



HAL
open science

Déroulement de la mise-bas chez la chienne : facteurs de variation et conséquences sur la santé du chiot

Eva Berro

► To cite this version:

Eva Berro. Déroulement de la mise-bas chez la chienne : facteurs de variation et conséquences sur la santé du chiot. Médecine vétérinaire et santé animale. 2022. dumas-03956088

HAL Id: dumas-03956088

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03956088v1>

Submitted on 25 Jan 2023

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

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

ANNEE 2022 THESE : 2022 – TOU 3 – 4078

DEROULEMENT DE LA MISE-BAS CHEZ LA CHIENNE : FACTEURS DE VARIATION ET CONSEQUENCES SUR LA SANTE DU CHIOT

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

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

par

BERRO Eva

Directrice de thèse : Mme Sylvie Chastant

JURY

PRESIDENT :

Mme Véronique GAYRARD-TROY

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSESSEURS :

Mme Sylvie CHASTANT

Mme Agnès WARET-SZKUTA

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITE :

Mme Amélie MUGNIER

Ingénieur de recherche à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire

Directeur : Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*

PROFESSEURS 2^{ème} CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et économie de la santé animale*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*
Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*
M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales réglementées*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

INGENIEURS DE RECHERCHE

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*
M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*
M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*
M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*
Mme **DEBREUQUE Maud**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*
Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*
Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*
Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*
Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **RAMON PORTUGAL Félipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*
M. **DELPONT Mattias**, *Clinique Aviaire*
Mme **POUJADE Agnès**, *Anatomie pathologique Vétérinaire*
Mme **LAYSSOL-LAMOUR Catherine**, *Imagerie Médicale*

REMERCIEMENTS

Au président du jury de thèse,

À Madame le Professeur Véronique GAYRARD-TROY,

Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Physiologie de la reproduction et endocrinologie

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,

Hommage respectueux et sincères remerciements.

Au jury de thèse,

À Madame le Professeur Sylvie CHASTANT,

Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pathologie de la reproduction

Pour m'avoir accordé votre confiance dans la réalisation de cette thèse. Pour votre accompagnement, votre aide et votre implication le long de ce travail,

Sincères remerciements.

À Madame le Docteur Agnès WARET-SZKUTA ,

Maître de Conférences de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Production et pathologie porcine

Qui a très aimablement accepté de faire partie de mon jury de thèse,

Sincères remerciements.

À Madame le Docteur Amélie MUGNIER,

Ingénieur de recherche à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

UPR NeoCare

Pour votre accompagnement dans la réalisation de cette thèse.

Pour vos conseils précieux, toujours avisés, et votre bienveillance,

Sincères remerciements.

À ma famille,

À ma mère, ma soeur et mon frère,

Merci pour votre soutien sans faille pendant ces longues années d'études.

À mon père,

Merci d'avoir toujours cru en moi.

J'espère t'avoir rendu fier d'y être arrivée, même si tu n'as pas pu le voir.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES ILLUSTRATIONS	11
TABLE DES TABLEAUX	13
TABLE DES ANNEXES	15
LISTE DES ABRÉVIATIONS	17
INTRODUCTION	19
MATÉRIEL ET MÉTHODES	25
I. Collecte des données	25
II. Création de la base de travail.....	25
A. Saisie des données	25
1) Paramètres saisis.....	25
2) Définition des paramètres.....	26
B. Tri et nettoyage des données.....	27
1) Critères d'exclusion des données	27
2) Traitement des erreurs de saisie.....	28
C. Création et calcul des variables	28
1) Caractérisation du déroulement de la mise-bas.....	29
a) Durée totale de mise-bas	29
b) Durée cumulée de naissance.....	29
c) Délai de naissance	30
2) Variables étudiées.....	30
D. Catégorisation des variables	32
1) Variables qualitatives	32
2) Variables quantitatives	32
III. Analyse statistique des données.....	35
A. Analyse des facteurs de variation par modélisation du déroulement de mise-bas	35
1) Durée totale de mise-bas	35
a) Choix des variables explicatives	35
b) Type de modèle.....	36
2) Délai de naissance.....	37
a) Choix des variables explicatives	37
b) Type de modèle.....	37
B. Analyse des conséquences sur la santé du chiot.....	38
1) Mortalité néonatale	38

2) <i>Croissance néonatale</i>	39
C. Détermination des seuils obstétricaux	39
II. Bilan des variables étudiées	41
RÉSULTATS	42
I. Description de la population.....	42
A. Description générale.....	42
B. Représentativité	43
II. Durée totale de mise-bas	44
A. Description de la durée totale de mise-bas	44
B. Facteurs de variation de la durée totale de mise-bas	45
1) <i>Facteurs liés à la mère</i>	45
a) Parité de la mère	45
b) Format racial.....	45
2) <i>Facteurs liés à la mise-bas</i>	46
a) Moment de début de la mise-bas	46
b) Présence d'au moins 1 mort-né	47
c) Taille de portée	48
C. Conséquences sur la santé du chiot	50
1) <i>Mortalité néonatale</i>	50
2) <i>Croissance néonatale</i>	53
a) Croissance du chiot de la naissance à J2	53
b) Croissance du chiot de J3 à J7	55
c) Croissance du chiot de J8 à J21	56
d) Croissance du chiot de la naissance à J21	57
III. Durée cumulée de naissance	59
A. Description de la durée cumulée de naissance	59
B. Conséquences sur la santé du chiot	60
1) <i>Mortalité néonatale</i>	60
2) <i>Croissance néonatale</i>	61
a) Croissance du chiot de la naissance à J2	61
b) Croissance du chiot de J3 à J7	63
c) Croissance du chiot de J8 à J21	63
d) Croissance du chiot de la naissance à J21	63
IV. Délai de naissance	63
A. Description du délai de naissance.....	63
B. Facteurs de variation du délai de naissance.....	64

1) <i>Facteurs liés à la mère</i>	64
a) Parité de la mère	64
b) Format racial.....	65
2) <i>Facteur lié à la mise-bas : taille de portée</i>	66
3) <i>Facteurs liés au chiot</i>	67
a) Sexe du chiot	67
b) Statut du chiot à la naissance.....	67
c) Poids de naissance	69
d) Rang de naissance.....	70
C. Conséquences sur la santé du chiot	71
1) <i>Mortalité néonatale</i>	71
2) <i>Croissance néonatale</i>	72
a) Croissance du chiot de la naissance à J2	72
b) Croissance du chiot de J3 à J7	73
c) Croissance du chiot de J8 à J21	73
d) Croissance du chiot de la naissance à J21	74
V. Bilan des résultats significatifs	75
DISCUSSION	76
I. Limites de l'étude	76
A. Collecte des données	76
B. Représentativité de la population étudiée	77
1) <i>Race et format racial</i>	77
2) <i>Élevages d'origine</i>	78
3) <i>Effectifs disponibles</i>	79
C. Conception des types de durées.....	80
II. Résultats	81
A. Durées de la mise-bas	81
1) <i>Durée totale de mise-bas</i>	81
2) <i>Durée cumulée de naissance</i>	81
3) <i>Délai de naissance</i>	82
B. Facteurs de variation du déroulement de la mise-bas.....	82
1) <i>Parité et âge de la mère</i>	82
2) <i>Format racial</i>	83
3) <i>Taille de portée</i>	84
4) <i>Rang de naissance</i>	86
5) <i>Poids de naissance</i>	87

6) <i>Sexe du chiot</i>	87
7) <i>Mortinatalité</i>	87
8) <i>Modélisation du déroulement de la mise-bas</i>	89
a) Facteurs propres à la mère	90
b) Facteurs propres à la mise-bas	90
c) Facteurs environnementaux	91
C. Conséquences sur la mortalité néonatale.....	91
D. Conséquences sur la croissance néonatale	93
E. Seuils obstétricaux.....	94
CONCLUSION.....	97
BIBLIOGRAPHIE	98
ANNEXES	103

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Caractérisation du déroulement de la mise-bas	30
Figure 2 : Variables explicatives retenues pour la modélisation de la durée de mise-bas	36
Figure 3 : Variables explicatives retenues pour la modélisation du délai de naissance	38
Figure 4 : Détermination du seuil obstétrical par estimation de la distance minimale lors d'analyse ROC, d'après Huynh et al., (2015)	40
Figure 5 : Proportion d'élevages selon le nombre de mises-bas fournies (n = 97)	42
Figure 6 : Distribution du mois de mise-bas (n = 541)	43
Figure 7 : Distribution de la durée totale de mise-bas (n = 541)	44
Figure 8 : Durée totale de mise-bas en fonction du format racial (n = 207)	46
Figure 9 : Durée totale de mise-bas selon la présence d'au moins 1 chiot mort-né dans la portée (n = 207)	47
Figure 10 : Taille de portée en fonction du format racial, dans la population « Mises-bas » (n = 541)	49
Figure 11 : Durée totale de mise-bas en fonction de la taille de portée (n = 207)	50
Tableau 7 : Répartition du taux de mortalité selon la période de vie	51
Figure 12 : Proportion de chiots morts selon la durée totale de mise-bas	52
Figure 13 : Distribution du taux de croissance [naissance-J2] (n = 1955) Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.	53
Figure 14 : Taux de croissance [naissance-J2] en fonction de la durée totale de mise-bas (n = 1955)	54
Figure 15 : Proportion de chiots à taux de croissance [naissance-J2] négatif en fonction de la durée totale de mise-bas (n = 1955)	55
Figure 16 : Distribution du taux de croissance [J3-J7] (n = 1699)	56
Figure 17 : Distribution du taux de croissance [J7-21] (n = 1275)	57
Figure 18 : Distribution du taux de croissance [naissance-21] (n = 1339)	58
Figure 19 : Taux de croissance [naissance-J21] en fonction de la durée de mise-bas (n = 1339)	59
Figure 20 : Distribution de la durée cumulée de naissance (n = 2475)	60
Figure 21 : Proportion de chiots morts entre la naissance et J21 selon la durée cumulée de naissance (n = 2344)	61
Figure 22 : Taux de croissance [naissance-J2] en fonction de la durée cumulée de naissance (n = 1955)	62

Figure 23 : Proportion de chiots à taux de croissance [naissance-J2] négatif en fonction de la durée cumulée de mise-bas (n = 1955)	62
Figure 24 : Distribution du délai de naissance (n = 2475)	64
Figure 25 : Distribution du format racial (n = 2475)	65
Figure 26 : Format racial en fonction du délai de naissance (n = 1036).....	66
Figure 27 : Délai de naissance en fonction de la taille de portée (n = 1036).....	67
Figure 28 : Délai de naissance en fonction du statut du chiot à la naissance (n = 1036).....	68
Figure 29 : Courbes ROC évaluant la sensibilité et la spécificité pour chaque seuil de délai de naissance	69
Figure 30 : Distribution du rang de naissance (n = 2475).....	70
Figure 31 : Relation entre le rang de naissance (en quartiles) et le délai de naissance (n = 1036)	71
Figure 32 : Taux de croissance [naissance-J2] en fonction du délai de naissance (n = 1955) ..	72
Figure 33 : Proportion de chiots à taux de croissance [naissance-J2] négatif selon le délai de naissance (n = 1955)	73
Figure 34 : Taux de croissance [naissance-J21] en fonction de la durée de mise-bas (n = 1339) 74	
Figure 35 : Bilan des résultats significatifs	75

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description de la population avant et après tri des données.....	28
Tableau 2 : Découpage de la taille de portée en quartiles par format racial de la population « Mises-bas »	33
Tableau 3 : Découpage de la taille de portée en quartiles par format racial de la population « Chiots »	33
Tableau 4 : Découpage du poids de naissance des chiots en quartiles par format racial	34
Tableau 5 : Description des catégories utilisées pour chaque variable	34
Tableau 6 : Description des effectifs des variables considérées.....	41
Tableau 7 : Description statistique des poids de naissance selon le format racial	69

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Liste des effectifs de chiots, mises-bas, mères et élevages en fonction de chaque race et format racial présents dans la population étudiée.....	103
Annexe 2 : Comparaison des inscriptions du Top 20 des races les plus populaires au LOF de 2008 à 2018 avec les races présentes dans la population étudiée	105
Annexe 3 : Comparaison des inscriptions du Top 20 des races les plus populaires au LOF de 2008 à 2018 avec les formats raciaux présents dans la population étudiée	105

