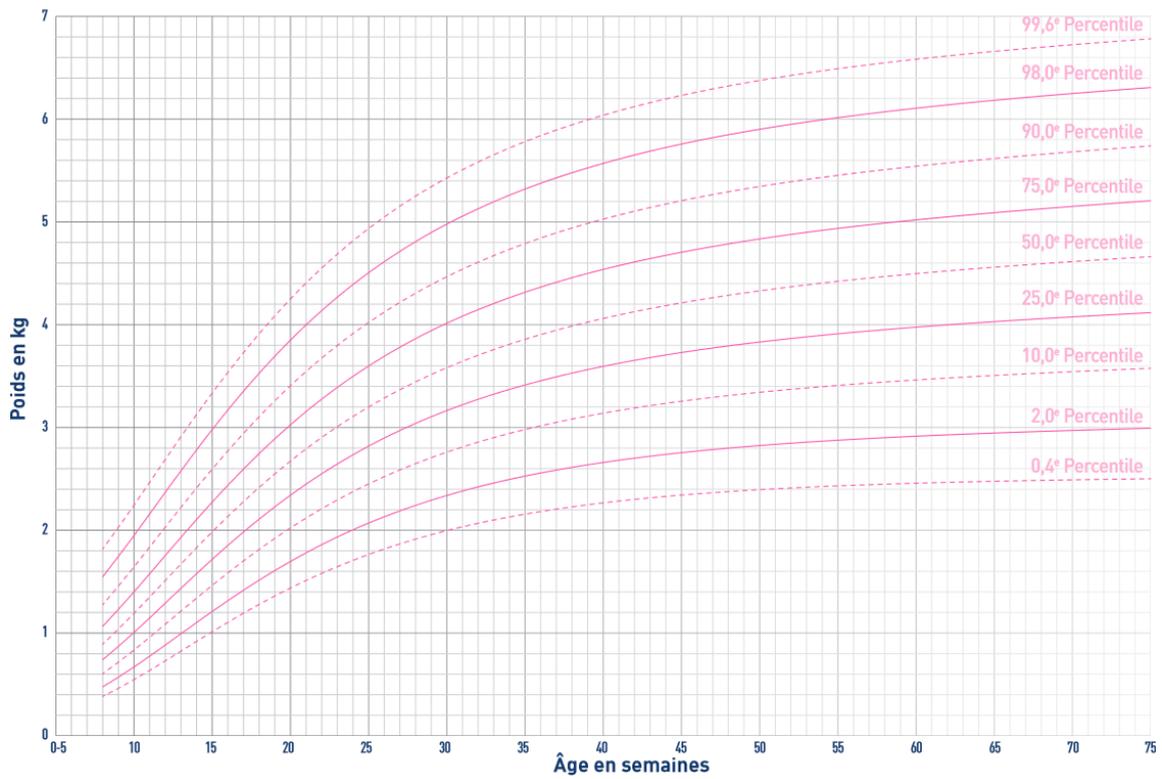


Figure 26 : Courbes de croissance pour les chatons mâles (Propriété de Waltham et Royal Canin, source : (72))

c) Facteurs de modification de la courbe de croissance chez le chaton

Comme chez le chien, les auteurs rapportent que les chats mâles ont en moyenne un poids supérieur par rapport aux femelles (16, 75, 77).

D'autres facteurs de modification de la courbe de croissance sont rapportés dans diverses études, par exemple la taille de la portée, le poids de naissance, la bonne couverture des besoins énergétiques (77), le biberonnage (16, 75), la saison de naissance (75)...

3. Conclusions sur l'intérêt de la courbe pondérale

Le poids est un des éléments qui revient le plus souvent lorsqu'il s'agit de déterminer l'âge d'un jeune animal. L'objectif de cette partie n'était pas de réaliser une étude exhaustive de toutes les données présentes dans la littérature sur la croissance des chiots et des chatons mais plutôt d'en faire ressortir les éléments essentiels.

Sur l'allure des courbes de croissance, on retiendra l'existence d'une phase exponentielle chez le chien dont la fin est d'autant plus précoce que la race est de petit format (64). Chez le chat, la croissance est plus linéaire (72, 75, 77).

L'institut Waltham et Royal Canin ont récemment publié des courbes de croissance débutant à 12 semaines chez le chien et huit semaines chez le chat (72). En deçà de ces âges, d'autres équations et courbes de croissance peuvent être trouvées dans la littérature (59, 65, 70, 75, 77).

De nombreux facteurs conditionnent le poids de naissance et la courbe de croissance chez le chien et le chat et un certain nombre d'entre eux sont encore peu étudiés (Figure 27). Les facteurs pathologiques et/ou nutritionnels peuvent notamment fausser l'estimation de l'âge en fonction du poids en ralentissant (maladies métaboliques ou endocriniennes, carences alimentaires...) ou en accélérant la croissance (excès d'apport énergétique). On se rappellera également que le poids de naissance influence lui-même la courbe de croissance.

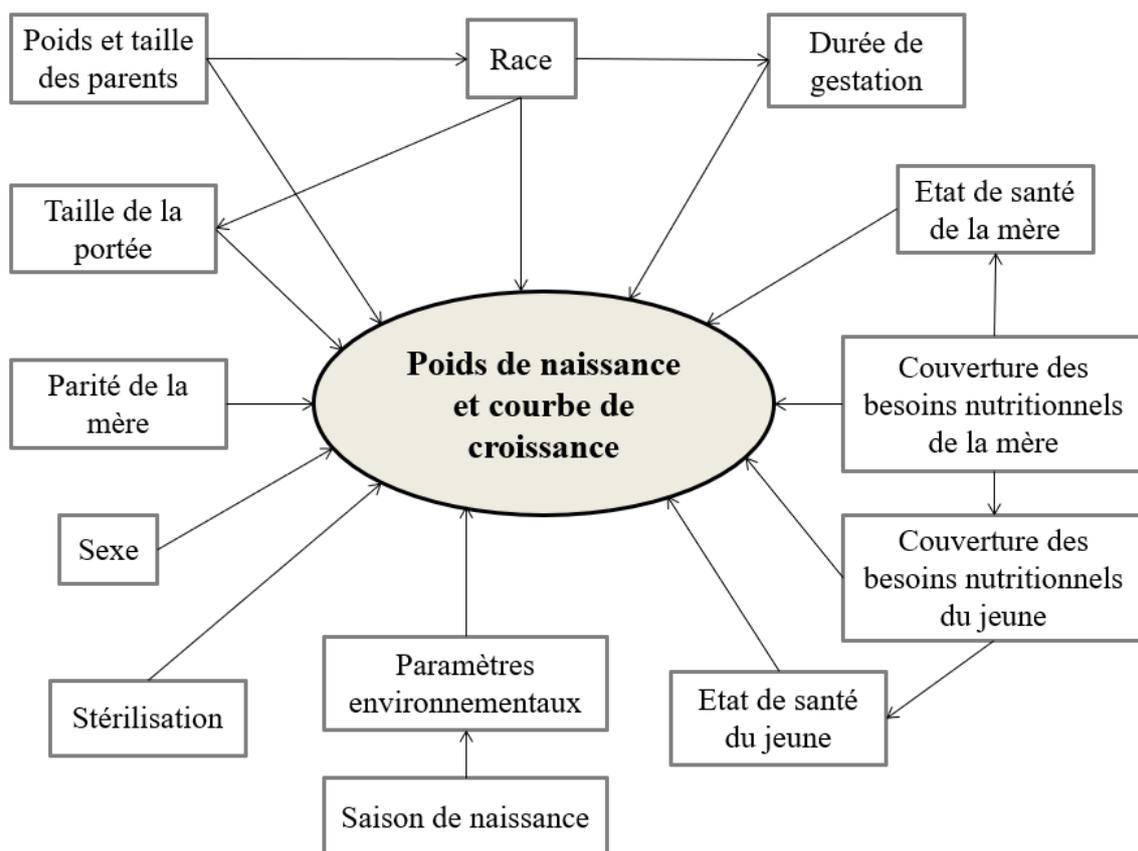


Figure 27 : Facteurs influençant le poids de naissance et la courbe de croissance chez le chiot et le chaton (D'après : (11, 14, 16, 18, 41, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 67, 71, 73, 74, 75, 76, 77))

Il est difficile d'avoir des études complètes et fiables sur la croissance du chien et du chat. Cela vient en premier lieu du fait que les études sont souvent rétrospectives avec un recueil de données auprès d'éleveurs ou de cliniques vétérinaires par exemple et les données sont donc souvent très incomplètes (75). On peut également remarquer que beaucoup d'études mentionnent des chiens de « petits », « moyens » ou « grand format » sans définir objectivement ces termes (11, 16).

De plus, les études s'appuient généralement sur des chiens et des chats de race (57, 64, 65, 70, 71, 73, 74, 75). Sachant que la majorité des chats présentés en pratique vétérinaire sont des chats européens, dits « de gouttière » dont la taille et le poids peuvent être assez variables, certaines études peuvent être peu représentatives de la population visée. Chez le chien, les chiens issus du croisement de plusieurs races sont également fortement représentés en pratique courante et peu dans la littérature.

Chez le chien, une autre difficulté majeure à l'établissement de courbes de croissance est l'existence de très nombreuses races (354 races reconnues aujourd'hui par la Fédération Cynologique Internationale) au format très variable, du Chihuahua d'un kilogramme au Mastiff de plus de 80 kg. Ces variations interraciales extrêmement fortes correspondent à des courbes

de croissance très différentes (64, 71). On notera également que le format des chiens d'une même race peut varier en fonction des pays et de la lignée considérée.

Enfin, on peut souligner l'importance, surtout dans les premières semaines de vie, de peser les animaux quotidiennement au même moment de la journée et dans les mêmes conditions (même matériel de pesée, avant la prise de lait...) afin d'obtenir une courbe de croissance fiable.

IV. Détermination de l'âge grâce à la maturation du squelette

1. Mécanismes de l'ossification endochondrale

L'ossification endochondrale se définit comme le « développement du tissu osseux à partir d'une ébauche cartilagineuse. C'est le mode de formation de la plupart des os du squelette des membres et du rachis. » (Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine, version 2022).

L'ossification endochondrale débute chez le fœtus avec l'apparition de centres d'ossification (CO) primaires, notamment dans la diaphyse des os longs.

Après la naissance, des centres d'ossification dits « secondaires » se forment, notamment au niveau des épiphyses des os longs. Ces centres d'ossification correspondent aux cartilages de croissance ou cartilages de conjugaison. Le nombre et la position de ces centres d'ossification secondaires varie en fonction de l'espèce (4).

Ces cartilages de croissance permettent la croissance en longueur des différents os. A la fin de la croissance, ils s'ossifient, ce qui correspond à la fermeture des centres d'ossification (4).

2. Périodes d'apparition et de fermeture des différents centres d'ossification

Là encore, une très grande variabilité dans les périodes d'apparition et de fermeture des centres d'ossification est présente dans la littérature (4, 11, 16, 29, 34, 38, 42, 66, 78, 79).

Les données présentées ici sont celles de la source s'appuyant sur le plus d'études différentes (79) complétées par d'autres auteurs (16, 38) (Tableaux XIII à XV). Par souci de synthèse, il a été choisi de ne pas représenter les centres d'ossification des diaphyses présents dès la naissance.

Tableau XIII : Âges approximatifs d'apparition (en gris) et de fermeture (en noir) des différents centres d'ossification chez le chien (d'après (16, 38, 79))

Scapula	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	
Tubercule supra-glénoïdien																						
Humérus	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	
Epiphyse proximale																	10-15m					
Condyle médial distal							6-10s ¹															
Condyle latéral distal														2								
Epicondyle médial																						
Radius	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	
Epiphyse proximale																						

⁵ : 2 ans ou plus

⁶ : Thrall et Robertson (79) mentionnent l'existence de centres d'ossification au niveau de l'épiphyse distale de la première phalange des doigts 2 à 5. Cependant, selon d'autres auteurs (80, 81) la première phalange des doigts 2 à 5 n'est constitué que d'un seul centre d'ossification qui est proximal, et non distal.

Tableau XIV : Âges approximatifs d'apparition (en gris) et de fermeture (en noir) des différents centres d'ossification chez le chat (d'après (16, 79, 38))

Scapula	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	
Tubercule supra-glénoïdien							7-9s			3,5-4m												
Humérus	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	
Epiphyse proximale																			18-24m			
Condyle médial distal										3,5m ¹												
Condyle latéral distal										3,5-4m ²												
Epicondyle médial																						
Radius	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	
Epiphyse proximale																						
Epiphyse distale																			14-22m			
Ulna	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	
Tubérosité de l'olécrâne																9-13m						
Epiphyse distale																			14-25m			
Carpe	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	
Os scapho-lunaire																						
Autres os du carpe																						
Diaphyse os accessoire																						
Epiphyse os accessoire																						
Métacarpe – métatarse	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	
Epiphyse proximale MC1											4,5-5m											
Epiphyse distale MC2-5											4,5-5m											
Os sésamoïdes palmaires									2-2,5m													
Phalanges	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	
1^{ère} phalange																						
Epiphyse proximale D1																						

Tableau XV : Âges approximatifs de fermeture des centres d'ossification du crâne chez le chien et le chat (d'après (79, 81))

Os occipital	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	4a
Exoccipital – basioccipital	2,5–5m													
Exoccipital – écaille														
Os sphénoïde	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	4a
Corps/ailles du basisphénoïde														
Basisphénoïde et présphénoïde														
Suture sphénobasilaire														
Os pariétal	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	4a
Suture interpariétale														
Os frontal	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	4a
Suture interfrontale														
Os temporal	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	4a
Suture pétro-squameuse														
Os mandibulaire	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	1a	2a	3a	4a
Symphyse intermandibulaire	Jamais ou très tard													

Rappels d'anatomie sur les os du crâne (81)

- L'*os sphénoïde* est formé par l'association de l'os présphénoïde (en position rostrale) et de l'os basisphénoïde (en position caudale). Ils sont composés chacun d'un plancher et d'une paire d'ailles latérales et forment le plancher de la cavité crânienne.

- L'*os occipital* a une forme de L et est composé de trois parties : le basioccipital (partie horizontale), l'exoccipital (les condyles occipitaux) et la partie squameuse ou écaille (partie verticale). La suture sphénobasilaire correspond à la jonction entre l'os sphénoïde et l'os occipital.

- L'*os pariétal* et l'*os frontal* sont composées de deux parties symétriques réunies en une suture interpariétale et interfrontale.

- L'*os temporal* est formé de trois parties : une partie pétreuse (ou rocher), une partie écailleuse et une partie squameuse (ou écaille). La suture pétro-squameuse correspond à la jonction entre la partie pétreuse et la partie squameuse.

Concernant l'âge d'apparition des centres d'ossification, on retiendra qu'ils apparaissent tous avant l'âge de six mois chez le chien et huit mois chez le chat. La plupart d'entre eux sont en place avant l'âge de deux mois. Les centres d'ossification des os sésamoïdes et des os du bassin sont ceux qui apparaissent le plus tardivement. D'une manière générale, les fenêtres temporelles d'apparition des centres d'ossification sont plus étroites que celles de leur fermeture et permettent donc d'estimer l'âge du jeune animal avec plus de précision.

Concernant l'âge de fermeture des centres d'ossification, les fermetures ne débutent pas, à part quelques exceptions, avant trois à quatre mois d'âge. Chez le chien, les fermetures sont presque toutes terminées à l'âge d'un an. Chez le chat, un certain nombre de fermetures ont lieu plus tardivement, jusqu'à deux ans environ. La fermeture des centres d'ossification des os du crâne, chez le chien et le chat, est assez tardive, et a généralement lieu entre un an et quatre ans.

3. Localisation des différents centres d'ossification sur des radiographies

La détection des cartilages de conjugaison est possible sur les radiographies car ils forment une ligne radiotransparente entre les deux portions d'os qu'ils séparent. Les localisations des différents centres d'ossification mentionnés plus haut sont présentées dans les figures 28 à 37 (80).

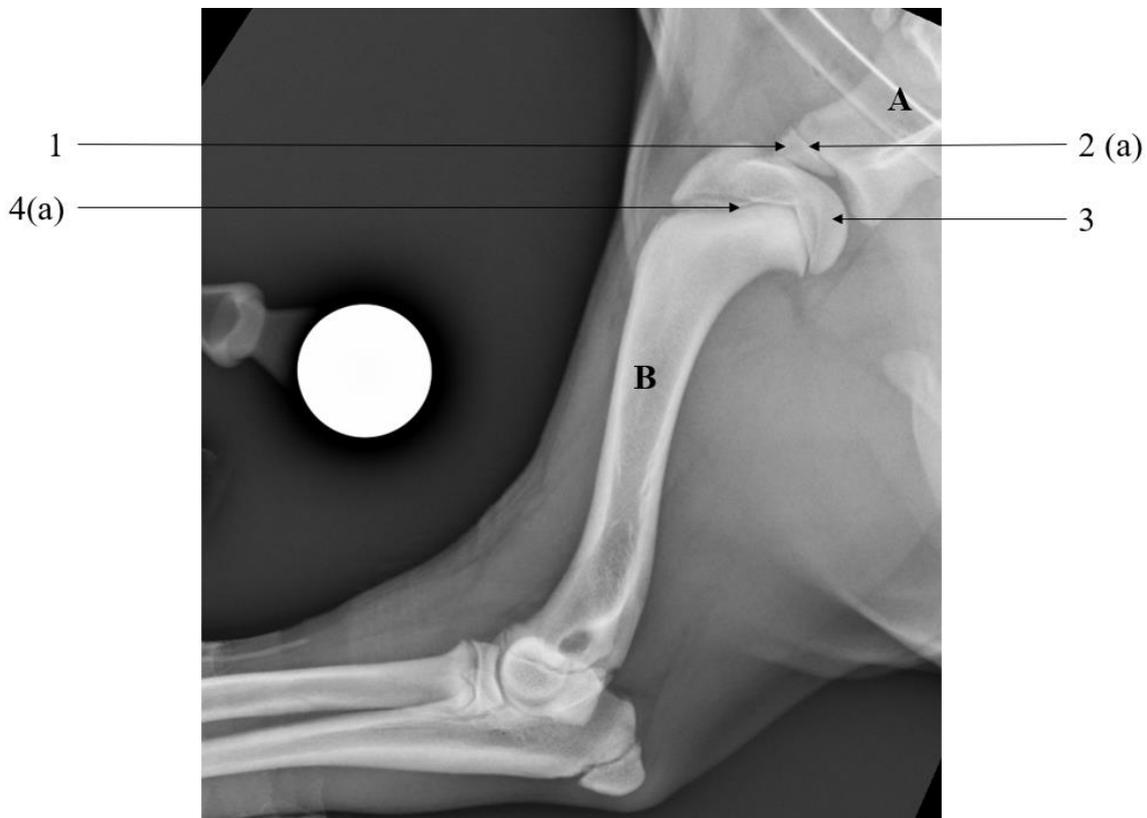


Figure 28 : Radiographie de l'épaule gauche (incidence médio-latérale) d'un chiot croisé Labrador et Border Collie mâle entier de 16 semaines.

A = Scapula, B = Humérus, 1 = épiphyse du tubercule supra-glénoïdien, 2(a) = CO du tubercule supra-glénoïdien, 3 = épiphyse proximale de l'humérus, 4(a) = CO de l'épiphyse proximale de l'humérus

(Source radiographie : Imagerie VetAgro Sup)

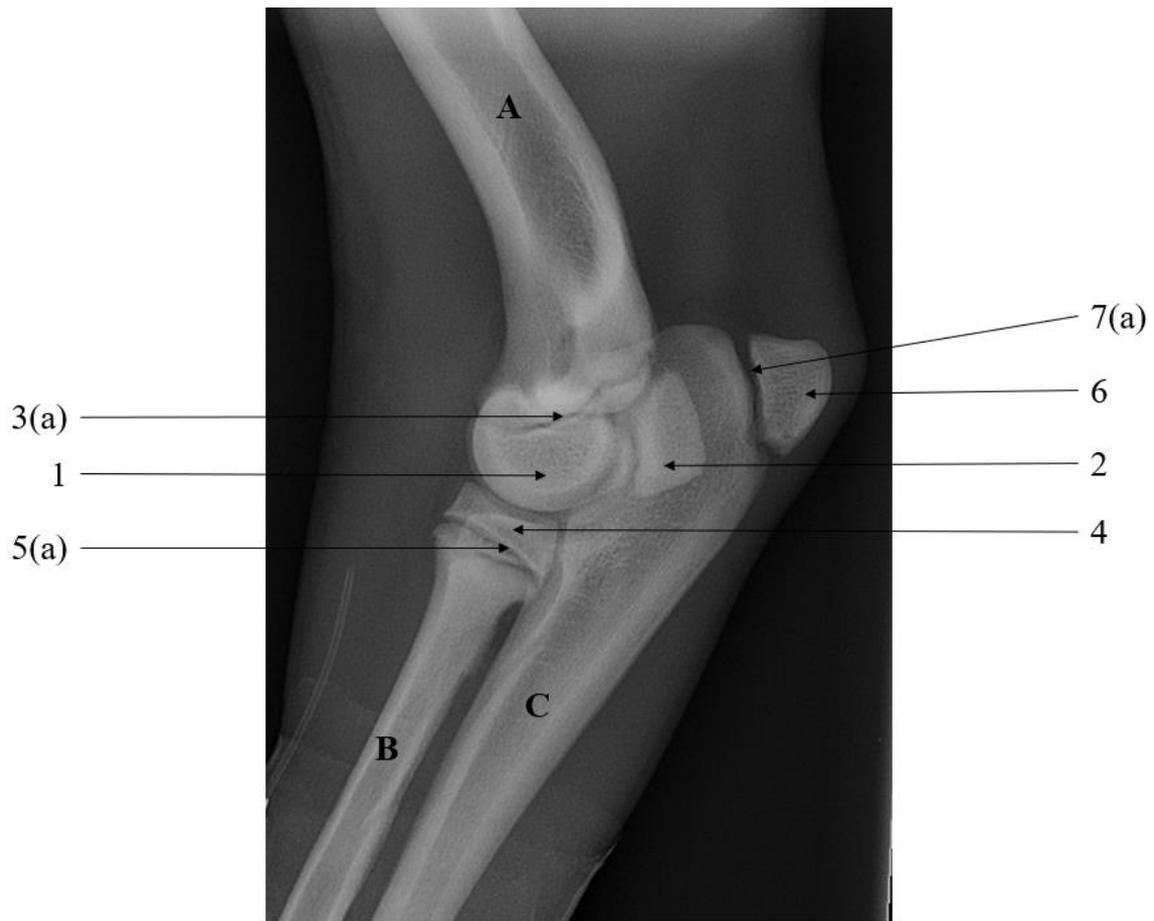


Figure 29 : Radiographie du coude gauche (incidence médio-latérale) d'un chiot Berger Australien femelle entière de 12 semaines.

A = Humérus, B = Radius, C = Ulna, 1 = épiphyse distale de l'humérus, 2 = épiphyse de l'épicondyle médial de l'humérus, 3(a) = CO de l'épicondyle médial et de l'épiphyse distale de l'humérus, 4 = épiphyse proximale du radius, 5(a) = CO de l'épiphyse proximale du radius, 6 = tubérosité de l'olécrâne, 7(a) = CO de la tubérosité de l'olécrâne
 (Source radiographie : Imagerie VetAgro Sup)

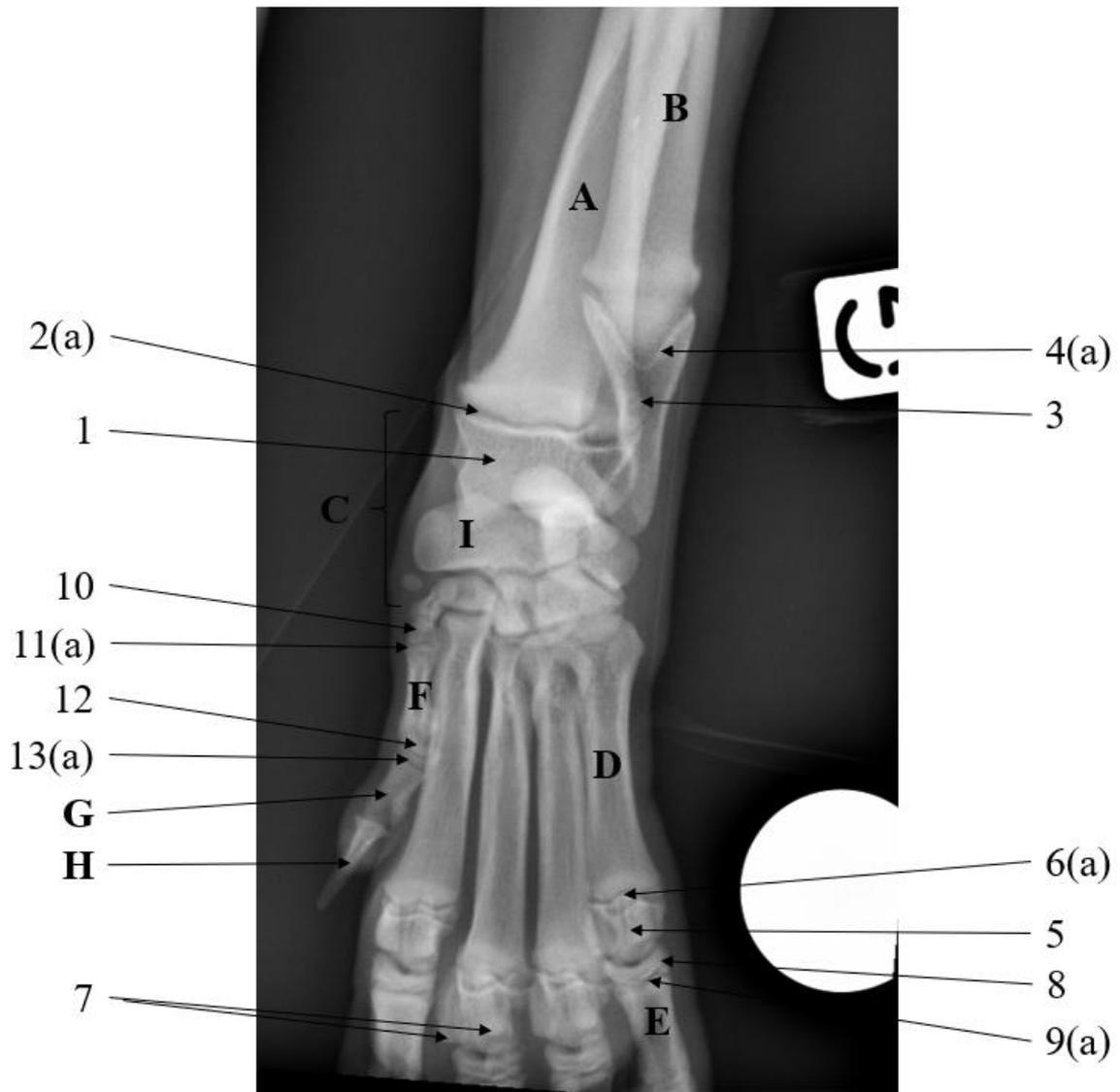


Figure 30 : Radiographie du carpe gauche (incidence dorso-palmaire) d'un chiot croisé Labrador et Epagneul femelle entière de 15 semaines.

A = Radius, B = Ulna, C = Carpe, D = Métacarpe (MC) 5, E = 1^e phalange doigt (D) 5, F = MC 1, G = 1^e phalange D1, H = 2^e phalange D1, I = os scapho-lunaire, 1 = épiphyse distale du radius, 2(a) = CO de l'épiphyse distale du radius, 3 = épiphyse distale de l'ulna, 4(a) = CO de l'épiphyse distale de l'ulna, 5 = épiphyse distale MC 5, 6(a) = CO de l'épiphyse distale de MC 5, 7 = os sésamoïde palmaire, 8 = épiphyse proximale 1^e phalange D5, 9(a) = CO de l'épiphyse proximale 1^e phalange D5, 10 = épiphyse proximale MC 1, 11(a) = CO de l'épiphyse proximale de MC 1, 12 = épiphyse proximale 1^e phalange D1, 13(a) = CO de l'épiphyse proximale 1^e phalange D1

(Source radiographie : Imagerie VetAgro Sup)

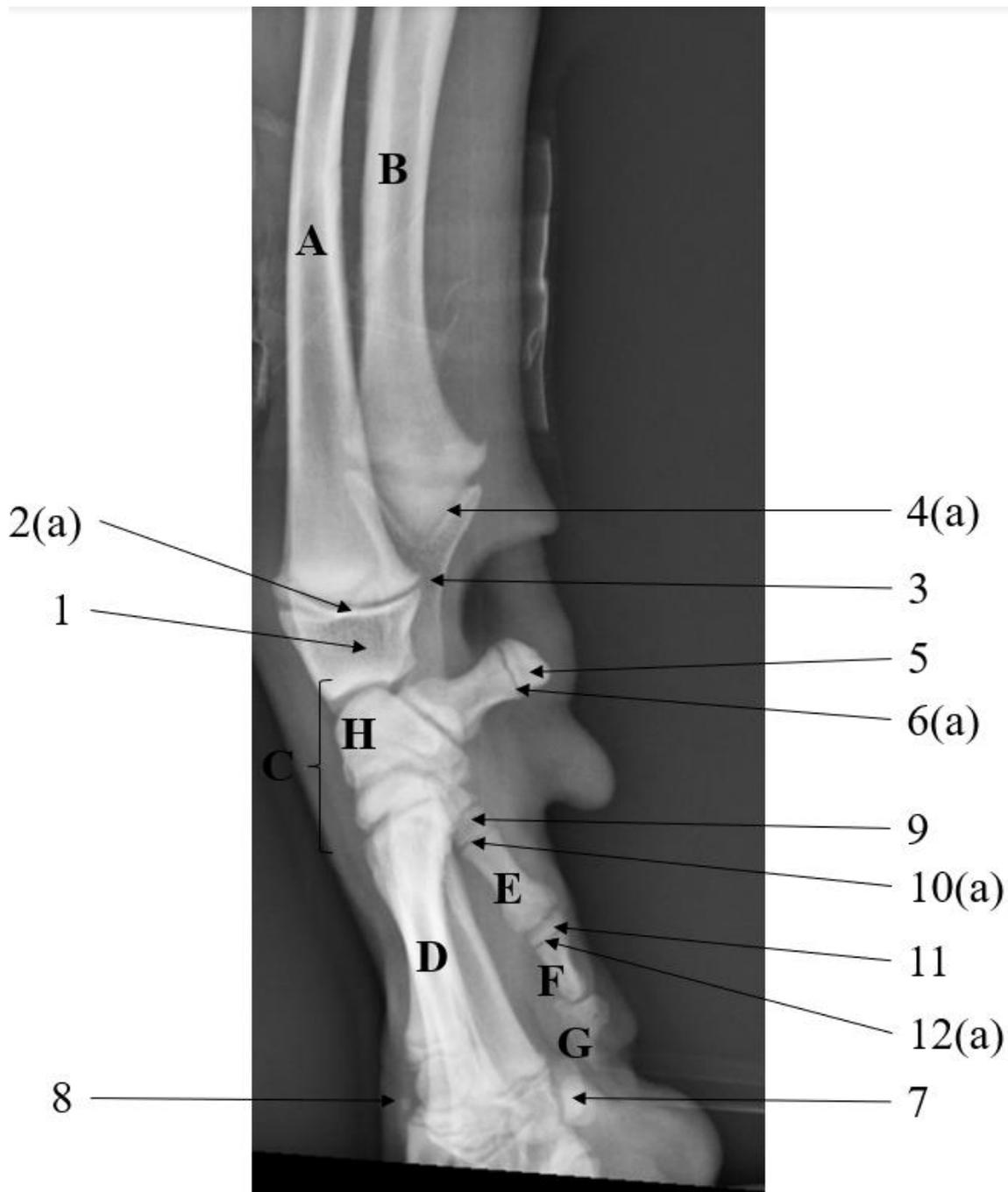


Figure 31 : Radiographie du carpe droit (incidence médio-latérale) d'un chiot croisé Labrador et Epagneul femelle entière de 15 semaines.

A = Radius, B = Ulna, C = Carpe, D = MC 5, E = MC 1, F = 1^e phalange D1, G = 2^e phalange D1, H = os scapho-lunaire, 1 = épiphyse distale du radius, 2(a) = CO de l'épiphyse distale du radius, 3 = épiphyse distale de l'ulna, 4(a) = CO de l'épiphyse distale de l'ulna, 5 = épiphyse de l'os accessoire, 6(a) = CO de l'épiphyse de l'os accessoire, 7 = os sésamoïde palmaire, 8 = os sésamoïde dorsal associé aux D3 et 4, 9 = épiphyse proximale MC 1, 10(a) = CO de l'épiphyse proximale de MC 1, 11 = épiphyse proximale 1^e phalange D1, 12(a) = CO de l'épiphyse proximale 1^e phalange D1
 (Source radiographie : Imagerie VetAgro Sup)

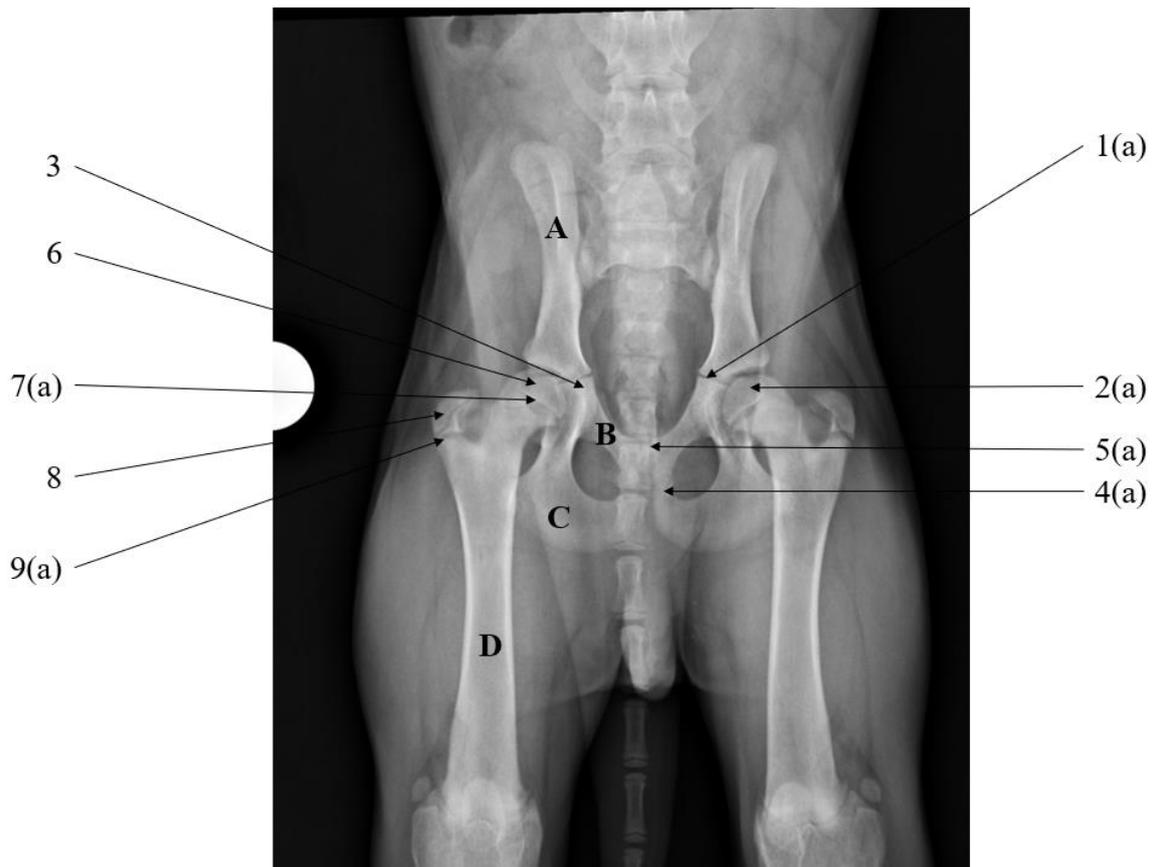


Figure 32 : Radiographie du bassin (incidence ventro-dorsale) d'un chiot Samoyède mâle entier de 15 semaines.