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AUC = *area under curve* ou aire sous la courbe

G = format racial *Giant*

IQR = *interquartile range* ou écart interquartile

Jn = nième jour de vie du chiot et/ou de la portée

L = format racial *Large*

LOF = Livret des Origines Français

M = format racial *Medium*

Max = taille de portée, poids de naissance ou rang de naissance maximum (selon le contexte)

Min = taille de portée, poids de naissance ou rang de naissance minimum (selon le contexte)

n = effectif (nombre de mères, mises-bas ou chiots selon le contexte)

n/a = non applicable

p = p-value

qn = nième quartile

ROC = *Receiver Operating Characteristic*

S = format racial *Small*

SCC = Société Centrale Canine

SD = *standard deviation* ou écart-type

Sn = sensibilité

Sp = spécificité

TC = taux de croissance

TM = taux de mortalité

TMn = taux de mortinatalité

INTRODUCTION

Malgré les progrès de la médecine vétérinaire, le taux de mortalité (en incluant la mortinatalité) entre la naissance et le sevrage (environ 2 mois d'âge) est connu pour être toujours relativement élevé dans l'espèce canine : environ 1 chiot sur 6 meurt avant 2 mois. Dans une étude conduite en Australie (Gill, 2001) sur un effectif de 2574 chiots et 500 mises-bas, le taux de chiots morts-nés ou morts avant 6 semaines d'âge était de 18,5%. Une autre étude norvégienne (Indrebø et al., 2007) a montré un taux de mortalité avant 3 semaines d'âge (incluant la mortinatalité) de 16,9% (n = 744). Dans une population canine française de 37 946 mises-bas incluant 204 537 chiots, le pourcentage de chiots mort-nés et né-vivants mais morts avant l'âge de 2 mois était de 13,4% (Chastant et al., 2017). Enfin, une étude menée par Brévaux (2018) avait un taux de mortalité (pendant les 3 premières semaines de vie incluant les chiots morts-nés) de 15,8% dans une population de chiots française (n = 7201). Par comparaison, le taux de mortalité infantile chez l'Homme (avant l'âge de 1 an et en incluant la mortinatalité) en France est d'environ 0,78% (Organisation Mondiale de la Santé, 2019a, 2019b).

L'impact de cette mortalité élevée est non négligeable pour les éleveurs, non seulement pour le bien-être animal mais également d'un point de vue économique, la perte d'un chiot représentant une perte financière pour l'éleveur. En effet, selon Chastant et al. (2017), sur une moyenne de 5,4 chiots nés par portée, seulement 4,6 seront vendus, ce qui équivaut à la perte d'environ 1 chiot par portée pour l'éleveur. L'intérêt de caractériser la mortalité chez le chiot afin de mieux la contrôler paraît donc évident.

Dans l'espèce canine, la plus grande partie de la mortalité a lieu lors de la naissance (Chastant et al., 2017) et lors de la période néonatale (Brévaux, 2018). Celle-ci correspond en général aux 3 premières semaines de vie, bien qu'elle n'ait pas de définition universelle (Peterson et Kutzler, 2011). Elle est ensuite souvent divisée en 2 autres périodes : la période néonatale précoce, qui correspond en général aux premières 48 heures, même si certains auteurs l'étendent à la première semaine de vie, et la période néonatale tardive (J2-J21). Plusieurs études démontrent en effet que la majorité (au moins 75%) de la mortalité observée chez le chiot au cours des 2 premiers mois de vie a lieu pendant la période néonatale (Brévaux, 2018 et England, 2013). Au sein de cette période, les décès sont concentrés sur les

2 à 3 premiers jours de vie (Indrebø et al., 2007, Mila et al., 2015), voire sur la première semaine de vie (Gill, 2001) : entre 40 et 65% des chiots morts avant l'âge de 3 semaines selon les études. Ainsi, la mortalité néonatale sur les 3 premières semaines de vie semble être majoritairement précoce dans l'espèce canine (Peterson et Kutzler, 2011)

Les facteurs de risque de mortalité étudiés dans la littérature tiennent principalement à la mère et au chiot. Parmi les facteurs maternels, l'âge de la mère au moment de la mise-bas, sa parité ou encore sa race ont été identifiés comme affectant la mortalité chez les chiots (Gill, 2001 et Tønnessen et al., 2012), ainsi qu'une taille de portée élevée (Gill, 2001 ; Tønnessen et al., 2012 ; Cornelius et al., 2019).

Concernant les facteurs propres au chiot, il a été montré que le poids de naissance est un facteur de risque de mortalité. En effet, les chiots dont le poids de naissance est inférieur au premier quartile pour la race sont fortement associés à un taux de mortalité néonatale (précoce et tardive) plus élevé (Mila et al., 2015, Mugnier et al., 2019). D'après Mila et al. (2015), les chiots dont le taux de croissance précoce est inférieur ou égal à -4% ont un risque de mortalité augmenté (n = 477). Ce taux est donc également un indicateur de risque de mortalité néonatale. Enfin, le défaut de prise colostrale par le chiot est un autre facteur lié à une mortalité néonatale augmentée (Mila et al., 2014). Les facteurs de risque ayant été étudiés sont essentiellement post-nataux. L'impact de facteurs propres à la mise-bas, et en particulier de sa durée, n'ont été que peu évoqués dans la littérature.

La durée du stade II de la mise-bas (stade d'expulsion des chiots : intervalle de temps entre l'expulsion du premier et celle du dernier chiot) a été étudiée chez Gill (2001), ainsi que l'intervalle de temps entre la naissance de 2 chiots et leur augmentation est corrélée à un taux de mortalité néonatale précoce (naissance-J2) plus important. Le lien entre la durée du stade II de la mise-bas et la présence de chiots mort-nés dans la portée a également été établi (Indrebø et al., 2007 ; Münnich et Küchenmeister, 2009). Seule une étude réalisée par Schiebel (2020) analyse la mortalité des chiots au-delà de 2 jours de vie, ainsi que leur croissance, dans une population de 1182 chiots Labrador Retriever. Dans cette population, la durée du stade II de la mise-bas avait un effet uniquement sur la mortinatalité et sur le taux de croissance jusqu'à 21 jours de vie. L'intervalle de naissance entre 2 chiots n'avait aucune conséquence sur la santé néonatale du chiot.

Par ailleurs, plusieurs auteurs s'accordent à dire que la cause de mortalité périnatale la plus fréquente chez le chiot semble être l'asphyxie ou du moins l'hypoxie fœtale (Gill, 2001 ; Münnich, 2008), suivie des maladies infectieuses. Dans l'étude de Gill (2001), la cause de décès de 43% des chiots morts pendant les 6 premières semaines de vie (incluant les morts-nés) était l'asphyxie fœtale. Münnich et Küchenmeister (2009) ont montré que l'hypoxie fœtale pouvait être liée à la durée de la parturition et que 90% des chiots ayant souffert d'hypoxie pendant leur délivrance décédaient dans les 2 jours qui suivaient la mise-bas. D'autres études seraient nécessaires afin de mieux caractériser l'impact de la durée de mise-bas sur la mortalité néonatale.

Face à ce déficit de données dans l'espèce canine, la truie, une femelle d'espèce domestique polytoque (pouvant donner naissance à de plusieurs petits dans une même portée), comme l'espèce canine, est un point de comparaison intéressant en matière de mise-bas. La parturition est un moment délicat dans l'élevage porcin : environ 70% des porcelets morts-nés meurent pendant la mise-bas (Friendship et al., 1990) et la mortinatalité est responsable de la perte d'environ 25% des porcelets dans les 3 premiers jours de vie (Randall, 1972). En effet, la mortalité périnatale chez le porc est élevée et certains auteurs la considèrent même comme une « maladie de production », c'est-à-dire une maladie dont l'origine est liée à l'animal, son environnement et parfois des pathogènes (Niemi et al., 2020).

De nombreuses études ont donc eu pour objectif de trouver des méthodes pour réduire cette mortalité. Certaines d'entre elles se sont intéressées à la durée de la mise-bas. L'augmentation de la durée de mise-bas est à l'origine d'une augmentation du taux de porcelets ayant souffert d'asphyxie pendant la mise-bas, lui-même contribuant à l'augmentation de la proportion de morts-nés (Herpin et al., 1996 ; van Dijk et al., 2005 ; Oliviero et al., 2010) et plus généralement à l'augmentation de la mortalité pré-sevrage (Friend et al., 1962). L'asphyxie fœtale chez le porc influencerait même la survie du porcelet au-delà de la parturition, ainsi que sa croissance et sa vitalité post-natale (Herpin et al., 1996). L'intervalle de temps entre la naissance de 2 porcelets a aussi été lié à la mortalité périnatale (Pedersen et al., 2011 ; Lanh et Nam, 2022).

Étant donné l'influence apparente de la durée de mise-bas sur la mortalité néonatale des porcelets, plusieurs auteurs se sont attelés à décrire cette durée et ont cherché à identifier ses principaux facteurs de variation. Ses facteurs peuvent être maternels. Par exemple, les mères faisant preuve d'agression sur les porcelets ont des durées de mise-bas plus longues

(van Rens et al., 2003). La durée de gestation est également liée à la durée de mise-bas, avec une corrélation inverse (van Rens et al., 2003 ; van Dijk et al., 2005). L'étude de van Dijk (2005) a aussi mis en évidence un effet de la race. Enfin, dans l'étude d'Oliviero (2010), la constipation de la truie ainsi que l'épaisseur du gras dorsal ont eu un effet à la fois sur la durée de mise-bas totale mais également sur l'intervalle de naissance entre 2 porcelets. Cette même étude décrit par ailleurs un effet environnemental : les truies vivant en enclos de mise-bas mettent moins de temps à mettre bas que les truies placées en cage de mise-bas. Concernant les facteurs propres à la portée, van Rens et al. (2003) et van Dijk et al. (2005) ont montré que la durée de la mise-bas dépendait de la taille de portée, mais aussi de la présence de morts-nés (van Dijk et al., 2005) et de l'épaisseur du placenta (van Rens et al., 2003). La taille de portée et l'épaisseur du placenta ont également un lien avec l'intervalle de naissance entre 2 porcelets (van Rens et al., 2003 ; Canario et al., 2006). À l'échelle du porcelet, les facteurs de variation du déroulement de la mise-bas identifiés concernent essentiellement l'intervalle de naissance. Le poids de naissance, le statut du porcelet à la naissance (mort ou vivant) et la présentation du porcelet influencent tous l'intervalle de naissance (van Dijk et al., 2005). Enfin, un lien avec le rang de naissance des porcelets a été mis en évidence, mais avec des effets contradictoires selon les études (van Rens et al., 2003 ; van Dijk et al., 2005 ; Islas-Fabila et al., 2018).

Sans compter que l'impact du déroulement de la mise-bas sur la santé du chiot a été peu décrit dans l'espèce canine, il existe un déficit de données dans la littérature quant à la description de la mise-bas. Seule la taille de la portée est identifiée comme facteur de variation de la durée du stade II de la mise-bas (Gill, 2001) : sur une population de 351 mises-bas dont la taille de portée varie de 1 à 15, la durée de mise-bas augmente avec la taille de portée jusqu'à 13 chiots. L'intervalle de naissance entre 2 chiots diminue lorsque la taille de portée augmente jusqu'à 5 chiots, avant d'augmenter pour toutes les tailles de portées supérieures. L'étude de Schiebel (2020) est la seule étude dans laquelle les facteurs de variation du déroulement de la mise-bas ont été étudiés. Elle montre que la durée du stade II de la mise-bas et l'intervalle entre l'expulsion de 2 chiots sont affectés par la taille de portée, le rang de naissance des chiots, et la présence de morts-nés dans la portée mais que l'âge et la parité de la mère, le sexe et le poids des chiots à la naissance n'ont pas d'effet. Néanmoins, ce travail porte sur une population de chiots Labrador Retriever provenant d'un même élevage, et s'agissant d'un centre d'élevage de chiens guides d'aveugles, ses conditions d'élevage ne

reflètent pas forcément celle d'un élevage commercial. La surveillance de la mise-bas et le suivi des chiots y sont notamment plus intensifs. D'autres études sont nécessaires afin de corroborer ces résultats et les élargir à la population canine.

Approfondir les connaissances sur la durée de mise-bas pourrait aussi avoir un intérêt dans la gestion des dystocies. La dystocie est fréquente (environ 1 mise-bas sur 20) dans l'espèce canine et entraîne souvent des chiots morts-nés (Smith, 2012). De plus, la souffrance maternelle lors de mise-bas dystocique peut compromettre l'adoption des chiots par leur mère, sa production laitière voire son pronostic vital. Les options de prise en charge et de prévention sont plutôt limitées (Reichler et Michel, 2009) et le pronostic des chiots ainsi que celui de la mère s'assombrissent avec l'allongement de la durée de mise-bas. Il paraît donc judicieux de pouvoir détecter rapidement les cas de dystocies (Münnich, 2008). Pour ce faire, la littérature préconise l'utilisation de la durée du stade II de la mise-bas ainsi que de l'intervalle de naissance entre 2 chiots afin d'identifier les mises-bas dystociques (Münnich et Küchenmeister, 2009 ; Runcan et al., 2018). La majorité des auteurs s'accordent à dire que la durée du stade II de la mise-bas ne doit pas dépasser 12h et que l'intervalle de naissance entre 2 chiots ne doit pas excéder entre 2 et 4h (Root-Kustritz et al., 2003 ; Simpson et al., 2004 ; Million, 2004 ; Indrebø et al., 2007 ; Peterson et Kutzler, 2011). Cependant, ces seuils obstétricaux ont été proposés empiriquement, sans démonstration qu'il s'agisse de seuils au-dessus desquels le risque de mortinatalité se trouverait significativement augmenté.

Dans une population multiraciale de chiens issus d'un grand nombre d'élevages français, l'objectif principal de l'étude présentée ici était de décrire les différentes durées caractérisant le déroulement de la mise-bas chez la chienne puis d'en identifier les éventuels facteurs de variation. Les durées étudiées étaient la durée totale de la mise bas (durée du stade II d'expulsion de la mise-bas), la durée cumulée de naissance (durée entre l'expulsion du premier chiot et celle du chiot concerné) ainsi que le délai de naissance (intervalle de naissance entre 2 chiots). Les facteurs de variation considérés étaient le format racial, la parité de la mère, la taille de portée, la présence de chiots morts-nés dans la portée, le moment de début de la mise-bas, le rang de naissance et le poids de naissance du chiot, le sexe du chiot, ainsi que son statut mort ou vivant à la naissance. Dans un second temps, l'impact de ces 3 durées sur la mortalité du chiot, de la naissance à 3 semaines de vie, ainsi que sur sa croissance, également de la naissance jusqu'à 3 semaines de vie, a été évalué. Des seuils

obstétricaux de durée de mise-bas totale ainsi que de délai de naissance ont également été recherchés sur la base d'une augmentation du taux de mortinatalité ou d'un déficit de croissance.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I. Collecte des données

Toutes les données concernant le déroulement de la mise-bas utilisées dans cette étude ont été enregistrées par des éleveurs français, professionnels ou particuliers, au moment de la mise-bas. Elles ont ensuite été rétrospectivement collectées, de 2016 à 2019, sur la base du volontariat. Tous les chiots inclus dans cette étude étaient de race pure, inscrits au LOF (Livret des Origines Français).

Le recrutement des éleveurs a été fait par plusieurs moyens afin de maximiser les réponses : diffusion de la demande par le biais des clubs de races, rencontre directe avec les éleveurs lors d'expositions canines, demande par la page Facebook et la mailing list du réseau NeoCare, contact *via* la page internet ou Facebook d'élevages.

En plus des données concernant la mise-bas, un questionnaire était proposé pour rassembler les informations décrivant l'élevage, les parents, la mise-bas et enfin les chiots eux-mêmes. Il était également demandé aux éleveurs de fournir des données faisant figurer les poids des chiots de la naissance à l'âge de 21 jours.

II. Création de la base de travail

A. Saisie des données

1) Paramètres saisis

Les données ont été reçues sous divers formats (fichier Microsoft Excel®, photos, feuilles papier, photocopies ...). Lors de la réception des données, un numéro de dossier était attribué à chaque mise-bas. Les informations suivantes présentes dans les questionnaires ou dans les suivis de poids étaient ensuite saisies dans un fichier Microsoft Excel® unique :

- Race
- Nom de l'élevage
- Nom, poids et date de naissance du père
- Nom, poids, date de naissance et parité de la mère
- Date de saillie
- Date de la mise-bas
- Heure de début et heure de fin de la mise-bas

- Taille de portée, nombre de chiots nés-vivants et morts-nés
- Identification des chiots
- Heure de naissance de chaque chiot
- Rang de naissance de chaque chiot
- Sexe des chiots
- Mortalité entre la naissance et l'âge de 21 jours
- Poids du chiot entre la naissance et l'âge de 21 jours.

2) Définition des paramètres

La **parité** de la mère a été définie comme le nombre de mises-bas de la mère en excluant la mise-bas considérée. Par exemple, une chienne de parité égale à 2 a mis-bas 2 fois avant la mise-bas concernée. Les chiennes primipares correspondent aux mères dont la parité est égale à 0.

Lors des mises-bas se déroulant sur 2 jours ou plus, comme pour une mise-bas débutant à 23h et se terminant à 2h le jour suivant, nous avons considéré que la **date de la mise-bas** était la date du début de la mise-bas.

L'heure de début de la mise-bas a été définie comme étant l'heure d'expulsion du premier chiot. En effet, la majorité des éleveurs notaient uniquement les heures de naissance des chiots, et ce pour vérifier que la mise-bas ne devenait pas dystocique. Il était donc impossible d'avoir des données sur l'heure de début du premier stade de la mise-bas. **L'heure de fin de la mise-bas** a été définie comme l'heure d'expulsion du dernier chiot de la portée.

Dans les questionnaires, 3 qualificatifs ont été attribués au **déroulement de la mise-bas** : « terminée par une césarienne », « difficile » si l'éleveur ou le vétérinaire était intervenu et « facile » pour les autres cas. Pour les mises-bas dont les données ne provenaient pas d'un questionnaire, la mise-bas était soit « par voie naturelle » soit « terminée par une césarienne ».

La **taille de portée** correspond au nombre de chiots nés-vivants et morts-nés, c'est-à-dire au nombre de chiots nés total. Si le nombre de chiots morts-nés n'était pas renseigné, nous avons considéré que tous les chiots étaient nés vivants.

Le **rang de naissance** correspond à l'ordre de naissance des chiots au sein de la portée, déterminé à partir de l'heure de naissance de chaque chiot.

La **mortalité des chiots** a été renseignée pour la naissance (mortalité) et la période néonatale, elle-même composée de la période néonatale précoce (entre la naissance J2) et la période néonatale tardive (J3 à J21). Nous disposons donc de la mortalité des chiots pour les

périodes suivantes : la naissance, [naissance-J2], [J3-J7], et enfin [J8-J21]. Si un chiot est décédé, sa date de mort exacte était également renseignée, lorsqu'elle était connue.

Les **poids des chiots** étaient saisis pour la naissance et la période néonatale, à la naissance, J2, J7 et J21. Si un chiot était pesé plusieurs fois par jour, seule la pesée du matin a été prise en compte. Le poids a été exprimé en grammes.

B. Tri et nettoyage des données

1) *Critères d'exclusion des données*

Pour cette étude, nous avons conservé 2 bases de travail (Tableau 1). Toutes les mises-bas pour lesquelles l'heure de début ou de fin de mise-bas n'étaient pas disponible ont été retirées de la première base de travail. Ces heures manquantes pouvaient avoir plusieurs causes :

- Présence d'un chiot mort-né sans heure de naissance indiquée
- Présence d'un chiot né-vivant sans heure de naissance indiquée
- Mise-bas ayant commencé ou s'étant terminée par une césarienne
- Mise-bas d'un chiot unique.

Pour trois mises-bas incluses dans la première base de travail, ni l'heure de début ni l'heure de fin n'avaient été précisées, mais l'éleveur avait indiqué la durée totale de mise-bas. Après exclusion, 24% des mises-bas du jeu de données initial ont été conservées pour la première base de travail. L'objectif de la première base de travail « Mises-bas » était d'étudier la population de mises-bas.

Concernant la seconde base de travail « Chiots », nous avons repris les données de la première base de travail et avons ajouté d'autres conditions plus strictes : les chiots sans heure de naissance indiquée, ainsi que les chiots premiers-nés de chaque portée ont été exclus. En effet, l'objectif était d'utiliser cette seconde base de travail afin d'étudier la population de chiots. Environ 30% des chiots appartenant à la première base de travail ont été exclus de la seconde base de travail.

Tableau 1 : Description de la population avant et après tri des données

	Population initiale	Base de travail « Mises-bas »	Base de travail « Chiots »
Élevages	282	97	89
Races	120	70	65
Mères	1 188	321	271
Mises-bas	2 254	541	447
Chiots	12 823	3507	2475

2) Traitement des erreurs de saisie

L'entièreté de la base de travail a été vérifiée puis corrigée afin de supprimer les éventuelles fautes de saisies et les données aberrantes :

- Les **noms d'élevage, de race ou des parents** ont été harmonisés afin qu'il n'existe aucun doublon pour faciliter l'analyse des données.
- L'absence de faute de frappe dans la saisie des **dates de naissance des parents et de mise-bas** a été vérifiée. Les dates de naissance postérieures à la date de la mise-bas ont été corrigées à la source ou supprimées si l'erreur figurait aussi à la source.
- Les **heures de début, de fin de la mise-bas et de naissance des chiots** ont également été corrigées lorsque nécessaire. Il a été vérifié que toutes les heures soient saisies en heures et minutes (par exemple, « 12h34 ») afin de simplifier le traitement des données. Les heures aberrantes ont été comparées à la valeur source puis corrigées.
- Les **numéros d'identification** de chaque mise-bas ont été vérifiés, afin que seul un numéro corresponde à une mise-bas. L'absence de doublons ou de mise-bas « divisée » en 2 (par exemple : une mise-bas de 5 chiots, ayant 2 numéros différents, attribués à 3 et 2 chiots) a été assurée.
- Enfin, les valeurs de **poids** aberrantes ont été croisées avec la valeur source et corrigées, ou bien supprimées si la correction n'était pas possible.

C. Création et calcul des variables

L'objectif de cette étude était premièrement de décrire le déroulement de la mise-bas chez le chien, dans une population multi-rationale, puis d'en identifier les facteurs de variation.

Ensuite, nous voulions déterminer en quelle mesure ces différents paramètres de durée avaient un effet sur la survie des chiots ainsi que sur leur croissance néonatale.

Ainsi, le déroulement de la mise-bas a été caractérisé par trois durées : **la durée totale de mise-bas, la durée cumulée de naissance et le délai de naissance**. Ces durées, ainsi que l'ensemble des variables étudiées (facteurs de variation et conséquences sur la santé du chiot) ont été définies ci-dessous (Figure 1). Les variables ont été classées selon qu'elles étaient liées à la mère, à la mise-bas ou encore au chiot.

1) Caractérisation du déroulement de la mise-bas

a) Durée totale de mise-bas

La durée totale de mise-bas correspond à la durée du stade II de la mise-bas, c'est-à-dire la durée d'expulsion de tous les chiots de la portée. Elle débute à l'expulsion du premier chiot et se termine à l'expulsion du dernier chiot, indépendamment de leur statut mort ou vivant à la naissance. Elle a donc été calculée par soustraction entre l'heure de début et l'heure de fin de la mise-bas. Le résultat a été exprimé en heures, au format [h]:mm (durée pouvant être supérieure à 24h, sous Microsoft Excel®).