A = Ilium, B = Pubis, C = Ischium, D = Fémur, 1(a) = CO ilio-pubien, 2(a) = CO ilio-ischiatique (peu visible avec la superposition de la tête fémorale), 3 = Emplacement de l'os acétabulaire (CO fermé à 15 semaines), 4(a) = CO ischio-pubien, 5(a) = CO de la symphyse pubienne, 6 = tête fémorale, 7(a) = CO de la tête fémorale, 8 = grand trochanter, 9(a) = CO du grand trochanter

(Source radiographie : Imagerie VetAgro Sup)

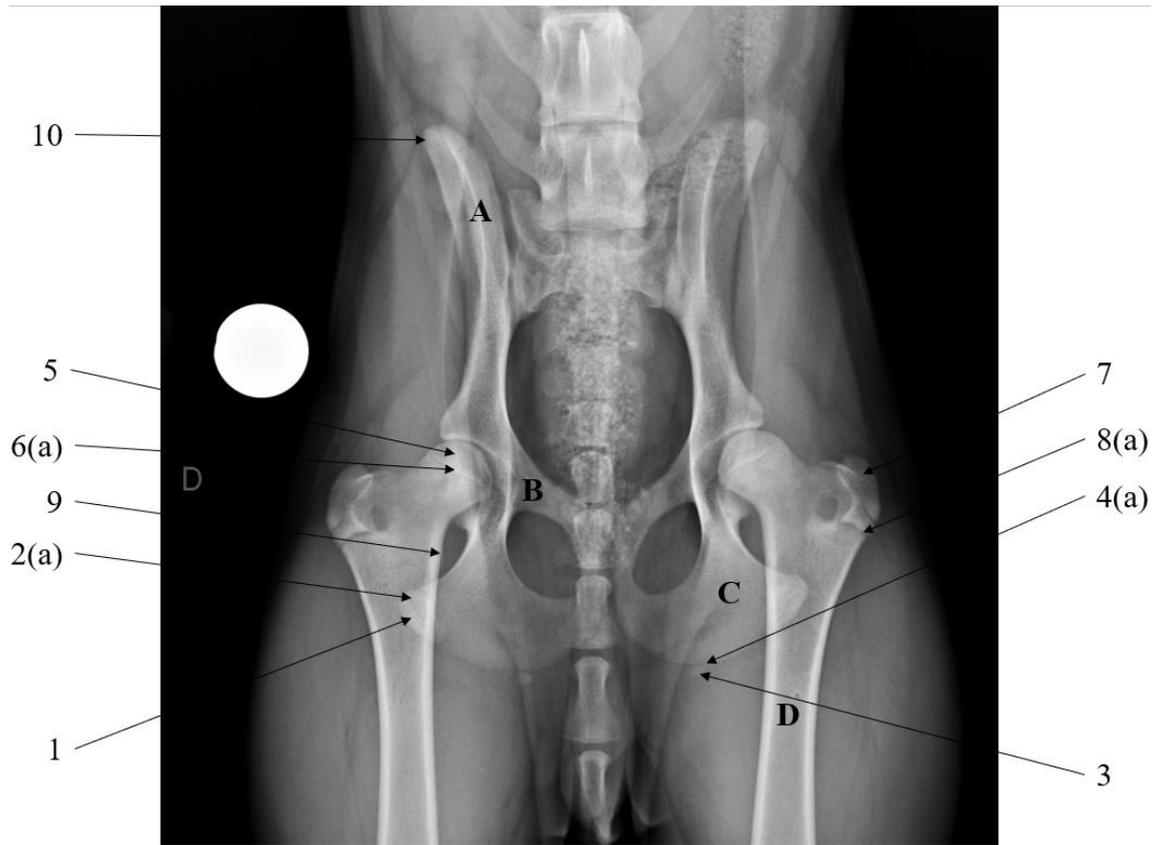


Figure 33 : Radiographie du bassin (incidence ventro-dorsale) d'un chiot croisé Berger allemand mâle entier de 30 semaines.

A = Ilium, B = Pubis, C = Ischium, D = Fémur, 1 = tubérosité ischiatique, 2(a) = CO de la tubérosité ischiatique, 3 = centre de l'arcade ischiatique, 4(a) = CO de l'arcade ischiatique, 5 = tête fémorale, 6(a) = CO de la tête fémorale, 7 = grand trochanter, 8(a) = CO du grand trochanter, 9 = emplacement du petit trochanter, 10 = crête iliaque
 (Source radiographie : Imagerie VetAgro Sup)

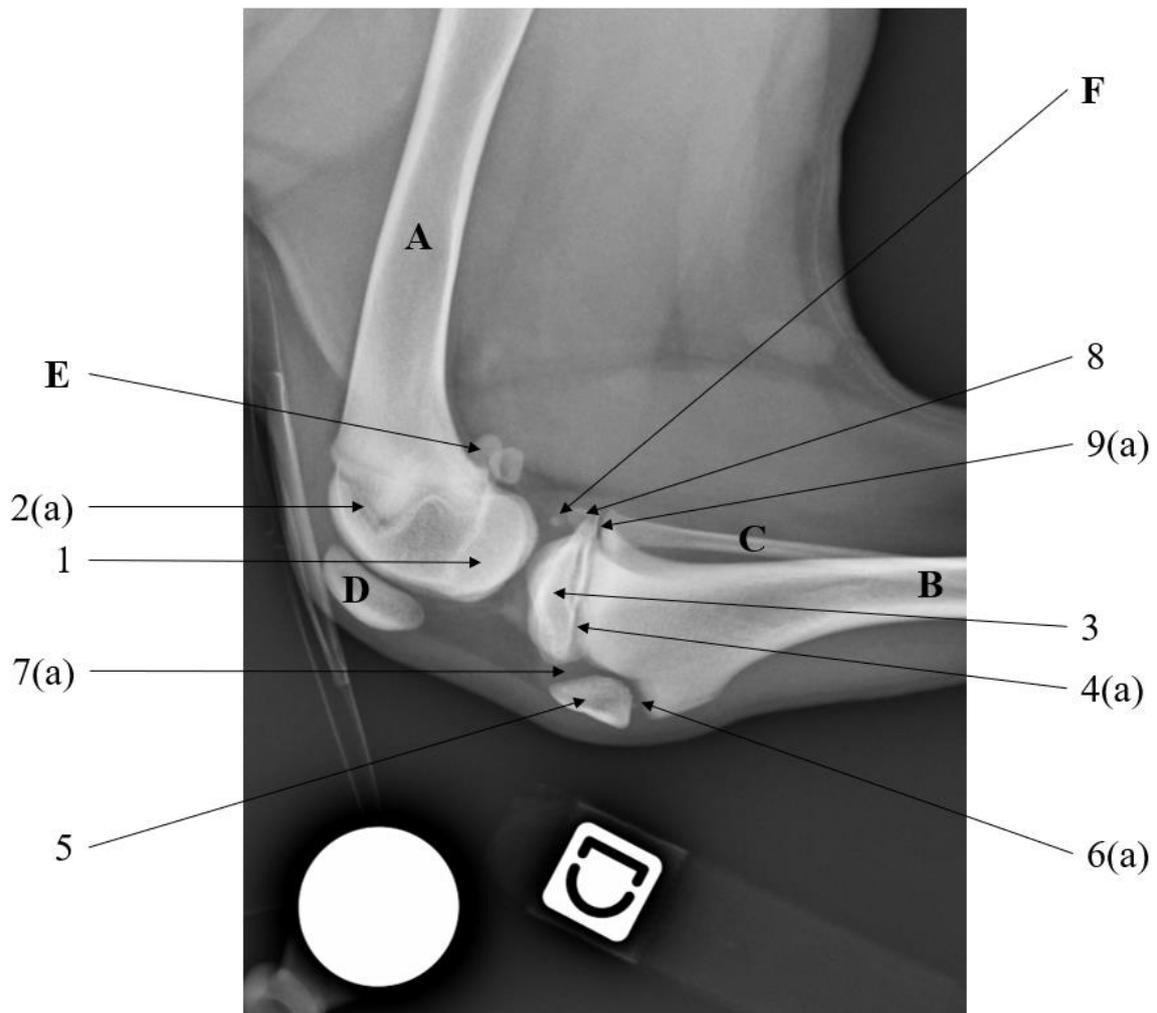


Figure 34 : Radiographie du grasset droit (incidence médio-latérale) d'un chiot croisé Labrador et Epagneul femelle entière de 15 semaines.

A = Fémur, B = Tibia, C = Fibula, D = Patella, E = Fabella (os sésamoïdes) du muscle gastrocnémien, F = Fabella (os sésamoïdes) du muscle poplité, 1 = épiphyse distale du fémur, 2(a) = CO de l'épiphyse distale du fémur, 3 = épiphyse proximale du tibia, 4(a) = CO de l'épiphyse proximale du tibia, 5 = tubérosité tibiale, 6(a) = CO de la tubérosité tibiale (à la diaphyse proximale), 7(a) = CO de la tubérosité tibiale (à l'épiphyse proximale), 8 = épiphyse proximale de la fibula, 9(a) = CO de l'épiphyse proximale de la fibula
 (Source radiographie : Imagerie VetAgro Sup)

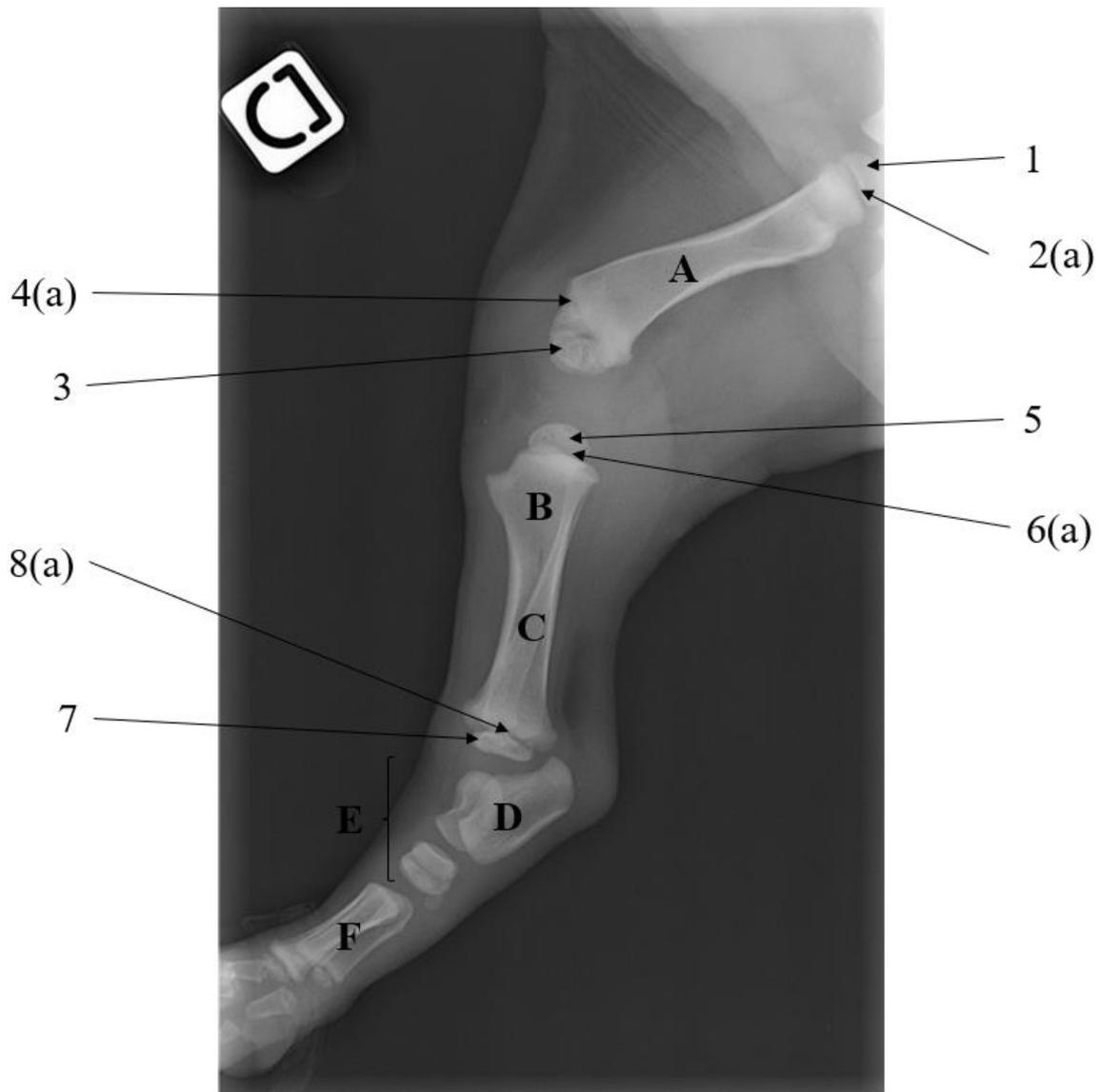


Figure 35 : Radiographie du grasset et du tarse droits (incidence médio-latérale) d'un Terre-neuve de 32 jours.

A = Fémur, B = Tibia, C = Fibula, D = Calcanéum, E = Tarse (seuls le talus, le corps du calcanéum, l'os central et l'os IV du tarse sont visibles), F = Métacarpes, 1 = tête fémorale, 2(a) = CO de la tête fémorale, 3 = épiphyse distale du fémur, 4(a) = CO de l'épiphyse distale du fémur, 5 = épiphyse proximale du tibia, 6(a) = CO de l'épiphyse proximale du tibia, 7 = épiphyse distale du tibia, 8(a) = CO de l'épiphyse distale du tibia
 (Source radiographie : Imagerie VetAgro Sup)

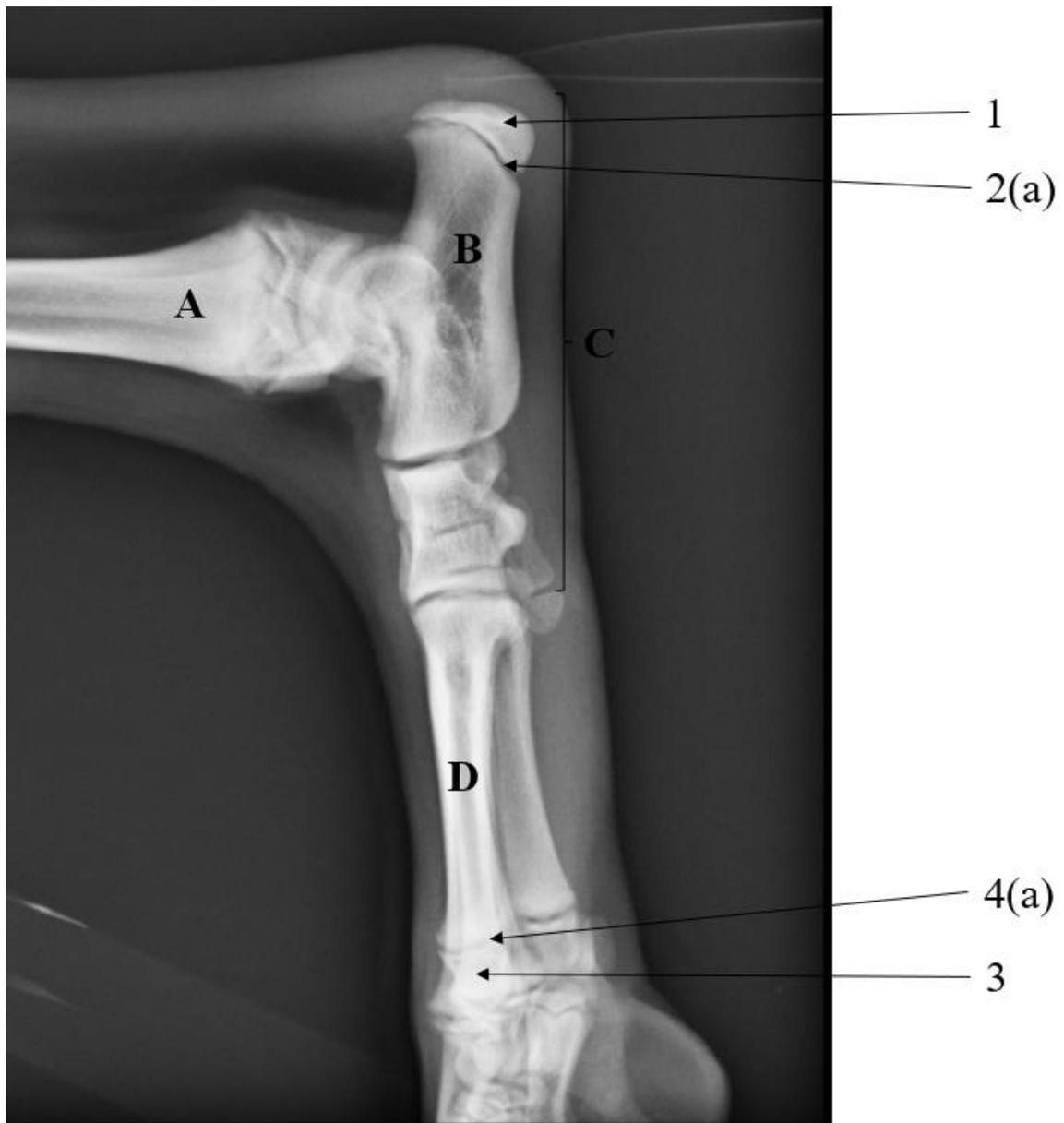


Figure 36 : Radiographie du tarse droit (incidence médio-latérale) d'un chiot croisé Labrador et Epagneul femelle entière de 15 semaines.
A = Tibia, B = Calcaneum, C = Tarse, D = MT 5, 1 = tubérosité calcanéenne, 2(a) = CO de la tubérosité calcanéenne, 3 = épiphyse distale MT 5, 4(a) = CO de l'épiphyse distale de MT

5

(Source radiographie : Imagerie VetAgro Sup)

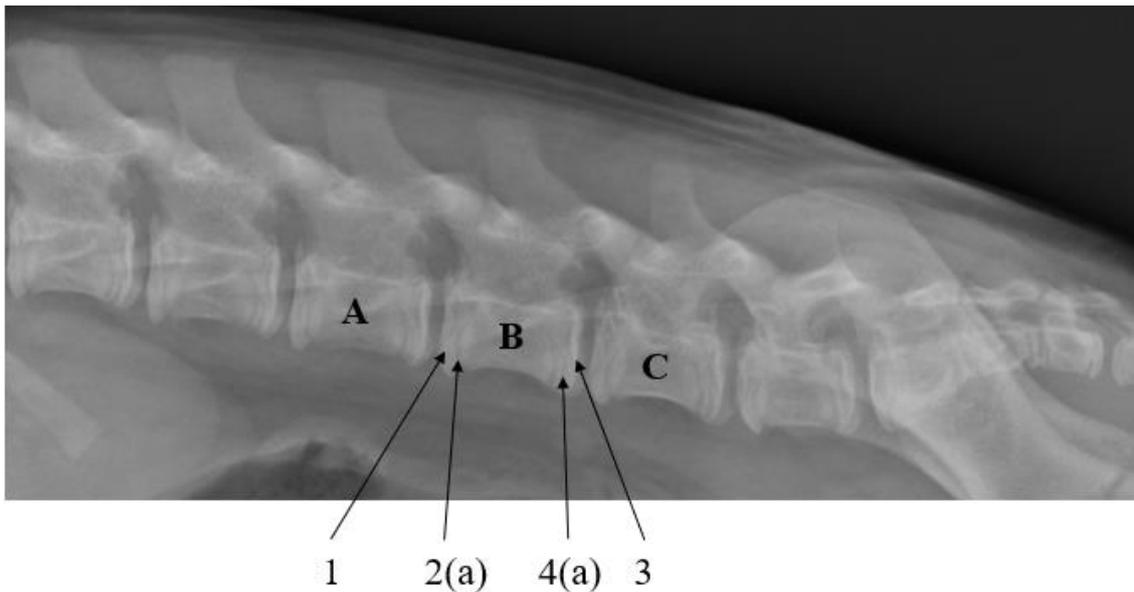


Figure 37 : Radiographie des vertèbres lombaires (incidence latérale) d'un chiot Samoyède mâle entier de 15 semaines.

A = 4^e vertèbre lombaire, B = 5^e vertèbre lombaire, C = 6^e vertèbre lombaire, 1 = épiphyse crâniale de la 5^e vertèbre lombaire, 2(a) = CO de l'épiphyse crâniale de la 5^e vertèbre lombaire, 3 = épiphyse caudale de la 5^e vertèbre lombaire, 4(a) = CO de l'épiphyse caudale de la 5^e vertèbre lombaire

(Source radiographie : Imagerie VetAgro Sup)

4. Conclusions sur l'intérêt des centres d'ossification

L'utilisation de la radiographie pour visualiser les différents cartilages de conjugaison présente de nombreux avantages pour estimer l'âge d'un chien ou d'un chat. Il s'agit en effet d'un examen peu invasif, facilement et rapidement réalisable et ne nécessitant qu'un appareil de radiographie, présent dans de nombreuses structures vétérinaires. Les cartilages de conjugaison sont la plupart du temps bien visibles sur les radiographies.

Certains centres d'ossification ont des fenêtres temporelles d'apparition et/ou de fermetures assez étroites et, en couplant l'observation de plusieurs centres d'ossification, cette technique peut permettre d'approcher l'âge de l'animal avec une assez bonne précision.

De plus, certains centres d'ossification ont des fermetures assez tardives (jusqu'à quatre ans) et permettent d'estimer l'âge d'animaux plus âgés, par rapport à d'autres méthodes présentées précédemment. Enfin, aucune différence entre les sexes n'a été rapportée vis-à-vis de cette technique (38).

L'utilisation des centres d'ossification présente cependant un inconvénient majeur résidant dans la grande variabilité des données présentes dans la littérature. Ces différences peuvent s'expliquer par exemple par le fait que les auteurs déterminent différemment le moment de fermeture des cartilages de conjugaison : on observe en effet, dans un premier temps, la disparition de la ligne radiotransparente correspondant au cartilage de conjugaison mais la

délimitation entre les deux parties d'os persiste et ne disparaît que dans un second temps. Très peu de données intermédiaires entre le début d'apparition d'un centre d'ossification et sa fermeture complète sont disponibles (5).

La race influence les périodes d'apparition et de fermeture des centres d'ossification. Les chiens de petit format se situent plutôt au début des intervalles indiqués, tandis que les chiens de grand format se situent vers la fin de ces intervalles, voire au-delà pour les chiens de races géantes (38). De nombreuses variations interraciales sont donc présentes mais il existe également des variations individuelles, d'autant plus importantes au fur et à mesure que l'animal vieillit (d'où des intervalles plus larges) (38).

D'autres facteurs de variations dans l'apparition et la fermeture des centres d'ossification existent, notamment des facteurs nutritionnels, hormonaux, génétiques ou traumatiques (4, 38).

Enfin, certains centres d'ossification, notamment ceux des os du crâne sont peu visibles sur les radiographies à cause de superpositions importantes et nécessiteront des examens plus poussés, tels que l'examen tomographique.

V. Les méthodes d'estimation de l'âge via l'examen oculaire

1. Utilisation des reflets oculaires

a) Principes des reflets oculaires

En 2000, l'équipe de Tobias (2) a publié un article décrivant une méthode d'estimation de l'âge utilisant les reflets lumineux visualisables sur la cornée lorsqu'une source de lumière focale est dirigée sur l'œil. Ces reflets oculaires ont été décrits au 19^e siècle par Jan Evangelista Purkinje. Lorsqu'un rayon lumineux est dirigé sur l'œil, il est partiellement réfléchi au niveau des surfaces antérieures et postérieures de la cornée et du cristallin. Ces réflexions forment des points lumineux visibles à l'œil nu.

Chez le chien et le chat jeunes adultes, trois reflets sont ainsi visibles. Le reflet noté « C » est le plus grand et le plus lumineux et est visible en regard de l'iris. Il correspond à la réflexion du rayon lumineux sur la surface antérieure de la cornée. Il n'est pas utilisé dans la détermination de l'âge.

Les reflets notés « La » et « Lb » correspondent à la réflexion de la lumière sur la surface antérieure (La) et postérieure (Lb) du cristallin. Ils forment des points lumineux ponctiformes et sont situés dans la moitié inférieure (La) et supérieure (Lb) de la cornée (Figure 38).

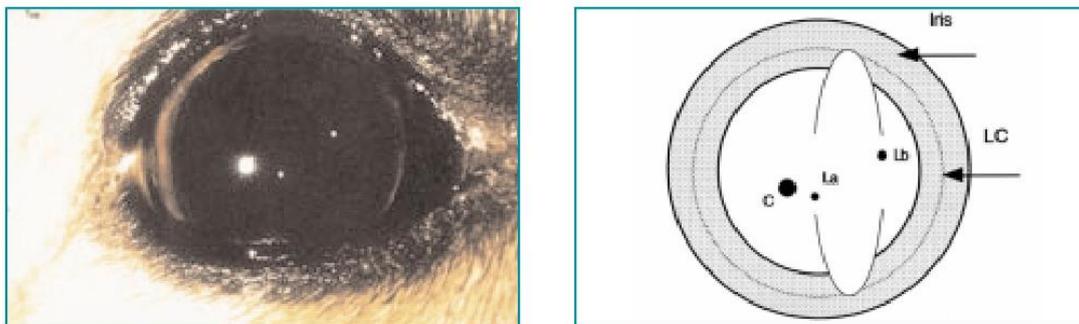


Figure 38 : Photographie des reflets oculaires C, La et Lb chez un chien jeune adulte et schéma correspondant. LC = circonférence du cristallin (Source : (2))

Lors du vieillissement de l'animal, des modifications cellulaires et biochimiques sont à l'origine d'une augmentation de la taille du centre (ou noyau) du cristallin. Ces modifications ont pour conséquence l'apparition de reflets oculaires supplémentaires, chez le chien et le chat à partir de l'âge de quatre ans. Ces reflets correspondent à la réflexion du rayon lumineux sur les surfaces antérieure (La') et postérieure (Lb') du noyau du cristallin. Ces réflexions nucléaires ont des formes variables (circulaires, ovales, triangulaires ou linéaires) et sont plus proches du centre de la cornée par rapport aux reflets La et Lb (Figure 39).

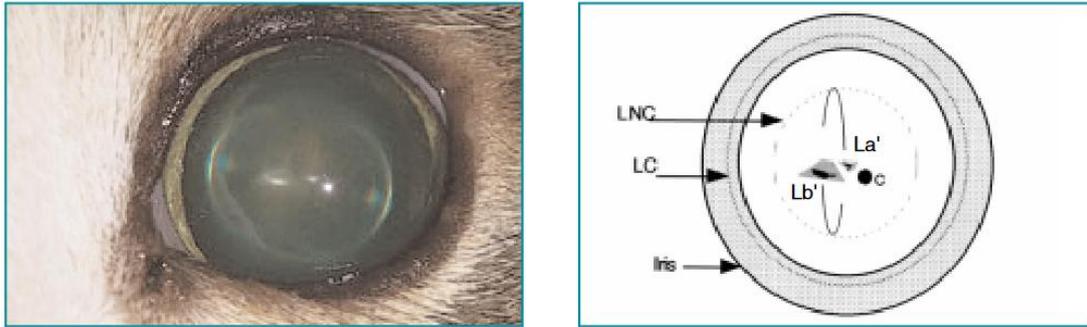


Figure 39 : Photographie des reflets oculaires C, La' et Lb' chez un chat âgé de 14 ans et schéma correspondant. LC = circonférence du cristallin, LNC = circonférence du noyau du cristallin (Source : (2))

b) Conditions d'observation des reflets oculaires

Les animaux sont placés dans une pièce sombre. Une lampe-stylo est utilisée comme source lumineuse, placée à environ 20 cm de la cornée et dirigée vers l'œil. Si la lampe est trop proche de l'œil, le diamètre des reflets seront augmentés.

La source lumineuse peut être déplacée pour identifier plus facilement les différents reflets, en restant en-dessous d'un angle de 45° avec l'axe optique. En effet, La et La' se déplacent dans le même sens que la source lumineuse tandis que Lb et Lb' se déplacent en sens opposé.

c) Détermination de l'âge en utilisant les reflets oculaires

Les réflexions sur les surfaces antérieure et postérieure du cristallin, La et Lb, restent toujours présentes, quel que soit l'âge de l'animal, mais sont moins visibles au fur et à mesure que les réflexions nucléaires du cristallin, La' et Lb', se développent.

Lb' apparaît vers l'âge de quatre ans. Chez les animaux entre 4 et 7 ans, trois reflets sont donc visibles : les réflexions dues au cristallin (La et Lb) et celle due à la surface postérieure du noyau de cristallin (Lb'). La réflexion sur la surface antérieure du noyau du cristallin (La') devient visible à partir de l'âge de 7 ans environ. Peu après cet âge, La et Lb sont éclipsées par La' et Lb', de plus en plus visibles, et seules les réflexions nucléaires persistent.

Tobias (2) a ainsi proposé, à partir de la mesure du diamètre des réflexions nucléaires La' et Lb', des intervalles d'âges associés pour les chiens et les chats (Tableaux XVI et XVII).

Tableau XVI : Estimation de l'âge du chien en fonction du diamètre des reflets oculaires nucléaires (d'après (2))

Âge du chien	Diamètre des reflets sur les surfaces antérieures du cristallin (La) et de son noyau (La')	Diamètre des reflets sur les surfaces postérieures du cristallin (Lb) et de son noyau (Lb')
0 – 4 ans	La = punctiforme	Lb = punctiforme
4 – 7 ans	La = punctiforme	Lb' = 1 – 2 mm
7 – 8,2 ans	La' = 1 mm	Lb' = 2,5 mm
8,3 – 10 ans	La' = 2 mm	Lb' = 3 mm
10 – 12 ans		
12 – 15 ans	La' = 3 mm	Lb' = 4 mm
> 15 ans	La' = 3,5 – 4 mm	

Tableau XVII : Estimation de l'âge du chat en fonction du diamètre des reflets oculaires nucléaires (d'après (2))

Âge du chat	Diamètre des reflets sur les surfaces antérieures du cristallin (La) et de son noyau (La')	Diamètre des reflets sur les surfaces postérieures du cristallin (Lb) et de son noyau (Lb')
0 – 4,5 ans	La = punctiforme	Lb = punctiforme
4,6 – 7,5 ans	La = punctiforme	Lb' = 0,7 – 2 mm
7,6 – 9 ans	La' = 1 mm	Lb' = 2 mm
9 – 13 ans	La' = 1,5 mm	Lb' = 2,5 mm
13 – 15 ans	La' = 2 mm	Lb' = 3 mm
> 15 ans	La' = 3 mm	Lb' = 4 mm

2. Utilisation de la sclérose du cristallin

Tobias (2) et d'autres auteurs (29, 32) ont décrit des modifications de l'apparence du cristallin au cours du vieillissement de l'animal. Originellement transparent, le cristallin peut progressivement apparaître bleu-gris chez l'animal âgé, c'est la sclérose du cristallin. L'opacification débute généralement par le centre du noyau du cristallin. Tobias (2) a décrit quatre stades d'opacification, le cinquième correspondant à un état pathologique : la cataracte. Tobias a ainsi proposé des âges d'apparition de ces différents stades d'opacification chez le chien et le chat. Nous ne mentionnerons ici que les résultats proposés chez le chien (Tableau XVIII) car la méthode est beaucoup moins sensible chez le chat (2).

Ces résultats sont en accord avec ceux d'autres auteurs, notamment Monnereau (32) qui a également décrit un début de sclérose du cristallin après huit à neuf ans d'âge. Monnereau a également mentionné que la dépigmentation de l'iris est un signe majeur de vieillissement, sans toutefois donner d'âge précis.

Tableau XVIII : Estimation de l'âge du chien en fonction du stade de sclérose du cristallin (d'après (2))

Âge du chien	Stade de sclérose	Aspect du cristallin
0 – 7 ans	I	Transparent
7 – 8,2 ans	II	Début d'opacification (aspect de verre poli)
8,3 – 12 ans	III	Sclérose légère (bleu-gris très pâle)
> 12 ans	IV	Sclérose modérée (bleu-gris pâle)

3. Utilisation de l'évolution de la courbure de la cornée

En 2021, une étude (82) s'est intéressée à l'évolution de la courbure de la cornée chez le chaton. La courbure a été mesurée grâce à un kératomètre entre neuf et 67 semaines d'âge. Les auteurs ont mis en évidence que la courbure de la cornée décroissait avec l'âge (54,51 dioptries à neuf semaines, 44,95 dioptries à cinq mois) avec l'apparition d'un plateau vers un an (39 dioptries environ chez le chat adulte). Ils ont ainsi déterminé une formule reliant la courbure de la cornée K (en dioptries) avec l'âge en semaines (w) :

$$K = 39,83 + 26,87 e^{-0,074 w} \quad \text{et} \quad w = \frac{-\log \frac{K-39,83}{26,87}}{0,074}$$

4. Utilisation de la masse du cristallin

Plusieurs études (44, 46, 47) sur des espèces de la faune sauvage ont montré l'intérêt de déterminer la masse du cristallin pour estimer l'âge d'un individu. Cette méthode permettait essentiellement de séparer les individus juvéniles des individus matures. Elle a cependant peu d'intérêt en pratique vétérinaire courante où il semble inconcevable de pratiquer une énucléation dans le but de déterminer l'âge approximatif d'un animal.

5. Conclusions sur l'intérêt de l'examen oculaire

La méthode utilisant les reflets oculaires proposée par Tobias (2) semble intéressante car elle permettrait de donner un intervalle d'âge sur des animaux âgés de plus de quatre ans, ce que peu des techniques présentées jusqu'ici permettaient de faire. Elle ne nécessite pas d'équipement très spécifique et ne semble pas nécessiter un long apprentissage. Dans une étude antérieure de Tobias, conduite sur 85 chiens de cinq races différentes et 73 chats, les auteurs ont conclu qu'il était possible de déterminer l'âge d'un chien et d'un chat à plus ou moins 1,7 ans près avec un degré de confiance de 75% en combinant les observations des reflets oculaires et de la sclérose du cristallin.

Des erreurs peuvent cependant survenir d'un mauvais positionnement de la source lumineuse (trop proche de l'œil ou avec un angle d'incidence trop important). D'autres variables sont également présentes : le diamètre de la source lumineuse, son intensité, l'obscurité de la pièce... Des anomalies oculaires (de la cornée ou du cristallin, par exemple une cataracte) peuvent également faire varier les mesures, voire les rendre impossibles.

Très peu d'autres auteurs (29) ont mentionné l'intérêt des reflets oculaires dans la détermination de l'âge du chien et du chat. De plus, la précision des mesures nécessaire décrite par Tobias (augmentation du diamètre des reflets La' et Lb' de seulement un millimètre entre 7,6 ans et 15 ans chez le chat par exemple, sachant que les reflets ne sont pas forcément circulaires) pose question. Des études supplémentaires seront donc nécessaires pour permettre de préciser l'intérêt de cette technique.

Concernant l'utilisation de la sclérose du cristallin, la méthode semble très peu précise et devrait nécessairement être combinée à d'autres éléments.

Concernant l'évolution de la courbure de la cornée, les deux inconvénients majeurs sont la nécessité d'un matériel d'ophtalmologie assez spécifique et l'absence d'évolution après un an d'âge. Là encore, d'autres études seront nécessaires pour possiblement développer cette méthode.

VI. Le développement de l'appareil reproducteur dans la détermination de l'âge

1. Mise en place des testicules dans le scrotum

Selon les auteurs, la descente testiculaire dans le scrotum a lieu entre quatre et huit semaines d'âge chez les chiots et les chatons (11, 16, 18, 83). Les testicules peuvent cependant rester assez mobiles dans les semaines suivant la descente dans le scrotum. Chez le chien, la fermeture de l'anneau inguinal ayant lieu vers six mois, aucun diagnostic de cryptorchidie ne peut être posé avant.

2. Apparition des comportements de maturité sexuelle

Chez la chatte, les comportements d'œstrus (chaleurs) apparaissent généralement entre cinq et sept mois (jusqu'à 12 mois) mais peuvent être plus précoces, dès l'âge de quatre mois (16, 18, 83). L'apparition de ce comportement peut être plus tardif chez certaines chattes nées en été dans l'hémisphère nord (83).

De la même manière, les comportements sexuels chez le chat mâle apparaissent généralement entre neuf et 12 mois mais sont possibles dès 4,5 mois (16). Le comportement de marquage peut être acquis dès 19 semaines (environ 4,3 mois) (16, 18).

Chez la chienne, les comportements d'œstrus apparaissent généralement entre six et 10 mois mais sont généralement plus tardifs dans les races géantes : jusqu'à 12 à 18 mois (83).

3. Conclusions sur l'intérêt du développement de l'appareil reproducteur

La descente testiculaire est un élément facilement détectable à l'examen clinique du chien ou du chat. La période de mise en place des testicules dans le scrotum couvre toutefois plusieurs semaines et des risques de cryptorchidie sont possibles.

La période d'apparition des comportement sexuels est très large et peut varier en fonctions de facteurs saisonnier, raciaux ou individuels. De plus, ces comportements sont plus ou moins marqués et visibles selon les individus.

Le développement de l'appareil reproducteur peut donc permettre de donner une idée de l'âge de l'animal mais il ne s'agit pas d'une méthode suffisamment précise pour se suffire à elle-même.

VII. La canitie dans la détermination de l'âge

La canitie se définit par la décoloration du poil, avec une première phase de grisonnement puis un blanchissement pileux. Il s'agit d'un phénomène associé à l'âge chez l'Homme mais également chez le chien et le chat.

Différents auteurs (29, 32) ont rapporté que les premiers poils blancs apparaissent chez le chien au niveau des lèvres et du menton vers quatre à cinq ans. L'extension de la canitie se fait ensuite vers le reste de la tête, atteignant les sourcils vers huit ans, le front et les oreilles vers 10 ans puis l'entièreté de la tête vers 13 ans. La progression s'effectue ensuite caudalement en touchant la région cervicale, les membres thoraciques puis le reste du corps.

Cette méthode d'estimation de l'âge reste extrêmement imprécise et dépend fortement de facteurs individuels, environnementaux (stress environnemental important) et raciaux, la canitie étant absente dans certaines races comme le Terre-neuve (29).

VIII. L'âge biologique : déterminer l'âge en analysant l'ADN

1. Définition de l'âge biologique

L'âge biologique se détermine par l'analyse des modifications de l'ADN (modifications de la longueur des télomères, réarrangement de l'ADN des lymphocytes T, changements dans la méthylation de l'ADN...) au cours du temps (5).

La méthylation de l'ADN au niveau des dinucléotides cytosine-guanine (voir encadré) est une des modifications les plus étudiées en épigénétique (84) et plusieurs études ont montré qu'il s'agissait d'un des marqueurs les plus précis de l'âge (85, 86). Pour rappel, l'épigénétique se définit comme la « branche de la génétique qui étudie les variations dans l'activité des gènes induites par l'environnement » (Définition du *Larousse*).

De nombreuses études sur le sujet ont été conduites ces dernières années, notamment chez l'Homme dans le cadre de la médecine légale (84, 87). Chez les animaux, des études ont été conduites chez les primates, les petits mammifères, les oiseaux, les cétacés ou les reptiles (86, 88, 89) mais peu d'entre elles ont concerné les carnivores domestiques.