La durée totale de mise-bas et ses facteurs de variation ont été étudiés à partir de la base de travail « Mises-bas ».

b) Durée cumulée de naissance

La durée cumulée de naissance a été définie comme étant le temps que met un chiot à être expulsé par rapport à l'heure de début de la mise-bas, c'est-à-dire l'heure de naissance du premier chiot de la portée. Cette durée est propre à chaque chiot et a été calculée par soustraction entre l'heure de naissance du chiot concerné et l'heure de naissance du premier chiot de la portée. Le résultat a été exprimé en heures, au format [h]:mm (durée pouvant être supérieure à 24h, sous Microsoft Excel®).

La durée cumulée de naissance et ses conséquences sur la santé du chiot ont été étudiées à partir de la base de travail « Chiots ». En effet, cette durée est égale à 0 minutes pour le premier chiot de la portée et ceux-ci ont été exclus de la population étudiée dans cette base de travail.

c) Délai de naissance

Le temps écoulé entre l'expulsion du chiot concerné par rapport à l'expulsion du chiot précédent a été appelé « délai de naissance ». Le délai de naissance est propre à chaque chiot et a été calculé par soustraction entre l'heure de naissance du chiot n et l'heure de naissance du chiot n-1. Le résultat a été exprimé en heures, au format [h]:mm (durée pouvant être supérieure à 24h, sous Microsoft Excel®).

Le délai de naissance, ses facteurs de variation et ses conséquences sur la santé du chiot ont été étudiés à partir de la base de travail « Chiots ». En effet, les chiots premiers-nés ont été exclus de cette base de travail, le délai de naissance n'étant pas calculable pour ces chiots.

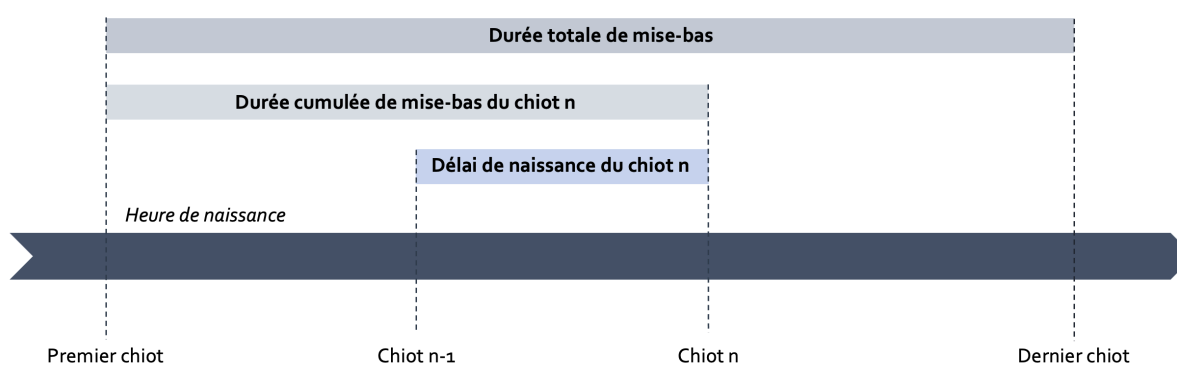


Figure 1 : Caractérisation du déroulement de la mise-bas

2) Variables étudiées

Variable liée à la mère :

L'âge de la mère au moment de la mise-bas a été obtenu par soustraction de la date de la mise-bas et de la date de naissance, lorsque ces dates étaient disponibles. Le résultat obtenu a été gardé sous forme continue (3,5 ans pour une mère âgée de 3 ans et 6 mois par exemple).

Variables liées à la mise-bas :

Le moment de la mise-bas a également été déterminé pour chaque mise-bas. La période allant de 6h00 à 22h00 a été considérée comme le jour, tandis que la nuit durait de 22h01 à 5h59.

De plus, les **saisons météorologiques** ont été définies de la façon suivante : hiver (décembre, janvier, février), printemps (mars, avril, mai), été (juin, juillet, août) et automne (septembre, octobre, novembre).

Nous avons déterminé pour chaque mise-bas s'il y avait ou non **au moins 1 mort dans la portée** concernée pour toutes les périodes de mortalité évoquées plus haut : la naissance, [naissance-J2], [J3-J7], [J8-J21] et enfin pour la totalité de la période étudiée, à savoir [naissance-J21].

Variable liée au chiot :

Le taux de croissance a été calculé pour chaque chiot et exprimé en pourcentage, selon la formule suivante :

$$TC_{\text{chiot}} = [(Poids_{\text{chiot}} \text{ à } J_{n+x} - Poids_{\text{chiot}} J_n) / Poids_{\text{chiot}} \text{ à } J_{n+x}] * 100$$

Ce taux a été déterminé pour les périodes de vie suivantes : [naissance-J2], [J3-J7], [J8-J21], ainsi que [naissance-J21].

Nous avons également évalué le **taux de mortinatalité** sur la population de chiots étudiée, exprimé en pourcentage et obtenu selon la formule suivante :

$$TM_n = (\text{Nombre de chiots morts-nés} / \text{Nombre de chiots nés total}) * 100$$

Le nombre de chiots nés total correspond au nombre de chiots morts-nés et né-vivants.

Le taux de mortalité a été déterminé parmi la population des chiots pour chaque période de vie étudiée et exprimé en pourcentage, selon la formule suivante :

$$TM_{[J_n-J_{n+x}]} = (\text{Nombre de chiots morts entre } [J_n-J_{n+x}] / \text{Nombre de chiots total}) * 100$$

Le nombre de chiots total correspond au nombre de chiots vivants à la fin de la période [J_n-J_{n+x}] ainsi qu'au nombre de chiots morts pendant cette même période. Par exemple, si on considère la période [J3-J7], le nombre de chiots total exclut les chiots morts-nés ainsi que les chiots morts entre la naissance et J2. Ce taux a été déterminé pour les périodes de vie suivantes : [naissance-J2], [J3-J7], [J8-J21], ainsi que [naissance-J21].

Variabes non considérées :

Certaines des variables renseignées par les éleveurs et figurant dans nos bases de travail n'ont pas été considérées pour cette étude. Le déroulement de la mise-bas n'a pas été inclus en raison du caractère subjectif et du manque de précision de cette variable. De même, les variables propres au père (âge et poids), ainsi que le poids de la mère, ont été exclues principalement en raison du manque de d'effectif important concernant ces données.

D. Catégorisation des variables

1) *Variables qualitatives*

Toutes les variables présentées ont été catégorisées pour notre analyse. Compte tenu de leur grand nombre, les races canines présentes dans notre étude ont été regroupées par **format racial**. La répartition s'est effectuée en 4 formats, en fonction du poids adulte du chien inscrit au standard de la race :

- Petit format ou *Small* (S) : chiens pesants moins de 10 kg
- Moyen format ou *Medium* (M) : chiens pesants entre 10 et 30 kg
- Grand format ou *Large* (L) : chiens pesants entre 30 et 40 kg
- Format géant ou *Giant* (G) : chiens pesants plus de 40 kg.

Les autres variables qualitatives ont été organisées de manière binaire :

- **Présence d'au moins 1 mort dans la portée à [Jn-Jn+x]** : présence ou absence de chiot(s) mort à Jn+x
- **Moment de la mise-bas** : jour ou nuit
- **Sexe du chiot** : mâle ou femelle
- **Statut du chiot à [Jn-Jn+x]** : mort ou vivant à Jn+x.

2) *Variables quantitatives*

En ce qui concerne les variables quantitatives, le regroupement en classes a été conçu pour assurer des effectifs suffisants dans les différentes catégories :

- **Durée totale de mise-bas** : 3 catégories ont été créées, à savoir entre 0h et 6h, 6h et 12h et enfin plus de 12h
- **Durée cumulée de naissance** : entre 0h et 3h, 3h et 6h puis plus de 6h
- **Délai de naissance** : 4 catégories ont été créées, de 0h à 0h30, 0h30 à 1h, 1h à 1h30 et pour finir plus de 1h30
- **Âge de la mère** : moins de 2 ans, entre 2 et 6 ans, et enfin plus de 6 ans
- **Parité** : primipare (parité = 0) ou multipare (parité > 0)

Il s'est avéré nécessaire de standardiser certaines de nos variables quantitatives, afin d'éviter un biais lors de l'analyse de celles-ci.

Concernant la **taille de portée**, il a été démontré chez le chien que la taille de portée dépend de la race, ou *a minima* du format racial du chien (Chastant et al., 2017). Afin d'éviter

un biais dans l'analyse de la taille de portée, il a été décidé de la découper en quartiles, en fonction du format racial de la mère (Tableaux 2 et 3). Un quartile est chacune des trois valeurs qui divisent les données triées en quatre parts égales, de façon à ce que chaque partie représente un quart de l'effectif l'échantillon considéré. Le premier quartile (q1) délimite les 25% des valeurs les plus petites tandis que le 3ème quartile (q3) délimite les 25% des valeurs les plus grandes. Le 2ème quartile (q2) correspond à la médiane.

Tableau 2 : Découpage de la taille de portée en quartiles par format racial de la population « Mises-bas »

Format racial	Small	Medium	Large	Giant
[Min-q1]	≤ 4	≤ 6	≤ 7	≤ 7
]q1-q2]	5	7	8	7-9
]q2-q3]	6	7-9	9-10	9-11
]q3-Max]	> 6	> 9	> 10	> 11

Tableau 3 : Découpage de la taille de portée en quartiles par format racial de la population « Chiots »

Format racial	Small	Medium	Large	Giant
[Min-q1]	≤ 4	≤ 6	≤ 7	≤ 7
]q1-q2]	5	7	8	7-9
]q2-q3]	6	7-9	9-11	9-11
]q3-Max]	> 6	> 9	> 11	> 11

Le découpage du **rang de naissance** a été réalisé en proportion en fonction du nombre de chiots de la portée, selon la même méthode que Vallet et al. (2011) dans l'objectif de le standardiser. En effet, l'expression du rang de naissance sans codage aurait induit un biais dans l'analyse de l'effet du rang de naissance puisque celui-ci est lié à la taille de la portée. Le rang de naissance de chaque chiot a donc été divisé par la taille de sa portée pour obtenir des valeurs comprises entre 0,1 et 1. Les rangs de naissance proches de 0 correspondent aux premiers nés, tandis que les rangs proches de 1 correspondent aux chiots nés en dernier. Ces valeurs ont ensuite été catégorisées par quartiles pour obtenir des quartiles de portées, afin de faciliter l'analyse statistique.

Enfin, le chien est une espèce au sein de laquelle la variabilité de poids à l'âge adulte en fonction de la race est la plus élevée de tous les mammifères terrestres (Boyko et al.,

2010). Par conséquent, l'analyse du **poids de naissance** se doit d'être réalisée en prenant en compte la race du chien. Les effectifs par race de notre population « Chiots » ne permettant pas un découpage selon la race, il a été décidé de catégoriser le poids de naissance par quartiles, en fonction du format racial (Tableau 4).

Tableau 4 : Découpage du poids de naissance des chiots en quartiles par format racial

Le poids de naissance est exprimé en grammes.

Format racial	Small	Medium	Large	Giant
[Min-q1]	≤ 170	≤ 291	≤ 350	≤ 465
]q1-q2]	]170-201]	]291-343]	]350-405]	]465-550]
]q2-q3]	]201-235]	]343-400]	]405-475]	]550-610]
]q3-Max]	> 235	> 400	> 475	> 610

La catégorisation des variables étudiées est résumée dans le tableau 5.

Tableau 5 : Description des catégories utilisées pour chaque variable

Variable	Nombre de catégories	Catégories			
Format racial	4	Small	Medium	Large	Giant
Présence d'au moins 1 mort dans la portée à [Jn-Jn+x]	2	Absence		Présence	
Moment de la mise-bas	2	Jour		Nuit	
Sexe du chiot	2	Mâle		Femelle	
Statut du chiot à [Jn-Jn+x]	2	Mort		Vivant	
Durée totale de mise-bas	3	[0h-6h[	[6h-12h[	≥ 12h	
Durée cumulée de naissance	3	[0h-3h[	[3h-6h[	≥ 6h	
Délai de naissance	4	[0h-0h30[	[0h30-1h[	[1h-1h30[	≥ 1h30
Âge de la mère	3	< 2	[2-6[	≥ 6	
Parité	2	Primipare		Multipare	
Taille de portée	4	[Min-q1]	]q1-q2]	]q2-q3]	]q3-Max]
Rang de naissance	4	[Min-q1[	]q1-q2]	]q2-q3]	]q3-Max]
Poids de naissance	4	]Min-q1]	]q1-q2]	]q2-q3]	]q3-Max]

III. Analyse statistique des données

L'analyse statistique et la description des données ont été réalisées avec les logiciels Microsoft Excel® (Microsoft Corporation, 2022 ; version 16.64) et R® (R Core Team, 2022 ; version 4.2.1). Les résultats dont les p-values étaient strictement inférieures à 0,05 étaient considérés comme significatifs. L'incertitude statistique a été évaluée par le calcul d'intervalles de confiance binomiaux à 95%.

A. Analyse des facteurs de variation par modélisation du déroulement de mise-bas

Cette analyse n'a pas été effectuée pour la durée cumulée de mise-bas. En effet, la recherche des facteurs de variation pour cette durée aurait été redondante avec celle de la durée totale de mise-bas.

1) *Durée totale de mise-bas*

a) **Choix des variables explicatives**

Les facteurs de la durée totale de mise-bas dépendaient soit de la mère, soit de la mise-bas elle-même. Les facteurs sélectionnés propres à la mère étaient le format racial et la parité. Les facteurs propres à la mise-bas étaient la taille de portée, le moment de début de la mise-bas, et la présence d'au moins 1 chiot mort-né dans la portée (Figure 2).

Notre modèle incluait initialement l'âge de la mère. Cependant, il s'est avéré que dans notre échantillon, l'âge de la mère et la parité étaient fortement corrélés. En effet, les mères les plus âgées étaient celles ayant eu le plus de portées, alors que les mères les plus jeunes étaient plus fréquemment primipares. Nous avons donc uniquement étudié le rang de gestation car il s'agissait de la variable pour laquelle il y avait le moins de données manquantes.

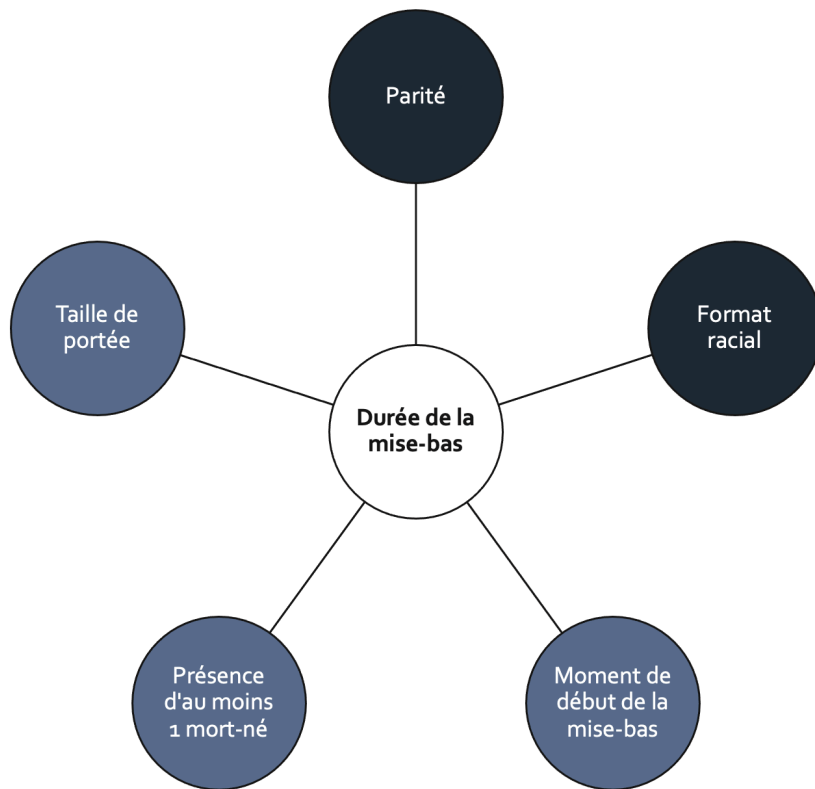


Figure 2 : Variables explicatives retenues pour la modélisation de la durée de mise-bas

En bleu foncé, les variables propres à la mère. En bleu, les variables propres à la mise-bas.

b) Type de modèle

Nous avons réalisé une analyse multivariée à l'aide d'un modèle linéaire mixte. Cette modélisation a été réalisée à partir de la population « Mises-bas ». Compte tenu de la distribution du paramètre « Durée totale de mise-bas », il a été nécessaire de transformer les données, par la fonction $\log(x)$, afin de les normaliser. Le modèle a pris en compte les mises-bas pour lesquelles les données de toutes les variables explicatives étaient renseignées (210 mises-bas soit 38,8% des mises-bas). Dans l'objectif de stabiliser le modèle, les valeurs extrêmes de la durée totale de mise-bas, c'est-à-dire les durées supérieures à 24 heures (3 mises-bas), ont aussi été retirées. De plus, un effet aléatoire « Mère » a été introduit dans le modèle pour tenir compte de la non-indépendance des chiots issus d'une même mère. Le diagnostic du modèle a été réalisé par l'analyse graphique des résidus (normalité et homoscedasticité). Les valeurs de durée présentées dans les résultats étaient des moyennes marginales estimées \pm erreur standard calculées afin de prendre en compte le déséquilibre des données.

La formule du modèle linéaire mixte final est la suivante :

$$\log(\text{Durée de mise-bas}) \sim [\text{Présence de mort-nés} + \text{Taille de portée} + \text{Moment de début} + \text{Parité mère} + \text{Format racial} + \text{Effet aléatoire « Mère »}]$$

2) *Délai de naissance*

a) **Choix des variables explicatives**

Les facteurs du délai de naissance dépendaient soit de la mère, soit de la mise-bas elle-même, soit des chiots. Les facteurs sélectionnés propres à la mère étaient le format racial et la parité. Le seul facteur propre à la mise-bas était la taille de portée. Les facteurs propres aux chiots étaient le rang de naissance, le poids de naissance, le sexe et le statut du chiot à la naissance (mort-né ou vivant) (Figure 3).

b) **Type de modèle**

De la même façon que pour la durée totale de mise-bas, nous avons réalisé une analyse multivariée à l'aide d'un modèle linéaire mixte. Cette modélisation a été réalisée à partir de la population « Chiots ». Compte tenu de la distribution du paramètre « Délai de naissance », il a été nécessaire de transformer les données, par la fonction $\log(1+x)$, afin de les normaliser. Le modèle a pris en compte les mises-bas pour lesquelles les données sur toutes les variables explicatives étaient renseignées (1057 chiots soit 42,7% des chiots). Dans l'objectif de stabiliser le modèle, les valeurs extrêmes du délai de naissance, c'est-à-dire les délais supérieurs à 4 heures (21 chiots), ont aussi été retirées. De plus, un effet aléatoire « Mère » a été introduit dans le modèle pour tenir compte de la non-indépendance des chiots issus d'une même mère. Le diagnostic du modèle a été réalisé par l'analyse graphique des résidus (normalité et homoscedasticité). Lors de la présentation des résultats, les valeurs de durée présentées sont des moyennes marginales estimées \pm erreur standard calculées afin de prendre en compte le déséquilibre des données.

La formule du modèle linéaire mixte final est la suivante :

$$\log(1 + \text{Délai de naissance}) \sim [\text{Poids de naissance} + \text{Rang de naissance} + \text{Sexe} + \text{Statut naissance} + \text{Taille de portée} + \text{Parité mère} + \text{Format racial} + \text{Effet aléatoire « Mère »}]$$

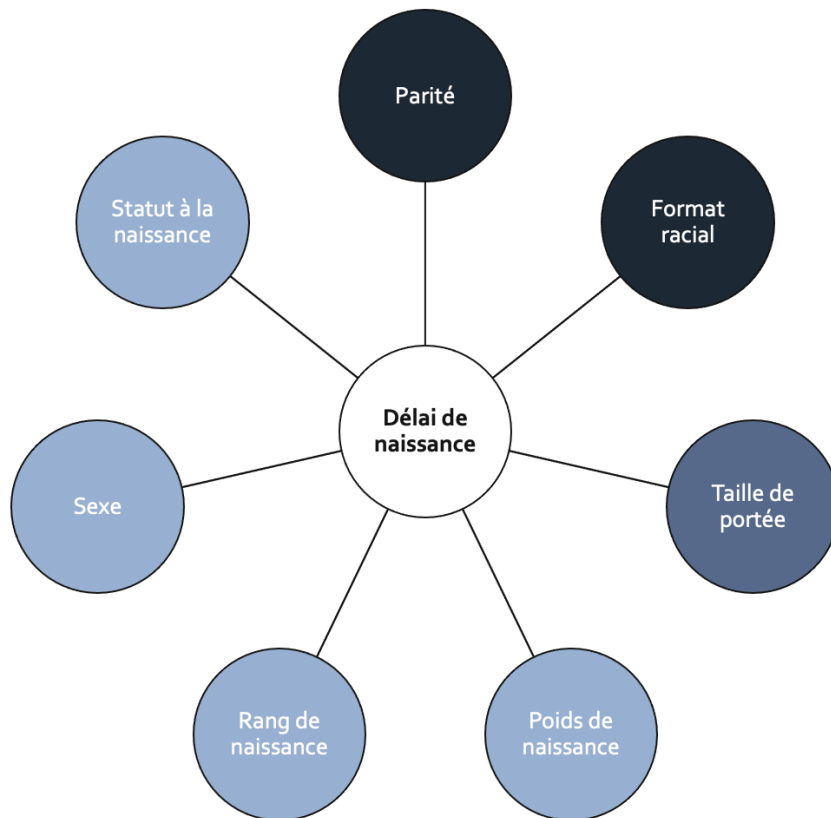


Figure 3 : Variables explicatives retenues pour la modélisation du délai de naissance

En bleu foncé, les variables propres à la mère. En bleu, la variable propre à la mise-bas. En bleu clair, les variables propres aux chiots.

B. Analyse des conséquences sur la santé du chiot

1) *Mortalité néonatale*

L'analyse des conséquences sur la mortalité néonatale de l'augmentation de la durée totale de mise-bas, de la durée cumulée de naissance ainsi que du délai de naissance a été réalisée dans notre étude. Plusieurs périodes de vie des chiots ont été considérées pour chaque variable de durée : de la naissance à J2, de J3 à J7, de J8 à J21 et enfin de la naissance à J21.

Cette analyse a été faite en 2 temps. Le test du χ^2 d'indépendance a d'abord été utilisé afin d'identifier une éventuelle différence de mortalité au sein des différentes catégories de durées. Lors que le résultat était significatif, un second test du χ^2 d'indépendance a servi à comparer les catégories 2 à 2 afin de déterminer lesquelles étaient différentes. La correction de Bonferroni a été application à la p-value des tests de comparaisons par paires. Pour l'étude

de la mortalité de J8 à J21, le test du χ^2 d'indépendance a été remplacé par un test exact de Fischer en raison du petit effectif attendu.

2) *Croissance néonatale*

Pour étudier l'effet d'une durée de mise-bas totale, d'un délai de naissance ou d'une durée cumulée de naissance sur la croissance des chiots, nous avons appliqué une méthode similaire à celle utilisée pour analyser la mortalité. Ces conséquences sur la croissance néonatale ont également été recherchées sur les différentes périodes de vie, pour chaque variable de durée (de la naissance à J2, de J3 à J7, de J8 à J21 et enfin de la naissance à J21). Nous avons aussi évalué la proportion de chiots dont le taux de croissance était négatif de leur naissance à 2 jours de vie selon les différentes durée de mise-bas, par la même méthode statistique que pour l'analyse de la mortalité. En effet, les données disponibles dans la littérature rapportent qu'un taux de croissance négatif chez le chiot sur cette période est le reflet d'un défaut de transfert d'immunité (Mila et al., 2015).

Nous avons commencé par utiliser le test de somme des rangs de Kruskal-Wallis afin d'identifier une éventuelle différence de taux de croissance selon les différentes catégories de durées. Ensuite, les comparaisons par paires ont été faites avec le test des comparaisons multiples de Dunn. La correction de Holm a été appliquée à la p-value.