La méthylation des dinucléotides cytosine-guanine CpG (84)

La méthylation de l'ADN correspond à une modification épigénétique réversible et se fait principalement sur les cytosines lorsqu'elles sont suivies d'une guanine, formant ainsi un dinucléotide cytosine-guanine (noté CpG). On notera que, dans ce cas, les deux nucléotides sont situés à la suite sur le même brin d'ADN et non pas en face l'un de l'autre sur des brins d'ADN complémentaires. Le groupement méthyl (CH_3) se situe sur le 5^e carbone de la cytosine (Figure 40).

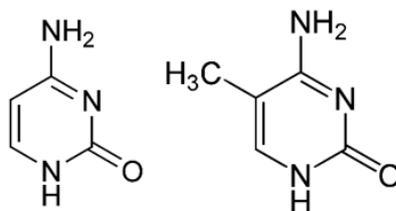


Figure 40 : Structures de la cytosine (à gauche) et de la 5-méthylcytosine (à droite)
(Sources : Wikipédia pages « Cytosine » et « 5-Méthylcytosine »)

Les dinucléotides ne sont pas répartis aléatoirement au sein du génome et se concentrent généralement dans les régions promotrices des gènes, permettant la régulation de leur expression. Les régions riches en dinucléotides CpG sont appelées « îlots CpG ».

2. Utilisation de l'âge biologique chez le chien et le chat

En 2016, une étude portant sur l'influence de l'âge sur le taux global de méthylation de l'ADN chez le chien (90) a révélé des différences significatives dans les taux de méthylation du génome entre les différentes classes d'âge : entre les chiots (moins de neuf mois) et les adolescents (neuf à 15 mois) ainsi qu'entre les adultes (15 mois à huit ans) et les chiens âgés (plus de huit ans) avec un taux de méthylation de plus en plus important chez le chien vieillissant. La quantification du taux de méthylation de l'ADN a été réalisée par test ELISA.

Un an plus tard, une autre étude (91) a tenté de dresser une horloge de vieillissement épigénétique chez les canidés (chiens et loups) en utilisant cette fois un nombre plus élevé d'individus et de sites CpG (46 chiens et 41 sites CpG). La corrélation entre âge biologique et âge chronologique en combinant les chiens et les loups était alors très précise, avec un écart absolu médian de 0,8 ans.

Cette étude s'est également intéressée aux différences de vieillissement entre les races, s'appuyant sur le fait que les chiens de petite taille vivent en moyenne plus longtemps que les grandes races. Une corrélation positive a effectivement été démontrée entre l'accélération du vieillissement et le poids de la race, sans toutefois être significative, certainement en raison du faible effectif étudié.

Chez le chat, une étude de 2021 (92) s'est penchée sur l'intérêt d'une technique d'estimation de l'âge utilisant la méthylation de l'ADN chez le chat domestique et la panthère des neiges. Les auteurs ont mesuré le taux de méthylation de deux gènes grâce à l'analyse des courbes de fusion à haute résolution sensible à la méthylation (voir encadré) à partir d'un prélèvement sanguin. Ils ont conclu que, comme chez les autres espèces précédemment étudiées, l'augmentation du taux de méthylation de l'ADN était significativement corrélée à l'âge des individus et que cette méthode permettait des estimations d'âge avec un écart absolu moyen de 3,83 ans chez le chat. Ces résultats étaient néanmoins moins précis que dans d'autres études utilisant la même technique sur d'autres espèces (88, 89). Il est également à noter que les résultats étaient moins précis chez les chats souffrant d'insuffisance rénale chronique (92).

La technique de l'analyse des courbes de fusion à haute résolution sensible à la méthylation (*Methylation-sensitive high-resolution melting MS - HRM*) (93, 94)

Dans la technique de l'analyse des courbes de fusion à haute résolution, la séquence étudiée est tout d'abord amplifiée par technique PCR (*Polymerase Chain Reaction*). L'ADN se trouve au début du processus sous forme de doubles brins. Cet ADN est mis en présence de colorants qui s'intercalent dans les doubles brins d'ADN et émettent une fluorescence. La fluorescence est donc forte en début de manipulation. L'ADN est ensuite progressivement chauffé, ce qui entraîne la dissociation de l'ADN et l'apparition d'ADN simple brin sur lequel les colorants ne se fixent plus. La fluorescence diminue donc au cours du temps, permettant la création d'une courbe de fusion, correspondant à l'évolution de la fluorescence au cours du temps.

Pour étudier la méthylation de l'ADN, les brins d'ADN sont préalablement traités avec du bisulfite, un composé qui transforme les cytosines non méthylées en une autre base azotée, l'uracile, et laisse les cytosines méthylées intactes. Ces modifications dans les séquences d'ADN entraînent des modifications dans les courbes de fusion avec une augmentation de la température de fusion et permettent de détecter et de quantifier les méthylations de l'ADN.

3. Conclusions sur l'intérêt de l'âge biologique

L'âge biologique avec l'étude du taux de méthylation des sites CpG représente à priori aujourd'hui une des pistes de recherche les plus sérieuses dans l'estimation de l'âge du chien et du chat. Cette méthode présente l'avantage majeur d'être applicable sur des animaux adultes à âgés, contrairement à l'étude du développement dentaire et des centres d'ossification par exemple.

Les résultats des quelques études concernant les carnivores domestiques ainsi que toutes les autres études concernant d'autres espèces, notamment l'Homme, sont très prometteurs. Ces recherches sont très récentes et d'autres études seront nécessaires pour préciser cette méthode en utilisant des effectifs plus importants, en multipliant les sites de méthylation potentiels afin de trouver ceux qui sont le plus corrélés à l'âge et en variant les méthodes de détection de la méthylation. D'autres échantillons d'ADN, tels que la salive, pourraient également être utilisés.

Chez l'Homme, il a été montré de nombreux facteurs de variations de la méthylation des sites CpG, notamment le tissu étudié et l'état pathologique de l'individu (84). Il sera donc également nécessaire d'étudier l'impact de différentes maladies (insuffisance rénale, obésité...), de la race, des conditions de vie (alimentation...), etc... sur la méthylation de l'ADN chez nos animaux de compagnie afin d'en tenir compte dans les résultats obtenus.

BILAN SUR LES ELEMENTS DE DIAGNOSE DE L'AGE DU CHIEN ET DU CHAT

Les avantages et les inconvénients des différentes méthodes de détermination de l'âge du chien et du chat sont résumés dans le tableau XIX.

Tableau XIX : Avantages et inconvénients des différentes méthodes de détermination de l'âge du chien et du chat

Méthode	Avantages	Inconvénients
Etapas clés du développement du nouveau-né	<ul style="list-style-type: none"> - Facilement observables - Rapide et non invasif 	<ul style="list-style-type: none"> - Applicable uniquement sur les premières semaines de vie - Variations individuelles - Difficultés d'observation de certaines étapes
Calendrier d'éruptions dentaires	<ul style="list-style-type: none"> - Facilement applicable - Rapide et non invasif 	<ul style="list-style-type: none"> - Variations raciales, individuelles et pathologiques - Fortes variations des données dans la littérature
Squelettochronologie et cémento-chronologie	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne corrélation avec l'âge sur les animaux sauvage 	<ul style="list-style-type: none"> - Très invasif, long et coûteux - Peu applicable si les conditions de vie sont identiques tout au long de l'année
Rapport largeur de la pulpe dentaire sur largeur de la dent (P/T)	<ul style="list-style-type: none"> - Facilement réalisable - Peu invasif - Absence d'effets du sexe et de la race 	<ul style="list-style-type: none"> - Applicable surtout jusqu'à deux ans - Nécessité d'études supplémentaires pour établir des valeurs de référence
Fermeture des foramens radiculaires apicaux	<ul style="list-style-type: none"> - Facilement réalisable - Peu invasif 	<ul style="list-style-type: none"> - Inapplicable après un an - Difficulté de visualisation de certains foramens sur les radiographies
Usure des dents	<ul style="list-style-type: none"> - Rapide et peu invasif 	<ul style="list-style-type: none"> - Variabilité individuelle extrêmement importante selon l'alimentation, la mastication d'objets durs, la race, les maladies parodontales...
Récession gingivale	<ul style="list-style-type: none"> - Rapide et peu invasif 	<ul style="list-style-type: none"> - Actuellement, absence de données pour le chien et le chat
Courbes de croissance	<ul style="list-style-type: none"> - Rapide et non invasif - Courbes de croissance de Waltham disponibles à partir de huit semaines (chat) ou 12 semaines (chien) 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombreux facteurs influençant le poids de naissance et la courbe de croissance - Peu de courbes de croissance sur les premières semaines et fortes variations des données

		- Etudes généralement conduites sur des animaux de races
Apparition et fermeture des centres d'ossification (CO)	<ul style="list-style-type: none"> - Rapide et peu invasif - Bonne visibilité de la plupart des cartilages de conjugaison sur les radiographies - Bonne précision en couplant l'utilisation de plusieurs centres d'ossification - Fermeture de certains CO assez tardives - Absence d'influence du sexe 	<ul style="list-style-type: none"> - Grande variabilité de données dans la littérature et peu de données intermédiaires entre le début d'apparition du CO et sa fermeture complète - Facteurs de variations raciaux, individuels, nutritionnels, hormonaux, génétiques, traumatiques - Faible visibilité de certains CO à la radiographie
Reflets oculaires	<ul style="list-style-type: none"> - Assez rapide et peu invasif - Estimation de l'âge chez des animaux adultes à âgés 	<ul style="list-style-type: none"> - Variations possibles selon le manipulateur et/ou les anomalies oculaires - Une seule étude disponible - Grande précision de mesure nécessaire
Sclérose du cristallin	<ul style="list-style-type: none"> - Rapide et peu invasif - Estimation de l'âge chez des animaux adultes à âgés 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible précision - Inapplicable si atteinte pathologique de l'œil
Evolution de la courbure de la cornée	<ul style="list-style-type: none"> - Assez précis chez l'animal de moins d'un an 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel spécifique - Une seule étude disponible - Inapplicable après un an
Masse du cristallin	<ul style="list-style-type: none"> - Séparation des individus juvéniles et matures 	<ul style="list-style-type: none"> - Très invasif - Très peu précis
Développement de l'appareil reproducteur	<ul style="list-style-type: none"> - Descente testiculaire et comportements sexuels assez facilement visualisables 	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de cryptorchidie - Grands intervalles temporels possibles dans le développement des comportements de maturité sexuelle - Comportements sexuels plus ou moins marqués et détectables selon les individus
Canitie	<ul style="list-style-type: none"> - Rapide et peu invasif 	<ul style="list-style-type: none"> - Très peu précis - Nombreux facteurs de variations raciaux, individuels, environnementaux
Âge biologique	<ul style="list-style-type: none"> - Assez peu invasif - Méthodes d'estimation de la méthylation de l'ADN assez rapides et peu coûteuse - Estimation de l'âge chez des individus adultes à âgés 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu d'études publiées pour le moment - Nécessité d'envoyer les prélèvements en laboratoire - Sûrement dépendants de différents facteurs (maladies, race, tissu étudié...) encore non connus

Le CHIEN d'UNE SEMAINE (0 à 7 jours)

Chute du cordon ombilical (2 – 3 j)

Yeux fermés

Apparition du réflexe palpébral (2 – 4 j)

Tonus fléchisseur prédominant (0 – 4 j)
puis tonus extenseur prédominant (4 j – 3 à 4 s)

GMQ = 5 – 10 % du poids du chiot

GMQ = 2 à 4 g / kg de poids adulte

Courbes de croissance de Lecarpentier (70) et Alves (59)

Apparition :

- ✓ CO Epiphyse proximale de l'humérus (1 – 2 s)
- ✓ CO Tête fémorale (1 – 2 s)
- ✓ CO Epiphyses crâniale et distale des vertèbres (1 – 2 s)



Figure 41 : Photographie d'un chiot Pinscher nain de quatre jours. Les yeux sont fermés et le tonus fléchisseur est prédominant.
(Source : Alizée Galy)



Figure 42 : Photographie d'un chiot Pinscher nain de six jours. Les yeux sont fermés et le tonus extenseur est prédominant.
(Source : Alizée Galy)

Le CHIEN de DEUX SEMAINES (7 à 14 jours)

Ouverture des yeux (10 – 16 j)

Apparition des réflexes photomoteur et cornéen à l'ouverture des yeux

Tonus extenseur prédominant (4 j – 3 à 4 s)

Soutien du corps par les membres thoraciques (6 – 10 j)

puis pelviens (11 – 16 j)

Rampement (7 – 14 j)

Poids de naissance multiplié par deux (7 – 10 j)

GMQ = 5 – 10 % du poids du chiot

GMQ = 2 à 4 g / kg de poids adulte

Courbes de croissance de Lecarpentier (70) et Alves (59)

Apparition :

- ✓ CO Epiphyse proximale de l'humérus (1 – 2 s)
- ✓ CO Tête fémorale (1 – 2 s)
- ✓ CO Epiphyses crâniale et distale des vertèbres (1 – 2 s)
- ✓ CO os du carpe (sauf scapho-lunaire) et diaphyse de l'os accessoire
- ✓ CO os IV du tarse
- ✓ CO Condyles huméraux (2 – 3 s)
- ✓ CO Epiphyse distale du radius (2 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyses proximale et distale du tibia (2 – 4 s)



Figure 43 : Photographie d'un chiot Berger des Shetland de dix jours. Soutien du corps par les membres thoraciques, le soutien par les membres pelviens est encore absent.
(Source : Maylis Galy)



Figure 44 : Ouverture des yeux d'un chiot Berger des Shetland de 13 jours. L'œil droit est plus ouvert que le gauche. (Source : Maylis Galy)

Le CHIEN de TROIS SEMAINES (14 à 21 jours)

Réaction aux stimuli auditifs (16 j)

Audition mature (3 – 4 s)

Réaction aux stimuli en mouvement (18 j)

Début de la marche (16 – 21 j)

Tonus extenseur prédominant (4 j – 3 à 4 s)

Disparition du réflexe de succion

Miction et défécation volontaires

Début du sevrage

Eruption des canines déciduales

Eruption des incisives déciduales : I3, I2 puis I1 (3 – 4 s)

Début d'éruption des prémolaires déciduales (PM3) (3 – 12 s)

Poids de naissance multiplié par trois

GMQ = 5 – 10 % du poids du chiot

GMQ = 2 à 4 g / kg de poids adulte

Courbes de croissance de Lecarpentier (70) et Alves (59)

Apparition :

- ✓ CO Condyles huméraux (2 – 3 s)
- ✓ CO Epiphyse distale du radius (2 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyses proximale et distale du tibia (2 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyses distales des métacarpes 2 à 5 (3 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse distale du fémur (3 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale du radius (3 – 5 s)
- ✓ CO Os scapho-lunaire (3 – 6 s)
- ✓ CO Os central et tarse et os III du tarse



Figure 45 : Début d'éruption de la denture déciduale chez un chiot Berger des Shetland de 20 jours (Source : Maylis Galy).



Figure 46 : Posture assise chez un chiot Pinscher nain de 21 jours. Les yeux sont complètement ouverts et la marche débute.
(Source : Alizée Galy)



Figure 47 : Denture déciduale chez un chiot Berger des Shetland de 28 jours. Les canines déciduales sont en place et les incisives déciduales sont en fin d'éruption. Les prémolaires déciduales ne sont pas encore visibles.
(Source : Maylis Galy).

Le CHIEN de QUATRE SEMAINES (21 à 28 jours)

Localisation plus précise de la provenance des sons (25 j)
Vision adulte

Position de miction

Descente testiculaire (4 – 8 s)

Eruption des incisives déciduales : I3, I2 puis I1 (3 – 4 s)

Eruption des prémolaires déciduales : PM3, PM4 puis PM2 (3 – 12 s)

Poids de naissance multiplié par cinq

GMQ = 2 à 4 g / kg de poids adulte

Courbes de croissance de Lecarpentier (70)

Apparition :

- ✓ CO Epiphyse distale du radius (2 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyses proximale et distale du tibia (2 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyses distales des métacarpes 2 à 5 (3 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse distale du fémur (3 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale du radius (3 – 5 s)
- ✓ CO Os scapho-lunaire (3 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyses distales de la 1^{ère} phalange des doigts 2 à 5 (4 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyses proximale de la 2^e phalange des doigts 2 à 5 (4 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de la fibula (4 – 7 s)

Le CHIEN de CINQ SEMAINES

Descente testiculaire (4 – 8 s)

Eruption des prémolaires déciduales : PM3, PM4 puis PM2 (3 – 12 s)

GMQ = 2 à 4 g / kg de poids adulte

Courbes de croissance de Lecarpentier (70)

Apparition :

- ✓ CO Epiphyse proximale du radius (3 – 5 s)
- ✓ CO Os scapho-lunaire (3 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyses distales de la 1^{ère} phalange des doigts 2 à 5 (4 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyses proximale de la 2^e phalange des doigts 2 à 5 (4 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de la fibula (4 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de l'ulna (5 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale du métacarpe 1 (5 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale de la 1^{ère} phalange du doigt 1 (5 – 7 s)



Figure 48 : Denture déciduale d'un chiot Spitz allemand de cinq semaines. Les prémolaires déciduales sont en cours d'éruption.

(Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHIEN de SIX SEMAINES

Début de la locomotion adulte (6 – 8 s)
Descente testiculaire (4 – 8 s)

Eruption des prémolaires déciduales : PM3, PM4 puis PM2 (3 – 12 s)

GMQ = 2 à 4 g / kg de poids adulte

Courbes de croissance de Lecarpentier (70)

Apparition :

- ✓ CO Os scapho-lunaire (3 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyses distales de la 1^{ère} phalange des doigts 2 à 5 (4 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyses proximale de la 2^e phalange des doigts 2 à 5 (4 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de la fibula (4 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de l'ulna (5 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale du métacarpe 1 (5 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale de la 1^{ère} phalange du doigt 1 (5 – 7 s)
- ✓ CO Tubercule supra-glénoïdal de la scapula (6 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse de l'os accessoire (6 – 7 s)
- ✓ CO Processus anconé et tubérosité de l'olécrâne de l'ulna (6 – 8 s)
- ✓ CO Patella (6 – 9 s)
- ✓ CO Tubérosité calcanéenne

Fermeture :

- ✗ CO du condyle médial distal de l'humérus (6 – 10 s)



Figure 49 : Début de la locomotion adulte chez un chiot Spitz allemand de six semaines (Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHIEN de SEPT SEMAINES

Début de la locomotion adulte (6 – 8 s)

Descente testiculaire (4 – 8 s)

Fin du sevrage

Eruption des prémolaires déciduales : PM3, PM4 puis PM2 (3 – 12 s)

Poids de naissance multiplié par 10 (petits chiens) à 15 (grands chiens) (7 – 8 s)

GMQ = 2 à 4 g / kg de poids adulte

Courbes de croissance de Lecarpentier (70)

Apparition :

- ✓ CO Epiphyse distale de la fibula (4 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de l'ulna (5 – 6 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale du métacarpe 1 (5 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale de la 1^{ère} phalange du doigt 1 (5 – 7 s)
- ✓ CO Tubercule supra-glénoïdal de la scapula (6 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse de l'os accessoire (6 – 7 s)
- ✓ CO Processus anconé et tubérosité de l'olécrâne de l'ulna (6 – 8 s)
- ✓ CO Patella (6 – 9 s)
- ✓ CO Tubérosité tibiale (7 – 8 s)
- ✓ CO Grand trochanter et petit trochanter du fémur (7 – 9 s)

Fermeture :

- ✗ CO du condyle médial distal de l'humérus (6 – 10 s)

Le CHIEN de DEUX MOIS (8,6 à 13 semaines)

Apparition du clignement à la menace (2 – 3 m)

Eruption des prémolaires déciduales : PM3, PM4 puis PM2 (3 – 12 s)
Nivellement II déciduales

Fin du pic de croissance des races miniatures (< 5 kg) (11 s ≈ 2,5 m)

Courbes de croissance de Waltham (72) à partir de 12 s

Apparition :

- ✓ CO Patella (6 – 9 s)
- ✓ CO Grand trochanter et petit trochanter du fémur (7 – 9 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale du tibia (8 – 10 s)
- ✓ CO Os sésamoïdes palmaires

Fermeture :

- ✗ CO du condyle médial distal de l'humérus (6 – 10 s)
- ✗ Fusion de l'exoccipital et du basioccipital (2,5 – 5 m)



*Figure 50 : Denture déciduale complète d'un chiot Labrador de deux mois.
(Source : Adeline Kaemmerlen)*

Le CHIEN de TROIS MOIS (13 à 17,4 semaines)

Apparition du clignement à la menace (2 – 3 m)

Denture déciduale complète

Début d'éruption des incisives définitives (I1) (3 – 4 m)

Nivellement I2 déciduales

Fin du pic de croissance des petites (5 – 10 kg) et moyennes (10 – 20 kg) races
(14 – 16 s)

Courbes de croissance de Waltham (72)

Apparition :

- ✓ CO Malléole médiale du tibia
- ✓ CO Sésamoïde du muscle gastrocnémien
- ✓ CO Sésamoïde du muscle poplité (3 – 4 m)
- ✓ CO Tubérosité ischiatique (3 – 4 m)

Fermeture :

- ✗ Fusion de l'exoccipital et du basioccipital (2,5 – 5 m)
- ✗ Fusion de l'exoccipital et de l'écaille (3 – 4 m)
- ✗ CO Os scapho-lunaire (3 – 4 m)
- ✗ CO Malléole médiale du tibia (3 – 5 m)



Figure 51 : Début d'éruption des incisives définitives chez un chiot Eurasier de trois mois.

Les incisives définitives I1 mandibulaires commencent à être visibles, les incisives déciduales sont encore toutes en place.

(Source : Cyrielle Guillaume)

Le CHIEN de QUATRE MOIS (17,4 à 21,7 semaines)

Eruption des incisives définitives (I1 puis I2) (3 – 5 m)

Début d'éruption des canines définitives (4 – 6 m)

Eruption de la prémolaire PM1

Début d'éruption des autres prémolaires définitives (PM4) (4 – 5 m)

Début d'éruption de la molaire M1 (4 – 5 m)

Nivellement I3 déciduales

Fin du pic de croissance des grandes (20 – 30 kg) races (18 s)

Fin du pic de croissance des races géantes (> 40kg) (18 – 22 s)

Courbes de croissance de Waltham (72)

Apparition :

- ✓ CO Sésamoïde du muscle poplité (3 – 4 m)
- ✓ CO Tubérosité ischiatique (3 – 4 m)
- ✓ CO Crête iliaque (4 – 5 m)

Fermeture :

- ✗ Fusion de l'exoccipital et du basioccipital (2,5 – 5 m)
- ✗ Fusion de l'exoccipital et de l'écaille (3 – 4 m)
- ✗ CO Os scapho-lunaire (3 – 4 m)
- ✗ CO Malléole médiale du tibia (3 – 5 m)
- ✗ CO Symphyse pubienne (4 – 5 m)
- ✗ CO Tubercule supra-glénoïdal de la scapula (4 – 7 m)
- ✗ CO Processus anconé de l'ulna (< 5 m)



Figure 52 : Eruption des incisives définitives chez un chiot Border Collie de quatre mois.

Les incisives définitives I1 sont en place, les incisives I2 maxillaires définitives sont en cours d'éruption, les incisives déciduales I3 et I2 mandibulaires sont toujours en place.

(Source : Chloé Robert)



Figure 53 : Eruption des incisives définitives chez un chiot Cocker de presque cinq mois.

Les incisives définitives I1, I2 et I3 mandibulaires sont en place, les incisives I3 maxillaires définitives sont en cours d'éruption.

Ce chiot présente de l'avance dans la mise en place des incisives définitives I3 par rapport aux données de la littérature.

(Source : Adeline Kaemmerlen)

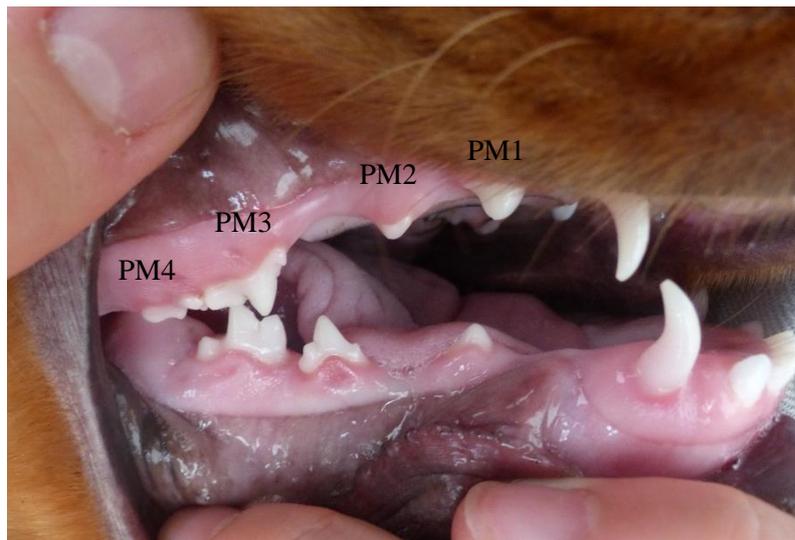


Figure 54 : Canines déciduales, prémolaires déciduales et PM1 définitives chez un chiot Cocker de presque cinq mois. (Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHIEN de CINQ MOIS (21,7 à 26 semaines)

Eruption des incisives définitives (I2 puis I3) (4 – 5 m)

Eruption des canines définitives (4 – 6 m)

Eruption des prémolaires définitives (PM4 puis PM3 puis PM2) (4 – 6 m)

Eruption des molaires définitives M1 et M2 (4 – 6 m)

Fin du pic de croissance des races géantes (> 40kg) (18 – 22 s)

Courbes de croissance de Waltham (72)

Apparition :

- ✓ CO Crête iliaque (4 – 5 m)

Fermeture :

- ✗ Fusion de l'exoccipital et du basioccipital (2,5 – 5 m)
- ✗ CO Malléole médiale du tibia (3 – 5 m)
- ✗ CO Symphyse pubienne (4 – 5 m)
- ✗ CO Tubercule supra-glénoïdal de la scapula (4 – 7 m)
- ✗ CO Ilium, ischium et pubis (5 – 6 m)
- ✗ CO Diaphyse et épiphyse de l'os accessoire (5 – 6 m)



Figure 55 : Fin d'éruption des incisives définitives I3 chez un chiot Labrador de cinq mois.
(Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 56 : Eruption des canines définitives chez un chiot croisé Berger Blanc Suisse et Border Collie de cinq mois.
(Source : Adeline Kaemmerlen)

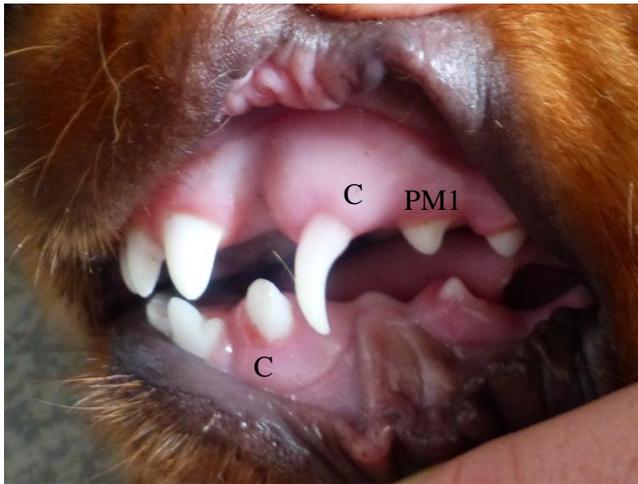


Figure 57 : Transition entre les canines déciduales et définitives chez un chiot Cocker de cinq mois. La canine déciduale maxillaire est toujours en place. La canine définitive mandibulaire est en cours d'éruption. Les prémolaires définitives PM1 sont en place. (Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 58 : Retard de changement dentaire avec la mise en place des incisives II définitives chez un chiot Chihuahua de cinq mois. Toutes les autres dents sont déciduales. Ce chien présente un retard de changement dentaire d'environ deux mois par rapport à l'âge rapporté. (Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 59 : Transition entre les canines et les prémolaires déciduales et définitives chez un chiot Cocker de cinq mois. La canine déciduale maxillaire est tombée. La canine définitive mandibulaire est en cours d'éruption. Les prémolaires définitives PM1 sont en place, PM2, PM3 et PM4 sont en cours d'éruption. La prémolaire déciduale PM2 maxillaire est toujours présente. (Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 60 : Transition entre les prémolaires déciduales et définitives chez un chiot Labrador de cinq mois. Les canines déciduales sont toujours en place. Les prémolaires définitives PM1 sont en place, PM4 est en cours d'éruption. Les prémolaires déciduales PM2 et PM3 sont tombées et n'ont pas encore été remplacées. (Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHIEN de SIX MOIS (26 à 30,4 semaines)

Apparition du comportement d'œstrus chez la femelle
(6 – 10 m, 12 – 18 m pour les races géantes)

Eruption des canines définitives (4 – 6 m)

Eruption des prémolaires définitives (PM3 puis PM2) (5 – 6 m)

Eruption des molaires définitives M2 et M3 mandibulaires (5 – 7 m)

Rétrécissement du foramen radiculaire apical des canines

Fermeture des foramens radiculaires apicaux de PM4 et M1 mandibulaire
(6,5 – 7,5 m)

Courbes de croissance de Waltham (72)

Apparition :

- ✓ CO Arcade ischiatique

Fermeture :

- ✗ CO Tubercule supra-glénoïdal de la scapula (4 – 7 m)
- ✗ CO Ilium, ischium et pubis (5 – 6 m)
- ✗ CO Diaphyse et épiphyse de l'os accessoire (5 – 6 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale de la 1^{ère} phalange du doigt 1 (6 – 7 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale de la 2^e phalange des doigts 2 à 5 (6 – 7 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale du métacarpe 1 (6 – 7 m)
- ✗ CO Epiphyse distale des métarpes 2 à 5 (6 – 7 m)
- ✗ CO Tubérosité calcanéenne (6 – 7 m)
- ✗ CO Condyle latéral distal et épicondyle médial de de l'humérus (6 – 8 m)

Le CHIEN de SEPT MOIS (30,4 à 34,8 semaines)

Apparition du comportement d'œstrus chez la femelle
(6 – 10 m, 12 – 18 m pour les races géantes)

Fin de l'éruption de la molaire mandibulaire M3 (6 – 7 m)

Denture définitive complète

Fermeture des foramens radiculaires apicaux de PM4 et M1 mandibulaire
(6,5 – 7,5 m)

Courbes de croissance de Waltham (72)

Fermeture :

- × CO Tubercule supra-glénoïdal de la scapula (4 – 7 m)
- × CO Epiphyse proximale de la 1^{ère} phalange du doigt 1 (6 – 7 m)
- × CO Epiphyse proximale de la 2^e phalange des doigts 2 à 5 (6 – 7 m)
- × CO Epiphyse proximale du métacarpe 1 (6 – 7 m)
- × CO Epiphyse distale des métacarpes 2 à 5 (6 – 7 m)
- × CO Tubérosité calcanéenne (6 – 7 m)
- × CO Condyle latéral distal et épicondyle médial de l'humérus (6 – 8 m)
- × CO Epiphyse proximale du radius (7 – 10 m)
- × CO Tubérosité de l'olécrâne de l'ulna (7 – 10 m)
- × CO Epiphyses crânielles des vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires (7 – 10 m)
- × CO Epiphyses crânielles et caudales des vertèbres sacrées et caudales (7 – 12 m)

Le CHIEN de HUIT MOIS (34,8 à 39,1 semaines)

et de NEUF MOIS (39,1 à 43,5 semaines)

Apparition du comportement d'œstrus chez la femelle
(6 – 10 m, 12 – 18 m pour les races géantes)

Fermeture des foramens radiculaires apicaux des canines (9 m)

Courbes de croissance de Waltham (72)

Fermeture :

- × CO Condyle latéral distal et épicondyle médial de l'humérus (6 – 8 m)
- × CO Epiphyse proximale du radius (7 – 10 m)
- × CO Tubérosité de l'olécrâne de l'ulna (7 – 10 m)
- × CO Epiphyses crânielles des vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires (7 – 10 m)
- × CO Epiphyses crânielles et caudales des vertèbres sacrées et caudales (7 – 12 m)
- × Suture sphéno-basilaire (8 – 10 m)
- × CO Tête fémorale (8 – 11 m)
- × CO Epiphyses caudales des vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires (7 – 10 m)
- × CO Plateau tibial (9 – 10 m)
- × CO Epiphyse distale de l'ulna (9 – 12 m)
- × CO Grand trochanter et petit trochanter du fémur (9 – 12 m)
- × CO Epiphyse distale du fémur (9 – 12 m)

Le CHIEN de DIX MOIS (43,5 à 47,8 semaines)

et de ONZE MOIS (47,8 à 52 semaines)

Apparition du comportement d'œstrus chez la femelle
(6 – 10 m, 12 – 18 m pour les races géantes)

Fermeture des foramens radiculaires apicaux des canines (9 – 10 m)

Fin de croissance des races miniatures à moyennes (< 20 kg) (10 m)

Courbes de croissance de Waltham (72)

Fermeture :

- × CO Epiphyse proximale du radius (7 – 10 m)
- × CO Tubérosité de l'olécrâne de l'ulna (7 – 10 m)
- × CO Epiphyses crâiales des vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires (7 – 10 m)
- × CO Epiphyses crâiales et caudales des vertèbres sacrées et caudales (7 – 12 m)
- × Suture sphénobasilaire (8 – 10 m)
- × CO Tête fémorale (8 – 11 m)
- × CO Epiphyses caudales des vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires (8 – 12 m)
- × CO Plateau tibial (9 – 10 m)
- × CO Epiphyse distale de l'ulna (9 – 12 m)
- × CO Grand trochanter et petit trochanter du fémur (9 – 12 m)
- × CO Epiphyse distale du fémur (9 – 12 m)
- × CO Epiphyse distale du radius (10 – 12 m)
- × CO Tubérosité ischiatique (10 – 12 m)
- × CO Tubérosité tibiale (10 – 12 m)
- × CO Epiphyse proximale de la fibula (10 – 12 m)
- × CO Epiphyse proximale de l'humérus (10 – 15 m)

Le CHIEN d'UN AN

Apparition du comportement d'œstrus chez la femelle pour les races géantes
(12 – 18 m)

Incisives définitives blanches et intactes (1 an)

Début de nivellement des incisives I1 mandibulaires (1,5 ans)

Rapport largeur de la pulpe / largeur de la dent (P/T) \geq 0,5 jusqu'à 1,5 ans

Fin de croissance des grandes races (1 an) et des races géantes

(11 – 15 m, jusqu'à 24 m)

Courbes de croissance de Waltham (72)

Fermeture :

- ✗ CO Epiphyses crâiales et caudales des vertèbres sacrées et caudales (7 – 12 m)
- ✗ CO Epiphyses caudales des vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires (8 – 12 m)
- ✗ CO Epiphyse distale de l'ulna (9 – 12 m)
- ✗ CO Grand trochanter et petit trochanter du fémur (9 – 12 m)
- ✗ CO Epiphyse distale du fémur (9 – 12 m)
- ✗ CO Epiphyse distale du radius (10 – 12 m)
- ✗ CO Tubérosité ischiatique (10 – 12 m)
- ✗ CO Tubérosité tibiale (10 – 12 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale de la fibula (10 – 12 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale de l'humérus (10 – 15 m)
- ✗ CO Arcade ischiatique
- ✗ CO Epiphyse distale de la fibula (12 – 13 m)
- ✗ CO Epiphyse distale du tibia (12 – 15m)
- ✗ Fusion basisphénoïde et présphénoïde (1 – 2 ans)

Le CHIEN de DEUX ANS et de TROIS ANS

Début de nivellement des incisives I2 mandibulaires (2,5 ans)

Début de nivellement des incisives I1 maxillaires (3,5 ans)

Rapport largeur de la pulpe / largeur de la dent (P/T) entre 0,4 et 0,5 jusqu'à 2,5 ans

Rapport P/T entre 0,2 et 0,39 : âge entre 1,5 et 2,5 ans

Fermeture :

- ✗ Fusion basisphénoïde et présphénoïde (1 – 2 ans)
- ✗ CO Crête iliaque (2 – 3 ans)
- ✗ Suture interpariétale et suture pétro-squameuse (2 – 3 ans)
- ✗ Fusion du corps et des ailes du basisphénoïde (3 – 4 ans)
- ✗ Suture interfrontale (3 – 4 ans)



Figure 61 : Denture définitive avec très peu d'usure (vue de face) chez un chien Border Collie de deux ans. Les incisives I2 mandibulaires sont discrètement nivelées.

(Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 62 : Denture définitive avec très peu d'usure (vue latérale gauche) chez un chien Border Collie de deux ans.

(Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 63 : Denture définitive avec très peu d'usure (vue latérale droite) chez un chien Border Collie de deux ans (Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHIEN de QUATRE ANS à SIX ANS

Début du jaunissement des dents (4 ans)
Début de nivellement des incisives I2 maxillaires (4 ans)
Début des autres incisives (5 ans)

Rapport largeur de la pulpe / largeur de la dent (P/T) entre 0,10 et 0,19 : âge entre
2,5 ans et 4,5 ans
Rapport P/T < 0,10 après 4,5 ans

Fermeture :

- ✗ Fusion du corps et des ailes du basisphénoïde (3 – 4 ans)
- ✗ Suture interfrontale (3 – 4 ans)

Apparition du reflet oculaire dû à la réflexion de la lumière sur la surface postérieure du noyau du cristallin (Lb'). Trois reflets oculaires visibles (La, Lb, Lb') (4 – 6 ans).