C. Détermination des seuils obstétricaux

Des valeurs seuils de la durée de la mise-bas totale, de la durée cumulée de naissance et du délai de naissance ont été recherchées par le biais de courbes Receiver Operating Characteristic (ROC).

La courbe ROC est un outil fréquemment employé en épidémiologie clinique pour quantifier avec précision comment des tests diagnostiques peuvent discriminer les sujets atteints des sujets sains. Afin d'exploiter les courbes ROC, l'aire sous la courbe (AUC) doit être prise en compte. Seules les courbes avec une AUC strictement supérieure à 0,7 ont été interprétées pour définir les seuils obstétricaux. Ces seuils ont été déterminés par l'estimation de la distance minimale entre la courbe ROC obtenue et le point où la sensibilité (Sn) et la spécificité (Sp) sont toutes les deux de 100% (Figure 4).

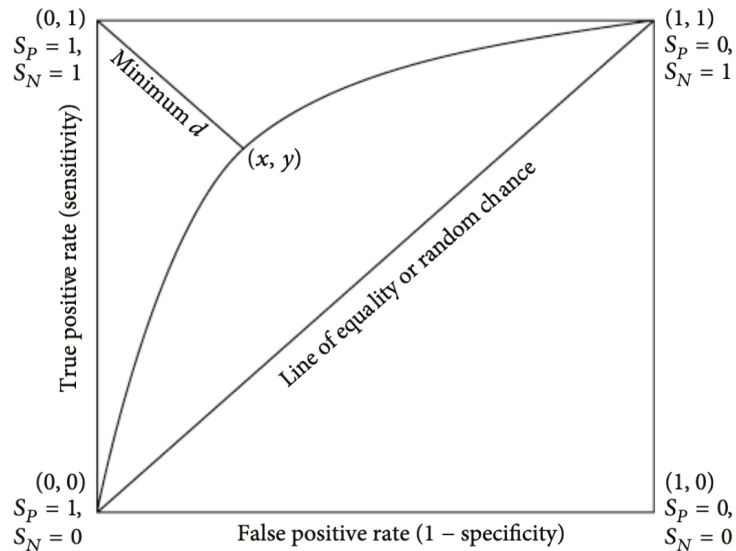


Figure 4 : Détermination du seuil obstétrical par estimation de la distance minimale lors d'analyse ROC, d'après Huynh et al., (2015)

L'analyse ROC a été réalisée sur la durée totale de mise-bas afin de chercher une valeur pour laquelle le risque d'avoir au moins 1 chiot mort-né dans la portée augmentait significativement. Ce seuil obstétrical a été recherché pour chaque format racial. Une valeur pour laquelle le risque qu'un chiot meure a également été recherchée, pour les périodes de vie où l'analyse statistique de la mortalité néonatale selon la durée totale de mise-bas a mis en évidence un résultat significatif. Enfin, nous avons aussi cherché une valeur pour laquelle le risque d'avoir un chiot avec un taux de croissance négatif sur les 2 premiers jours de vie augmentait.

Concernant la durée cumulée de naissance, nous avons cherché une valeur pour laquelle le risque qu'un chiot meure augmentait significativement, pour les périodes de vie où l'analyse statistique de la mortalité néonatale selon la durée cumulée de naissance a mis en évidence un résultat significatif. Une valeur pour laquelle le risque d'avoir un chiot avec un taux de croissance négatif sur les 2 premiers jours de vie augmentait a également été recherchée.

Enfin, nous avons effectué l'analyse ROC sur le délai de naissance afin d'identifier une valeur pour laquelle le risque d'avoir un chiot mort-né augmentait significativement. Cette analyse a été réalisée pour chaque format racial. De la même façon que pour la durée totale de mise-bas et la durée cumulée de naissance, les seuils obstétricaux de mortalité néonatale et de taux de croissance négatif ont été recherchés.

II. Bilan des variables étudiées

Les variables considérées dans cette étude sont regroupées dans le Tableau 6. Les données manquantes de la base de travail ou du modèle, pour les variables récupérées auprès des éleveurs ou calculées, sont présentées dans ce tableau.

Tableau 6 : Description des effectifs des variables considérées

*Le pourcentage d'effectif total manquant est calculé avec la formule suivante : (Effectif initial / Effectif total) * 100. L'effectif total est le nombre de mises-bas total (n = 541) ou le nombre de chiots total (n = 2 475) selon la population concernée. Le pourcentage d'effectif initial manquant est calculé avec la formule suivant : (Effectif modèle / Effectif initial * 100).*

Variable	Effectif initial	% d'effectif total manquant	Effectif modèle	% d'effectif initial manquant
Facteurs de variation : durée totale de mise-bas (population « Mises-bas »)				
Parité de la mère	211	61 %	207	1,9 %
Format racial	541	n/a	207	62 %
Moment de début de mise-bas	538	0,55 %	207	61,5 %
Présence d'au moins 1 mort-né	541	n/a	207	62 %
Taille de portée	541	n/a	207	62 %
Facteurs de variation : délai de naissance (population « Chiots »)				
Parité de la mère	1087	56 %	1036	4,7 %
Format racial	2475	n/a	1036	58 %
Taille de portée	2475	n/a	1036	58 %
Poids de naissance	2306	6,8 %	1036	45 %
Rang de naissance	2475	n/a	1036	58 %
Sexe	2475	n/a	1036	58 %
Statut à la naissance	2475	n/a	1036	58 %
Conséquences sur la santé du chiot : durée totale de mise-bas, durée cumulée de naissance, et délai de naissance (population « Chiots »)				
Mortalité [naissance-J2]	2364	4,5 %	n/a	n/a
Mortalité [J3-J7]	2304	7 %	n/a	n/a
Mortalité [J8-J21]	2240	9,5 %	n/a	n/a
Mortalité [naissance-J21]	2344	5,3 %	n/a	n/a
Croissance [naissance-J2]	1955	21 %	n/a	n/a
Croissance [J3-J7]	1699	31 %	n/a	n/a
Croissance [J8-21]	1275	49 %	n/a	n/a
Croissance [naissance-J21]	1339	46 %	n/a	n/a

RÉSULTATS

I. Description de la population

A. Description générale

La population décrite correspond à celle utilisée pour étudier la durée totale de mise-bas. En effet, la seconde population ayant servi à étudier la durée cumulée de naissance ainsi que le délai de naissance est comprise dans la première population.

La population considérée lors de notre étude comportait donc 541 mises-bas, issues de 70 races différentes et provenant de 97 élevages. La liste complète de l'effectif en termes de chiots, mises-bas, mères et élevages en fonction de chaque race figure en annexe 1.

Les 3 races les plus représentées dans notre population en termes de :

- Mères : Eurasier (n = 25), Léonberg (n = 24), Fox Terrier (n = 19).
- Mises-bas : Eurasier (n = 55), Léonberg (n = 49), Berger des Shetlands (n = 33)
- Chiots : Léonberg (n = 420), Eurasier (n = 352), Terre-Neuve (n = 259)

Chaque élevage a fourni des données concernant 1 à 64 mises-bas. La médiane est de 2 mises-bas et l'IQR (intervalle interquartile) est de 4,5 mises-bas. La répartition du nombre de mises-bas fournies par élevage est représentée dans la figure 5. Les données pour 50% des mises-bas ont été fournies par 12% des élevages.

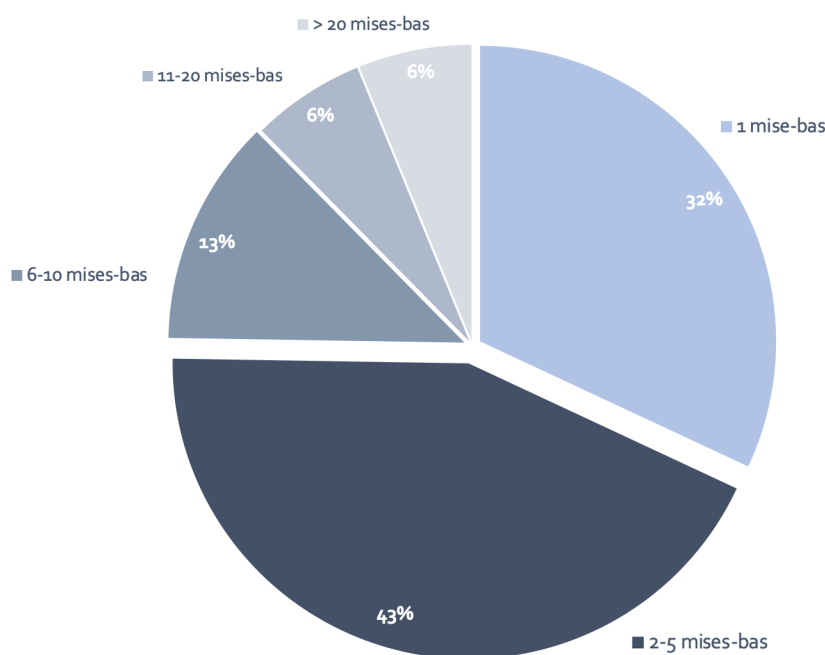


Figure 5 : Proportion d'élevages selon le nombre de mises-bas fournies (n = 97)

Les mises-bas se sont déroulées entre 1985 et 2019, c'est-à-dire sur une période de 34 ans. Les données pour environ 75% des mises-bas ont été récoltées sur les 10 dernières années. Les mises-bas ont eu lieu sur toute l'année, de janvier à décembre (Figure 6). Les mises-bas étaient plus fréquentes au printemps (30%) que pendant les autres saisons (23% en hiver et en été, 21% à l'automne).

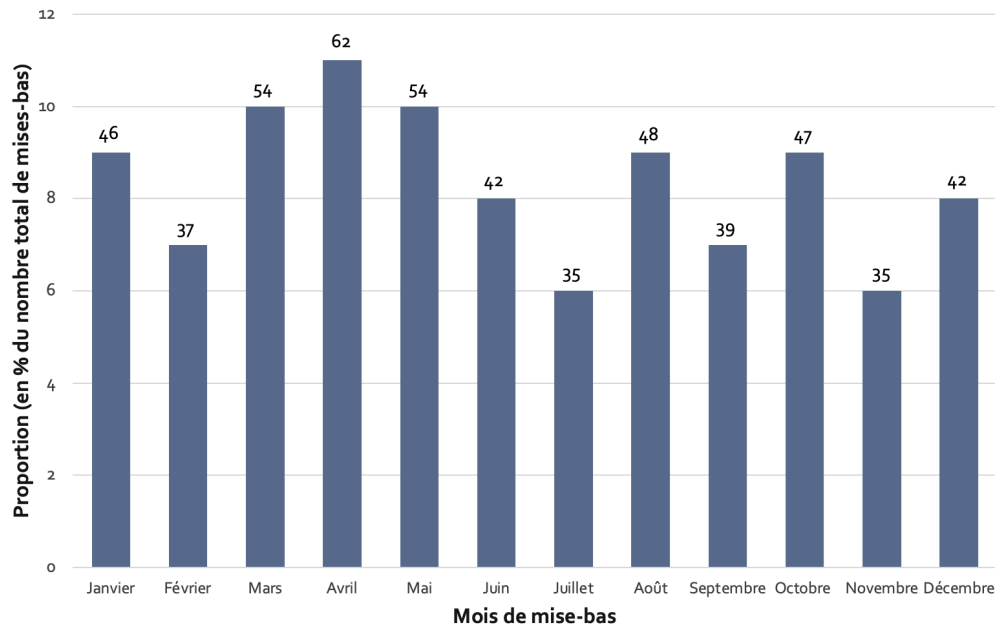


Figure 6 : Distribution du mois de mise-bas (n = 541)

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de mises-bas ayant eu lieu lors du mois considéré.

B. Représentativité

Afin de déterminer si notre population était représentative de la population canine française, nous avons comparé les races présentes dans notre étude avec le nombre de pedigrees délivrés par le LOF et recensés par la Société Centrale Canine (SCC) sur les 10 dernières années (Société Centrale Canine, 2019). Parmi les 20 des races les plus populaires d'après le LOF, 16 races sont représentées dans notre population.

Lorsqu'il s'agissait de comparer les formats raciaux de ces 20 races à notre population, nous avons observé que les proportions n'étaient pas tout à fait identiques. En effet, le format Giant est sur-représenté dans notre population avec 25% de chiots de ce format dans l'étude contre 6% dans les données de la SCC. Ces données sont par ailleurs disponibles en annexes 2 et 3.

Concernant les races représentées dans cette étude, 11% étaient des races qualifiées de brachycéphales, selon la SCC : Bouledogue Français, Boxer, Bulldog Continental, Carlin, Cavalier King Charles, Dogue de Bordeaux, Lhasa Apso et Shih Tzu. Cela correspond à 5% des chiots et des mises-bas, ainsi que 7% des mères de la population étudiée. Les 20 races les plus populaires des 10 dernières années incluent 3 races brachycéphales soit 15% des races présentées. Ce chiffre est similaire à la proportion de races brachycéphales de notre étude. Cependant, ces 3 races représentent 14% des chiots des 20 races les plus populaires, alors que les chiots brachycéphales constituent 5% de notre population ((Société Centrale Canine, 2019).

II. Durée totale de mise-bas

A. Description de la durée totale de mise-bas

La durée de la mise-bas la plus courte était de 5 minutes, tandis que la plus longue était de 36h05 (Figure 7). En moyenne, une mise-bas durait $6h00 \pm 5h10$. De plus, 25% des mises-bas se terminaient en moins de 3h, plus de 50% en moins de 5h, 80% en moins de 8h et enfin 90% en moins de 12h.

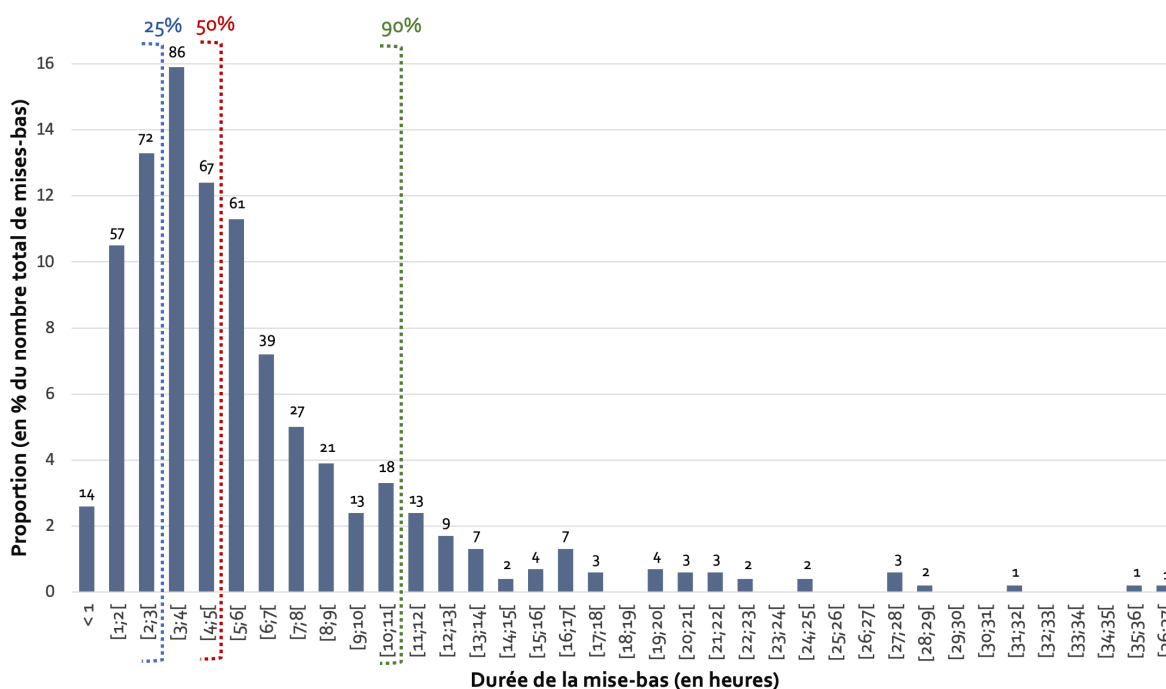


Figure 7 : Distribution de la durée totale de mise-bas (n = 541)

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de mises-bas. La barre bleue correspond au premier quartile, la barre rouge correspond à la médiane et la barre verte correspond au 90^{ème} percentile.

B. Facteurs de variation de la durée totale de mise-bas

Le modèle statistique multivarié final explique 67% (IC95% : 63-77) de la variabilité de la durée totale de mise-bas. Sa formule est la suivante : **log(Durée de mise-bas) ~ [Présence de mort-nés + Taille de portée + Moment de début + Parité mère + Format racial + Effet aléatoire « mère »]**.

1) *Facteurs liés à la mère*

a) **Parité de la mère**

La parité de la mère à la mise-bas était disponible pour 211 mises-bas, réparties sur 133 mères. Par conséquent, 21% (44) des mères dont la parité était renseignée ont fourni des données pour 2 à 6 mises-bas. Les mères avec la parité la plus faible au moment de la mise-bas étaient primipares et la parité la plus élevée était de 5. La population était composée de 36% (77) de chiennes primipares et 64% (134) de chiennes multipares, parmi lesquelles 75% (100) ont mis-bas 1 ou 2 fois auparavant.

L'analyse statistique de cette variable explicative ne s'est pas révélée significative ($p > 0,05$). La parité n'avait donc pas d'effet sur la durée totale de mise-bas.

b) **Format racial**

Les mises-bas ont été réparties dans 4 formats raciaux, selon le poids à l'âge adulte de la race du chien inscrit au standard de la race : *Small*, *Medium*, *Large* et *Giant*. Les formats *Small*, *Medium* et *Large* sont composés d'un grand nombre de races (24, 21 et 18 respectivement) alors que le format *Giant* est composé d'un plus petit nombre de races (8). La répartition des races par format racial est présentée dans l'annexe 1.

Dans la population de mises-bas étudiée, les 4 formats étaient représentés dans quasiment les mêmes proportions : 33% (180) des mises-bas appartenaient au format *Small*, 27% (145) au format *Medium* et enfin 20% (108) au format *Large*, 20% (108) au format *Giant*.

Notre modèle a révélé que le format racial de la mère avait un effet significatif sur la durée de la mise-bas ($p < 0,001$). La durée de mise-bas des mères de format *Small* durait environ $3,1 \pm 1,1$ heures, ce qui était plus court que celle des mères de format *Medium*, *Large* et *Giant*. Cependant, les mères de format *Medium* et de format *Large* d'une part, ainsi que les

mères de format *Large* et *Giant* d'autre part, n'avaient pas des durées de mise-bas significativement différentes. En revanche, les mères de format *Giant* avaient des mises-bas plus longues que les mères de format *Medium* : $9,2 \pm 1,1$ heures contre $5,8 \pm 1,1$ heures, respectivement. Cela signifiait que globalement, plus le format de la mère augmentait, plus la mise-bas était longue, comme le montre la figure 8. Par ailleurs, la part de variance expliquée par le format racial, représentée par le coefficient de détermination r^2 , est la plus importante dans notre modèle ($r^2 = 0,29$ et $IC95\% = 0,21-0,36$).

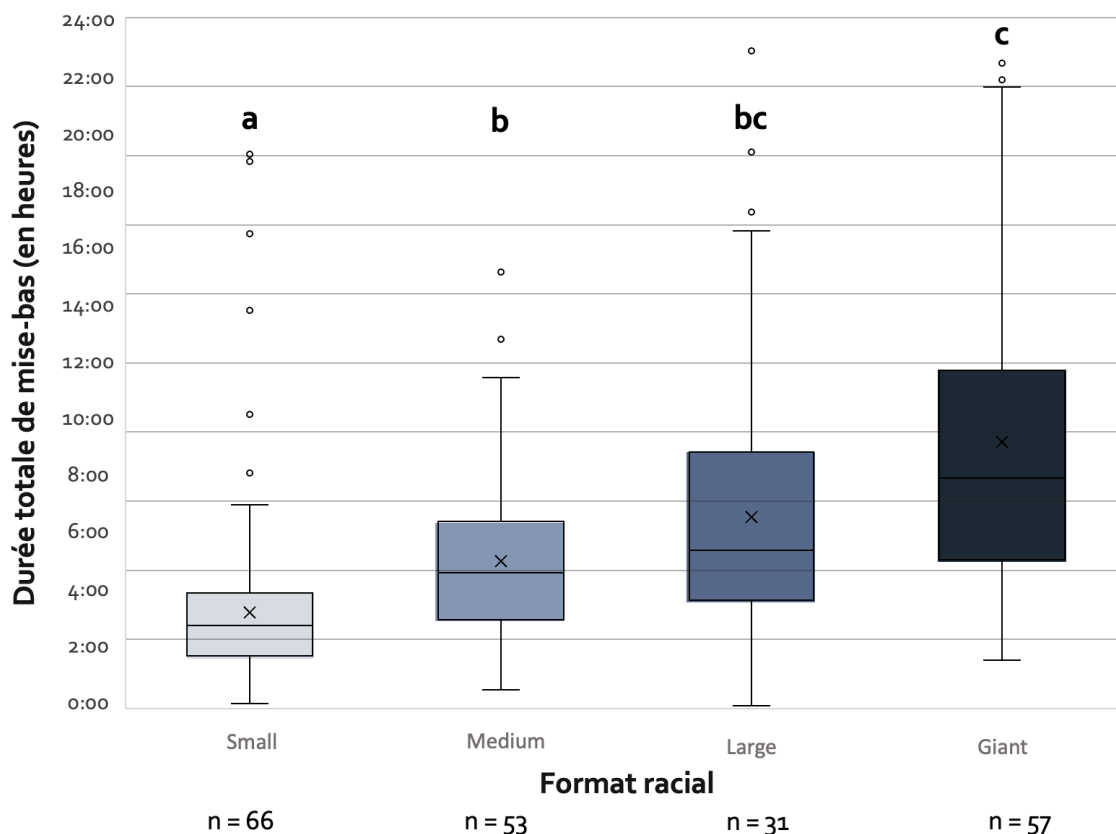


Figure 8 : Durée totale de mise-bas en fonction du format racial (n = 207)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

2) Facteurs liés à la mise-bas

a) Moment de début de la mise-bas

Nous avons observé que des mises-bas démarraient à toutes les heures de la journée : 69% (373) des mises-bas avaient débuté le jour tandis que 31% (165) commençaient la nuit.

L'analyse de la variable explicative « moment de début de la mise-bas » pour chercher à expliquer les variations de la durée de la mise-bas a montré que celles-ci ne pouvaient pas

être imputées au moment de la journée ($p > 0,05$). Le moment de début de la mise-bas n'avait donc aucun effet sur la durée de la mise-bas.

b) Présence d'au moins 1 mort-né

Dans la population étudiée, 1 mise-bas sur 5 (20,3%) comptait au moins 1 chiot mort-né. Sur toutes les mises-bas considérées, il y avait entre 0 et 6 chiots mort-nés par mise-bas, avec une moyenne de $1 \pm 1,3$ chiots mort-nés par mise-bas. Parmi les mises-bas avec chiot(s) mort-né(s), 28% comportaient plusieurs chiots mort-nés.

La durée moyenne de la mise-bas pour les mises-bas comportant au moins un chiot mort-né était de $6,6 \pm 1,1$ heures contre $5,2 \pm 1,1$ heures pour les mises-bas sans cas de mortalité (Figure 9). L'analyse statistique a démontré que ces deux valeurs étaient significativement différentes (p -value $< 0,05$). Ainsi, nous pouvions conclure que la présence d'au moins 1 chiot mort-né était synonyme de durée de la mise-bas longue chez la chienne.