Début de la canitie au niveau des lèvres et du menton (4 – 5 ans)

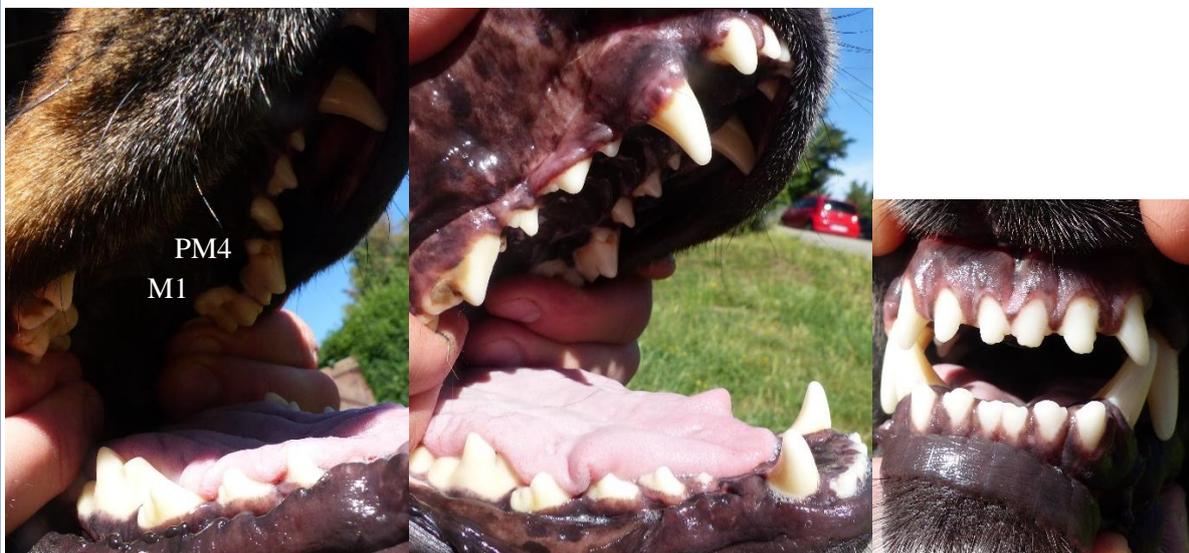


Figure 64 : Denture définitive avec peu d'usure chez un chien Beauceron de 4,5 ans.
Les incisives I1 sont discrètement nivelées.
(Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHIEN de PLUS DE SEPT ANS

Chute des incisives I1 mandibulaires puis maxillaires (10 – 12 ans)
Chute des incisives I2 et I3 (12 – 16 ans)
Chute des canines (16 – 20 ans)

Apparition du reflet oculaire dû à la réflexion de la lumière sur la surface antérieure du noyau du cristallin (La'). Deux reflets oculaires visibles (La', Lb') (7 ans).

Début de sclérose du cristallin (7 ans) puis sclérose légère (8 – 12 ans) puis modérée (> 12 ans).

Canitie au niveau des sourcils (8 ans), du front et des oreilles (10 ans), touchant toute la tête (13 ans) puis s'étendant caudalement.



Figure 65 : Denture d'un chien croisé de 13,5 ans ayant subi un détartrage et des extractions dentaires des prémolaires PM1, PM2 et PM4 maxillaires gauches, PM4 mandibulaire droite, PM2 maxillaire droite et de la molaire M2 maxillaire gauche à l'âge de neuf ans. (Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 66 : Canines et incisives d'un chien croisé de 13,5 ans ayant subi un détartrage à 9 ans. Les incisives sont bien conservées et peu usées (Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT d'UNE SEMAINE (0 à 7 jours)

Chute du cordon ombilical (2 – 3 j)

Yeux fermés

Apparition du réflexe palpébral (2 – 4 j)

Début de réponse aux stimuli auditifs (5 j)

Tonus fléchisseur prédominant (0 – 4 j, variable)
puis tonus extenseur prédominant (4 j – 3 à 4 s, variable)
Soutien du corps par les membres thoraciques (5 – 6 j)

Apparition du ronronnement (2 j)

Poids de naissance : 100 g +/- 10 g

GMQ = 10 – 15 g / j

Gain de 50 à 100 g / semaines et 450 g / mois

Courbes de croissance de Gast (75)

Apparition :

- ✓ CO Epiphyse proximale de l'humérus (1 – 2 s)
- ✓ CO Epiphyse distale du fémur (1 – 2 s)



Figure 67 : Yeux fermés chez un chaton d'une semaine.
(Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 68 : Début de soutien du corps par les membres thoraciques chez un chaton d'une semaine.
(Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT de DEUX SEMAINES (7 à 14 jours)

Ouverture des yeux (6 – 12 j)

Début de la localisation des sons (10 j)

Tonus extenseur prédominant (4 j – 3 à 4 s, variable)

Rampement (7 – 14 j)

Début du comportement de toilettage (2 – 3 s)

Eruption des incisives déciduales (2 – 3 s)

Poids de naissance multiplié par deux (8 – 14 j)

GMQ = 10 – 15 g / j

Gain de 50 à 100 g / semaines et 450 g / mois

Courbes de croissance de Gast (75)

Apparition :

- ✓ CO Epiphyse proximale de l'humérus (1 – 2 s)
- ✓ CO Epiphyse distale du fémur (1 – 2 s)
- ✓ CO Tête fémorale
- ✓ CO Epiphyses proximale et distale du tibia
- ✓ CO Condyle latéral distal de l'humérus (2 – 3 s)
- ✓ CO Epiphyses proximale et distale du radius (2 – 4 s)



Figure 69 : Yeux ouverts chez un chaton de 10 jours.

(Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 70 : Tout début d'éruption des incisives déciduales chez un chaton de 10 jours (Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT de TROIS SEMAINES (14 à 21 jours)

Début de l'orientation visuelle

Soutien du corps par les membres pelviens (14 – 16 j)

Disparition des mouvements d'oscillations de la tête

Tonus extenseur prédominant (4 j – 3 à 4 s, variable)

Début de la marche

Disparition du réflexe de succion

Miction et défécation volontaires

Début du sevrage

Début du comportement de toilettage (2 – 3 s)

Début des jeux sociaux

Eruption des incisives déciduales (2 – 3 s)

Eruption des canines déciduales (3 – 4 s)

Début d'éruption des prémolaires déciduales (3 – 6 s)

GMQ = 10 – 15 g / j

Gain de 50 à 100 g / semaines et 450 g / mois

Courbes de croissance de Gast (75)

Apparition :

- ✓ CO Condyle latéral distal de l'humérus (2 – 3 s)
- ✓ CO Epiphyses proximale et distale du radius (2 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de l'ulna (3 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale de la 1^{ère} phalange du doigt 1 (3 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de la 1^{ère} phalange des doigts 2 à 5 (3 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de la fibula (3 – 4 s)
- ✓ CO Carpe (3 – 8 s)
- ✓ CO Epiphyses distales des métacarpes 2 à 5

Le CHAT de QUATRE SEMAINES (21 à 28 jours)

et de CINQ SEMAINES (28 à 35 jours)

Vision adulte
Audition mature (4 – 6 s)

Tonus extenseur prédominant (4 j – 3 à 4 s, variable)

Début du comportement de chasse (5 s)

Position de miction

Descente testiculaire (4 – 8 s)

Eruption des canines déciduales (3 – 4 s)

Eruption des prémolaires déciduales (3 – 6 s)

GMQ = 10 – 15 g / j

Gain de 50 à 100 g / semaines et 450 g / mois

Courbes de croissance de Gast (75)

Apparition :

- ✓ CO Epiphyses proximale et distale du radius (2 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de l'ulna (3 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale de la 1^{ère} phalange du doigt 1 (3 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de la 1^{ère} phalange des doigts 2 à 5 (3 – 4 s)
- ✓ CO Epiphyse distale de la fibula (3 – 4 s)
- ✓ CO Carpe (3 – 8 s)
- ✓ CO Condyle médial distal de l'humérus (4 – 5 s)
- ✓ CO Tubérosité de l'olécrâne de l'ulna (4 – 5 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale du métacarpe 1 (4 – 6 s)
- ✓ CO Os central du tarse et os I à IV du tarse (4 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale de la 2^e phalange des doigts 2 à 5 (4 s)
- ✓ CO Tubérosité calcanéenne (4 s)
- ✓ CO Grand trochanter du fémur (5 – 6 s)



Figure 71 : Canines et incisives déciduales mandibulaires chez un chaton de quatre semaines. (Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 72 : Eruption des canines et de la prémolaire PM2 maxillaire déciduales chez un chaton de quatre semaines. (Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 73 : Posture debout chez un chaton de quatre semaines. La marche est acquise mais l'équilibre est encore précaire. (Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 74 : Posture assise chez un chaton de quatre semaines. (Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT de SIX SEMAINES (35 à 42 jours)

Locomotion adulte
Disparition des tremblements du corps

Début des jeux avec les objets et des jeux de locomotion
Hérissément du poil

Descente testiculaire (4 – 8 s)

Eruption des prémolaires déciduales (3 – 6 s)

GMQ = 10 – 15 g / j
Gain de 50 à 100 g / semaines et 450 g / mois

Courbes de croissance de Gast (75)

Apparition :

- ✓ CO Carpe (3 – 8 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale du métacarpe 1 (4 – 6 s)
- ✓ CO Os central du tarse et os I à IV du tarse (4 – 7 s)
- ✓ CO Grand trochanter du fémur (5 – 6 s)
- ✓ CO Petit trochanter du fémur (6 – 7 s)
- ✓ CO Tubérosité tibiale (6 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale de la fibula (6 – 7 s)
- ✓ CO Epicondyle médial de l'humérus (6 – 8 s)



Figure 75 : Chatons de six semaines. La locomotion est semblable à celle des adultes.

(Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT de SEPT SEMAINES (42 à 49 jours)

Fin du sevrage

Descente testiculaire (4 – 8 s)

Denture déciduale complète

GMQ = 10 – 15 g / j

Gain de 50 à 100 g / semaines et 450 g / mois

Courbes de croissance de Gast (75)

Apparition :

- ✓ CO Carpe (3 – 8 s)
- ✓ CO Os central du tarse et os I à IV du tarse (4 – 7 s)
- ✓ CO Petit trochanter du fémur (6 – 7 s)
- ✓ CO Tubérosité tibiale (6 – 7 s)
- ✓ CO Epiphyse proximale de la fibula (6 – 7 s)
- ✓ CO Epicondyle médial de l'humérus (6 – 8 s)
- ✓ CO Tubercule supra-glénoïdal de la scapula (7 – 9 s)



Figure 76 : Denture déciduale complète chez un chaton de presque deux mois.
(Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 77 : Posture assise chez un chaton de presque deux mois. Les comportements de jeux sont très bien développés.
(Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT de DEUX MOIS (8,6 à 13 semaines)

Apparition du clignement à la menace (2 – 3 m)

Courbes de croissance de Waltham à partir de huit semaines (72)

Apparition :

- ✓ CO Tubercule supra-glénoïdal de la scapula (7 – 9 s)
- ✓ CO Patella (8 – 9 s)
- ✓ CO Tubérosité ischiatique (8 – 10 s)
- ✓ CO Os acétabulaire (9 – 10 s)
- ✓ CO Os sésamoïde muscle gastrocnémien (10 s)
- ✓ CO Os sésamoïdes palmaires (2 – 2,5 m)

Fermeture :

- ✗ Fusion de l'exoccipital et du basioccipital (2,5 – 5 m)

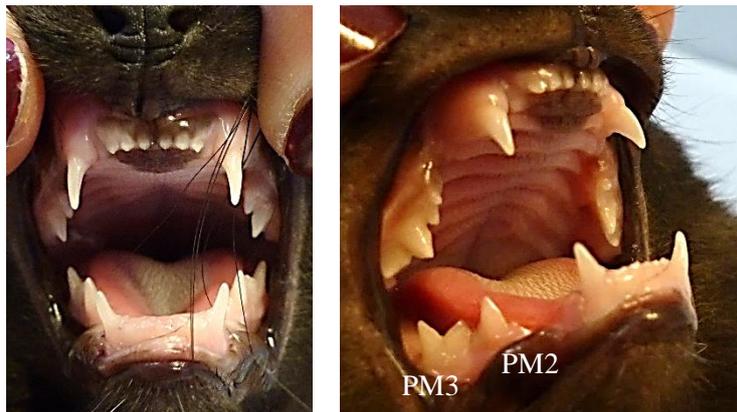


Figure 78 : Denture déciduale complète chez un chat de deux mois.
(Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 79 : Photographie d'un chaton de deux mois.
(Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT de TROIS MOIS (13 à 17,4 semaines)

Apparition du clignement à la menace (2 – 3 m)

Eruption des incisives définitives (3 – 4 m)

Courbes de croissance de Waltham (72)

Fermeture :

- × Fusion de l'exoccipital et du basioccipital (2,5 – 5 m)
- × CO Diaphyse et épiphyse de l'os accessoire (3 – 4 m)
- × CO Epiphyse proximale de la 2^e phalange des doigts 2 à 5 (3 – 4 m)
- × Fusion de l'exoccipital et de l'écaille (3 – 4 m)
- × CO Condyle médial distal de l'humérus (3,5 m)
- × CO Tubercule supra-glénoïdal de la scapula (3,5 – 4 m)
- × CO Condyle latéral distal de l'humérus (3,5 – 4 m)
- × CO Os scapho-lunaire (3 – 5 m)

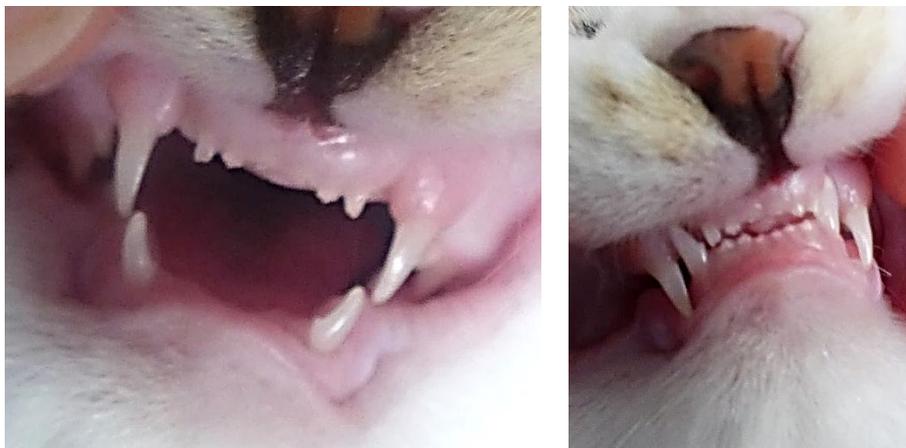


Figure 80 : Transition entre les incisives déciduales et définitives chez un chaton de trois mois. Les incisives I1 maxillaires déciduales sont tombées et n'ont pas encore été remplacées.

(Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT de QUATRE MOIS (17,4 à 21,7 semaines)

Diminution du comportement de jeu
Début possible des comportements sexuels

Eruption des incisives définitives (3 – 4 m)
Eruption des canines définitives (4 – 5 m)
Début d'éruption des prémolaires définitives (4 – 6 m)
Eruption des molaires (4 – 5 m)

Courbes de croissance de Waltham (72)

Fermeture :

- ✗ Fusion de l'exoccipital et du basioccipital (2,5 – 5 m)
- ✗ CO Diaphyse et épiphyse de l'os accessoire (3 – 4 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale de la 2^e phalange des doigts 2 à 5 (3 – 4 m)
- ✗ Fusion de l'exoccipital et de l'écaille (3 – 4 m)
- ✗ CO Tubercule supra-glénoïdal de la scapula (3,5 – 4 m)
- ✗ CO Condyle latéral distal de l'humérus (3,5 – 4 m)
- ✗ CO Os scapho-lunaire (3 – 5 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale de la 1^{ère} phalange du doigt 1 (4 – 5 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale du métacarpe 1 (4,5 – 5 m)
- ✗ CO Epiphyses distales des métacarpes 2 à 5 (4,5 – 5 m)



Figure 81 : Fin de transition entre les incisives déciduales et définitives chez un chaton de quatre mois exactement. Les incisives I3 mandibulaires déciduales sont tombées et n'ont pas encore été remplacées. Les autres incisives sont définitives et en fin d'éruption.
(Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT de CINQ MOIS (21,7 à 26 semaines)

et de SIX MOIS (26 à 30,4 semaines)

Apparition des comportements d'œstrus chez la femelle (5 – 7 m, jusqu'à 12 m)

Eruption des canines définitives (4 – 5 m)

Eruption des prémolaires définitives (4 – 6 m)

Eruption des molaires (4 – 5 m)

Jusqu'à deux ans : $m = 2,463 / ((P/T) - 0,094)$ avec m l'âge en mois et P/T le rapport largeur de la pulpe / largeur de la dent

Courbes de croissance de Waltham (72)

Apparition :

- ✓ CO Crête iliaque (6 – 8 m)

Fermeture :

- ✗ Fusion de l'exoccipital et du basioccipital (2,5 – 5 m)
- ✗ CO Os scapho-lunaire (3 – 5 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale de la 1^{ère} phalange du doigt 1 (4 – 5 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale du métacarpe 1 (4,5 – 5 m)
- ✗ CO Epiphyses distales des métacarpes 2 à 5 (4,5 – 5 m)
- ✗ CO Epiphyse proximale du radius (5 – 7 m)

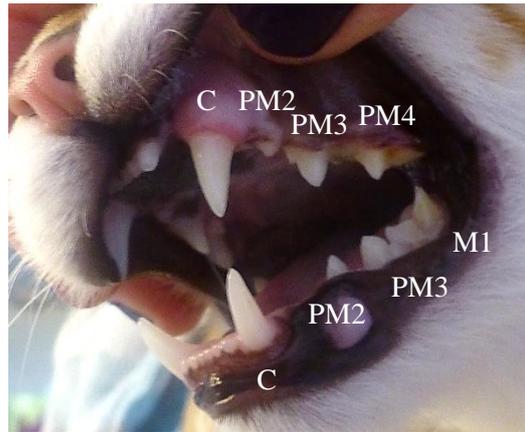


Figure 82 : Denture définitive chez des chats de 6,5 mois (vue latérale gauche).
 (Source : Adeline Kaemmerlen)

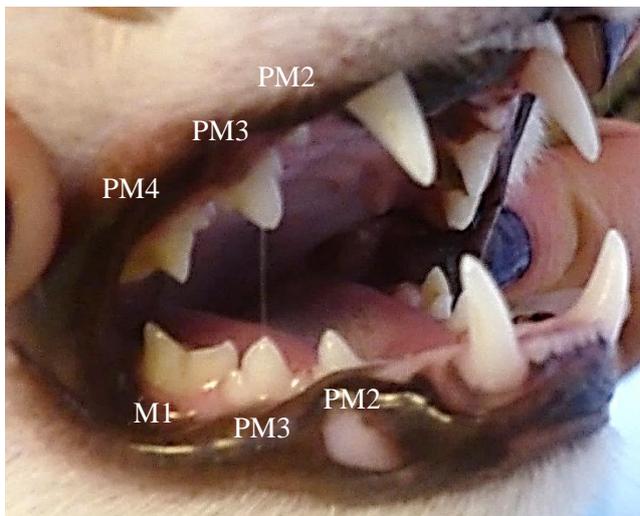


Figure 83 : Denture définitive chez un chat de 6,5 mois (vue latérale droite).
 (Source : Adeline Kaemmerlen)

Figure 84 : Denture définitive chez un chat de 6,5 mois (vue de face).
 (Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT de SEPT MOIS à ONZE MOIS (30,4 à 52 semaines)

Apparition des comportements d'œstrus chez la femelle (5 – 7 m, jusqu'à 12 m)
Apparition des comportements sexuels chez le mâle (9 – 12 m)

Denture définitive complète

Fermeture du foramen radiculaire apical de la molaire M1 mandibulaire
Fermeture des foramens radiculaires apicaux des canines (11 – 12 m)

Jusqu'à deux ans : $m = 2,463 / ((P/T) - 0,094)$ avec m l'âge en mois et P/T le rapport largeur de la pulpe / largeur de la dent

Courbes de croissance de Waltham (72)

Apparition :

- ✓ CO Crête iliaque (6 – 8 m)

Fermeture :

- ✗ CO Epiphyse proximale du radius (5 – 7 m)
- ✗ CO Epiphyses crânielles des vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires (7 – 10 m)
- ✗ CO Tête fémorale (7 – 11 m)
- ✗ CO Tubérosité calcanéenne (7 – 15 m)
- ✗ CO Ilium, ischium, pubis et os acétabulaire (8 – 9 m)
- ✗ Suture sphéno-basilaire (8 – 10 m)
- ✗ CO Epiphyses caudales des vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires (8 – 11 m)
- ✗ CO Petit trochanter du fémur (8 – 15 m)
- ✗ CO Tubérosité tibiale (9 – 10 m)
- ✗ CO Tubérosité de l'olécrâne de l'ulna (9 – 13 m)
- ✗ CO Epiphyse distale du tibia (10 – 12 m)
- ✗ CO Epiphyse distale de la fibula (10 – 14 m)

Le CHAT d'UN AN

Apparition des comportements d'œstrus chez la femelle (5 – 7 m, jusqu'à 12 m)
Apparition des comportements sexuels chez le mâle (9 – 12 m)

Dents définitives blanches et intactes

Fermeture des foramens radiculaires apicaux des canines (11 – 12 m)

Jusqu'à deux ans : $m = 2,463 / ((P/T) - 0,094)$ avec m l'âge en mois et P/T le rapport largeur de la pulpe / largeur de la dent

Courbes de croissance de Waltham (72)

Diminution de la courbure de la cornée jusqu'à 12 mois

Fermeture :

- × CO Tubérosité calcanéenne (7 – 15 m)
- × CO Petit trochanter du fémur (8 – 15 m)
- × CO Tubérosité de l'olécrâne de l'ulna (9 – 13 m)
- × CO Epiphyse distale du tibia (10 – 12 m)
- × CO Epiphyse distale de la fibula (10 – 14 m)
- × CO Epiphyse proximale du tibia (12 – 16 m)
- × CO Plateau tibial (12 – 19 m)
- × CO Epiphyse proximale de la fibula (13 – 18 m)
- × CO Grand trochanter du fémur (13 – 19 m)
- × CO Epiphyse distale du fémur (13 – 20 m)
- × CO Epiphyse distal du radius (14 – 22 m)
- × CO Epiphyse distale de l'ulna (14 – 25 m)
- × CO Epiphyse proximale de l'humérus (18 – 24 m)
- × Fusion du basisphénoïde et du présphénoïde (1 – 2 ans)

Le CHAT de DEUX ANS à CINQ ANS

Jusqu'à deux ans : $m = 2,463 / ((P/T) - 0,094)$ avec m l'âge en mois et P/T le rapport largeur de la pulpe / largeur de la dent

Débit de nivellement des incisives I1 mandibulaires (2 ans)

Débit de nivellement des incisives I2 mandibulaires (3 ans)

Débit de nivellement des incisives I1 maxillaires (4 ans)

Débit de nivellement des incisives I2 maxillaires (5 ans)

Apparition du reflet oculaire dû à la réflexion de la lumière sur la surface postérieure du noyau du cristallin (Lb'). Trois reflets oculaires visibles (La, Lb, Lb') (4 – 6 ans).

Fermeture :

- × CO Epiphyse distale de l'ulna (14 – 25 m)
- × CO Epiphyse proximale de l'humérus (18 – 24 m)
- × Fusion du basisphénoïde et du présphénoïde (1 – 2 ans)
- × CO Crête iliaque et tubérosité ischiatique (> 2 ans)
- × Suture interpariétale et suture pétro-squameuse (2 – 3 ans)
- × Fusion du corps et des ailes du basisphénoïde (3 – 4 ans)



Figure 85 : Denture définitive chez un chat de cinq ans. L'usure dentaire est faible et les dents ne présentent pas de jaunissement évident.

(Source : Adeline Kaemmerlen)

Le CHAT de PLUS DE SIX ANS

Début du jaunissement des dents (6 ans)

Apparition du reflet oculaire dû à la réflexion de la lumière sur la surface postérieure du noyau du cristallin (Lb'). Trois reflets oculaires visibles (La, Lb, Lb') (4 – 6 ans).

Apparition du reflet oculaire dû à la réflexion de la lumière sur la surface antérieure du noyau du cristallin (La'). Deux reflets oculaires visibles (La', Lb') (7 ans).



Figure 86 : Canine maxillaire droite présentant un jaunissement important chez un chat de 10 ans
(Source : Adeline Kaemmerlen)



Figure 87 : Incisives et canines d'un chat de 12 ans. Toutes les dents sont présentes, les canines présentent un jaunissement important.
(Source : Arthur Garnier-Leymonerie)



Figure 88 : Denture d'un chat de 12 ans. Les prémolaires présentent du tartre en quantité importante.
(Source : Arthur Garnier-Leymonerie)

**PARTIE 2 : APPLICATIONS A LA
CONSULTATION DE MEDECINE PREVENTIVE**

I. L'âge du chien et du chat dans le cadre de la réglementation

1. Législation concernant l'identification des carnivores domestiques

L'article L212-10 du Code Rural et de la Pêche Maritime réglemente l'obligation d'identification des carnivores domestiques. Cet article stipule que l'identification par transpondeur électronique ou tatouage est obligatoire pour « les **chiens** nés après le 6 janvier 1999 âgés de **plus de quatre mois** et pour les **chats de plus de sept mois** nés après le 1er janvier 2012 » (95). On notera que l'identification est également obligatoire avant toute cession (gratuite ou onéreuse), même si l'animal n'a pas atteint l'âge cité précédemment.

2. Législation concernant la cession des carnivores domestiques

L'article L214-8 du Code Rural et de la Pêche Maritime entré en vigueur le 1^{er} janvier 2016 mentionne que « seuls les chiens et chats âgés de **plus de huit semaines** peuvent faire l'objet d'une cession à titre gratuit ou onéreux » (96). L'article L214-8-1 ajoute l'obligation de faire figurer l'âge des animaux dans toute publication d'une offre de cession de chats ou de chiens (97).

3. Législation concernant la rage

La rage (98)

La rage est une maladie d'origine virale causée par un *Lyssavirus*, majoritairement le virus rabique RABV. Elle se traduit par une encéphalomyélite d'évolution systématiquement mortelle une fois déclarée cliniquement, la mort survenant en trois à six jours en moyenne. La période d'incubation est d'environ 30 jours (de 10 jours à plusieurs mois).

La rage se transmet par contact salivaire, principalement par morsure. Le chien est responsable de plus de 98% des cas déclarés de rage chez l'Homme.

La France est actuellement indemne de rage (virus RABV). Une législation très stricte a été mise en place autour du risque rabique, avec notamment des périodes de mises sous surveillance des animaux à risque, des protocoles « chiens mordeurs » et une réglementation de la vaccination antirabique des animaux passant la frontière.

L'importation d'un carnivore domestique en provenance de l'Union Européenne sur le territoire français implique une obligation d'identification par puce électronique (ou tatouage si réalisé avant le 3 juillet 2021), une vaccination antirabique en cours de validité et un passeport attestant de l'identification et de la vaccination antirabique (99, 100).

L'annexe III du règlement européen n°576/2013 relatif aux mouvements non commerciaux d'animaux de compagnie (101) fixe les exigences de validité pour la vaccination antirabique. L'administration du vaccin antirabique doit être effectuée sur un animal âgé d'**au moins 12 semaines**. La date d'administration doit être ultérieure ou identique à la date d'identification. La période de validité du vaccin débute, dans la majorité des cas, 21 jours après la date d'administration. En conclusion, **la vaccination antirabique ne peut pas être valide sur un animal âgé de moins de 15 semaines**.

L'importation d'un carnivore domestique en provenance d'un pays tiers à l'Union Européenne sur le territoire français nécessite une identification par puce électronique (ou tatouage si réalisé avant le 3 juillet 2021), une vaccination antirabique en cours de validité, un titrage sérique des anticorps antirabiques et un certificat sanitaire (ou passeport dans le cas d'une réintroduction en Union Européenne) (102).

L'annexe IV du règlement européen n°576/2013 (101) fixe les exigences de validité du titrage antirabique et l'annexe II du règlement européen n°577/2013 (103) liste les territoires et pays dispensés de ce titrage. Le titrage des anticorps de la rage doit être effectué sur un échantillon prélevé au moins trente jours après la date de la vaccination. Le titrage doit être effectué dans un laboratoire agréé de l'Union Européenne au moins trois mois avant la date d'arrivée de l'animal en France, sauf si le titrage est effectué en pays membre de l'Union Européenne avant le départ en pays tiers. En conclusion, **un délai d'un à quatre mois supplémentaires est nécessaire en cas de titrage antirabique**. Le niveau d'anticorps sériques neutralisant le virus rabique doit être supérieur ou égal à 0,5 UI/mL et il n'est pas nécessaire de réitérer le titrage si la vaccination antirabique reste continuellement valide.

On remarquera qu'un titrage antirabique, même supérieur à la valeur légale, ne permet pas de conclure sur l'âge d'un animal. Il a été montré que les chiots peuvent répondre à l'injection antirabique dès quatre semaines d'âge (104).

4. Conclusions sur l'importance de l'estimation de l'âge dans le cadre de la réglementation

La réglementation interdit la cession d'un chiot ou d'un chaton âgé de moins de huit semaines et la vaccination antirabique sur un animal de moins de 12 semaines et rend l'identification obligatoire pour les chiots de plus de quatre mois et les chatons de plus de sept mois. Or, l'âge rapporté par les vendeurs ou les propriétaires est parfois approximatif, voire faussé volontairement. Dans ce deuxième cas, l'âge est généralement volontairement surestimé afin de vendre le jeune animal le plus tôt possible.

Concernant la dentition, à huit semaines, la mise en place de la denture déciduale est complète chez le chaton mais les prémolaires déciduales du chiot sont toujours en cours d'éruption. A 12 semaines, pour le chiot comme pour le chaton, la mise en place de la denture déciduale doit être terminée. Lorsque la mise en place des incisives définitives a débuté, on peut

raisonnablement penser que l'animal est âgé d'environ trois mois, soit plus de 12 semaines. Il est cependant nécessaire de garder à l'esprit que les éruptions dentaires peuvent être plus précoces ou tardives chez certains individus, tels que représentés dans les figures 53 et 58.

En résumé :

- Un chaton dont la denture déciduale est toujours en cours de mise en place est âgé de moins de sept semaines.
- Un chaton dont la denture déciduale est complète, sans début de changement vers une denture définitive, peut avoir entre sept et 13 semaines.
- Un chaton dont la denture déciduale est complète et pour lequel la mise en place des incisives définitives a débuté, a vraisemblablement plus de 12 semaines.
- Un chaton dont la denture définitive est complète peut avoir plus de sept mois.

- Un chiot dont la denture déciduale (prémolaires) est toujours en cours de mise en place peut avoir entre cinq et 12 semaines selon l'avancée de l'éruption. Un chiot entre huit et 12 semaines sera en fin d'éruption des prémolaires déciduales mais l'estimation de l'âge ne pourra pas être très précise.
- Un chiot dont la denture déciduale est complète, sans début de changement vers une denture définitive a vraisemblablement moins de 13 semaines mais la précision possible est faible et il est délicat de juger s'il a neuf semaines ou s'il en a 12, par exemple.
- Un chiot dont la denture déciduale est complète et pour lequel la mise en place des incisives définitives a débuté, a vraisemblablement plus de 12 semaines.
- Un chiot dont les incisives définitives I2 et I3 ont commencé leur éruption a vraisemblablement quatre mois ou plus.

L'utilisation des courbes de Waltham (72) est possible, particulièrement après 12 semaines (début des courbes à huit semaines chez le chaton et 12 semaines chez le chiot) mais les intervalles entre les percentiles sont larges. Par exemple, chez le chaton de 12 semaines, le poids entre le premier et le dernier percentile représentés varie entre 800 g et 2,5 kg environ, avec le 50^e percentile à 1,5 kg. Un chaton de huit semaines devrait peser environ 900g. Cependant, des retards de croissance sont tout à fait possibles, aboutissant à des individus plus âgés que ce que leur poids laisse suggérer.

Si on utilise les cartilages de croissance, chez le chien âgé théoriquement de huit semaines, il est possible de vérifier l'apparition des centres d'ossification des épiphyses distales de la fibula et de l'ulna, des épiphyses proximales du métacarpe 1 et de la première phalange du doigt un, du tubercule supra-glénoïdal de la scapula et de l'épiphyse de l'os accessoire.

Chez le chien de 12 semaines, les centres d'ossification de la patella, du petit et du grand trochanter et de l'épiphyse proximale du tibia sont normalement apparus et le centre d'ossification du condyle médial de l'humérus est fermé. Si les centres d'ossification de la malléole médiale du tibia, des sésamoïdes des muscles gastrocnémien et poplité et de la tubérosité ischiatique sont apparus, le chiot a vraisemblablement trois mois ou plus.

Chez le chat, les cartilages de croissance du petit trochanter du fémur, de la tubérosité tibiale, de l'épiphyse proximale de la fibula et de l'épicondyle médial de l'humérus apparaissent théoriquement entre six et huit semaines et peuvent constituer un bon indicateur de l'âge. Chez un chaton de huit semaines ou plus, les centres d'ossification du tubercule supra-glénoïdal de la scapula, de la patella et de la tubérosité ischiatique devraient commencer à apparaître (mise en place entre sept et dix semaines). Les cartilages de croissance sont cependant moins précis pour vérifier l'âge d'un chaton autour de 12 semaines. En effet, chez le chaton de 12 semaines, aucun centre d'ossification n'est en cours d'apparition ou de fermeture. Il est donc nécessaire de rechercher des centres d'ossification dont l'apparition ou la fermeture sont en théorie plus précoces ou plus tardives.

En conclusion, les âges légaux concernant la cession et la vaccination antirabique des chiots et des chatons constituent des âges où peu d'éléments, notamment en termes de dentition, permettent d'estimer précisément l'âge de l'animal. Il sera donc nécessaire de coupler les différentes données vues précédemment, notamment le poids et les différents centres d'ossification, et de rechercher des éléments présents uniquement chez des animaux plus jeunes ou uniquement chez des animaux plus âgés.

II. Adapter la vaccination selon l'âge

Les intérêts de la vaccination sont multiples : elle permet à la fois de protéger l'animal individuellement, la population non vaccinée via l'immunité de groupe et joue un rôle dans la santé publique dans le cas des vaccinations concernant des zoonoses (99).

Les facteurs influençant la qualité de la vaccination sont nombreux, ils englobent notamment l'environnement de l'animal, les caractéristiques du vaccin, le pathogène visé et les compétences immunitaires de l'animal (105). Ce dernier facteur dépend, entre autres, de l'âge de l'animal et conduit à des adaptations des protocoles vaccinaux selon l'âge de l'individu considéré.

Des recommandations pour la vaccination des chiens et des chats sont régulièrement publiées à l'échelle internationale ou européenne par différents organismes : la *World Small Animal Veterinary Association* (WSAVA) (106), l'*American Association of Feline Practitioners* (AAFP), l'*American Animal Hospital Association* (AAHA) (105) et l'*Advisory Board on Cat Disease* (ABCD) (107).

1. Les différents vaccins disponibles

Les vaccins existant sur le marché peuvent être classés en trois catégories :

- Les vaccins essentiels (E, « core vaccines ») : il s'agit des vaccins que tous les animaux devraient recevoir aux intervalles recommandés afin d'être protégés contre les maladies infectieuses d'importance mondiale tout au long de leur vie (106). Chez le chien, ces vaccins protègent contre la maladie de Carré, l'hépatite de Rubarth (adénovirus canin) et la parvovirose. Chez le chat, ce sont ceux protégeant de la panleucopénie (parvovirus félin), la rhinotrachéite infectieuse (herpesvirus félin) et la calicivirose féline.

- Les vaccins non essentiels ou optionnels (O, « non core vaccines ») : à choisir en fonction de la balance bénéfices/risques, selon le contexte épidémiologique local et le mode de vie de l'animal et des propriétaires (106). Ils ne sont pas nécessaires pour tous les animaux dans toutes les régions du monde mais peuvent être indispensables pour un animal dans son milieu de vie (108).

- Les vaccins non recommandés : ils sont déconseillés en raison du manque de preuves scientifiques justifiant leur utilisation (106).

Les vaccins disponibles en France chez le chien et le chat ainsi que leur niveau de recommandation pour le territoire français sont listés dans les tableaux XX et XXI.

Tableau XX : Maladies du chien ayant un vaccin disponible en France, importance et niveau de recommandation (Sources : (7, 99))

Maladies	Abréviation	Agents pathogènes	Importance	Niveau de recommandation
Maladie de Carré	C (D)	Virus de la maladie de Carré <i>Canine distemper virus</i> CDV	++++	E
Hépatite de Rubarth	H	Adénovirus canin de type 1 <i>Canine adenovirus-1</i> CAV-1	++++	E
Parvovirose	P	Parvovirus canin <i>Canine Parvovirus-2</i> CPV-2	+++++	E
Leptospirose	L	<i>Leptospira spp.</i>	+++	O +++
Rage	R	Virus de la rage <i>Rhabdovirus</i>	+	O +++
Leishmaniose	Leish	<i>Leishmania infantum</i>	+++	O ++
Trachéobronchite infectieuse (Toux de chenil)	Pi	Virus parainfluenza canin <i>Canine Parainfluenza Virus</i> CPiV	++	O ++
	Bb	<i>Bordetella bronchiseptica</i>		O ++
	CAV-2	Adénovirus canin de type 2 <i>Canine adenovirus-2</i> CAV-2		O+
Herpès virose canine / Maladie hémorragique du chiot	Herpes	Herpèsvirus canin de type 1 <i>Canid Herpesvirus 1</i> CaHV-1	+	O+
Borréliose (Maladie de Lyme)	Bo	<i>Borrelia burgdorferi</i> <i>B. azfeli</i> , <i>B. Garinii</i>	+	O+
Babésiose (Piroplasmose)	Bab	<i>Babesia canis</i>	+++	O+
Tétanos	T	Anatoxine de <i>Clostridium tetani</i>	+	O+

Niveaux de recommandations : E = Essentiel, O+++ = fortement recommandé, O++ = moyennement recommandé, O+ = faiblement recommandé

Tableau XXI : Maladies du chat ayant un vaccin disponible en France, importance et niveau de recommandation (Sources : (7, 99))

Maladie	Abréviation	Agents pathogènes	Importance	Niveau de recommandation
Panleucopénie féline (typhus)	P (T)	Parvovirus félin <i>Feline parvovirus</i> FPV	++++	E
Syndrome Coryza infectieux <i>Calicivirose</i> <i>Rhinotrachéite</i> <i>Bordetellose féline</i>	R	Calicivirus félin <i>Feline calicivirus</i> FCV	+++	E
	C	Herpèsvirus félin de type 1 <i>Feline Herpesvirus-1</i> FeHV-1	+++	E
	Bb	<i>Bordetella bronchiseptica</i>	+	O+
Leucose	L	Virus leucémogène félin <i>Feline leukemia virus</i> FeLV	++	O +++ Recommandé pour les chats avec accès à l'extérieur ou vivant en communauté
Rage	R	Virus de la rage <i>Rhabdovirus</i>	+	O +++
Chlamydophilose (chlamydiose)	Ch	<i>Chlamydophila (Chlamydia) felis</i>	+	O +

Niveaux de recommandations : E = Essentiel, O+++ = fortement recommandé, O++ = moyennement recommandé, O+ = faiblement recommandé

D'autres vaccins existent mais ne sont pas disponibles en France (7, 106) :

- Des vaccins contre le mélanome oral, l'*Influenza* (grippe canine) et la coronavirose canine (non recommandé) chez le chien.
- Des vaccins contre la péritonite infectieuse féline (PIF, non recommandé) et l'immunodéficience féline (FIV) chez le chat.

2. La vaccination chez le jeune animal

a) Transfert des anticorps maternels vers le nouveau-né par le colostrum

Chez le chien et le chat, la placentation de type endothéliochoriale ne permet le passage que d'une très faible quantité d'immunoglobulines pendant la gestation (5 à 10%) (16, 99, 109). La concentration en immunoglobulines G (Ig G) chez le chiot à la naissance est ainsi de 0,3 g/L, contre 8 à 25 g/L chez l'adulte (109). Le système immunitaire est donc très immature à la naissance et les capacités de défense du nouveau-né contre les agents pathogènes dépendent très fortement de l'ingestion d'anticorps maternels apportés par le colostrum dans les heures suivant la naissance (99).

L'acquisition d'une immunité systémique après ingestion du colostrum est possible grâce à la perméabilité temporaire de la barrière intestinale dans les heures suivant la naissance (99). La transmission des anticorps maternels est ainsi maximale dans les quatre à six heures suivant la naissance (18, 110, 111), elle diminue fortement après huit heures de vie (16, 18, 111) et devient nulle entre 16 et 24h après la naissance (99, 110, 111).

Le colostrum est composé principalement d'immunoglobulines G (60 à 75%) ainsi que d'immunoglobulines M et A en plus faible quantité (16, 109). Ce sont principalement les immunoglobulines A et G qui sont absorbées dans le tube digestif, les immunoglobulines M étant de taille trop importante (16). Les immunoglobulines assurent une protection systémique mais également locale au niveau du tube digestif (18, 109).

Dans les premières semaines de vie, les nouveau-nés sont donc protégés contre les agents pathogènes contre lesquels leur mère était immunisée (18). Ainsi, la protection colostrale présente une limite majeure : si la mère n'a pas été en contact avec un agent pathogène, elle n'a pas pu produire d'anticorps et ne pourra donc pas transmettre une protection contre ce pathogène au chiot ou au chaton, même si l'ingestion colostrale est faite dans de bonnes conditions. L'intérêt de la vaccination des mères avant la mise à la reproduction ou pendant la gestation est donc considérable (99).

b) Persistance des anticorps maternels et période critique immunologique

La qualité et la durée de la protection colostrale dépendent de nombreux facteurs qui influencent la quantité et la qualité du colostrum ingéré.

Le plus important d'entre eux est le délai écoulé entre la naissance et l'ingestion du colostrum : comme vu précédemment, la perméabilité de la barrière intestinale diminue de manière importante dans les heures suivant la naissance. De plus, les qualités immunologiques du colostrum produit par la mère baissent également rapidement (diminution de 50% en 24h) (109).

La protection colostrale dépend également du titre en anticorps de la mère. La taille de la portée, l'accès à la mamelle et la vigueur pour téter influencent également la prise colostrale (110). Ainsi, la protection colostrale pourra être très variable entre les portées et entre les chiots d'une même portée (109).

Enfin, en cas de forte pression infectieuse, les anticorps maternels vont être utilisés pour lutter contre les agents pathogènes et la durée de la protection colostrale va diminuer (18).

La durée de protection par les anticorps maternels est en moyenne de huit à 12 semaines mais les variations individuelles sont très fortes en fonction de la quantité d'immunoglobulines absorbées (70, 99, 106). La protection peut donc disparaître avant huit semaines ou s'étendre jusqu'à 14 semaines voire au-delà, notamment contre la panleucopénie chez les chatons dont la mère a un titre en anticorps très élevé (99). Les demi-vies moyennes des anticorps maternels et les durées de protection théoriques associées sont présentées dans le tableau XXII.

Tableau XXII : Demi-vies des anticorps maternels et durée de protection moyenne pour les différentes maladies du chien et du chat ayant un vaccin (Sources : (16, 18))

Maladie	Demi-vie des anticorps maternels (en jours)	Durée moyenne de protection (en semaines)
Parvovirose	9,7	10 – 14
Hépatite de Rubarth	8,4	9 – 12
Maladie de Carré	8,4	9 – 12
Panleucopénie féline	9,5	8 – 14
Leucose féline	15	6 – 8
Rhinotrachéite féline	18,5	6 – 8
Calicivirose féline	15	10 – 14
Coronavirose féline	7	4 – 6

La **période critique** immunologique se définit comme la période où le taux d'anticorps maternels devient insuffisant pour protéger efficacement le chiot ou le chaton mais où il est suffisant pour neutraliser la vaccination (18) (Figure 89).

La période critique se situe entre six et 16 semaines (exceptionnellement 20 semaines) avec toutes les variabilités individuelles décrites précédemment (16, 108, 110).

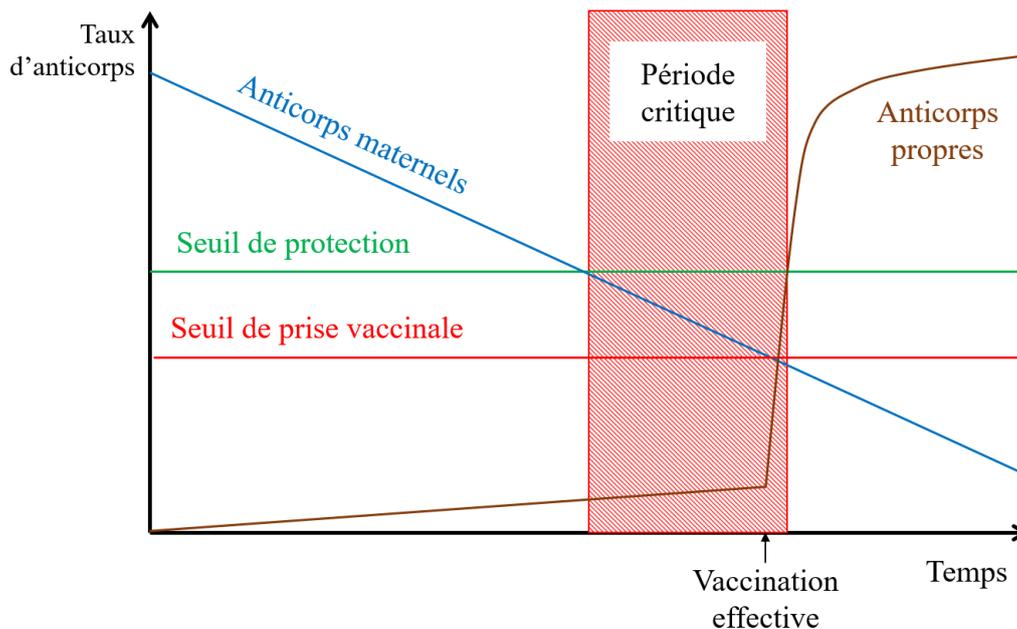


Figure 89 : Diminution de la quantité d'Anticorps d'Origine Maternels (AOM) et augmentation de la quantité d'anticorps propres au cours du temps et période critique.
(Source : Kaemmerlen Adeline)

La persistance des anticorps maternels qui neutralisent le virus du vaccin est la première cause d'échec de la vaccination, loin devant une mauvaise réponse du système immunitaire de l'animal ou une faible immunogénicité du vaccin due à des anomalies lors de sa conception, son transport, son stockage ou son administration (106). La vaccination devient possible et efficace lorsque le taux d'anticorps maternel devient inférieur à un « taux de prise vaccinale » (18).

Remarque : les anticorps maternels ralentissent le développement de l'immunité humorale du jeune mais pas celui de l'immunité cellulaire (99).

c) Conséquences sur les protocoles vaccinaux du jeune animal

Les récentes études portant sur la persistance des anticorps maternels ont contribué à modifier les recommandations concernant la primo-vaccination du chiot et du chaton. La WSAVA recommande actuellement de débiter la vaccination du chiot et du chaton pour les valences essentielles **entre six et huit semaines d'âge** et d'effectuer des **rappels toutes les deux à quatre semaines jusqu'à 16 semaines** au minimum (106). Le nombre d'injection est donc déterminé par l'âge de début de vaccination et l'intervalle choisi entre les vaccinations (Tableau XXIII).

Tableau XXIII : Exemples de protocole de primo-vaccination selon l'âge à la première injection (Source : 108)

1^{ère} injection	2^e injection	3^e injection	4^e injection
6 semaines	9 semaines	12 semaines	16 semaines
6 semaines	10 semaines	14 semaines	18 semaines
8 semaines	12 semaines	16 semaines	
9 semaines	12 semaines	16 semaines	
12 semaines	16 semaines		

Historiquement, le premier rappel était réalisé à l'âge d'un an ou un an après la dernière injection de primo-vaccination. Or, l'objectif principal de ce premier rappel est d'assurer une réponse immunitaire chez les animaux qui n'aurait pas répondu aux injections de primo-vaccination. La WSAVA recommande donc d'avancer cette injection **entre six mois et un an** (26 à 52 semaines), le plus proche possible des 26 semaines (106).

Avec ces nouvelles recommandations, le chiot ou le chaton peut effectuer jusqu'à cinq visites vaccinales au cours de ses six premiers mois de vie, d'où l'importance d'en expliquer l'intérêt aux propriétaires. L'avancée du premier rappel n'exclut en outre pas de réaliser une consultation de médecine préventive vers la fin de la croissance, vers un an (106).

Pour les chiots et les chatons évoluant dans un environnement à fort risque infectieux (en refuge par exemple) ou n'ayant pas ingéré de colostrum, la vaccination des valences essentielles peut être débutée dès quatre semaines d'âge et répétée toutes les deux semaines jusqu'à 20 semaines (106, 108).

Pour les vaccins non essentiels, le début de la primo-vaccination peut généralement être réalisée à partir de huit semaines avec un intervalle de deux à quatre semaines avec la seconde injection de primo-vaccination. Les injections de primo-vaccination contre la leptospirose chez le chien et la leucose chez le chat pourront donc s'effectuer par exemple à huit et 12 semaines ou 12 et 16 semaines selon le statut vaccinal de la mère (99). Le détail des recommandations est présenté dans les tableaux XXIV et XXV.

D'autres valences optionnelles comme la leishmaniose ou la babésiose ne s'administrent qu'à partir du cinquième ou sixième mois (99). On peut noter que les vaccins intranasaux ciblant *Bordetella bronchiseptica* peuvent être administrés dès trois semaines de vie car il n'y a pas d'interférences avec les anticorps d'origine maternels au niveau des muqueuses (108).

d) Méthodes supplémentaires pour limiter les risques lors de la période critique

Certains vaccins particuliers ont été développés afin de tenter de contourner la neutralisation de la vaccination par les anticorps maternels lors de la période critique :

- Des vaccins « surtitrés » qui contiennent une concentration en antigènes environ 100 fois supérieure aux vaccins classiques. On peut par exemple citer, contre la parvovirose, les vaccins Vanguard® CPV (Zoetis) et Primodog® (Boehringer Ingelheim). Les études ont mis

en évidence une séroconversion en présence d'un taux d'anticorps maternels plus élevé qu'avec les vaccins classiques. Ces vaccins sont intéressants lors des premières injections de primo-vaccination (112).

- Un vaccin recombinant CPV-2C (Nobivac® DP Plus) contre la parvovirose et la maladie de Carré. Il s'agit d'un vaccin recombinant modifié génétiquement pour que la souche vaccinale CPV-2 exprime une protéine de capsid CPV-2c. Ce vaccin peut être administré dès quatre semaines et la protection est effective en trois jours en absence d'anticorps maternels. En présence d'anticorps maternels, la recombinaison permet la séroconversion et l'immunité dure huit semaines. Lors d'un essai clinique, le taux de séroconversion avec une dose vaccinale était de 91% sur 87 chiots âgés de quatre à six semaines et dont les titres en anticorps maternels contre la parvovirose étaient de faibles à élevés (112,113).

Pour les chiots nouveau-nés ne pouvant recevoir le colostrum de leur mère, des substituts colostraux ont été développés (lait Puppy Protech de Royal Canin). Des poules sont vaccinées contre le parvovirus CPV-2. Elles produisent ainsi des œufs dont le jaune contient des anticorps Y (pour «*Yolk*», le jaune d'œuf) protégeant contre le parvovirus. Sur le même principe, des anticorps ciblant la bactérie *Escherichia coli* peuvent être produit. Les deux poudres d'œufs sont ensuite ajoutées dans du lait maternisé classique (24, 109).

3. La vaccination chez l'animal adulte

Le nombre d'injections de primo-vaccination chez l'adulte dépend du type de vaccin utilisé. Les vaccins essentiels du chien et celui contre la panleucopénie chez le chat sont généralement des vaccins à virus atténués et sont très immunogènes, ce qui permet une unique injection de primo-vaccination. Les autres vaccinations nécessitent généralement deux injections à deux à quatre semaines d'intervalle (99, 106, 108).

Des études récentes ont montré des durées d'immunité de plusieurs années pour les vaccins essentiels chez le chien et le chat (114). Ces conclusions ont conduit à une modification des recommandations de vaccination avec un allongement des intervalles de vaccination à tous les trois ans (105, 106, 107).

Pour les vaccins non essentiels, les durées d'immunité sont en revanche égales ou inférieures à un an, sauf pour la leucose chez le chat (106, 108) (Tableaux XXIII et XXIV). Pour la leptospirose, il est ainsi conseillé de reprendre un protocole de primo-vaccination si le dernier rappel remonte à plus de 18 mois ou si la première injection de primo-vaccination a été effectuée il y a plus de six semaines (108).

Les différents consensus mettent également en avant l'importance d'adapter la fréquence des rappels en fonction du milieu et du mode de vie de l'animal. Ainsi, la vaccination contre le coryza (*Herpesvirus* et *Calicivirus*) chez le chat est recommandée tous les trois ans en cas de risque infectieux faible mais le rappel devrait être annuel pour les chats ayant fréquemment accès à l'extérieur et/ou en contact avec de nombreux congénères (106, 107) En cas

d'événement à risques importants (mise en chatterie par exemple), il est conseillé d'administrer un rappel entre une semaine et trois mois avant (108).

Pour la leucose féline, les recommandations varient selon les organismes. La WSAVA recommande des rappels tous les deux à trois ans au maximum, tout comme l'ABCD pour les chats âgés de plus de trois ans, tandis que l'AAHA recommande des rappels annuels en cas de forte exposition. Les experts s'accordent sur le fait que la vaccination devrait être précédée d'un test de dépistage négatif (105, 106, 107).

Remarque : les différents vaccins sur le marché pour la leucose ne ciblant pas les mêmes antigènes, il est conseillé de réaliser un nouveau protocole de primo-vaccination en cas de changement de gamme vaccinale (108).

Il est possible de réaliser un dosage des anticorps sur sérum afin d'adapter individuellement le protocole de rappels, par exemple pour vérifier la nécessité du premier rappel entre 26 et 52 semaines (106). Des kits de tests rapides existent, notamment pour les maladies essentielles du chien et du chat. On notera qu'un animal séronégatif est possiblement protégé par une immunité cellulaire et/ou locale (99). Cependant, plusieurs études ayant montré une persistance des anticorps durant plusieurs années, il est conseillé de revacciner en cas de taux d'anticorps trop bas (106). De plus, même si les infections virales déclenchent à la fois l'immunité cellulaire et humorale, ce sont principalement les anticorps qui permettent la réduction de la charge virale (106).

Tableau XXIV : Protocoles de vaccination recommandés chez le chien (Sources : (105, 106, 115))

Valences vaccinales	Primo-vaccination du chiot	Primo-vaccination de l'adulte	Rappels
CHP Maladie de Carré Hépatite de Rubarth Parvovirose	A partir de 6 – 8 semaines Injections toutes les 2 à 4 semaines jusqu'à 16 semaines minimum	<i>Vaccin vivant atténué</i> : une seule injection	1 ^{er} rappel entre 26 et 52 semaines puis au plus que tous les trois ans
L Leptospirose	A partir de 8 semaines Deux injections à 2 à 4 semaines d'intervalle	<i>Vaccin inactivé</i> : Deux injections à 2 à 4 semaines d'intervalle	Annuels
R Rage	Une injection à partir de 12 semaines	Une injection	1 ^{er} rappel un an après puis tous les ans ou tous les trois

	Rappel possible 2 à 4 semaines plus tard si région à hauts risques		ans selon les consignes du fabricant
Leish Leishmaniose	Une administration à partir de six mois <i>(Letifend)</i>	Une administration à partir de six mois <i>(Letifend)</i>	Annuels
Pi Parainfluenza virus	A partir de 6 – 8 semaines Injections toutes les 2 à 4 semaines jusqu'à 16 semaines minimum	<i>Vaccin vivant atténué</i> : une seule injection	1 ^{er} rappel entre 26 et 52 semaines puis annuel
Bb Bordetella bronchiseptica	<u>Voie intranasale</u> : une administration à partir de 3 semaines	<i>Vaccin vivant atténué</i> : une seule administration	Au minimum annuels
	<u>Voie orale</u> : une administration à partir de 3 semaines		
	<u>Voie parentérale</u> : A partir de 6 à 8 semaines Deux injections, la 2 ^e à 10 – 12 semaines	<i>Vaccin inactivé</i> : Deux injections à 2 à 4 semaines d'intervalle	
Herpesvirose canine		Une injection pendant les chaleurs ou 7 à 10 jours après la date de la saillie 2 ^e injection une à deux semaines avant la date de la mise-bas <i>(Eurican Herpes 205)</i>	A chaque gestation selon le même schéma vaccinal
Bo Borréliose	A partir de 12 semaines (9 si risques importants) Deux injections à 2 à 4 semaines d'intervalle	<i>Vaccin inactivé</i> : Deux injections à 2 à 4 semaines d'intervalle	Annuels, de préférence avant le début de la saison des tiques

Bab Babésiose	A partir de cinq mois Deux injections à 3 à 4 semaines d'intervalle (<i>Pirodog</i>)	Deux injections à 3 à 4 semaines d'intervalle (<i>Pirodog</i>)	Annuels ou semestriels si risques importants De préférence entre fin juin et fin août ou en décembre/janvier
T Tétanos	A partir de quatre mois Deux injections à 4 semaines d'intervalle (<i>Tetapur</i>)	Deux injections à 4 semaines d'intervalle (<i>Tetapur</i>)	1 ^{er} rappel à un an puis tous les trois ans

Tableau XXV : Protocoles de vaccination recommandés chez le chat (Sources : (105, 106, 107))

Valences vaccinales	Primo-vaccination du chaton	Primo-vaccination de l'adulte	Rappels
P (T) Panleucopénie féline	A partir de 6 – 8 semaines	<i>Vaccin vivant atténué</i> : une seule injection	1 ^{er} rappel entre 26 et 52 semaines puis pas plus que tous les trois ans
C Coryza (FCV et FeHV-1)	Injections toutes les 2 à 4 semaines jusqu'à 16 semaines minimum	Deux injections à 2 à 4 semaines d'intervalle	1 ^{er} rappel entre 26 et 52 semaines puis pas plus que tous les trois ans si risque faible, annuels sinon
L Leucose	A partir de huit semaines Deux injections à 3 à 4 semaines d'intervalle	Deux injections à 3 à 4 semaines d'intervalle	1 ^{er} rappel un an après puis tous les deux à trois ans Possibilité de rappels annuels avant trois ans et/ou si risque important
R Rage	Une injection à partir de 12 semaines	Une injection	1 ^{er} rappel un an après puis tous les ans ou tous les trois ans selon les consignes du fabricant
Ch Chlamydie	A partir de neuf semaines Deux injections à 2 à 4 semaines d'intervalle	Deux injections à 2 à 4 semaines d'intervalle	Annuels

4. La vaccination chez l'animal âgé

Une diminution de l'efficacité du système immunitaire est observée chez l'animal âgé (vers 12 ans). Cependant, celle-ci affecte surtout la réponse immunitaire primaire qui a lieu lors d'un premier contact avec un agent pathogène inconnu (99, 106, 116). De nombreux lymphocytes mémoires B et T sont mis en place lors des vaccinations ou des contacts antérieurs avec un agent pathogène et ne sont pas affectés par le vieillissement : la réponse immunitaire n'est donc à priori pas modifiée vis-à-vis des antigènes connus (99, 116). En conséquence, il est recommandé de ne pas modifier le rythme de vaccination chez l'animal âgé si la vaccination antérieure est correcte (106, 108).

Chez un animal âgé qui n'a jamais été vacciné, l'intérêt de la vaccination doit être évaluée en fonction du rapport bénéfices/risques et du contexte épidémiologique (99).

III. Adapter la prophylaxie antiparasitaire selon l'âge

1. Importance de la prophylaxie antiparasitaire

La problématique de la prophylaxie antiparasitaire fait partie intégrante de la consultation de médecine préventive. Le parasitisme peut entraîner des conséquences néfastes sur l'organisme de l'animal parasité, entraînant des troubles digestifs, respiratoires ou cardiaques, une anémie, un prurit...

Certains parasites externes peuvent également être à l'origine de transmission de maladies vectorielles (117). Enfin, certains parasites sont des agents de zoonoses, particulièrement chez certaines catégories à risque comme les jeunes enfants (118).

Les principales mesures préventives reposent sur le respect des règles d'hygiène (ramassage et élimination des matières fécales), le contrôle de l'alimentation (limitation de l'ingestion de viande ou abats crus et de proies) et l'administration d'antiparasitaires ciblant les parasites internes (vermifugation) et externes (119).

Il est important de souligner que, contrairement aux antiparasitaires visant les ectoparasites, les vermifuges ne sont pas rémanents : ils éliminent les parasites présents dans l'organisme au moment de l'administration mais ne préviennent pas une nouvelle infestation (118).

L'état physiologique (gestation), l'état de santé, le mode de vie de l'animal (chasse, en collectivité), l'alimentation, le lieu de résidence et les voyages sont différents facteurs pouvant favoriser les infestations parasitaires. L'âge fait également partie de ces facteurs : tous les âges peuvent être parasités mais les risques sont plus importants chez les chiots, les chatons et les animaux très âgés (119).

La mise en place d'un traitement antiparasitaire se fait en plusieurs étapes (118) :

- L'identification du risque parasitaire en fonction des facteurs listés ci-dessus
- Le choix d'un traitement antiparasitaire adapté aux cibles, à l'animal et aux attentes des propriétaires
- L'implication du propriétaire en l'informant sur les risques liés au parasitisme et sur les mesures de prévention possibles
- La vérification de l'efficacité des méthodes de lutte

2. Les protocoles de prophylaxie antiparasitaire

a) Prophylaxie antiparasitaire contre les endoparasites

Le Comité Scientifique Européen d'études des Parasites des Animaux de Compagnie (European Scientific Counsel Companion Animal Parasites ou ESCCAP) divise les endoparasites, ou parasites internes, en quatre grandes catégories (119):

- Les ascarides avec principalement *Toxocara* spp.
- Les échinocoques avec *Echinococcus granulosus* et *Echinococcus multilocularis*
- Les filaires avec principalement *Dirofilaria immitis*
- Les autres cestodes (*Dipylidium caninum*, *Taenia* spp.) et nématodes (ankylostomes, trichures, strongles de l'appareil cardio-pulmonaire)

i. Lutte contre les ascarides

Chez le chien, le principal ascaride est *Toxocara canis*. La contamination du chiot pouvant se faire in utero, par le lait ou via l'environnement, le chiot peut donc être parasité dès la naissance. La période prépatente, définie comme le délai entre l'infestation et la production des premiers œufs, larves ou ookystes par les adultes, varie en fonction du moment d'infestation. Elle est de 21 jours après une infestation prénatale, 27 à 35 jours si la transmission se fait via la lactation et de 32 à 39 jours si le chien se contamine par ingestion des œufs dans le milieu extérieur.

Par conséquent, chez le chiot, il est conseillé de débiter la vermifugation dès le 15^e jour de vie (avant la fin de la période prépatente pour une infestation *in utero*), de la répéter tous les 15 jours jusqu'à deux semaines après le sevrage (arrêt du risque d'infestation par le lait) puis d'espacer à un traitement mensuel jusqu'à six mois (119).

Chez le chat, le principal ascaride est *Toxocara cati*. La contamination du chaton peut se faire uniquement via la lactation ou l'environnement. La période prépatente est variable, elle est souvent de six semaines.

Chez le chaton, il est donc conseillé de débiter la vermifugation à partir de trois semaines, de la réitérer tous les 15 jours jusqu'à deux semaines après le sevrage puis tous les mois jusqu'à six mois. Il est à noter qu'il est conseillé de traiter les chiennes et les chattes allaitantes en même temps que les jeunes (119).

Chez le chien et le chat adultes, l'infestation par les ascarides est généralement asymptomatique et la période prépatente est d'environ quatre semaines.

Si on souhaite éliminer complètement le risque d'ascarides, la vermifugation doit donc être obligatoirement mensuelle. Ce protocole peut être mis en place si le risque de transmission à l'Homme est majeur, par exemple en présence d'enfants en bas âge jouant dans un jardin privatif où le chien défèque. Il a été montré qu'une vermifugation annuelle ou semestrielle ne

permet pas de réduire significativement le niveau de contamination de l'environnement par les œufs de *Toxocara*.

En l'absence de risque majoré de transmission zoonotique, une vermifugation trimestrielle est recommandée (119).

ii. Lutte contre les échinocoques

Les échinocoques sont des agents de zoonose majeurs, responsables chez l'Homme de l'échinococcose kystique et alvéolaire, maladies pouvant être mortelles et se traduisant par la formation de kystes, généralement hépatiques. La vermifugation du chien contre ces cestodes, et dans une moindre mesure du chat, constitue donc un enjeu de santé publique (119).

Le chien est l'hôte définitif d'*Echinococcus granulosus*. La période prépatente de ce parasite est de 45 jours. Il est donc conseillé de vermifuger au minimum toutes les six semaines avec une molécule adaptée (Praziquantel) les chiens pouvant avoir accès à des carcasses de moutons, de porcs, de bovins ou de chevaux dans les régions à risques (119).

Echinococcus multilocularis a pour hôte définitif principal le renard, possiblement le chien, et comme hôte intermédiaire principal le campagnol. Sa période prépatente est de 28 jours. Il est donc conseillé de vermifuger toutes les quatre semaines avec du Praziquantel les chiens qui chassent les rongeurs sauvages dans les zones à risques (nord-est de la France) (119).

iii. Lutte contre les filaires

Dirofilaria immitis et *Dirofilaria repens* sont respectivement à l'origine de la dirofilariose cardio-pulmonaire et sous-cutanée. Ces deux parasites sont transmis par les moustiques dans le sud-est de l'Europe, aux Antilles, à la Réunion et en Guyane.

La prévention de leur transmission se fait par l'utilisation de lactones macrocycliques. La période prépatente est de six à sept mois et la transmission est possible d'avril à octobre en Europe. Il est conseillé de débiter un traitement mensuel dans les 30 jours suivant le début estimé de la période de transmission et de le terminer 30 jours après la fin de cette période (119).

iv. Lutte contre les autres nématodes et cestodes

Les caractéristiques des principaux autres nématodes et cestodes sont présentées dans le tableau XXVI.

Chez le chiot, le chaton et l'animal adulte, un protocole identique à celui présenté pour les ascarides pourra être mis en place.

Tableau XXVI : Principaux nématodes et cestodes autres que les ascarides, échinocoques et filaires (D'après : (119))

	Parasites et localisation	Localisation et signes cliniques	Hôtes intermédiaires et période prépatente
NEMATODES	<i>Ankylostoma caninum</i> (chien), <i>Ankylostoma tubaeforme</i> (chat), <i>Uncinaria stenocephala</i> (chien, rarement chat) Intestin grêle	Parasites hématophages : anémie possible <i>A.caninum</i> : transmission via le lait → possibilité d'anémie aigue parfois mortelle chez le chiot	Pas d'hôte intermédiaire 2 – 3 semaines
	<i>Trichuris vulpis</i> (chien) Gros intestin	Parasites hématophages : anémie possible	Pas d'hôte intermédiaire 2 – 3 semaines
	<i>Angiostrongylus vasorum</i> (chien) Artère pulmonaire et cœur droit	Variables, troubles respiratoires fréquents	Limaces, escargots... 40 – 49 jours
CESTODES	<i>Dipylidium caninum</i> Intestin grêle	Le plus souvent asymptomatique	Puces du genre <i>Ctenocephalides</i> 3 semaines
	Genre <i>Taenia</i> spp. Intestin grêle		Variés 4 – 10 semaines (chien) 6 semaines (chat)

v. Spécialités utilisables pour la lutte contre les parasites internes chez le jeune

Toutes les molécules ne sont pas utilisables chez le jeune chiot ou chaton. Les âges et poids minimaux pour l'utilisation des principales spécialités antihelminthiques disponibles en France sont présentés dans les tableaux XXVII et XXVIII.

Tableau XXVII : Âge ou poids minimal pour les principales spécialités antihelminthiques disponibles en France chez le chien (D'après : (18, 115, 120))

Age ou poids minimal	Nom déposé	Molécules	Spectre d'activité
2 semaines	Ascatène®	Pyrantel + niclosamide	Nématodes sauf trichures Cestodes : <i>Taenia</i> spp., <i>Dipylidium caninum</i>
	Dolthène®	Oxfendazole	Nématodes Cestodes : <i>Taenia</i> spp., <i>Dipylidium caninum</i>
	Dronstop® chiot	Pyrantel + fébantel	Nématodes

	Drontal® et génériques	Pyrantel + fébantel + praziquantel	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp.</i>
	Flubéno®	Flubendazole	Nématodes Cestodes : <i>Taenia spp.</i>
	Interceptor®	Milbémycine oxime	Nématodes sauf <i>Uncinaria</i> Prévention dirofilariose cardiaque Ectoparasites : <i>Demodex canis</i> , <i>Sarcoptes scabiei</i>
	Lopato®	Nitroscanate	Nématodes sauf trichures Cestodes : <i>Taenia spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i>
	Nexgard Spectra®	Milbémycine oxime + afoxolaner	Nématodes sauf <i>Uncinaria</i> Prévention dirofilariose cardiaque Ectoparasites : puces, tiques, <i>Demodex canis</i> , <i>Sarcoptes scabiei</i>
	Panacur®	Fenbendazole	Nématodes Cestodes : <i>Taenia spp.</i>
	Telkan®	Mébendazole	Nématodes Cestodes : <i>Taenia spp.</i>
	Vitaminthe®	Oxibendazole + niclosamide	Nématodes sauf trichures Cestodes : <i>Taenia spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i>
	Opoevermifuge® P Plurivers® Soluverm®	Pipérazine	Nématodes : <i>Toxocara canis et cati</i> , <i>Toxascaris leonina</i>
2 semaines 0,4kg	Procox®	Emodepside + toltrazuril	Nématodes Coccidies
2 semaines 0,5kg	Milbemax® et génériques	Milbémycine oxime + praziquantel	Nématodes sauf <i>Uncinaria</i> Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp.</i> Prévention dirofilariose cardiaque
6 semaines	Stronghold® Evicto® Selames®	Sélamectine	Nématodes sauf trichures et ankylostomes Prévention dirofilariose cardiaque Ectoparasites : puces, <i>Otodectes cynotis</i> , poux, <i>Sarcoptes scabiei</i>
7 semaines 1kg	Advocate®	Moxidectine + imidaclopride	Nématodes Prévention dirofilariose cardiaque et angiostrongylose Ectoparasites : puces, poux, <i>Otodectes cynotis</i> , <i>Sarcoptes scabiei</i> , <i>Demodex canis</i>

8 semaines 1kg	Dolpac®	Pyrantel + oxantel + praziquantel	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp</i>
8 semaines 1,25kg	Simparica® Trio	Sarolaner, moxidectine	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp</i> Ectoparasites : puces, tiques
9 semaines 2,5kg	Prazical®	Pyrantel + fébantel + praziquantel	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp</i>
12 semaines	Profender® chien	Emodepside + praziquantel	
3 mois	Stromiten®	Lévamisole + niclosamide	Nématodes sauf trichures Cestodes : <i>Taenia spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i>
2 kg	Veloxa®	Pyrantel + fébantel + praziquantel	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp</i>
3kg	Cestem® F		

Tableau XXVIII : Âge ou poids minimal pour les principales spécialités antihelminthiques disponibles en France chez le chat (D'après : (18, 115, 120))

Age ou poids minimal	Nom déposé	Molécules	Spectre d'activité
2 semaines	FlubénoI® Pâte	Flubendazole	Nématodes Cestodes : <i>Taenia spp.</i>
	Telkan®	Mébéndazole	
	Vitaminthe®	Oxibendazole + niclosamide	Nématodes Cestodes : <i>Taenia spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i>
	Opovertmifuge® P Plurivers®	Pipérazine	Nématodes : <i>Toxocara canis</i> et <i>cati</i> , <i>Toxascaris leonina</i>
3 semaines	Drontal® Chat Duo	Pyrantel + praziquantel	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp.</i>
6 semaines 0,5kg	Milbemax® et génériques	Milbémycine oxime + Praziquantel	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp.</i> Prévention dirofilariose cardiaque
6 semaines	Stronghold® Evicto® Selames®	Sélamectine	Nématodes Prévention dirofilariose cardiaque Ectoparasites : puces, <i>Otodectes cynotis</i> , poux

	Milaxyn® Strantel®	Pyrantel + praziquantel	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp.</i>
7 semaines 0,6kg	Broadline®	Eprinomectine + praziquantel + fipronil + S- méthoprène	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp.</i> Prévention dirofilariose cardiaque Ectoparasites : puces, tiques, <i>Notoedres cati</i>
8 semaines 0,5kg	Profender® spot on chat	Emodepside + praziquantel	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp.</i>
8 semaines 0,8kg	Nexguard® Combo	Esafoxolaner + éprinomectine + praziquantel	Nématodes Cestodes : <i>Echinococcus spp.</i> , <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp.</i> Prévention dirofilariose cardiaque Ectoparasites : puces, tiques, <i>Otodectes cynotis</i>
8 semaines 1,25kg	Stronghold® Plus	Sélamectine + sarolaner	Nématodes Prévention dirofilariose cardiaque Ectoparasites : puces, tiques, <i>Otodectes cynotis</i> , poux
9 semaines	Moxiclear®	Imidaclopride, moxidectine	Nématodes Prévention dirofilariose cardiaque Ectoparasites : puces, <i>Otodectes cynotis</i> , <i>Notoedres cati</i>
9 semaines 1kg	Advocate® Chats	Moxidectine + imidaclopride	Nématodes Prévention dirofilariose cardiaque Ectoparasites : puces, <i>Otodectes cynotis</i> , <i>Notoedres cati</i>
9 semaines 1,2kg	Bravecto® Plus	Fluralaner + moxidectine	Nématodes Prévention dirofilariose cardiaque Ectoparasites : puces, tiques, <i>Otodectes cynotis</i>
10 semaines 1kg	Felpreva®	Tigolaner + émodepside + praziquantel	Nématodes Cestodes : <i>Dipylidium caninum</i> , <i>Taenia spp.</i> Ectoparasites : puces, tiques, <i>Otodectes cynotis</i> , <i>Notoedres cati</i>
4 mois 2kg	Felivers® Biocanina	Flubendazole	Nématodes

b) Prophylaxie antiparasitaire contre les ectoparasites

i. Lutte contre les insectes

Les puces sont des insectes piqueurs dont les espèces les plus fréquemment rencontrées sont *Ctenocephalides felis* et *canis*. Une infestation par les puces peut se manifester par un prurit important engendrant éventuellement des lésions cutanées. Les puces peuvent être vectrices d'agents pathogènes et d'autres parasites (*Dipylidium caninum*). Le développement d'une Dermatite Allergique aux Piqûres de Puces (DAPP) est également possible. La nécessité de prophylaxie dépend du contexte épidémiologique, essentiellement lié au mode de vie. Pour les chats d'appartement sans accès à l'extérieur, une recherche régulière de puces ou de leurs déjections peut être suffisante. Lorsque le risque d'infestation est élevé (chat ou chien ayant accès à l'extérieur ou vivant en collectivité), un traitement antiparasitaire tout au long de l'année est conseillé (117).

Les poux (*Trichodectes canis*, *Linognathus setosus*, *Felicola subrostratus*) sont des parasites permanents hématophages. Les phtirioses surviennent sporadiquement chez les jeunes animaux, les animaux vivants à la campagne, les animaux âgés et les animaux immunodéprimés (117).

Les phlébotomes sont des moucheron vecteurs de la leishmaniose et présents dans la moitié sud de la France, particulièrement sur le pourtour méditerranéen. La période d'activité des phlébotomes est variable selon les années et les régions, elle s'étend généralement d'avril à novembre. Dans les régions à risques, la prophylaxie consiste à éviter les sorties des animaux en extérieur après le crépuscule et à utiliser des insecticides à effet répulsif durant la période d'activité. Pour les chiens voyageant dans une zone à risques, l'antiparasitaire doit être mis en place au minimum 24h avant l'arrivée et maintenu durant tout le séjour (117).

Les moustiques appartiennent à la famille des Culicidés et sont vecteurs des nématodes du genre *Dirofilaria*. La période d'activité des moustiques varie selon l'année, la région et la présence de lieux propices au développement des larves. Certaines spécialités ont des propriétés répulsives vis-à-vis de ces insectes (117).

ii. Lutte contre les acariens

Les tiques (*Dermacentor reticulatus*, *Ixodes Ricinus*, *Rhipicephalus sanguineus*) sont des vecteurs majeurs d'agents pathogènes, à l'origine par exemple de la babésiose, la borreliose, l'ehrlichiose ou l'anaplasmose. En Europe centrale, les tiques sont surtout actives de mars à juin et d'août à novembre. Dans le sud de la France, les tiques sont surtout présentes du printemps à l'été mais peuvent être actives toute l'année. Lorsque le risque d'infestation est minimal (chien ou chat avec un accès limité à l'extérieur), la prophylaxie peut se réduire à une inspection fréquente du pelage de l'animal associée à un retrait de la tique et un traitement acaricide au besoin. Si le risque d'infestation est élevé (accès régulier à l'extérieur, chien de chasse), un traitement acaricide régulier tout au long de la période à risques est conseillé (117).

Demodex canis et *Sarcoptes scabiei* sont respectivement les agents principaux de la démodécie et de la gale sarcoptique, ces deux maladies touchant surtout le chien. *Notoedres cati* est l'agent de la gale notoédrique chez le chat. La démodécie touche principalement le jeune chien (117).

Otodectes cynotis est un parasite du conduit externe du chien et du chat à l'origine de la gale des oreilles. L'infestation peut survenir à tout âge mais semble plus fréquente chez les jeunes animaux (117).

D'autres acariens parasites, par exemple les cheylétielles et les larves de Trombiculidés existent également (117).

iii. Spécialités utilisables pour la lutte contre les parasites externes chez le jeune

Si les protocoles de prophylaxie contre les ectoparasites varient peu selon l'âge, toutes les molécules ne sont pas utilisables chez le jeune chiot ou chaton. Les âges et poids minimaux pour l'utilisation des principales spécialités insecticides et acaricides disponibles en France sont présentés dans les tableaux XXIX et XXX.

Tableau XXIX : Âge ou poids minimal pour les principales spécialités insecticides et acaricides disponibles en France chez le chien (D'après : (18, 115, 120))

Age ou poids minimal	Nom déposé	Molécules	Spectre d'activité
2 semaines	Interceptor®	Milbémycine oxime	<i>Demodex canis</i> , <i>Sarcoptes scabiei</i> Endoparasites : nématodes, prévention dirofilariose cardiaque
	Nexgard Spectra®	Milbémycine oxime + afoxolaner	<i>Puces</i> , <i>tiques</i> , <i>Demodex canis</i> , <i>Sarcoptes scabiei</i> Endoparasites : nématodes, prévention dirofilariose cardiaque
4 semaines 1kg	Capstar®	Nitenpyram	Puces
6 semaines	Stronghold® Evicto® Selames®	Sélamectine	Puces, <i>Otodectes cynotis</i> , poux, <i>Sarcoptes scabiei</i> Endoparasites : nématodes, prévention dirofilariose cardiaque
7 semaines	Seresto® Collier	Imidaclopride + fluméthrine	Puces, tiques, phlébotomes, poux
	Scalibor® Collier	Deltaméthrine	Tiques, phlébotomes, culicidés
7 semaines 1kg	Advocate®	Moxidectine + imidaclopride	Puces, poux, <i>Otodectes cynotis</i> , <i>Sarcoptes scabiei</i> , <i>Demodex canis</i>

			Endoparasites : nématodes, prévention dirofilariose cardiaque et angiostrongylose
7 semaines 1,5kg	Advantix®	Imidaclopride + perméthrine	Puces, tiques, poux, phlébotomes, culicidés, stomoxes
	Vectra® 3D	Dinotéfurane + perméthrine + pyriproxifène	Puces, tiques, phlébotomes, culicidés, stomoxes
8 semaines	Frontline® Combo	Fipronil + (S)-méthoprène	Puces, tiques, poux
8 semaines 1,25kg	Simparica® Trio	Sarolaner, moxidectine	Puces, tiques Endoparasites : nématodes, cestodes
8 semaines 1,3kg	Credelio®	Lotilaner	Puces, tiques
	Simparica®	Sarolaner	Puces, tiques, <i>Otodectes cynotis</i> , <i>Sarcoptes scabiei</i> , <i>Demodex canis</i>
8 semaines 2kg	Bravecto®	Fluralaner	Puces, tiques, <i>Sarcoptes scabiei</i> , <i>Demodex canis</i>
	Frontline®	Fipronil	Puces, tiques, poux
	Frontline Tri-Act®	Fipronil + perméthrine	Puces, tiques, phlébotomes, culicidés, stomoxes
	Nexgard®	Afoxolaner	Puces, tiques, <i>Sarcoptes scabiei</i> , <i>Demodex canis</i>
	Prac-tic®	Pyripole	Puces, tiques
2 mois	Pulvex®	Perméthrine	Puces, tiques, poux, phlébotomes, aoûtats
12 semaines 1,5kg	Effitix®	Fipronil + perméthrine	Puces, tiques, phlébotomes, culicidés
3 mois	Duowin® Spray	Perméthrine + pyriproxifène	Puces, tiques
	Ectodex®	Amitraz	<i>Demodex canis</i>
14 semaines	Comfortis®	Spinosad	Puces
2kg	Dog-net®	Perméthrine	Puces, tiques, phlébotomes

Tableau XXX : Âge ou poids minimal pour les principales spécialités insecticides et acaricides disponibles en France chez le chat (D'après : (18, 115, 120))

Age ou poids minimal	Nom déposé	Molécules	Spectre d'activité
4 semaines 1kg	Capstar®	Nitenpyram	Puces

6 semaines	Stronghold® Evicto® Selames®	Sélamectine	Puces, <i>Otodectes cynotis</i> , poux Endoparasites : nématodes, prévention dirofilariose cardiaque
7 semaines 0,6kg	Broadline®	Eprinomectine + praziquantel + fipronil + S-méthoprène	Puces, tiques, <i>Notoedres cati</i> Endoparasites : nématodes, cestodes, prévention dirofilariose cardiaque
	Vectra Felis®	Dinotéfurane + pyriproxifène	Puces
8 semaines	Advantage® Chats	Imidaclopride	
8 semaines 0,5kg	Credelio®	Lotilaner	
	Strectis®	Fipronil + méthoprène	
8 semaines 0,8kg	Nexguard® Combo	Esafoxolaner + éprinomectine + praziquantel	<i>Puces, tiques, Otodectes cynotis</i> Endoparasites : nématodes, cestodes, prévention dirofilariose cardiaque
8 semaines 1kg	Frontline® Frontline® Combo	Fipronil Combo : + (S)- méthoprène	Puces, tiques, poux
8 semaines 1,25kg	Stronghold® Plus	Sélamectine + sarolaner	Puces, tiques, <i>Otodectes cynotis</i> , poux Endoparasites : nématodes, prévention dirofilariose cardiaque
9 semaines	Moxiclear®	Imidaclopride, moxidectine	Puces, <i>Otodectes cynotis</i> , <i>Notoedres cati</i> Endoparasites : nématodes, prévention dirofilariose cardiaque
9 semaines ou 1kg	Advocate® Chats	Moxidectine + imidaclopride	Puces, <i>Otodectes cynotis</i> , <i>Notoedres cati</i> Endoparasites : nématodes, prévention dirofilariose cardiaque
9 semaines ou 1,2kg	Bravecto® Plus	Fluralaner + moxidectine	Puces, tiques, <i>Otodectes cynotis</i> Endoparasites : nématodes, prévention dirofilariose cardiaque
10 semaines	Seresto® Collier	Imidaclopride + fluméthrine	Puces, tiques
10 semaines 1kg	Effipro® Duo	Fipronil + pyriproxifène	
	Felpreva®	Tigolaner + émodepside + praziquantel	Puces, tiques, <i>Otodectes cynotis</i> , <i>Notoedres cati</i> Endoparasites : nématodes, cestodes
11 semaines 1,2kg	Bravecto®	Fluralaner	Puces, tiques, <i>Otodectes cynotis</i>
14 semaines	Comfortis®	Spinosad	Puces

IV. Adapter l'examen clinique selon l'âge

L'objectif ici n'est pas de détailler exhaustivement la conduite d'un examen clinique mais de souligner les éléments particulièrement importants à vérifier selon l'âge de l'animal.

1. L'examen clinique du nouveau-né

L'examen clinique d'un chiot ou d'un chaton nouveau-né débutera par l'observation de sa vivacité : présence de mouvements, de vocalisations (11)...

Au niveau de la tête, on vérifie la bonne fermeture des fontanelles et l'absence de fente labiale ou de fente palatine. La couleur des muqueuses est évaluée ainsi que la présence d'un réflexe de succion (11).

La fréquence respiratoire se situe entre 15 et 35 mouvements par minute pour les chiots et les chatons de moins de deux semaines (11, 14). Le rythme de la respiration doit être régulier. La fréquence cardiaque d'un chiot ou d'un chaton de moins de deux semaines est comprise entre 200 et 260 battements par minute (14).

On vérifie pour les quatre membres l'absence de malformations ou de contractures tendineuses et la bonne mobilité des différentes articulations (11).

Au niveau de l'abdomen, le cordon ombilical doit être soigneusement inspecté afin de vérifier l'absence d'infection. La présence d'une hernie ombilicale doit être recherchée (11).

La stimulation de la région périnéale permet d'observer les urines et les selles. La perforation de l'anus sera également vérifiée (11).

La température rectale à la naissance d'un chiot ou d'un chaton varie entre 36 et 37°C. Elle est d'environ 38°C à quatre semaines (11).

2. L'examen clinique du chiot et du chaton prépubères

Chez le chiot et le chaton entre quatre semaines et six mois, l'examen débute à distance par l'observation de sa vivacité, de ses schémas d'exploration de l'environnement et de ses interactions avec l'Homme (11).

La note d'état corporelle (NEC) est évaluée et le poids du chiot ou du chaton est reporté sur sa courbe de croissance qui permet de vérifier qu'il grandit à une vitesse normale (11).

Au niveau de la tête, l'examen oculaire doit être soigneusement réalisé afin de détecter d'éventuelles anomalies congénitales. Les conduits auditifs doivent être propres, sans cérumen

noirâtre qui pourrait évoquer la présence du parasite *Otodectes cynotis*. L'absence de fente palatine et d'anomalies dans le processus d'éruptions dentaires doivent être vérifiées (11).

La mobilisation des différentes articulations des membres permet de rechercher des signes de douleur ou de dysplasie. La palpation des os longs peut mettre en évidence des signes de panostéite (11).

Au niveau du thorax, la fréquence et le rythme respiratoires doivent être dans les normes usuelles. L'auscultation cardiaque et pulmonaire sont réalisées avec soin. Un souffle cardiaque peut être physiologique ou pathologique chez le jeune. La palpation des côtes et du sternum permet de détecter d'éventuelles malformations (11).

La palpation abdominale doit être souple. La présence d'une hernie ombilicale doit être recherchée (11).

En région génitale, on recherche des anomalies de conformation de la vulve ou des écoulements vulvaires chez la femelle et des anomalies de conformation du pénis chez le chien (11, 83). La mise en place des deux testicules dans le scrotum doit être vérifiée. On rappelle que la descente testiculaire s'effectue normalement avant huit semaines même si elle peut être plus tardive. L'ectopie testiculaire est considérée comme un vice rédhibitoire chez l'animal âgé de plus de six mois (121).

Enfin, l'examen minutieux de la peau et du pelage permet de détecter d'éventuelle dermatoses ou parasitoses (11).

3. L'examen clinique de l'animal âgé

a) Définition de l'animal âgé

Le vieillissement peut être défini comme un « processus biologique complexe entraînant pour chaque individu une perte progressive des capacités de maintien de l'homéostasie, en réponse aux agressions internes (maladies) ou externes (facteurs environnementaux) » (122).

Le vieillissement se caractérise par son apparition progressive, son irréversibilité, l'implication de tous les organes et une variabilité d'expression selon les individus (122). Cette variabilité d'expression clinique est due à différents facteurs : la race, la taille, les conditions de vie, l'alimentation, les antécédents médicaux et chirurgicaux (123)...

Par définition, un animal est considéré comme âgé lorsqu'il atteint 75 à 80% de sa durée de vie (123). En 1991, une étude réalisée par l'American Animal Hospital Association a défini l'âge de début du vieillissement en fonction de l'espèce et du poids de l'animal (124) (Tableau XXXI).

Tableau XXXI : Âge de début du vieillissement en fonction de l'espèce et du poids de l'animal (Source : (124))

Animal	Âge de début du vieillissement
Chien de petite taille (0 – 9 kg)	11,48 +/- 1,86 ans
Chien de taille moyenne (10 – 22 kg)	10,19 +/- 1,56 ans
Chien de grande taille (23 – 40 kg)	8,85 +/- 1,38 ans
Chien de très grande taille (> 40 kg)	7,46 +/- 1,27 ans
Chat	11,88 +/- 1,94 ans

Les conséquences du vieillissement de l'organisme sont multiples et, encore une fois, variables selon les individus. On observe d'une manière générale (125, 126):

- Une diminution du métabolisme qui a pour conséquences : une diminution de 30 à 40% des besoins énergétiques, une déshydratation tissulaire, une diminution des capacités de thermorégulation et un allongement du temps d'élimination des différentes molécules.
- Une diminution de l'efficacité du système immunitaire, d'où une sensibilité accrue aux infections.
- Pour tous les tissus : une atrophie, une infiltration graisseuse, une fibrose, une diminution des capacités de réparation, une diminution du nombre de cellules actives et des capacités fonctionnelles de l'organe.

b) Importance de l'anamnèse chez l'animal âgé

Chez l'animal âgé, le questionnement des propriétaires sur d'éventuelles modifications comportementales ou organiques est essentiel et peut permettre de mettre en évidence des anomalies qui n'avaient pas été remarquées jusqu'alors. L'objectif principal de la consultation de médecine préventive chez l'animal âgé est de diagnostiquer précocement les maladies afin de les prendre en charge le mieux possible (125). Les principaux points à aborder sont présentés dans le tableau XXXII.

Tableau XXXII : Eléments de questionnement des propriétaires dans la prise d'anamnèse chez l'animal âgé (Sources : (123, 125, 127, 128))

Anomalies à rechercher dans le questionnement	Exemples d'affections possibles
Polyuro-polydipsie, malpropreté et/ou incontinence urinaire	Diabète sucré, syndrome de Cushing, trouble hépatique, maladie rénale chronique
Appétit : dysorexie ou polyphagie	Dysorexie : douleur chronique, maladie dentaire, maladie systémique Polyphagie : hyperthyroïdie, diabète sucré
Modification du poids : diminution ou augmentation	Diminution : maladie chronique

	Augmentation : prédisposition aux maladies ostéo-articulaires, cardiaques, endocriniennes
Troubles digestifs : vomissements, diarrhée, constipation	Hyperthyroïdie, processus néoplasique, pancréatite
Halitose	Troubles dentaires
Toux, intolérance à l'effort	Maladies cardiaques ou pulmonaires
Troubles comportementaux : agressivité, désorientation, troubles du sommeil...	Hypertension artérielle, syndrome de dysfonctionnement cognitif
Baisse d'activité	Douleur chronique, maladie systémique, arthrose
Difficultés locomotrices, boiteries	Arthrose, maladies osseuses d'origine tumorale
Irrégularité des chaleurs, pertes vaginales	Kystes ovariens, pyomètre
Troubles sensoriels : diminution de la vision ou de l'audition	Cataracte, perte d'audition

c) L'examen clinique chez l'animal âgé

L'examen clinique chez l'animal âgé se concentrera sur les points suivants (83, 123, 125, 127, 128) :

- L'évaluation de la masse grasseuse et musculaire et de la note d'état corporelle. Chez le chat, il a été montré une perte de poids significative dans les dernières années de vie. La surveillance du poids est donc essentielle, une diminution pouvant correspondre à un facteur pronostic négatif à court ou moyen terme (24, 129).
 - L'état d'hydratation
 - La palpation des nœuds lymphatiques périphériques pour rechercher une éventuelle adénomégalie
 - Un examen ophtalmologique : recherche d'anomalies du cristallin, de l'iris, de la rétine, de la production des larmes...
 - Un examen approfondi de la cavité buccale : recherche d'une maladie parodontale, de tumeurs buccales
 - La palpation et l'auscultation de la région de la trachée cervicale : palpation des glandes salivaires, des nœuds lymphatiques, de la région thyroïdienne chez le chat, essai de déclenchement d'une toux par le réflexe laryngo-trachéal
 - L'auscultation cardiaque et pulmonaire
 - La palpation abdominale : recherche d'anomalies hépatiques ou rénales en particulier
 - Un examen orthopédique : observation de la démarche, palpation, pression et mobilisation des différents segments osseux
 - Un examen neurologique : état de conscience, réflexes médullaire, proprioception, nerfs crâniens
 - La vérification de la région génitale et des mamelles chez la femelle : palpation des chaînes mammaires, des testicules, de la prostate par toucher rectal
 - Un examen dermatologique : vérification de la peau, du pelage et des griffes, recherche de nodules cutanés

d) Les examens complémentaires dans le bilan gériatrique

Des examens complémentaires dans le cadre d'un bilan gériatrique sont possibles et peuvent permettre de détecter précocement des anomalies ou d'avoir les valeurs usuelles de l'animal. On pourra donc proposer au propriétaire de réaliser (123, 127, 128) :

- Une analyse d'urine
- Une biochimie avec un bilan rénal (urée, créatinine, SDMA), hépatique (phosphatases alcalines, transaminases, protéines totales, cholestérol) et une glycémie
- Une mesure de pression artérielle
- Dans une moindre mesure, une numération-formule, des radiographies thoraciques et un électrocardiogramme

e) Recommandations pour les propriétaires d'un animal âgé

Certaines recommandations peuvent être données aux propriétaires d'un animal âgé, toujours dans le but de détecter le plus précocement possible les maladies. On leur conseillera notamment (123, 130) :

- Une surveillance de l'évolution de la courbe de poids par une pesée mensuelle
- Une surveillance de la prise alimentaire
- Une quantification régulière de la prise de boisson sur une journée
- Une surveillance de la tolérance à l'effort et de l'absence de toux, d'essoufflement ou de boiterie
 - Une surveillance des changements de comportements : agressivité ou recherche de contact, malpropreté urinaire ou fécale, destruction, diminution de l'intérêt pour le jeu ou les promenades, augmentation du temps de sommeil ou détérioration de la qualité du sommeil...
 - Un examen minutieux mensuel de la peau et du pelage pour repérer d'éventuels nodules
 - Un entretien régulier de la peau et du pelage avec des brossages, des shampoings chez le chien et une coupe régulière des griffes
 - Des soins bucco-dentaires réguliers avec le brossage des dents et l'utilisation de produits limitant la formation de la plaque dentaire
 - Des soins réguliers des yeux et des oreilles : nettoyage avec des solutions adaptées en cas de besoin, coupe régulière des poils à l'entrée du conduit auditif si nécessaire
 - Un entretien des capacités locomotrices avec une activité douce mais régulière, de la physiothérapie, de l'hydrothérapie...
 - Une stimulation des capacités cognitives en veillant à des interactions quotidiennes, des jeux, des promenades...

V. Adapter l'alimentation selon l'âge

1. La nutrition de l'animal adulte

a) Calcul du besoin énergétique chez l'adulte

Le besoin énergétique (BE) d'un animal peut se définir comme « la quantité d'énergie qu'un animal doit avaler pour couvrir ses dépenses énergétiques et maintenir son poids idéal » (131).

La détermination du besoin énergétique nécessite absolument un suivi du poids et de la note d'état corporelle. Toutefois, des estimations sont possibles (24). Le calcul du besoin énergétique débute par le calcul du besoin énergétique à l'entretien (BEE), qui dépend uniquement de l'espèce et du poids idéal de l'animal. Différentes formules existent selon les auteurs (24, 131).

Chez le chien, le besoin énergétique à l'entretien peut être calculé par (24) :

$$BEE_{chien} (kcal) = 130 \times P_{ideal}^{0,75}$$

Avec :

- BEE_{chien} le besoin énergétique du chien en kilocalories (kcal)
- P_{ideal} le poids idéal du chien (correspondant à une note d'état corporelle de 3/5 ou 5/9) en kilogrammes

D'autres auteurs (131) modifient cette formule pour les chiens pesant plus de 10 kg :

$$BEE_{chien > 10 \text{ kg}} (kcal) = 156 \times P_{ideal}^{0,67}$$

Chez le chat, différents calculs sont également possibles suivant les auteurs (24, 131) :

$$BEE_{chat} (kcal) = 100 \times P_{ideal}^{0,67} \quad \text{ou} \quad BEE_{chat} (kcal) = 70 \times P_{ideal}$$

Le besoin énergétique à l'entretien doit ensuite être adapté pour prendre en compte les caractéristiques individuelles de l'animal. On multiplie donc, au besoin, le BEE par différents facteurs pour obtenir le besoin énergétique (24) :

$$BE (kcal) = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \times BEE$$

Avec :

- BE le besoin énergétique en kilocalories
- k_1 un coefficient racial valant 0,8 (races nordiques, Labrador ou Golden retriever, Terre-neuve), 0,9 (Beagle, Cocker), 1 (autres races) ou 1,1-1,2 (Lévrier ou Dogue argentin)
- k_2 un coefficient dépendant du niveau d'activité valant 0,7 (léthargie), 0,8 (sédentarité), 0,9 (calme), 1 (normal, trois heures d'activité quotidiennes), 1,1 (actif), jusqu'à 1,5-3 (chasse)

- k_3 un coefficient dépendant du statut physiologique valant 0,8 (animal stérilisé), 0,8-0,9 (animal âgé) ou 1 (animal adulte entier).
- k_4 un coefficient dépendant d'éventuelles maladies
- k_5 un coefficient dépendant de la température de l'environnement
- BEE le besoin énergétique à l'entretien en kilocalories

Là encore, d'autres formules sont possibles notamment pour le chat (131) :

$$\text{Pour un chat stérilisé et actif : } BE_{chat} (kcal) = 60 \times P_{idéal}$$

$$\text{Pour un chat stérilisé et sédentaire : } BE_{chat} (kcal) = 50 \times P_{idéal}$$

b) Estimation de la quantité d'aliment à apporter

La quantité d'aliment à apporter dépend du besoin énergétique calculé et de la densité énergétique de l'aliment. Par souci de synthèse, nous nous limiterons ici aux aliments industriels complets, sans évoquer les rations ménagères. Lorsque la densité énergétique (DE) est indiquée par le fabricant, la formule est la suivante (24) :

$$\text{Quantité d'aliment (g)} = \frac{100 \times BE}{DE}$$

Avec :

- La quantité d'aliment en grammes (g)
- BE le besoin énergétique en kilocalories (kcal)
- DE la densité énergétique en kilocalories pour 100g d'aliment

Lorsque la densité énergétique n'est pas indiquée, il est possible de la calculer. Le calcul nécessite au préalable le calcul de l'extractif non azoté (ENA) à partir des pourcentages des différents nutriments donnés par le fabricant (24) :

$$ENA (\%) = 100 - \text{Protéines brutes}(\%) - \text{Cellulose brute}(\%) \\ - \text{Matières grasses brutes}(\%) - \text{Cendres brutes}(\%) - \text{Humidité}(\%)$$

Lorsqu'il n'est pas indiqué, le taux d'humidité pourra être estimé à 10 % pour des croquettes chiens et 5 % pour des croquettes chats (131).

Avec l'ENA, il est alors possible de calculer la densité énergétique de l'aliment :

$$DE = 3,5 \times ENA (\%) + 3,5 \times \text{protéines}(\%) + 8,5 \times \text{matières grasses} (\%)$$

Encore une fois, ces calculs ne constituent qu'une base de travail et il est absolument essentiel de suivre le poids et de la note d'état corporelle et d'adapter la quantité d'aliment prescrite en fonction de cette évolution.

c) Besoins en nutriments de l'animal adulte

L'apport en protéines d'un aliment peut être évalué via le rapport protido-calorique (RPC) qui « évalue la concentration en protéines d'un aliment par rapport aux calories qu'il apporte » (131). Le RPC est calculé à partir du taux de protéines et de la densité énergétique de l'aliment :

$$RPC = \text{Protéines (\%)} \times \frac{1000}{DE}$$

Chez un chien de moins de 10 kg, le rapport protido-calorique idéal est de 55. Pour un chien entre 10 et 25 kg, on cherchera à avoir un RPC de 60 et de 65 pour un chien de plus de 25 kg. Ces RPC sont valables pour des chiens entiers, actifs et de race ayant un métabolisme basal normal. Si le chien est castré, sédentaire et/ou appartient à une race à métabolisme diminué, le besoin énergétique va diminuer. Or, la quantité de protéines nécessaire à ce chien sera toujours identique. La concentration en protéines nécessaire dans la ration, et donc le RPC, va alors augmenter. En pratique, si le besoin énergétique diminue de 20 % (multiplication par un facteur 0,8), le RPC augmente de 20 % (multiplication par un facteur 1,2) (131).

Pour un chat actif, le RPC devrait être supérieur à 85. Pour un chat sédentaire, il devrait être supérieur à 100 (131).

Cependant, l'apport en protéine nécessaire dépend fortement de la qualité des protéines. On veillera donc à apporter des protéines permettant une bonne digestibilité et un apport suffisant pour chaque acide aminé (24).

Concernant les matières grasses, il s'agit d'une source intéressante d'énergie mais dont l'apport ne doit pas être trop conséquent. On veillera à un apport suffisant en acides gras essentiels : l'acide linoléique et α -linoléique chez le chien, l'acide arachidonique et eicosapentaénoïque chez le chat (24).

Concernant les minéraux, chez l'adulte, le rapport phosphocalcique devrait se situer entre 1 et 2 et le rapport idéal entre zinc et cuivre est de 10 (24).

2. La nutrition du jeune animal

a) Nutrition de l'animal en croissance avant le sevrage

Avant le sevrage, un suivi journalier du poids du chiot ou du chaton est primordial pour s'assurer que la croissance est correcte. Comme vu précédemment, un chiot grossit en moyenne d'environ deux à quatre grammes par kilogramme de poids adulte par jour et un chaton d'environ 10 à 15 grammes par jour (24).

Si leur emploi est nécessaire, les laits artificiels doivent avoir une composition la plus proche possible d'un lait naturel. Le volume de lait quotidien nécessaire est d'environ 13 à 18

millilitres pour 100 grammes de chiot ou de chaton (pour un lait dont la densité énergétique est d'une kilocalorie pour 100 millilitres). Ces valeurs à ajuster en fonction de la densité énergétique du lait et de la croissance. Le volume ingéré ne soit pas être supérieur à 10 à 20 millilitres par repas chez le chiot et cinq à sept millilitres par repas chez le chaton nouveau-né. La première semaine, les repas devraient dans l'idéal être réalisés toutes les deux heures puis s'espacent toutes les quatre à six heures jusqu'au sevrage (24).

A partir de trois à quatre semaines de vie, il est possible de débiter le sevrage en proposant au jeune une soupe réalisée avec des croquettes pédiatriques et du lait. L'alimentation solide peut débiter vers cinq à six semaines et le sevrage se termine vers sept à huit semaines (24).

b) Importance du suivi de la courbe de croissance

Une étude (132) a montré, en se basant sur les courbes de croissance de Salt (71) que :

- Une majorité des chiens en surpoids au début de l'âge adulte et de ceux ayant une affection associée à une accélération de la croissance avaient franchi au moins deux lignes de percentiles vers le haut au cours de leur croissance.
- Un fort pourcentage des chiens en insuffisance pondérale à l'âge adulte ou souffrant d'une maladie ralentissant la croissance avaient franchi au moins deux lignes de percentiles vers le bas au cours de leur croissance.
- Moins de cinq pourcents des chiens en bonne santé traversaient plus de deux lignes de percentiles.

Chez le chiot et le chaton, la note d'état corporelle (NEC) n'est donc pas suffisante pour vérifier que la croissance s'effectue à la bonne vitesse. Le suivi du poids sur une courbe de croissance, telle que celles présentées précédemment, est primordial. En effet, un apport énergétique trop important va se traduire par une augmentation de la vitesse de croissance plutôt que par une NEC trop importante (24).

c) Calcul du besoin énergétique en croissance

Le besoin énergétique de croissance (BEC) chez le chiot peut se calculer via la formule (24)

:

$$BEC_{chiot}(kcal) = \left(254 - 135 \times \frac{P_{idéal\ chiot}}{P_{adulte}} \right) \times P_{idéal\ chiot}^{0,75}$$

Avec :

- BEC_{chiot} le besoin énergétique de croissance du chiot en kilocalories (kcal)
- $P_{idéal\ chiot}$ le poids idéal du chiot en kilogrammes
- P_{adulte} le poids estimé du chiot à l'âge adulte en kilogrammes

Encore une fois, différentes formules sont possibles selon les auteurs et il est également possible d'utiliser du sevrage jusqu'à trois mois (131) :

Pour un chiot de moins de 10 kg : $BEC_{chiot} (kcal) = 2 \times 130 \times P_{ideal\ chiot}^{0,75}$

Pour un chiot de plus de 10 kg : $BEC_{chiot} (kcal) = 2 \times 156 \times P_{ideal\ chiot}^{0,67}$

Chez le chaton, il est possible d'utiliser (24) :

$$BEC_{chaton}(kcal) = 6,7 \times \left(e^{-0,189 \times \left(\frac{P_{idéal\ chaton}}{P_{adulte}} \right)} - 0,66 \right) \times 100 \times P_{idéal\ chaton}^{0,67}$$

Avec :

- BEC_{chaton} le besoin énergétique de croissance du chaton en kilocalories (kcal)
- $P_{idéal\ chaton}$ le poids idéal du chaton en kilogrammes
- P_{adulte} le poids estimé du chaton à l'âge adulte en kilogrammes

A partir de quatre mois, chez le chiot et le chaton, le besoin énergétique de croissance est environ égal au besoin énergétique à l'entretien de l'adulte. L'apport énergétique doit donc rester stable à partir de quatre mois, sauf en cas de modification des facteurs intervenant dans le calcul du BEE (stérilisation, modification de l'activité...) (24).

d) Besoins en nutriments du jeune animal

Durant la croissance, le besoin énergétique est élevé tandis que la capacité stomacale est faible : la densité énergétique de l'aliment doit donc être importante pour pouvoir couvrir les besoins énergétiques dans un faible volume d'aliment et la digestibilité doit être haute. Il est conseillé de réaliser plusieurs petits repas, au moins trois par jour jusqu'à six mois puis au moins deux par jour jusqu'à la fin de la croissance (24).

Le besoin en protéines chez le chiot est estimé entre 70 et 82 g/Mcal du BEC. L'apport ne doit pas être supérieur à 125 g/Mcal du BEC, au risque d'entraîner le développement d'anomalies dans la croissance osseuse et générale (24). Le rapport protido-calorique doit être supérieur à 75 (131).

Chez le chaton, l'apport en protéines doit se situer entre 85 et 100 g/Mcal du BEC (24) et le rapport protido-calorique doit être de 100 (131).

L'aliment durant la croissance doit être riche en matières grasses car elles permettent d'augmenter la densité énergétique de l'aliment ainsi que la digestibilité des vitamines liposolubles. De plus, l'augmentation du pourcentage de masse grasse corporelle est importante durant la croissance, ce qui nécessite un apport élevé en matières grasses (24).

Un apport suffisant en acide linoléique (oméga 6) permettant la synthèse du tissu cutané et en acide docosahexaénoïque (DHA, oméga 3) permettant la mise en place du système nerveux sont recommandés (24).

Le rapport phosphocalcique doit être supérieur à un, voire à 1,2. Une carence en phosphore se traduira par une diminution de la qualité du pelage, une baisse d'endurance, des pattes arquées, une plantigradie ou un prolapsus pénien. Une carence en calcium conduira à une hyperparathyroïdie secondaire à l'alimentation. Un excès de calcium aura pour conséquence des anomalies de croissance avec une fermeture précoce des cartilages de conjugaison (24).

Il est conseillé d'essayer de varier l'alimentation du jeune animal car le jeune est plus néophile que l'adulte et s'habitue plus facilement à de nouveaux aliments (24).

3. La nutrition de l'animal âgé

a) Evolution des besoins nutritionnels chez l'animal âgé

L'animal âgé voit sa part de masse maigre diminuer et sa part de masse grasse augmenter. Or, c'est essentiellement la masse maigre qui est à l'origine des besoins énergétique (133). Le besoin énergétique à l'entretien va donc diminuer chez l'animal âgé (facteur k_3), d'autant plus si l'activité est diminuée (24, 129). Chez le chat, il a été observé une diminution du besoin énergétique à partir de sept ans suivie d'une réaugmentation vers l'âge de 10 à 12 ans. La prise en compte de cette modification des besoins énergétiques est primordiale pour adapter la densité énergétique de l'aliment car le maintien de l'animal âgé à une NEC idéale est synonyme d'augmentation de l'espérance de vie (129).

La digestibilité des nutriments est diminuée chez le chat âgé, en particulier pour les matières grasses et les protéines. Ceci n'a pas été retrouvé chez le chien (24, 129). Le besoin en protéines peut être augmenté en raison de l'augmentation du taux de renouvellement et de la diminution des capacités de synthèse protéique (129).

L'augmentation des fermentations coliques peut être à l'origine de dysbioses digestives et d'un ralentissement de la motricité intestinale (131).

Une déshydratation est présente chez 20 à 30 % des animaux âgés. Elle est secondaire à la diminution de la sensation de soif et de la capacité à concentrer les urines (129).

La diminution des capacités sensorielles et notamment de l'olfaction sont possibles chez l'animal âgé. Ceci peut entraîner une diminution de l'appétence des aliments (24, 131).

Enfin le stress oxydatif est un phénomène en augmentation chez l'animal âgé, se définissant par la destruction des membranes cellulaires par des molécules toxiques générées par l'organisme (133).

b) Adaptations de l'alimentation chez l'animal âgé

La densité énergétique de l'aliment chez l'animal âgé doit être modérée et prendre en compte la diminution du besoin énergétique. Elle est à adapter en fonction de l'individu considéré (131).

L'apport protéique ne doit pas être diminué chez l'animal âgé sans affection particulière. Le rapport protido-calorique est identique à celui de l'adulte (131). Les protéines doivent avoir une haute valeur biologique, avec une haute digestibilité et un apport équilibré en acides aminés (24, 131).

Les acides gras polyinsaturés oméga 3 à longue chaîne (acide eicosapentaénoïque EPA et acide docosahexaénoïque DHA) présentent un réel intérêt anti-inflammatoire. Il est recommandé de privilégier un apport via des huiles de poissons plutôt que par des huiles végétales, moins riches, en prenant garde à l'oxydation rapide de ces huiles (24, 129, 133). On privilégiera un rapport omégas 6 sur omégas 3 le plus proche possible de quatre (131).

L'apport d'acide docosahexaénoïque (DHA) associé à des anti-oxydants et des acides gras à chaîne moyenne a également montré un intérêt dans la lutte contre le syndrome du dysfonctionnement cognitif (24, 129).

Il est important d'éviter l'excès de minéraux. En particulier, on limitera le phosphore à 1,5 Mcal du BEE pour les chats de plus de sept ans (24) et certains auteurs recommandent un apport en phosphore inférieur à 0,7 % de la matière sèche de l'aliment (131).

Un apport important en fibres favorise la régulation du transit, la stimulation de la muqueuse digestive, le développement de la flore digestive et la sensation de satiété (131, 133).

L'appétence de l'aliment peut être augmentée en l'humidifiant ou en le réchauffant (24, 131).

La stimulation de la prise de boisson se fait par un accès facile à une eau propre et fraîche en multipliant les points d'eau et en favorisant l'utilisation de fontaines à eau et l'alimentation humide (129).

Il sera également nécessaire d'adapter la présentation de l'aliment en fonction des affections éventuelles de la cavité orale de l'animal âgé (24).

VI. Adapter la gestion de la reproduction selon l'âge

1. La question de la castration chez le chien

La castration des jeunes chiens mâles et femelles est une pratique courante, elle est généralement réalisée entre six et neuf mois (134, 135). Les avantages et les inconvénients et les recommandations qui en découlent sont multiples.

a) Les avantages de la castration chez le chien

Le premier avantage majeur à la castration est bien évidemment d'éviter les saillies et les portées non désirées (135).

La castration limite également les comportements liés aux hormones sexuelles qui peuvent être indésirables, tels que le marquage urinaire, les fugues ou les agressions d'origine hormonale (135).

Plusieurs études ont montré une augmentation de l'espérance de vie chez les animaux castrés (135, 136).

Les tumeurs mammaires sont les tumeurs les plus courantes chez les chiennes (135). Il a été montré une diminution très importante de l'incidence de ces tumeurs chez les chiennes stérilisées. Ainsi, dans l'étude de Schneider (137), par rapport à l'incidence chez les chiennes entières, les chiennes stérilisées avant leur premier œstrus avaient un risque de 0,5 %, les chiennes stérilisées après un œstrus avaient un risque de 8 % et les chiennes stérilisées après deux cycles œstraux avaient un risque de 26 % de développer des tumeurs mammaires. La stérilisation avant le premier œstrus minimise donc le risque de développement de tumeurs mammaires et ce risque augmente avec le nombre de cycles œstraux jusqu'à l'âge de 2,5 ans (136).

Les risques de développement d'une lactation de pseudo-gestation ou d'un pyomètre sont également fortement diminués par l'ovarioectomie chez les chiennes (21).

b) Les inconvénients de la castration chez le chien

La plupart des études chez les chiens ont identifié un risque d'obésité plus élevé chez les individus castrés, particulièrement dans les deux ans suivant la chirurgie. Ceci est à la fois lié à la diminution du besoin énergétique et à la diminution de la sensation de satiété (135, 136).

Certaines études ont montré une augmentation du risque de développement de troubles articulaires, tels que la dysplasie de la hanche ou la rupture du ligament croisé crânial chez les chiens castrés par rapport aux chiens entiers (135, 138). Ainsi, une étude de 2013 (139), portant sur plus de 700 chiens Golden Retrievers a montré une augmentation significative de

l'incidence de la dysplasie de la hanche et de la déchirure du ligament croisé crânial chez les chiens castrés avant un an. Il est à noter l'absence de différence significative de la note d'état corporelle entre les chiens castrés précocement et présentant des troubles articulaires et les chiens castrés précocement sans troubles articulaires. Certains auteurs suggèrent qu'une castration avant la fermeture des cartilages de conjugaison entraîne des perturbations hormonales à l'origine d'un allongement des os longs (134, 135).

D'autres études suggèrent un lien entre la castration et le développement de certaines néoplasies. Dans l'étude citée précédemment (139), la castration avant un an chez les mâles était associée à une augmentation du risque de lymphosarcome tandis qu'une augmentation de l'incidence des mastocytomes et des hémangiosarcomes a été observée chez les chiennes stérilisées après un an. D'autres néoplasies seraient favorisées par la castration, telles que le carcinome des glandes anales, les tumeurs de la prostate, les ostéosarcomes et les carcinomes à cellules transitionnelles (135, 136, 140).

L'incontinence urinaire par incompétence sphinctérienne est un troisième effet secondaire possible de la castration. Elle touche 4,9 à 20 % des chiennes stérilisées, certaines races étant plus touchées que d'autres (135, 141). Certaines études ont suggéré que l'incompétence sphinctérienne du tractus urinaire se développait plus fréquemment chez les femelles stérilisées avant leur premier œstrus (136).

Enfin, les conséquences comportementales de la castration semblent variables et les études ne s'accordent pas toutes, voire se contredisent (141, 142, 143). S'il paraît certain que les comportements inhérents aux hormones sexuelles sont diminués par la castration, cette dernière pourrait à l'inverse être à l'origine d'une augmentation de comportements d'agressions ou phobiques. Souvent conseillée pour diminuer les comportements d'agression, la castration pourrait donc au contraire les renforcer, particulièrement sur des chiens ou des chiennes au tempérament peureux (141, 142).

c) Les recommandations concernant l'âge de la castration chez le chien

En 2020, une étude (134) portant sur 35 races de chiens a analysé l'augmentation des risques de développement de troubles articulaires (dysplasie de la hanche, déchirure ou rupture du ligament croisé crânial, dysplasie du coude) et de cancers (lymphome, mastocytome, hémangiosarcome, ostéosarcome) en fonction de l'âge de la stérilisation chez les mâles et les femelles.

Les auteurs ont conclu que l'augmentation des risques était dépendante de la race, avec notamment un risque de développement de troubles articulaires plus faible chez les petits chiens, et parfois du sexe. Ils en ont conclu des recommandations d'âges de stérilisation en fonction de la race et du sexe (Tableau XXXIII). Les auteurs ont cependant souligné qu'une augmentation réellement importante des risques ostéo-articulaires et néoplasiques n'était observée que pour un nombre restreint de races. Pour la plupart des races ou des sexes, la castration peut apparemment se faire à n'importe quel âge pour les affections étudiées.

Tableau XXXIII : Recommandations par races pour l'âge de la castration en fonction de l'augmentation de risque de survenue de troubles articulaires et de néoplasies en lien avec la castration (Sources : (134))

Race	Mâles					Femelles				
	Déconseillée	Au choix	Après 6 mois	Après 11 mois	Après 23 mois	Déconseillée	Au choix	Après 6 mois	Après 11 mois	Après 23 mois
Bouvier australien		■						■		
Berger australien		■					■			
Beagle				■			■			
Bouvier bernois					■		■			
Border Collie				■					■	
Boston Terrier				■			■			
Boxer					■					■
Bulldog		■					■			
Cavalier King Charles		■					■			
Chihuahua		■					■			
Cocker Spaniel			■							■
Colley		■							■	
Corgi			■				■			
Teckel		■					■			
Dobermann	■									■
Springer anglais		■							■	
Berger allemand					■					■
Golden Retriever				■		■				
Dogue allemand		■					■			
Lévrier irlandais					■		■			
Jack Russel Terrier		■					■			

Labrador Retriever									
Bichon Maltais									
Schnauzer miniature									
Loulou de Poméranie									
Caniche nain									
Caniche miniature									
Caniche									
Carlin									
Rottweiler									
Saint Bernard									
Berger des Shetland									
Shih Tzu									
West Highland White Terrier									
Yorkshire Terrier									

Une autre étude (144) s'est intéressée à l'influence de la castration sur l'incidence des mêmes affections que dans l'étude précédente mais cette fois sur des chiens issus du croisement de plusieurs races. Plus de 3000 chiens ont été inclus dans l'étude et répartis en cinq classes selon leur poids (moins de 10 kg, 10 à 19 kg, 20 à 29 kg, 30 à 39 kg et plus de 40 kg).

Les résultats de l'étude ont montré une absence d'augmentation significative de la fréquence des cancers entre les animaux entiers et castrés, quelle que soit la classe de poids. Le risque de développement de troubles articulaire était en revanche jusqu'à trois fois plus élevé chez les chiens castrés de plus de 20 kg par rapport aux chiens entiers. Les auteurs conseillaient donc de castrer les chiens de plus de 20 kg après 11 mois et même de reporter la stérilisation après 23 mois chez les chiens mâles de plus de 40 kg.

En 2019, l'AAHA a publié des recommandations concernant l'âge de la castration des chiens (136). Elle recommande la castration de tous les chiens mâles ou femelles non destinés à la reproduction, en raison des avantages listés précédemment et de l'insuffisance des preuves reliant les maladies orthopédiques et le moment de la castration. Cette publication souligne que le risque de certaines néoplasies peut être augmenté ou diminué par le moment de la castration, en fonction du type de tumeurs et de la race des chiens. Cependant, elle met également en garde

contre le risque d'une fausse corrélation entre castration et augmentation des tumeurs, sachant que le risque de néoplasie augmente avec l'âge et que les animaux castrés vivent à priori en moyenne plus longtemps que les animaux entiers.

L'AAHA recommande ainsi de castrer à l'âge de cinq à six mois les chiens et les chiennes devant peser moins de 20 kg à l'âge adulte, avec pour objectif de castrer les chiennes avant leur premier œstrus.

Pour les chiens mâles pesant plus de 20 kg à l'âge adulte, il est recommandé d'attendre la fin de la croissance pour la castration, entre neuf et 15 mois voire plus tard, dans le but de limiter les risques de développement de troubles articulaires.

Pour les chiennes pesant plus de 20 kg à l'âge adulte, peu de recommandations sont données. Il est conseillé d'attendre la fin de la croissance et d'évaluer la balance bénéfiques/risques en concertation avec les propriétaires.

En conclusion, des études ont montré une influence de la castration sur le risque de développement de néoplasies, de maladies orthopédiques, de problèmes de comportement, d'obésité et d'incontinence urinaire. L'âge de la castration est donc à adapter en fonction de l'individu, en considérant l'incidence des différentes affections associées à la castration pour la race et le sexe. Il est également essentiel de conseiller aux propriétaires des mesures permettant de diminuer les risques, par exemple en contrôlant l'apport énergétique et en favorisant l'activité du chien pour limiter la prise de poids (135).

2. La question de la castration chez le chat

Les chats mâles sont peu touchés par les affections testiculaires ou prostatiques. La castration a donc peu d'intérêt de ce point de vue. Cependant, la castration diminue fortement l'errance des chats en recherche d'une partenaire sexuelle et par conséquent les bagarres avec les autres chats et les accidents de la voie publique (141).

Chez les femelles, les tumeurs mammaires sont les troisièmes tumeurs les plus fréquentes et il s'agit presque systématiquement de carcinomes mammaires, dont le pronostic est sombre. Lorsqu'une ovariectomie est réalisée avant l'âge d'un an, le risque de survenue de ces tumeurs est diminué de 86 %. Il est diminué de 91 % si la chirurgie est pratiquée avant six mois (141).

L'inconvénient majeur de la castration chez le chat est une augmentation du risque de prise de poids qui est multiplié par plus de trois. Or, le surpoids chez le chat augmente le risque de développement de multiples affections, notamment le diabète sucré et l'arthrose (141).

En 2016, un groupe de travail vétérinaire (145) a recommandé la stérilisation des chatons dès l'âge de cinq mois. Les arguments pour une castration avant la puberté étaient :

- La diminution du risque de carcinome mammaire

- L'élimination du risque de pyomètre et de dystocie
- L'évitement de saillies et de portées non désirées, sachant que la puberté peut survenir dès l'âge de quatre mois
 - La diminution possible des problèmes de comportements d'origine sexuel (marquage urinaire, bagarres, fugues, agressivité...) conduisant parfois à l'abandon des chats
 - L'absence de prédisposition à l'obstruction urinaire des chats mâles castrés

Ce consensus a ensuite été approuvé par de nombreux organismes, dont l'American Veterinary Medical Association (AVMA), l'American Animal Hospital Association (AAHA), l'Association of Shelter Veterinarians (ASV) et l'American Association of Feline Practitioners (AAFP).

L'AAFP recommande même une castration encore plus précoce, dès six à 14 semaines (146) avec pour objectifs d'éviter la surpopulation de chats, l'abandon et l'euthanasie en refuge. L'AAFP reprend les mêmes arguments que le groupe de travail, en ajoutant la prolongation de l'espérance de vie chez les chats castrés et la sécurité de l'anesthésie et de la chirurgie à cet âge. Elle souligne également que les études n'ont pas montré de liens entre une castration précoce et une éventuelle augmentation de risques d'obésité, de diminution de l'efficacité du système immunitaire ou de fermeture retardée des cartilages de croissance.

L'AAFP remarque cependant que les vétérinaires préfèrent généralement attendre un poids minimal d'un kilogramme et une fonction hépatique mature pour la castration. Il est, dans tous les cas, essentiel d'informer les propriétaires sur la possibilité d'une puberté et d'une gestation avant l'âge de six mois et sur la possibilité d'une castration précoce (146).

La castration précoce du chat est cependant remise en question en 2019 dans le livre blanc du groupe de réflexion Think Tank Welfare qui s'intéresse à la question du bien-être animal (141). L'auteure met en garde contre la possibilité d'une perte de diversité génétique chez les chats de race ainsi que contre d'éventuels effets secondaires encore méconnus à ce jour qui pourraient survenir à la suite de cette pratique.

VII. Adapter les mesures comportementales selon l'âge

1. Ontogenèse des comportements et applications en médecine préventive chez le chien

a) Les grandes étapes de l'ontogenèse des comportements

Différentes périodes dans l'ontogenèse des comportements ont été décrites par Scott et Fuller en 1965 : la période prénatale, la période néonatale, la période de transition, la période de socialisation et la période juvénile.

i. La période néonatale

La période néonatale se situe entre la naissance et l'ouverture des yeux (environ 14 jours chez le chien).

A cet âge, le nouveau-né est aveugle et sourd. Il est instinctivement en recherche de chaleur (la thermorégulation n'est effective qu'à partir de trois semaines), de nourriture et des soins maternels (toiletage, stimulation de la miction et de la défécation). Le temps consacré au sommeil est extrêmement important (70 à 90% du temps) (20, 25, 147).

Le sens tactile étant en place, il a été montré qu'une manipulation précoce par l'Homme dès la naissance donnerait des chiots plus confiants et plus explorateurs (20). Cependant, les auteurs conseillent de réaliser des manipulations douces, en restant proches de la mère et en veillant à ne déclencher aucune réaction de stress (21).

ii. La période de transition

La période de transition a lieu entre deux et trois semaines de vie environ (14 à 21 jours). Elle débute avec l'ouverture des yeux et se termine par l'apparition du réflexe de sursaut auditif (à 21 – 25 jours) (20, 21, 25).

Cette phase se caractérise par le développement des organes sensoriels ainsi que du système nerveux (20, 21, 147). L'imprégnation à l'espèce débute (147) avec l'apparition des comportements de jeux sociaux (jeux de bagarres rudimentaires, vocalisations...) (20).

Il peut être intéressant, lors de cette période, d'introduire de nouveaux objets dans l'environnement des chiots, même s'ils ne sont pas encore capables d'interagir avec. On peut également commencer à exposer les chiots aux sons, odeurs et visions habituelles d'une maison et les manipuler quotidiennement (20).

iii. La période de socialisation

▪ Caractéristiques de la période de socialisation

La période de socialisation est de loin la plus importante dans l'ontogenèse des comportements. Elle a lieu entre trois semaines et trois mois (12 semaines) environ (20, 21, 147). Certains auteurs rapportent qu'elle peut s'étendre jusqu'à quatre à cinq mois dans les très grandes races, les chiens de petites races étant plus précoces (21).

Cette phase débute avec l'attachement filial et le développement des capacités d'exploration et se termine avec le détachement, dont la date peut être variable selon les conditions de vie (147). L'attachement peut se définir comme « l'établissement d'un lien de qualité entre la mère et le jeune permettant l'exploration de l'environnement à partir d'une base de sécurité » (147).

L'augmentation très nette de l'activité des chiots et des comportements d'exploration est caractéristique de cette période. Le temps de sommeil et la recherche du contact corporel durant les phases de sommeil diminuent. Les comportements se complexifient, notamment dans le jeu avec les congénères (20, 25).

Pendant la période de socialisation, parfois appelée période de socialisation primaire, les chiots sont très sensibles aux stimuli qui sont présentés dans leur environnement, aux opportunités d'apprendre et aux opportunités de former des liens avec d'autres chiens, avec des humains et avec d'autres animaux de compagnie (20). Les capacités de mémorisation sont maximales, la plus grande partie des apprentissages se fait durant cette période (21).

Cette période est également appelée « période sensible » et correspond à une tranche d'âge au cours de laquelle certains événements sont susceptibles d'avoir des effets à long terme sur le développement et le comportement de l'individu (20).

Deux types d'apprentissages sont fondamentaux durant la période de socialisation.

▪ Acquisition de l'équilibre émotionnel

Le premier apprentissage correspond à l'acquisition d'un équilibre émotionnel, on parle également d'homéostasie sensorielle (21, 147). En d'autres termes, le chiot doit s'habituer à son environnement et à tous les stimuli qu'il pourra rencontrer au cours de sa vie.

En fonction de la diversité des stimuli rencontrés et de leur perception (positive ou négative) par le chiot, un seuil de réactivité émotionnelle se met en place. Ce seuil détermine les capacités d'adaptation du chien vis-à-vis des nouvelles situations rencontrées au cours de sa vie. Un seuil de réactivité émotionnelle élevé correspond à une faible réactivité du chien aux divers stimuli de l'environnement et par conséquent à une diminution de la probabilité de survenue de certains types de comportements agressifs (liés à la peur). Le chien a appris à ne pas réagir à certaines situations rencontrées lors de sa période de socialisation et est capable de généraliser l'absence de danger à des situations similaires ou ressemblantes lors de sa vie

d'adulte (21). A l'inverse, un seuil trop bas favorise les troubles comportementaux futurs, on parle notamment de « syndrome de privation sensorielle » (147).

La mise en contact du chiot avec des stimuli nombreux et variés au cours de la période de socialisation est donc primordiale. Elle permet la mise en place de connexions neuronales fonctionnelles déterminantes dans l'acquisition de l'équilibre émotionnel (21).

Les stimulations doivent être de natures variées et stimuler les différents sens du jeune animal afin de permettre l'augmentation du niveau sensoriel de référence (25, 147). On veillera donc à exposer quotidiennement le chiot à des stimulations tactiles, visuelles et acoustiques : bruits intenses et variés (téléphone, aspirateur, camions, klaxons, cris d'enfants...), situations visuellement fortes (passage rapide d'engins motorisés, fête foraine, enfants, poussettes...), transport en voiture... (21). Ce sera également le moment idéal pour introduire des animaux d'autres espèces dans la vie du chiot (20).

Il a été établi que le chiot manifeste le plus haut niveau de curiosité et de moins de craintes vis-à-vis des nouveaux stimuli entre la troisième et la cinquième semaine de vie (20). Ensuite, le chiot devient plus prudent avec une augmentation des comportements de crainte, d'importance variables entre les chiots, à partir de la septième semaine qui atteignent un point culminant entre huit et dix semaines. Il convient donc d'être particulièrement précautionneux pour ne pas exposer un chien de cet âge à des événements possiblement traumatisants (20).

La période de socialisation sera également le moment pour le chiot de se familiariser avec l'Homme et de s'habituer à se faire manipuler. Les manipulations devront être douces mais variées et plus ou moins contraignantes : toilettage, caresses, renversement sur le dos, nettoyage des yeux et des oreilles... (21). On pourra profiter de la période de forte attraction pour l'Homme, entre trois et cinq semaines, pour intensifier les manipulations et les interactions avec le chiot, à condition qu'elles restent positives. Il a été montré que le contact avec l'Homme doit avoir été établi avant 14 semaines chez le chien. Dans le cas contraire, les chiots présentent une grande crainte vis-à-vis de l'Homme (20, 25). Enfin, il est nécessaire d'entretenir cette familiarisation en maintenant des contacts réguliers et positifs avec l'humain pour que les apprentissages perdurent (25).

- *Interactions et communication intraspécifiques*

Le second apprentissage correspond à la mise en place des capacités d'interactions et des signaux de communication intraspécifiques.

La socialisation se définit comme le processus par lequel un animal développe un comportement social propre à l'espèce et développe des liens avec les autres individus (20).

Au cours de la période de socialisation, le chiot apprend à reconnaître son semblable. On parle de phase d'imprégnation, d'empreinte, d'identification ou d'attachement social primaire. Cette phase a lieu entre quatre et huit semaines et doit avoir lieu avant 16 semaines pour être possible. Le test du miroir permet de vérifier la bonne réalisation de cette phase : si

l'identification à l'espèce est absente, le chiot n'essaiera pas de jouer avec le chiot qu'il voit dans le miroir (25).

La communication entre les chiens passe par les postures corporelles, l'olfaction, les vocalisations et les contacts tactiles. Le chiot, qui ne connaît initialement pas la signification des différents signaux, réalise des essais envers d'autres chiens et reçoit en retour des réponses variées (réaction amicale, rejet...) de la part des individus plus âgés. Ces interactions permettent l'apprentissage de la communication intraspécifique (21). Il est donc intéressant de favoriser les contacts du chiot en période de socialisation avec des congénères d'âges et de races différentes et avec plusieurs adultes (21).

La période de socialisation permet également l'apprentissage des autocontrôles : le chiot apprend à contrôler sa morsure, sa motricité et ses émotions par l'éducation par la mère et les autres chiots (147). Lors des jeux entre chiots ou avec la mère, une morsure trop forte entraîne une réaction de défense ou de plainte de la part de l'autre chiot, voire une sanction de la mère, ce qui permet un apprentissage du contrôle de la morsure. Les autocontrôles sont normalement acquis à cinq semaines. De son côté, l'Homme doit veiller à ne pas autoriser les jeux de mordillements et à les rediriger vers des jouets (25).

Enfin, la période de socialisation correspond également au moment où le chiot acquiert une indépendance affective. A partir de la cinquième semaine, la mère arrête de se coucher pour la tétée, commence à grogner et à diminuer les temps de tétée (21, 25). Elle passe également de plus en plus de temps loin de sa portée. L'augmentation très progressive du temps d'isolement du chiot lui permet de prendre confiance et de développer son indépendance. La facilité du détachement du chiot de sa mère semble, en outre, être corrélé à la richesse de l'environnement à explorer (25). Des risques de troubles du comportement par hyperattachement sont possibles si la séparation avec la mère est trop précoce et/ou si l'Homme laisse le chiot être très dépendant de lui (20, 25).

- Conclusions sur la période de socialisation

Une période de socialisation réussie aboutit à un chiot capable de former des liens sociaux avec d'autres chiots et avec les humains, de s'adapter aux nouvelles situations sans craintes et d'acquérir de nouveaux apprentissages (20).

Une période de socialisation inadéquate peut au contraire conduire à un chien qui est incapable de former des liens sociaux solides, par peur et/ou par méconnaissance des signaux de communication et qui est anormalement stressé par des nouvelles situations, personnes ou chiens. Dans ce cas, les nouvelles expériences peuvent être stressantes tout au long de sa vie, quelle que soit la fréquence à laquelle il y est exposé à l'âge adulte (20) et les risques de développement de problèmes comportementaux de peur, d'évitement ou d'agressions sont importants (21).

iv. La période juvénile

La période juvénile s'étend de trois mois (quatre à cinq mois pour les très grandes races) jusqu'à la puberté (21).

Elle se caractérise par un affinage des capacités déjà existantes ainsi que par une amélioration des capacités de coordination à mesure que le chien évolue physiquement vers l'âge adulte (20). Les comportements sociaux continuent de se développer, même au-delà de la puberté, jusqu'à 18 mois, voire plus (20) et les apprentissages continuent d'influencer la personnalité future du chien (21).

Il est donc nécessaire de continuer à multiplier les interactions sociales positives pour consolider la socialisation en laissant les chiens interagir librement entre eux (21).

b) Le cas des chiots séparés trop précocement de leur mère

Une étude de 2011 (148) s'est intéressée aux conséquences de l'âge auquel le chiot est séparé de sa portée sur la mise en place de troubles comportementaux. Les auteurs ont observé que les chiens séparés de leur mère et du reste de la portée entre 30 et 40 jours de vie présentaient une prévalence des troubles du comportement (comportements de destruction, aboiements, anxiété, protection des ressources...) significativement plus élevée que les chiens adoptés à deux mois (l'âge légal).

Il est en conséquence essentiel de déterminer lors des premières consultations de médecine préventive si l'âge officiel de l'animal correspond bien à celui du chien. C'est en effet important d'un point de vue sanitaire et légal mais également en termes de bien-être animal afin de pouvoir anticiper les risques de développement de troubles du comportement et adapter la prise en charge.

c) Prévention des troubles du comportement chez le chiot en médecine préventive

La consultation de médecine préventive est l'occasion d'aborder avec les propriétaires les problématiques du comportement et de l'éducation des jeunes chiots.

Concernant la socialisation, on pourra donner les recommandations décrites précédemment, en insistant sur l'intérêt d'exposer dès son adoption le chien à son futur environnement (ville, congénères, humains, autres animaux), sans attendre un protocole de primo-vaccination complet. Les contacts avec des chiens correctement vaccinés doivent être privilégiés mais le jeune chiot ne doit surtout pas être isolé et les contacts sociaux doivent être encouragés tout au long de sa vie (147). La participation à l'école du chiot, aux balades canines ou à des clubs d'agility sont par exemple à encourager.

Les propriétaires doivent être sensibilisés à l'importance de suivre certains principes d'apprentissage. L'éducation doit être démarrée le plus tôt possible, en habituant au préalable

le chiot avec les outils utilisés. Les apprentissages doivent au maximum prendre la forme d'un jeu pour le chien, tout en suivant un protocole rigoureux et avec une communication qui reste claire, cohérente et constante. Le chien discrimine fortement les stimuli. Ainsi, les ordres « Assis », « Allez assis » et « Assied-toi » sont trois ordres différents pour lui. De plus, il est important de varier les lieux d'éducation et les personnes donnant les ordres pour permettre une généralisation des apprentissages (21).

Les propriétaires doivent être encouragés à utiliser le renforcement positif, consistant en l'ajout d'un stimulus positif (récompense alimentaire ou vocale) immédiatement après la réalisation d'un comportement désiré. Ils doivent cependant être mis en garde contre le risque de renforcer un comportement indésirable inconsciemment (par exemple en donnant à une fréquence variable un aliment à table au chien qui vient réclamer, renforçant ainsi le comportement de manière très importante) (21).

L'usage de la punition doit être précautionneuse, évidemment non violente, et les propriétaires doivent s'assurer qu'elle a un sens pour le chiot. Un chien puni pour avoir fait ses besoins dans la maison peut, la fois suivante, ingérer ses déjections ou se retenir de faire ses besoins devant ses maîtres, même en balade. La punition doit également être immédiate, elle n'a aucun sens pour le chien lorsqu'elle intervient trop tard (21).

Il sera également important de questionner et de conseiller le propriétaire sur certains apprentissages afin de limiter les probabilités de survenue de problèmes comportementaux futurs. On pourra, de manière non exhaustive, aborder :

- L'apprentissage de la propreté. Le chiot apprend spontanément à éliminer dans un endroit à l'écart du lieu de couchage. Dès l'adoption, il est conseillé de multiplier les sorties (environ toutes les deux heures), surtout après les repas, au moment des réveils et après des séances de jeu. La récompense doit intervenir à la fin de la séquence d'élimination et le chiot ne doit pas être rentré immédiatement afin d'éviter l'association élimination et retour à l'intérieur (25). Il ne doit pas être permis au chiot de s'habituer à faire ses besoins à l'intérieur de la maison, en utilisant du papier journal par exemple (21). Généralement, la propreté est acquise à l'âge de six mois (souvent dès quatre ou cinq mois) (149).

- La survenue des comportements sexuels : marquages urinaires, chevauchement, fugues, agressions intraspécifiques.

- Les mâchonnements, mordillements et l'inhibition de la morsure.

- La marche en laisse. L'apprentissage consiste à garder une laisse détendue et à féliciter le chien lorsqu'il avance à la bonne allure, à s'arrêter et à utiliser un stimulus disruptif (coup sec sur la laisse associé à un mot, « non » ou « stop ») pour arrêter le chien qui tire sur la laisse puis à reprendre la marche. Il est important de conserver un temps de promenade non consacré à l'apprentissage de la laisse et de commencer dans des lieux calmes et peu stimulants avant d'augmenter progressivement la difficulté. Il est également utile de faire promener le chien par différentes personnes en s'assurant que la communication reste claire et identique (21).

- L'apprentissage à rester seul. Une fois le chiot endormi, il est conseillé de quitter la pièce ou de le déplacer dans son panier dans une pièce à l'écart, de partir de la maison sur un court laps de temps et de revenir sans faire attention à lui. L'objectif est d'apprendre au chiot que les départs ne sont pas une source de stress et que les retours ne sont pas une source de décharge émotionnelle. Le chiot doit également être incité à jouer seul, par exemple avec des jeux distributeurs de nourriture (21).

La détection précoce de possibles troubles du comportement permet des conseils et une orientation vers une consultation de comportement spécialisée et/ou vers un éducateur au besoin.

2. Ontogenèse des comportements et applications en médecine préventive chez le chat

a) Les grandes étapes de l'ontogenèse des comportements chez le chat

L'ontogenèse des comportements chez le chat est très similaire à ce qui a précédemment été décrit pour le chien et suit les mêmes étapes et les mêmes apprentissages, notamment lors de la période de socialisation.

La période de socialisation est en revanche plus précoce que chez le chiot et débute vers deux semaines pour se déterminer entre sept et neuf semaines (147).

La phase de familiarisation à l'Homme a lieu entre la deuxième et la septième semaine et peut se prolonger un peu au-delà de la huitième semaine (150).

Comme pour le chien, il est nécessaire de favoriser l'enrichissement du milieu avec une exposition à de nombreux stimuli tactiles, visuels, olfactifs et acoustiques, de présenter aux chatons d'autres animaux, des enfants, etc...

Le contact avec des chats adultes est également très important. Il a été montré que des chats élevés exclusivement par l'Homme étaient beaucoup plus enclins à développer des troubles du comportement (150).

b) Prévention des troubles du comportement chez le chaton en médecine préventive

Comme chez le chien, de nombreux conseils peuvent être donnés aux propriétaires afin de limiter la survenue ultérieure de troubles du comportement (150).

Concernant, les récompenses et des punitions, les récompenses vocales ou alimentaires devront toujours avoir lieu à la fin du comportement à récompenser. En cas de comportement

indésirable, il est préférable d'utiliser un stimulus disruptif (son bref, claquement de mains, froissement sac plastique ou papier...) pour l'interrompre.

Pour prévenir les troubles de l'élimination, il est préférable de commencer avec un bac à litière de petit format et sans toit avant de proposer au chat des bacs avec toit, voire avec porte. Le retrait des déjections doit être régulier (quotidien) et un nettoyage hebdomadaire complet de la litière doit être réalisé. Les bacs de litière doivent être en nombre suffisant (un par étage et un de plus que le nombre de chats) et situés dans un lieu calme, loin des points de nourriture.

Pour limiter les comportements de griffage, il est conseillé de réaliser un entretien régulier des griffes, de placer des griffoirs attractifs près des lieux de repos ou de passage et de récompenser leur utilisation.

Enfin, la prévention des agressions passe par des manipulations courtes et répétées pour augmenter la tolérance du chaton au contact. Les interactions avec les enfants doivent être surveillées et les comportements de griffures ou de morsures sur l'Homme doivent être stoppés immédiatement.

3. Les changements de comportement chez le chien et le chat âgés

Le vieillissement chez le chien et le chat âgé s'accompagne souvent de modifications du comportement liés au vieillissement cérébral, aux changements hormonaux, à la diminution de l'acuité sensorielle et à d'éventuels troubles algiques (21).

On observe d'une manière générale et normale un ralentissement moteur, une augmentation du temps de sommeil et une diminution de la réactivité (21).

D'autres changements de comportement, plus problématiques, apparaissent chez certains animaux : pertes de repères spatio-temporels, dysorexie ou boulimie, troubles du sommeil, comportements de peur ou d'agressivité inhabituels... Ces troubles sont à détecter et peuvent nécessiter la mise en place d'un traitement (21).

CONCLUSION

La diagnose de l'âge du chien et du chat est une problématique courante et importante en médecine vétérinaire.

Les méthodes de détermination de l'âge, notamment sur des animaux appartenant à la faune sauvage, sont multiples dans la littérature.

Cependant, une partie d'entre elles, comme la squelettochronologie et la cémento-chronologie sont très invasives et peu applicables en pratique vétérinaire courante.

D'autres méthodes sont facilement applicables, particulièrement sur les jeunes animaux et peuvent être utilisées dans la cadre de suspicions d'importation et de commerce illégaux d'animaux trop jeunes. Ces méthodes regroupent notamment l'observation du développement sensoriel, moteur et comportemental, le calendrier d'éruption dentaire, l'utilisation de courbes de croissance et les examens radiographiques, avec les radiographies dentaires et les radiographies des différents cartilages de croissance. Ces critères manquent cependant souvent de précision et sont soumis à des variations individuelles.

Chez l'animal adulte, très peu d'études sont disponibles sur la détermination de l'âge. Les critères de détermination portant sur l'usure des dents et la canitie sont soumis à de très fortes variations individuelles. L'utilisation des reflets oculaires nécessiterait d'autres études pour préciser son applicabilité.

D'une manière générale, la précision des différentes méthodes de détermination de l'âge, chez le jeune comme chez l'adulte, est insuffisante avec les données bibliographiques actuellement disponibles. Il est par conséquent nécessaire de combiner les différentes méthodes présentées afin de déterminer le plus précisément possible l'âge d'un animal, notamment dans un cadre juridique de suspicion d'importation illégale.

La détermination de l'âge biologique par l'analyse d'un prélèvement, par exemple sanguin, constitue à ce jour la piste de recherche la plus prometteuse, notamment en termes de précision d'âge chez l'adulte. Cette technique est cependant actuellement en plein développement en médecine humaine et plusieurs années de recherche seront très certainement nécessaires avant qu'elle soit applicable en médecine vétérinaire.

La seconde partie de cette thèse s'est attachée à démontrer que l'âge du chien et du chat présenté en consultation de médecine préventive est une question majeure. En effet, l'âge a des conséquences en termes de réglementation et de protocoles vaccinaux et antiparasitaires. Il influence également les problématiques autour de la reproduction, de la nutrition et de la médecine du comportement. Enfin, le praticien insistera plus sur la recherche de certaines affections lors de la prise d'anamnèse et lors de son examen clinique en fonction de l'âge de l'individu.

La médecine préventive se développe fortement depuis les dernières décennies et s'attache de plus en plus à prendre en compte les particularités individuelles des animaux. Il est donc très probable que la prise en charge des individus en fonction de leur âge soit amenée à continuer d'évoluer dans un futur proche.

BIBLIOGRAPHIE

1. MORRIS P (1972). A review of mammalian age determination methods [en ligne]. *Mammal Review*, 2(3), pp. 69-104. Disponible sur : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2907.1972.tb00160.x> [consulté le 1 juill 2021]
2. TOBIAS G, TOBIAS TA, ABOOD SK (2000). Estimating Age in Dogs and Cats Using Ocular Lens Examination [en ligne]. *Compend Contin Educ*, 22(12), pp. 1085-1091. Disponible sur : https://sonopath.com/sites/default/files/downloads/article_cassey_EXAMROOM_Estimating_Age_In_Dogs_and_Cats.pdf [consulté le 5 mars 2022]
3. VAN DEN BROECK M, STOCK E, VERMEIREN Y, VERHAERT L, DUCHATEAU L, CORNILLIE P (2022). Age estimation in young dogs by radiographic assessment of the canine pulp cavity/tooth width ratio [en ligne]. *Anat Histol Embryol*, 51(2), pp. 269-279. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ahe.12787> [consulté le 30 mars 2021]
4. MODINA SC, ANDREIS ME, MOIOLI M, DI GIANCAMILLO M (2019). Age assessment in puppies : Coming to terms with forensic requests [en ligne]. *Forensic Science International*, 297, pp. 8-15. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073819300039> [consulté le 30 mars 2021]
5. VAN DEN BROECK M, CORNILLIE P (2020). Legal framework and current techniques for age estimation in puppy trade [en ligne]. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 89, pp. 135-44. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/342733043_Legal_framework_and_current_techniques_for_age_estimation_in_puppy_trade [consulté le 30 mars 2021]
6. ROCCARO M, PELI A (2020). Age determination in dog puppies by teeth examination : legal, health and welfare implications, review of the literature and practical considerations [en ligne]. *Vet Ital*, 56(3), pp. 149-162. Disponible sur : <https://193.43.141.44/index.php/VetIt/article/view/1876> [consulté le 5 sept 2021]
7. FREYBURGER L, PEPIN M, RUVOEN N, LE PODER S, PICAUVET DP, ROUCH BUCK P et al (2016). La médecine préventive du chien et du chat. *PratiqueVet*, 51, pp. 542-552.
8. LANDSBERG G. Behavior Development and Preventive Management. In : HOSKINS JD (2001). *Veterinary Pediatrics : Dogs and Cats from Birth to Six Months*. Philadelphia : Saunders, pp. 22-34.
9. CHATELAIN E (1992). Dents, diagnose de l'âge des animaux domestiques. *Laboratoire d'anatomie de l'ENVL*

10. DEBREUQUE M, THIBAUD JL (2019). L'examen neurologique du chiot et du chaton. *Le point vétérinaire*, 50(Numéro spécial), pp. 40-44.
11. HOSKINS JD, BETH PP. Physical Examination and Diagnostic Imaging Procedures. In : HOSKINS JD (2001). *Veterinary Pediatrics : Dogs and Cats from Birth to Six Months*. Philadelphia : Saunders, pp. 1-21
12. LAVELY JA (2006). Pediatric Neurology of the Dog and Cat [en ligne]. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 36(3), pp. 475-501. Disponible sur : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195561605001956> [consulté le 1 août 2021]
13. VILLABLANCA JR, OLMSTEAD CE (1979). Neurological development of kittens [en ligne]. *Developmental Psychobiology*, 2(2), pp. 101-127. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/dev.420120204> [consulté le 7 juill 2021]
14. LITTLE S (2011). Feline pediatrics : How to treat the small and the sick [en ligne]. *Compendium (Yardley, PA)*, 33, pp. E1-6. Disponible sur : https://www.researchgate.net/profile/Susan-Little-3/publication/51714318_Feline_pediatrics_How_to_treat_the_small_and_the_sick/links/551a969d0cf2f51a6fea755d/Feline-pediatrics-How-to-treat-the-small-and-the-sick.pdf?origin=publication_detail [consulté le 6 janv 2022]
15. BEAVER BV (1980). Sensory development of *Felis catus* [en ligne]. *Lab Anim*, 14(3), pp. 199-201. Disponible sur : <http://journals.sagepub.com/doi/10.1258/002367780780937472> [consulté le 15 oct 2021]
16. PETERSON ME, KUTZLER MA (2011). *Small animal pediatrics: the first 12 months of life*. St. Louis, Mo : Saunders/Elsevier, 526 p.
17. ASHMEAD DH, CLIFTON RK, REESE EP (1986). Development of auditory localization in dogs : Single source and precedence effect sounds [en ligne]. *Developmental Psychobiology*, 19(2), pp. 91-103. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/dev.420190202> [consulté le 2 nov 2021]
18. LEVY X, SEGUELA J, CHAUDIEU G, BLANCHARD G, PARAGON B, SERRES F (2016). *Guide pratique de Pédiatrie canine et féline*. Editions Med'Com, 214 p.
19. OLMSTEAD CE, VILLABLANCA JR (1980). Development of behavioral audition in the kitten [en ligne]. *Physiology & Behavior*, 24(4), pp. 705-712. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0031938480904011> [consulté le 7 juill 2021]
20. CASE LP (2005). *The Dog, Its Behavior, Nutrition and Health. 2nd edition*. Ames : Blackwell Publishing, 480 p.

21. VIEIRA I (2012). *Comportement du chien, éthologie et applications pratiques*. Rueil-Malmaison : Editions du Point vétérinaire, 196 p.
22. FOX MW (1963). Conditioned Reflexes and Innate Behaviour of the Neonate Dog [en ligne]. *J Small Anim Pract*, 4(2), pp. 85-99. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1748-5827.1963.tb01827.x> [consulté le 1 août 2021]
23. SECHZER JA, FOLSTEIN SE, GEIGER EH, MERVIS RF, MEEHAN SM (1984). Development and maturation of postural reflexes in normal kittens [en ligne]. *Experimental Neurology*, 86(3), pp. 493-505. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0014488684900840> [consulté le 30 mars 2021]
24. LEFEBVRE S (2019). *Nutrition vétérinaire du chien et du chat*, seconde édition. 282 p.
25. PARIS T (1996). Le développement et l'éducation du chiot. *Rec Méd vét*, 172(9/10), pp. 531-541.
26. EMILY P, PENMAN S (1992). *Dentisterie du chien et du chat*. Maison-Alfort : Editions du point vétérinaire, 201 p.
27. HAWKINS JB. Dental Disease and Care. In : HOSKINS JD (2001). *Veterinary Pediatrics : Dogs and Cats from Birth to Six Months*. Philadelphia : Saunders, pp. 135-146
28. FULTON AJ, FIANIN, VERSTRAETE FJM (2014). Canine Pediatric Dentistry [en ligne]. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 44(2), pp. 303-324. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019556161300226X> [consulté le 3 oct 2021]
29. PIERARD J (1967). Note d'anatomie appliquée, appréciation de l'âge du chien [en ligne]. *Canadian veterinary journal*, 8(9) pp. 1-4. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1696923/pdf/canvetj00502-0009.pdf> [consulté le 18 nov 2021]
30. HALE FA (2005). Juvenile Veterinary Dentistry [en ligne]. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 35(4), pp. 789-817. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195561605000239> [consulté le 1 mars 2022]
31. BELL AF (1965). Dental Disease in the Dog [en ligne]. *J Small Anim Pract*, 6(6), pp. 421-428. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1748-5827.1965.tb04359.x> [consulté le 15 mars 2022]
32. MONNEREAU L, MANESSE M, SAUTET J (1999). Critères usuels de détermination de l'âge du chien. *Prat méd chir Anim Cie*, 34(supp P. Soignant n°2-99), pp. 13-16.
33. GIOSSO MA, CARVALHO VGG (2005). Oral Anatomy of the Dog and Cat in Veterinary Dentistry Practice [en ligne]. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 35(4), pp. 763-780.

Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195561604001433>
[consulté le 15 mars 2022]

34. FLEMING PA, CRAWFORD HM, AUCKLAND C, CALVER MC (2021). Nine ways to score nine lives – identifying appropriate methods to age domestic cats (*Felis catus*) [en ligne]. *Journal of Zoology*, 314(3), pp. 211-226. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jzo.12869> [consulté le 1 déc 2021]
35. LOGIER M. Les dents et la denture du chien. In : Société Francophone de Cynotechnie (eds) (1985). *Séminaire de morphologie, 15-16 mars 1985, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse*. Société Francophone de Cynotechnie, Toulouse, 308 p.
36. LOBPRISE HB, DODD JR (2019). *Wiggs's Veterinary Dentistry : Principles and Practice* [en ligne]. 2nd Edition, John Wiley & Sons, 544 p. Disponible sur : <https://www.wiley.com/en-ie/Wiggs's+Veterinary+Dentistry:+Principles+and+Practice,+2nd+Edition-p-9781118816127> [consulté le 3 mars 2022].
37. MORAILLON R (1996). La visite d'achat du chiot. *Recueil de médecine vétérinaire*, 172(9/10), pp. 557-563.
38. SUTTON LK, BYRD JH, BROOKS JW. Age determination in dogs and cats. In : BROOKS JW (Ed.) (2018). *Veterinary Forensic Pathology. Brooks, Vol. 2*. Springer International Publishing, pp. 151-163.
39. GIRARD N (2016). La dentition du chiot et du chaton : développement et approche préventive. *PratiqueVet*, 51, pp. 606-612.
40. GUINTARD C. Les dents et l'âge chez le chien. In : Société Centrale Canine (2013). *Le Chien, morphologie, esthétique, jugement*. Chaumont : Castor et Pollux, 265 p.
41. GRUNDY SA (2006). Clinically relevant physiology of the neonate [en ligne]. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 36(3), pp. 443-459. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195561605001889?via%3Dihub> [consulté le 15 oct 2021]
42. SILVER IA (1963). The ageing of domestic animals [en ligne]. *Science in archaeology*, pp. 250-268. Disponible sur : https://www.unife.it/interfacolta/lm.preistoria/insegnamenti/archeozoologia/materiale-didattico/stima-eta-di-morte/silver_1963.pdf [consulté le 2 mars 2022]
43. ARNALL L (1960). Some Aspects of Dental Development in the Dog - II. Eruption and Extrusion [en ligne]. *J Small Anim Pract*, 1(1-4), pp. 259-267. Disponible sur : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1748-5827.1960.tb06100.x> [consulté le 7 juill 2021]
44. PASCAL M, CASTANET J (1978). Méthodes de détermination de l'âge chez le Chat haret des îles Kerguelen [en ligne]. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie, Société nationale de*

protection de la nature, 32, pp. 529-555. Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03530390/document> [consulté le 10 août 2021]

45. MBIZAH MM, STEENKAMP G, GROOM RJ (2016). Evaluation of the Applicability of Different Age Determination Methods for Estimating Age of the Endangered African Wild Dog (*Lycaon Pictus*) [en ligne]. *PLoS One*, 11(10), e0164676. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5061369/> [consulté le 30 mars 2021]
46. HARRIS S (1978). Age determination in the Red fox (*Vulpes vulpes*) – an evaluation of technique efficiency as applied to a sample of suburban foxes [en ligne]. *Journal of Zoology*, 184(1), pp. 91-117. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-7998.1978.tb03268.x> [consulté le 10 sept 2021]
47. SCRIVNER JH, JOHNSON CA, SEGO CA (2014). Use of cementum annuli and eye-lens weight for aging coyotes [en ligne]. *Wildl Soc Bull*, 38(4), pp. 874-877. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wsb.455> [consulté le 21 août 2021]
48. VAN LANCKER S, VAN DEN BERGE K, VAN DEN BROECK W, SIMOENS P (2005). Counting cementum growth lines in dogs (*Canis familiaris*) and red foxes (*Vulpes vulpes*) as a means of age determination [en ligne]. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 74, pp. 288-293. Disponible sur : <https://vdt.ugent.be/sites/default/files/art74405.pdf> [consulté le 1 août 2021]
49. KNOWLTON FF, WHITTEMORE SL (2001). Pulp cavity-tooth width ratios from known-age and wild-caught coyotes determined by radiography [en ligne]. *Wildl Soc Bull*, 29, pp. 239-244. Disponible sur : https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1608&context=icwdm_usdanwrc [consulté le 5 sept 2021]
50. PARK K, AHN J, KANG S, LEE E, KIM S, PARK S, et al (2014). Determining the age of cats by pulp cavity/tooth width ratio using dental radiography [en ligne]. *Journal of Veterinary Science*, 15(4), pp. 557-61. Disponible sur : <https://doi.org/10.4142/jvs.2014.15.4.557> [consulté le 2 sept 2021]
51. MORGAN JP, MIYABAYASHI T (1991). Dental radiology: ageing changes in permanent teeth of beagle dogs [en ligne]. *J Small Anim Pract*, 32(1), pp. 11-18. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1748-5827.1991.tb00850.x> [consulté le 15 mars 2022]
52. NOMOKONOVA T, LOSEY RJ, MC LACHLIN K, BACHURA OP, GUSEV AV, KOSINTSEV PA, et al (2020). Age estimation of archaeological dogs using pulp cavity closure ratios [en ligne]. *Journal of Archaeological Science*, 123, pp. 105252. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440320301734> [consulté le 3 sept 2021]
53. MARTI I, RYSER-DEGIORGIS MP (2018). A tooth wear scoring scheme for age estimation of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) under field conditions [en ligne]. *Eur J Wildl Res*,

- 64(37), pp. 1-14. Disponible sur : <http://link.springer.com/10.1007/s10344-018-1198-6> [consulté le 30 mars 2022]
54. LAUNDRE JW, HERNANDEZ L, STREUBEL D, ALTENDORF K, GONZALEZ CL (2000). Aging mountain lions using gum-line recession [en ligne]. *Wildl Soc Bull*, 28, pp. 963-966. Disponible sur : <https://nrccooperative.org/wp-content/uploads/2016/01/AgingLions.pdf> [consulté le 1 déc 2021]
55. MILA H, GRELLET A, FEUGIER A, CHASTANT-MAILLARD S (2015). Differential impact of birth weight and early growth on neonatal mortality in puppies [en ligne]. *J Anim Sci*, 93(9), pp. 4436-4442. Disponible sur : <https://academic.oup.com/jas/article/93/9/4436/4700337> [consulté le 3 mars 2022]
56. GROPPETTI D, PECILE A, PALESTRINI C, MARELLI SP, BORACCHI P (2017). A National Census of Birth Weight in Purebred Dogs in Italy [en ligne]. *Animals*, 7(43), pp. 1-20. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5483606/> [consulté le 30 mars 2022]
57. TRANGERUD C, GRONDALEN J, INDREBO A, TVERDAL A, ROPSTAD E, MOE L (2007). A longitudinal study on growth and growth variables in dogs of four large breeds raised in domestic environments [en ligne]. *J Anim Sci*, 85(1), pp. 76-83. Disponible sur : <https://academic.oup.com/jas/article/85/1/76/4778372> [consulté le 30 mars 2022]
58. SCHRANK M, MOLLO A, CONTIERO B, ROMAGNOLI S (2019). Bodyweight at Birth and Growth Rate during the Neonatal Period in Three Canine Breeds [en ligne]. *Animals*, 10(8), pp. 1-11. Disponible sur : <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/1/8> [consulté le 30 mars 2022]
59. ALVES I (2020). A model of puppy growth during the first three weeks [en ligne]. *Vet Med Sci*, 6(4), pp. 946-957. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7738731/> [consulté le 3 avr 2022]
60. ALBERGHINA D, GIOE M, QUARTUCCIO M, MAJOLINO G, LIOTTA L (2021). Puppy growth rate during early periods of labrador retriever development : role of litter size and photoperiod of birth [en ligne]. *Ital J Anim Sci*, 20(1), pp. 26-32. Disponible sur : <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1828051X.2020.1863869> [consulté le 6 avr 2022]
61. BORGE KS, TONNESSEN R, NODVEDT A, INDREBO A (2011). Litter size at birth in purebred dogs – A retrospective study of 224 breeds [en ligne]. *Theriogenology*, 75(5), pp. 911-919. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X10005625> [consulté le 9 avr 2022]

62. FISZDON K, KOWALCZYK I (2009). Litter size, puppy weight at birth and growth rates in different breeds of dogs [en ligne]. *Anim Sci*, 46, pp. 161-168. Disponible sur : <http://annals-wuls.sggw.pl/files/files/animal/asc2009no46full.pdf#page=135> [consulté le 8 avr 2022]
63. HOSKINS JD. Puppy and Kitten Losses. In : (2001) *Veterinary Pediatrics : Dogs and Cats from Birth to Six Months*. Philadelphia : Saunders, pp. 55-61
64. HAWTHORNE AJ, BOOLES D, NUGENT PA, GETTINBY G, WILKINSON J (2004). Body-Weight Changes during Growth in Puppies of Different Breeds [en ligne]. *The Journal of Nutrition*, 134(8), pp. 2027S-2030S. Disponible sur : <https://doi.org/10.1093/jn/134.8.2027S> [consulté le 1 août 2021]
65. HELMINK SK, SHANKS RD, LEIGHTON EA (2000). Breed and sex differences in growth curves for two breeds of dog guides [en ligne]. *J Anim Sci*, 78(1), pp. 27-32. Disponible sur : <https://academic.oup.com/jas/article/78/1/27-32/4625569> [consulté le 5 avr 2022]
66. MIALOT JP, GUERIN C, BEGON D (1985). Growth, Testicular Development and Sperm Output in the Dog from Birth to Post Pubertal Period [en ligne]. *Andrologia*, 17(5), pp. 450-460. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-0272.1985.tb01041.x> [consulté le 30 avr 2021]
67. BOOLES D, POORE DW, LEGRAND-DEFRETIN V, BURGER IH (1994). Body Composition of Male and Female Labrador Retriever Puppies at 20 wk of Age [en ligne]. *The Journal of Nutrition*, 124(suppl_12), pp. 2624S-2625S. Disponible sur : https://doi.org/10.1093/jn/124.suppl_12.2624S [consulté le 6 avr 2022]
68. MARTIN L (1996). Approche pratique de la modélisation de la courbe de croissance du chiot. *Rec Méd vét*, 172(9-10), pp. 465-471.
69. HOSKINS JD (1999). Pediatric Health Care and Management [en ligne]. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 29(4), pp. 837-852. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195561699500764> [consulté le 9 avr 2022]
70. LECARPENTIER M, MARTINEZ C (2017). *La croissance du chiot entre 0 et 2 mois : établissement de courbes de croissance de référence par race*. Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse : Université Paul Sabatier, 274 p.
71. SALT C, MORRIS PJ, GERMAN AJ, WILSON D, LUND EM, COLE TJ, et al (2017). Growth standard charts for monitoring bodyweight in dogs of different sizes [en ligne]. *PLoS One*, 12(9), pp. e0182064. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5584974/> [consulté le 30 avr 2022]
72. Waltham Petcare Science Institute. *Puppy Growth Charts* [en ligne]. URL : <https://www.waltham.com/resources/puppy-growth-charts> [consulté le 15 avr 2022]

73. GATEL L, ROSSET E, CHALVET-MONFRAY K, BUFF S, RAULT DN (2011). Relationships between fetal biometry, maternal factors and birth weight of purebred domestic cat kittens [en ligne]. *Theriogenology*, 76(9), pp.1716-1722. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X11003220> [consulté le 30 avr 2022]
74. SPARKES AH, ROGERS K, HENLEY WE, GUNN-MOORE DA, MAY JM, GRUFFYDD-JONES TJ, et al (2006). A questionnaire-based study of gestation, parturition and neonatal mortality in pedigree breeding cats in the UK [en ligne]. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 8(3), pp. 145-157. Disponible sur : <http://journals.sagepub.com/doi/10.1016/j.jfms.2005.10.003> [consulté le 4 avr 2022]
75. GAST A-S (2011). *Approche zootechnique de la croissance du chaton, applications en élevage*. Thèse de doctorat vétérinaire, Créteil : Faculté de médecine, 103 p.
76. MOIK K, KIENZLE E (2011). Birth weight and postnatal growth of pure-bred kittens [en ligne]. *British Journal of Nutrition*, 106(S1), pp. S32-34. Disponible sur : <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/birth-weight-and-postnatal-growth-of-purebred-kittens/9CA2D69FF16E06A8BB9C9702FAD2C825#> [consulté le 9 avr 2022]
77. DIGANGI BA, GRAVES J, BUDKE CM, LEVY JK, TUCKER S, ISAZA N (2020). Assessment of body weight for age determination in kittens [en ligne]. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 22(4), pp. 322-328. Disponible sur : <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1098612X19844846> [consulté le 2 avr 2022]
78. GRECO DS, CHASTAIN CB. Endocrine and Metabolic Systems. In : HOSKINS JD (2001). *Veterinary Pediatrics : Dogs and Cats from Birth to Six Months*. Philadelphia : Saunders, pp. 344-370
79. THRALL D, ROBERTSON I (2015). *Atlas of Normal Radiographic Anatomy and Anatomic Variants in the Dog and Cat*, 2nd Edition. Saunders, 320 p.
80. COULSON A, LEWIS N (2002). *An Atlas of Interpretative Radiographic Anatomy of the Dog & Cat*. Blackwell Science Ltd, 600 p.
81. BARONE R (2020). *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1. Ostéologie. 5ème édition*. Paris : Vigot Frères, 761 p.
82. MOODIE KL, HASHIZUME N, HOUSTON DL, HOOPES PJ, DEMIDENKO E, TREMBLY BS, et al (2001). Postnatal development of corneal curvature and thickness in the cat [en ligne]. *Veterinary Ophthalmology*, 4(4), pp. 267-272. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1463-5216.2001.00198.x> [consulté le 10 avr 2022]
83. LEVY X (2016). Conseils en reproduction en médecine préventive. *PratiqueVet*, 51, pp. 590-595.

84. BACQUET J, MAGDINIER F, LEONETTI G, BARTOLI C, CHIARONI J, TUCHTAN L, et al (2019). Estimation de l'âge médico-légal grâce à l'étude de la méthylation de l'ADN : revue de la littérature [en ligne]. *La Revue de Médecine Légale*, 10(4), pp. 129-139. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878652919300501> [consulté le 25 avr 2022]
85. ZHAO M, KLAASSEN CAJ, LISOVSKI S, KLAASSEN M (2018). The adequacy of aging techniques in vertebrates for rapid estimation of population mortality rates from age distributions [en ligne]. *Ecol Evol*, 9(3), pp. 1394-1402. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6374686/> [consulté le 20 avr 2022]
86. DE PAOLI-ISEPPI R, DEAGLE BE, MCMAHON CR, HINDELL MA, DICKINSON JL, JARMAN SN (2017). Measuring Animal Age with DNA Methylation : From Humans to Wild Animals [en ligne]. *Front Genet*, 8, pp. 106. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5572392/> [consulté le 21 avr 2022]
87. MAWLOOD SK, DENNANY L, WATSON N, PICKARD BS (2016). The EpiTect Methyl qPCR Assay as novel age estimation method in forensic biology [en ligne]. *Forensic Science International*, 264, pp. 132-138. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073816301347> [consulté le 23 avr 2022]
88. WRIGHT PGR, MATHEWS F, SCHOFIELD H, MORRIS C, BURRAGE J, SMITH A, et al (2018). Application of a novel molecular method to age free-living wild Bechstein's bats [en ligne]. *Mol Ecol Resour*, 18(6), pp. 1374-1380. Disponible sur : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1755-0998.12925> [consulté le 22 avr 2022]
89. POLANOWSKI AM, ROBBINS J, CHANDLER D, JARMAN SN (2014). Epigenetic estimation of age in humpback whales [en ligne]. *Mol Ecol Resour*, 14(5), pp. 976-987. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4314680/> [consulté le 21 avr 2022]
90. GRYZINSKA M, JAKUBCZAK A, LISTOS P, DUDKO P, ABRAMOWICZ K, JEZEWSKA-WITKOWSKA G (2016). Association between body weight and age of dogs and global DNA methylation [en ligne]. *Med Weter*, 72(1), pp. 64-67. Disponible sur : <http://www.medycynawet.edu.pl/images/stories/pdf/pdf2016/012016/201601064067.pdf> [consulté le 23 avr 2022]
91. THOMPSON MJ, VON HOLDT B, HORVATH S, PELLEGRINI M (2017). An epigenetic aging clock for dogs and wolves [en ligne]. *Aging (Albany NY)*, 9(3), pp. 1055-1068. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5391218/> [consulté le 24 avr 2022]
92. QI H, KINOSHITA K, MORI T, MATSUMOTO K, MATSUI Y, INOUE-MURAYAMA M (2021). Age estimation using methylation-sensitive high-resolution melting (MS-HRM) in both healthy felines and those with chronic kidney disease [en ligne]. *Scientific Reports*, 11(1), pp. 19963. Disponible sur :

https://www.researchgate.net/publication/355122344_Age_estimation_using_methylation-sensitive_high-resolution_melting_MS-HRM_in_both_healthy_felines_and_those_with_chronic_kidney_disease [consulté le 20 avr 2022]

93. FUJIMOTO S, HAMANO Y, ICHIOKA K, MANABE S, HIRAI E, OGAWA O, et al (2021). Rapid semen identification from mixed body fluids using methylation-sensitive high-resolution melting analysis of the DACT1 gene [en ligne]. *Legal Medicine*, 48, pp. 101806. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1344622320301401> [consulté le 20 avr 2022]
94. WOJDACZ TK, DOBROVIC A (2007). Methylation-sensitive high resolution melting (MS-HRM) : a new approach for sensitive and high-throughput assessment of methylation [en ligne]. *Nucleic Acids Res*, 35(6), pp. e41. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1874596/> [consulté le 22 avr 2022]
95. Légifrance. *Article L212-10 - Code rural et de la pêche maritime* [en ligne]. URL : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000033035507/ [consulté le 3 juin 2022]
96. Légifrance. *Article L214-8 - Code rural et de la pêche maritime* [en ligne]. URL : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000044393789 [consulté le 3 juin 2022]
97. Légifrance. *Article L214-8-1 - Code rural et de la pêche maritime* [en ligne]. URL : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000031281488/ [consulté le 3 juin 2022]
98. HADDAD N et al. (2021). Les zoonoses infectieuses, *Polycopié des Unités de maladies réglementées des Ecoles vétérinaires françaises*. Lyon : Boehringer Ingelheim, 217 p.
99. PEPIN M, MOIGNARD M (2016). Recommandations pour la vaccination du chien et du chat en 2016. *PratiqueVet*, 51, pp. 564-570.
100. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation (2020). Note d'information, Conditions sanitaires pour venir en France avec son animal de compagnie) partir d'un pays de l'Union européenne (mouvements non commerciaux) [en ligne]. Pp. 1-3. Disponible sur : https://www.mesdemarches.agriculture.gouv.fr/demarches/particulier/vivre-avec-un-animal-de-compagnie/article/voyager-avec-un-animal-de-ue-vers?id_rubrique=54 [consulté le 4 mai 2022]
101. Regulation (EU) No 576/2013 of the European Parliament and of the Council of 12 June 2013 on the non-commercial movement of pet animals and repealing Regulation (EC) No 998/2003 (2013) [en ligne]. *Official Journal of the European Union*, L 178, pp. 1-26. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0576&rid=1> [consulté le 4 mai 2022]

102. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation (2020). Note d'information, Importation sur le territoire communautaire des animaux de compagnie en provenance de pays tiers à l'Union européenne [en ligne]. Pp. 1-18. Disponible sur : <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/89692?token=7bd0b1b4dc54bba4ba21beafc8fc9b364be5991b31ed8c3dd35dd0d795e18b1b> [consulté le 4 mai 2022]
103. Règlement d'exécution (UE) n° 577/2013 de la Commission du 28 juin 2013 concernant les modèles de documents d'identification relatifs aux mouvements non commerciaux de chiens, de chats et de furets, l'établissement de listes de territoires et de pays tiers ainsi que les exigences en matière de format, de présentation et de langues applicables aux déclarations attestant la conformité à certaines conditions prévues par le règlement (UE) n° 576/2013 du Parlement européen et du Conseil Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE (2013) [en ligne]. *Journal officiel de l'Union Européenne*, L 178. Disponible sur : http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2013/577/oj/fra [consulté le 4 mai 2022]
104. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail complété relatif à « l'interprétation des résultats de titrages des anticorps anti-rabiques chez des chiots faisant l'objet de mouvements commerciaux en provenance d'Etats membres de l'Union européenne vers la France ». Saisine n° 2018-SA-0035 (2020) [en ligne]. Edition scientifique, Maisons-Alfort. Disponible sur : <https://www.anses.fr/en/system/files/SABA2018SA0035Ra.pdf> [consulté le 4 mai 2022]
105. STONE AES, BRUMMET GO, CAROZZA EM, KASS PH (2020). *2020 AAHA/AAFP Feline Vaccination Guidelines* [en ligne]. Pp 249-265. Disponible sur : <https://www.aaha.org/globalassets/02-guidelines/feline-vaccination-guidelines/resource-center/2020-aahaa-afp-feline-vaccination-guidelines.pdf> [consulté le 1 juin 2022]
106. DAY MJ, HORZINEK MC, SCHULTZ RD, SQUIRES RA (2016). WSAVA Guidelines for the vaccination of dogs and cats : WSAVA Vaccination Guidelines [en ligne]. *J Small Anim Pract*, 57(1), pp. E1-45. Disponible sur : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jsap.2_12431 [consulté le 1 juin 2022]
107. EUROPEAN ADVISORY BOARD ON CAT DISEASES (ABCD) (2020). *Matrix vaccination guidelines : Vaccine recommendations for cats according to their lifestyle* [en ligne]. Disponible sur : http://www.abcdcatsvets.org/wp-content/uploads/2020/03/Tool_Vaccine-recommendations_Feb2020.pdf [consulté le 1 juin 2022]
108. BERCKER C (2019). Recommandations vaccinales chez le chien et le chat [en ligne]. *La dépêche technique*, pp. 6-10. Disponible sur : <https://www.depecheveterinaire.com/lecture.html?67A051813362934473A6589563B27BCFA476B78766AB7FC0842A5C8F4C9A69B286478A539F61B68665A972987EE2D28032699A8E72D1C4A99576E4CDB09374EAC9BCAA998276D7BBA98A77E4D3B69B8D4AAF9C7DEB-CAAF9B846A90497AAA5C8B7EE3CFB29B8F8162918465CEB2978441A99D7EEE94>

7ADECE8B79E8D1C4B2978B83688E4275AE63A08571D4BDB1A38463C7B0569385
6AE1C6AFA5847DE2CD [consulté le 4 juin 2022]

109. CHASTANT-MAILLARD S, MILA H, VIAUD C, MARCHETEAU E, REYNAUD K, GRELLET A (2018). Le transfert d'immunité passive chez le chiot [en ligne]. *Bull Acad Vét France*, 171(2), pp. 137-146. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/bavf_0001-4192_2018_num_171_2_1415 [consulté le 2 juin 2022]
110. BOULLIER S (2003). La protection colostrale, conséquences sur la vaccination du chiot et du chaton. *Nouv Prat vét canine féline*, (Hors-série), pp. 77-81.
111. CHASTANT-MAILLARD S, FREYBURGER L, MARCHETEAU E, THOUMIRE S, RAVIER J, REYNAUD K (2012). Timing of the Intestinal Barrier Closure in Puppies [en ligne]. *Reprod Domest Anim*, 47(s6), pp. 190-193. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/rda.12008> [consulté le 2 juin 2022]
112. HENNET, P. Nutrition et santé bucco-dentaire chez le chien. In : PIBOT P, BIOURGE V, ELLIOTT D (2006), *Encyclopédie de la nutrition clinique canine*. Aimargues : Aniwa SAS Royal Canin, pp. 388-397.
113. PIBOT P (2022). Nouveaux vaccins canins chez MSD Santé Animale, Nobivac DP Plus & Nobivac Respira Bb. *L'Essentiel*, (636), pp. 30-31.
114. SCHULTZ RD (2006). Duration of immunity for canine and feline vaccines : A review [en ligne]. *Vet Microbiol*, 117(1), pp. 75-79. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378113506001489> [consulté le 2 juin 2022]
115. Med'Vet [en ligne]. URL : <https://www.med-vet.fr/> [consulté le 8 juin 2022]
116. HOGENESCH H, THOMPSON S (2010). Effect of Ageing on the Immune Response of Dogs to Vaccines [en ligne]. *J Comp Pathol*, 142(Suppl 1), pp. S74-77. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021997509003211> [consulté le 2 juin 2022]
117. ESCCAPP France (2012). *Guide de recommandations. Volume 3. Traitement et prévention des parasitoses des carnivores domestiques. Recommandations d'un groupe d'experts européens. Arthropodes ectoparasites du chien et du chat* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.esccap.fr/images/guides/guide1/ESCCAP-guide-1-nematodes-cestodes-chiens-chats.pdf> [consulté le 5 juin 2022].
118. GUILLOT J (2016). Conduite à tenir pour la prévention des risques liés aux infestations par des nématodes ou des cestodes chez le chien. *PratiqueVet*, 51, pp. 584-589.
119. ESCCAPP France (2013). *Guide de recommandations. Volume 1. 2nd édition. Traitement et prévention des parasitoses des carnivores domestiques. Recommandations d'un groupe d'experts européens. Nématodes et cestodes parasites du chien et du chat* [en

- ligne]. Disponible sur : <https://www.esccap.fr/images/guides/guide1/ESCCAP-guide-1-nematodes-cestodes-chiens-chats.pdf> [consulté le 5 juin 2022].
120. ESCCAP France. *Tableaux pratiques* [en ligne]. URL : <https://www.esccap.fr/tableaux-pratiques.html> [consulté le 6 juin 2022].
 121. LAABERKI MH, RUVOEN N (2016). Aspects réglementaires des consultations de cession et d'acquisition de chiens et de chats. *PratiqueVet*, 51, pp. 590-595.
 122. MULLER CB, CHATEAU L, MILCENT D (2004). *Vade-mecum de gériatrie canine et féline*. Paris : MedCom, 159 p.
 123. MULLER C, CHATEAU-ESCOFFIERL (2002). Définition et évaluation du vieillissement du chien et du chat âgés. *Nouv Prat vét canine féline*, 10, pp. 9-13.
 124. DAIRIN F. Bien-fondé de la mise en place d'une consultation spécialisée chez l'animal âgé. In : Conférence Nationale des Vétérinaires Spécialisés en Petits Animaux, Rhône-Méridieu (eds) (1996), *Gériatrie canine & féline*. Paris : PMCAC Editions. Paris, pp. 17-21.
 125. MORAILLON R. Examen clinique. In : Conférence Nationale des Vétérinaires Spécialisés en Petits Animaux, Rhône-Méridieu (eds) (1996), *Gériatrie canine & féline*. Paris : PMCAC Editions. Paris, pp. 23-30.
 126. DAVIES M.H. (1996). *Canine and Feline geriatrics*. Oxford : Blackwell Science, 166 p.
 127. JOHNSON G.H, MITZNER B (1990). Consultation de l'animal âgé en clientèle. *Le point vétérinaire*, 22 (N° spécial gériatrie), pp. 229-234.
 128. CHEYLAN J, PASTOR M (2014). Examen et bilan gériatrique. *Le point vétérinaire*, 45(N° spécial), pp. 30-37.
 129. CHURCHILL JA, EIRMAN L (2021). Senior Pet Nutrition and Management [en ligne]. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 51(3), pp. 635-651. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195561621000140> [consulté le 7 juin 2022]
 130. AUBRY L (2014). Soins hygiéniques et préventifs chez l'animal âgé. *Le point vétérinaire*, 45(N° spécial), pp. 22-28.
 131. DEVAUX C (2016). *Croquette ou pâtée ? 50 idées reçues en nutrition du chien et du chat*. Editions du point vétérinaire, 204 p.
 132. SALT C, MORRIS PJ, BUTTERWICK RF, LUND EM, COLE TJ, GERMAN AJ (2020). Comparison of growth patterns in healthy dogs and dogs in abnormal body condition using growth standards [en ligne]. *PLOS ONE*, 15(9), pp. 1-20. Disponible sur :

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0238521> [consulté le 7 juin 2022]

133. YAGUIYAN-COLLIARD L (2009). Alimentation chez le chat et le chien âgés, adaptations nutritionnelles [en ligne]. *ZOOM 14*, pp. 12-15. Disponible sur : https://www.researchgate.net/profile/Laurence-Yaguiyan-Colliard/publication/280406273_Alimentation_chez_le_chien_et_le_chat_ages_Les_adaptations_nutritionnelles/links/55b48d5508ae9289a0889cc9/Alimentation-chez-le-chien-et-le-chat-ages-Les-adaptations-nutritionnelles.pdf [consulté le 7 juin 2022]
134. HART BL, HART LA, THIGPEN AP, WILLITS NH (2020). Assisting Decision-Making on Age of Neutering for 35 Breeds of Dogs : Associated Joint Disorders, Cancers, and Urinary Incontinence [en ligne]. *Frontiers in Veterinary Science*, 7(Art 388), pp. 1-14. Disponible sur : <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2020.00388> [consulté le 7 juin 2022]
135. KUSTRITZ MVR (2007). Determining the optimal age for gonadectomy of dogs and cats [en ligne]. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 231(11), pp. 1665-1675. Disponible sur : <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/231/11/javma.231.11.1665.xml> [consulté le 7 juin 2022]
136. AAHA. Reproductive Health [en ligne]. URL : <https://www.aaha.org/aaha-guidelines/life-stage-canine-2019/spay-and-neuter-timing/reproductive-health/> [consulté le 8 juin 2022]
137. SCHNEIDER R, DORN CR, TAYLOR DON (1969). Factors Influencing Canine Mammary Cancer Development and Postsurgical Survival [en ligne]. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 43(6), pp. 1249-1261. Disponible sur : <https://doi.org/10.1093/jnci/43.6.1249> [consulté le 7 juin 2022]
138. WITSBERGER TH, VILLAMIL JA, SCHULTZ LG, HAHN AW, COOK JL (2008). Prevalence of and risk factors for hip dysplasia and cranial cruciate ligament deficiency in dogs [en ligne]. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 232(12), pp. 1818-1824. Disponible sur : <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/232/12/javma.232.12.1818.xml> [consulté le 7 juin 2022]
139. RIVA GT, HART BL, FARVER TB, OBERBAUER AM, MESSAM LLM, WILLITS N, et al (2013). Neutering Dogs : Effects on Joint Disorders and Cancers in Golden Retrievers [en ligne]. *PLOS ONE*, 8(2), pp. e55937. Disponible sur : <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0055937> [consulté le 8 juin 2022]
140. WARE WA, HOPPER DL (1999). Cardiac Tumors in Dogs : 1982–1995 [en ligne]. *J Vet Intern Med*, 13, pp. 95-103. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/j.1939-1676.1999.tb01136.x> [consulté le 9 juin 2022]

141. GIBERT C, TITEUX E, MICHALON J, PIGNON C, POITTE T, ROSACI F (2019). *Livre Blanc, Le Bien-Être de l'Animal de Compagnie* [en ligne]. Think Tank Cap Welfare, 179 p. Disponible sur : https://academie-veterinaire-defrance.org/fileadmin/user_upload/DossiersThematiques/BienEtreAnimal/CAPdouleur_LivreBlanc-BEAcie_2019.pdf [consulté le 22 juin 2022]
142. HOULIHAN KE (2017). A literature review on the welfare implications of gonadectomy of dogs [en ligne]. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 250(10), pp. 1155-1166. Disponible sur : <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/250/10/javma.250.10.1155.xml> [consulté le 22 juin 2022]
143. FARHOODY P, MALLAWAARACHCHI I, TARWATER PM, SERPELL JA, DUFFY DL, ZINK C (2018). Aggression toward Familiar People, Strangers, and Conspecifics in Gonadectomized and Intact Dogs [en ligne]. *Front Vet Sci*, 5(18), pp. 1-13. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5834763/> [consulté le 22 juin 2022]
144. HART BL, HART LA, THIGPEN AP, WILLITS NH (2020). Assisting Decision-Making on Age of Neutering for Mixed Breed Dogs of Five Weight Categories : Associated Joint Disorders and Cancers [en ligne]. *Frontiers in Veterinary Science*, 7(Art 472), pp. 1-6. Disponible sur : <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2020.00472> [consulté le 7 juin 2022]
145. Feline Fix by Five Months. *Veterinary Task Force on Feline Sterilization Recommendations for Age of Spay and Neuter Surgery* [en ligne]. URL : <https://www.felinefixbyfive.org/endorsement-statement> [consulté le 8 juin 2022].
146. THOMAS C, ROBERTSON S, WESTFALL M (2012). AAFP Position Statement, Early spay and castration [en ligne]. *JFMS CLINICAL PRACTICE*, pp58. Disponible sur : <https://catvets.com/public/PDFs/PositionStatements/EarlySpay&Neuter.pdf> [consulté le 8 juin 2022]
147. MARION M (2016). Le développement du chiot et du chaton - prévention des troubles du comportement. *PratiqueVet*, 51, pp. 601-605.
148. PIERANTONI L, ALBERTINI M, PIRRONE F (2011). Prevalence of owner-reported behaviours in dogs separated from the litter at two different ages [en ligne]. *Veterinary Record*, 169(18), pp. 468. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1136/vr.d4967> [consulté le 3 mai 2022]
149. WEISS A (2002). *Le comportement du chien et ses troubles*. Paris : Editions Med'Com, 192 p.
150. GAGNON AC (2012). *Comportement du chat, biologie et clinique*. Rueil-Malmaison : Editions du Point vétérinaire, 351 p.

DIAGNOSE DE L'AGE DU CHIEN ET DU CHAT, APPLICATION EN MEDECINE PREVENTIVE

Auteur

KAEMMERLEN Adeline

Résumé

La diagnose de l'âge du chien et du chat est d'importance majeure en médecine vétérinaire, notamment dans le cadre de la législation. Diverses méthodes de détermination de l'âge sont rapportées dans la littérature. Certaines sont peu applicables car elles sont trop invasives ou manquent de données à l'heure actuelle. Chez le jeune, l'observation du développement sensoriel, moteur et comportemental, le calendrier d'éruption dentaire, les courbes de croissance et les radiographies dentaires et des cartilages de croissance peuvent être combinés pour permettre une estimation de l'âge. Chez l'animal adulte, peu de données sont disponibles dans la littérature et elles sont très peu précises. L'analyse de l'ADN et la détermination de l'âge biologique constitue une piste de recherche sérieuse pour les prochaines années. La diagnose de l'âge a des répercussions sur tous les aspects de la médecine préventive : sur la vérification de la bonne application de la législation, sur les protocoles vaccinaux et antiparasitaires, l'examen clinique, l'alimentation, la gestion de la reproduction et les mesures comportementales.

Mots-clés

Médecine préventive, âge, réglementation, chien, chat

Jury

Président du jury : Pr **FANTON Laurent**
1er assesseur : Dr **LAABERKI Maria-Halima**
2ème assesseur : Pr **CALLAIT-CARDINAL Marie-Pierre**