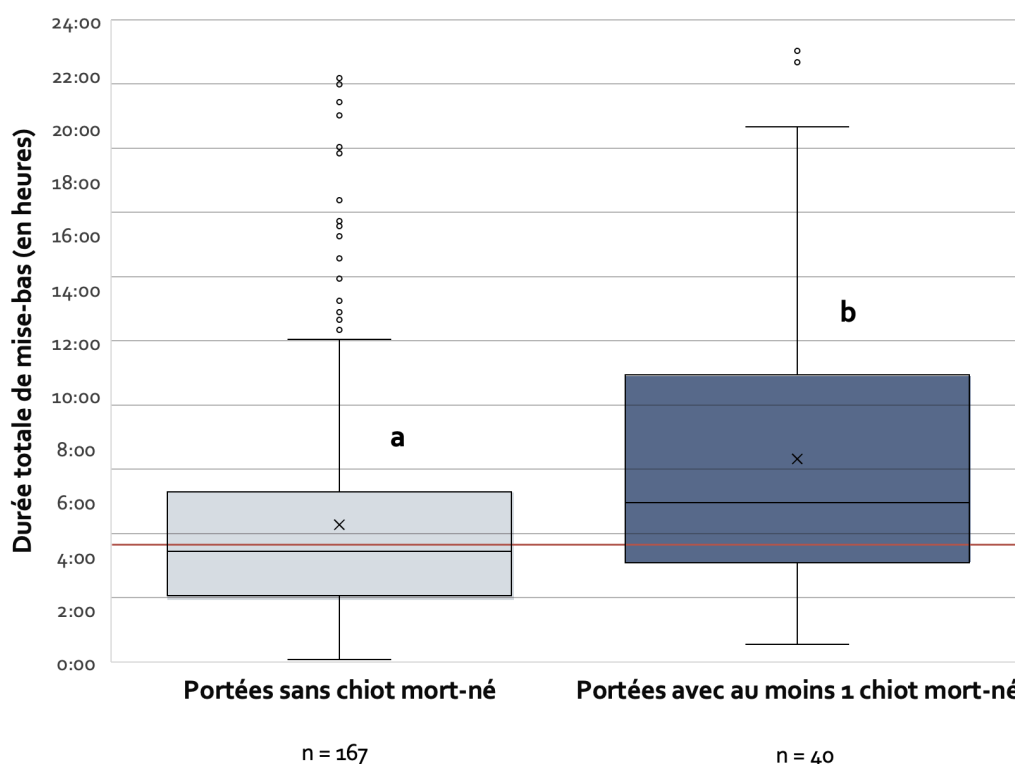


Figure 9 : Durée totale de mise-bas selon la présence d'au moins 1 chiot mort-né dans la portée (n = 207)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

La droite en rouge correspond à la valeur seuil déterminée par l'analyse ROC.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

L'analyse ROC a permis de déterminer un seuil critique de durée totale de mise-bas de 4h17, avec une sensibilité de 50% et une spécificité de 89% (AUC = 0,713 et IC95% : 0,641-0,785), au-delà duquel le risque d'avoir au moins 1 chiot mort-né dans la portée augmentait pour le format *Small*. En effet, ce risque était multiplié par 2,4 lorsque la mise-bas dépassait le seuil : le pourcentage de portées avec mort(s)-né(s) parmi les mises-bas de durée inférieure au seuil était de 8% contre 19% pour celles dont la durée était supérieure. Une valeur seuil de 10h23, avec une sensibilité de 54% et une spécificité de 83% (AUC = 0,736 et IC95% : 0,684-0,787), a également pu être identifiée pour le format *Large*. Le risque était alors multiplié par 4,7 : le pourcentage de portées avec mort(s)-né(s) s'élevait de 9% parmi les mises-bas de durée inférieure au seuil à 43% parmi les mises-bas dépassant le seuil de durée.

c) Taille de portée

Les portées de chiot unique ayant été exclues, la plus petite taille de portée était de 2 chiots, et de 17 pour la plus grande. La prolificité moyenne pour l'échantillon était de $6,5 \pm 2,6$ chiots, tous formats raciaux confondus. Concernant la prolificité moyenne par format, elle était de $4,8 \pm 1,6$ chiots pour le format *Small*, $6,8 \pm 2$ chiots pour le format *Medium*, $7,4 \pm 2,4$ chiots pour le format *Large* et enfin $8 \pm 2,7$ chiots pour le format *Giant*. L'analyse statistique a montré une variation significative de la taille de portée selon le format racial ($p < 0,001$). Cela confirmait la nécessité de catégoriser la taille de portée en quartiles par format. Plus le format racial était grand, plus la taille de portée augmentait (Figure 10).

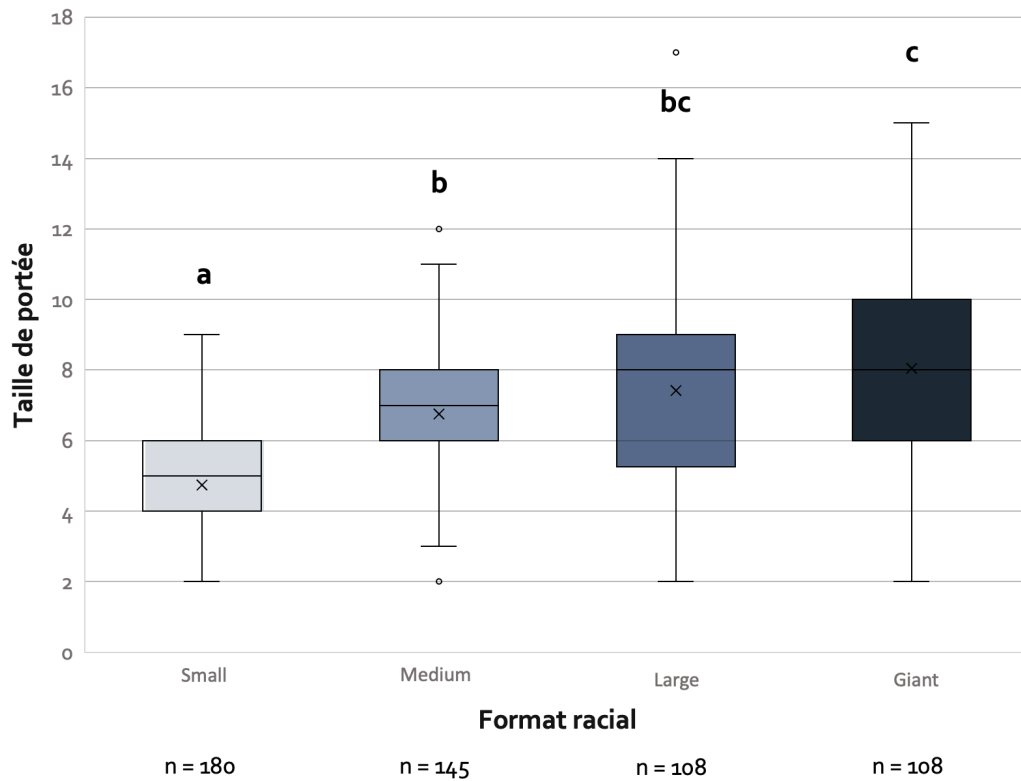


Figure 10 : Taille de portée en fonction du format racial, dans la population « Mises-bas » (n = 541)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

La durée de la mise-bas variait de manière significative avec la taille de portée (p -value $< 0,001$). Nous avons uniquement pu mettre en évidence une différence entre le quartile de taille de portée le plus petit et le reste des quartiles de taille de portée : la durée de la mise-bas était plus courte pour cette catégorie soit de $3,9 \pm 1,1$ heures. (Figure 11).

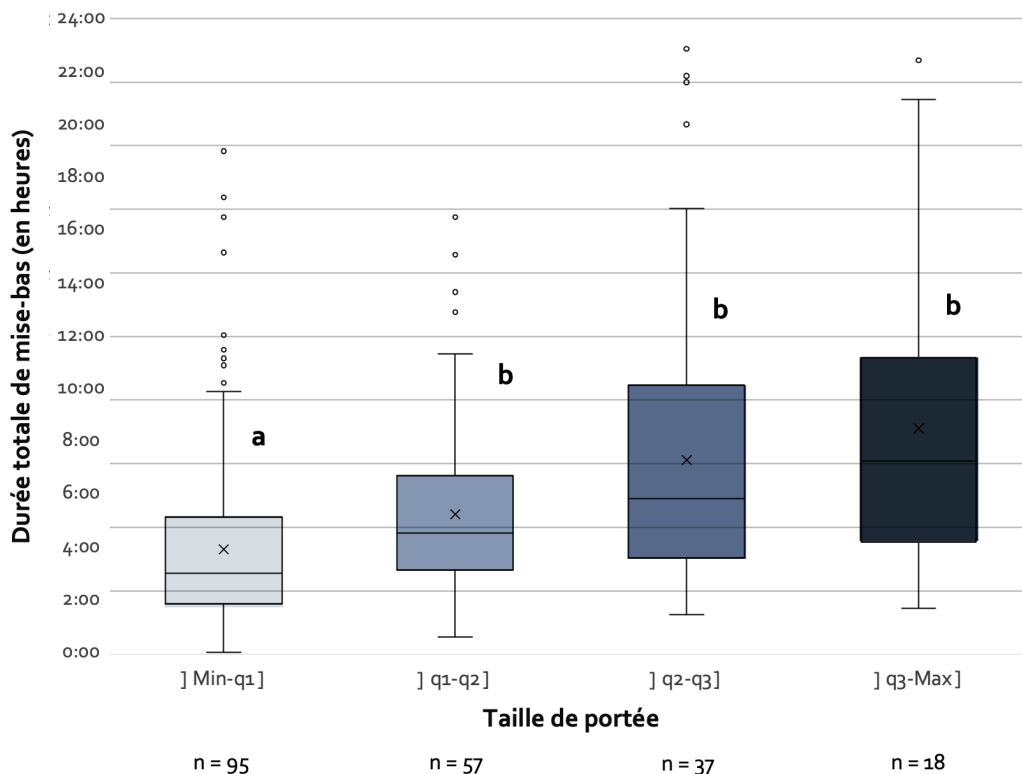


Figure 11 : Durée totale de mise-bas en fonction de la taille de portée (n = 207)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

C. Conséquences sur la santé du chiot

Les conséquences sur la santé du chiot ont été étudiées à l'échelle du chiot, en utilisant cette fois la base de travail « chiot ».

1) Mortalité néonatale

Les différents taux de mortalité néonatale dans notre population, selon la période de vie considérée, sont détaillés dans le tableau 7. Quasiment 50% de la mortalité observée sur la période néonatale, c'est-à-dire de la naissance à 21 jours d'âge, était concentrée sur les 2 premiers jours de vie. De plus, le taux de mortalité décroissait avec l'augmentation de l'âge des chiots. En effet, 87% (104) des chiots vivants à la naissance, mais morts avant 21 jours, sont morts avant 8 jours de vie.

Tableau 7 : Répartition du taux de mortalité selon la période de vie

Période	Nombre de chiots morts	Effectif	Taux de mortalité
[Naissance-J2]	59	2364	2,5% (IC95% : 1,9-3,1)
[J3-J7]	45	2304	2% (IC95% : 1,4-3,6)
[J8-J21]	15	2240	0,7% (IC95% : 0,4-1)
[Naissance-J21]	119	2344	5,1% (IC95% : 2,4-6)

Pour toutes les périodes étudiées, la proportion de chiots morts augmentait avec la durée de la mise-bas (p -value $< 0,05$), sauf pour la période [J8-J21]. La mortalité au cours des deux premiers jours de vie augmentait significativement pour les mises-bas de plus de 12h et par rapport à celles qui duraient entre 6h et 12h ($p < 0,01$), mais sans différence avec les mises-bas courtes (moins de 6h) et les mises-bas longues (plus de 12h). Pour la suite de la première semaine de vie, le taux de mortalité augmentait significativement pour les mises-bas de plus de 12h par rapport à celles qui duraient entre 6h et 12h ($p < 0,01$). Ce résultat a été également été trouvé lors de l'analyse de la période néonatale complète ($p < 0,001$) (Figure 12). Il semblerait donc que l'allongement de la durée de la mise-bas était un facteur de risque de mortalité néonatale chez le chiot, et plus particulièrement de mortalité au cours de la première semaine de vie.

L'analyse ROC n'a pas permis de déterminer de seuil précis de durée totale de mise-bas au-delà duquel la proportion de chiots morts augmentait dans la population, pour aucune des périodes de vie.

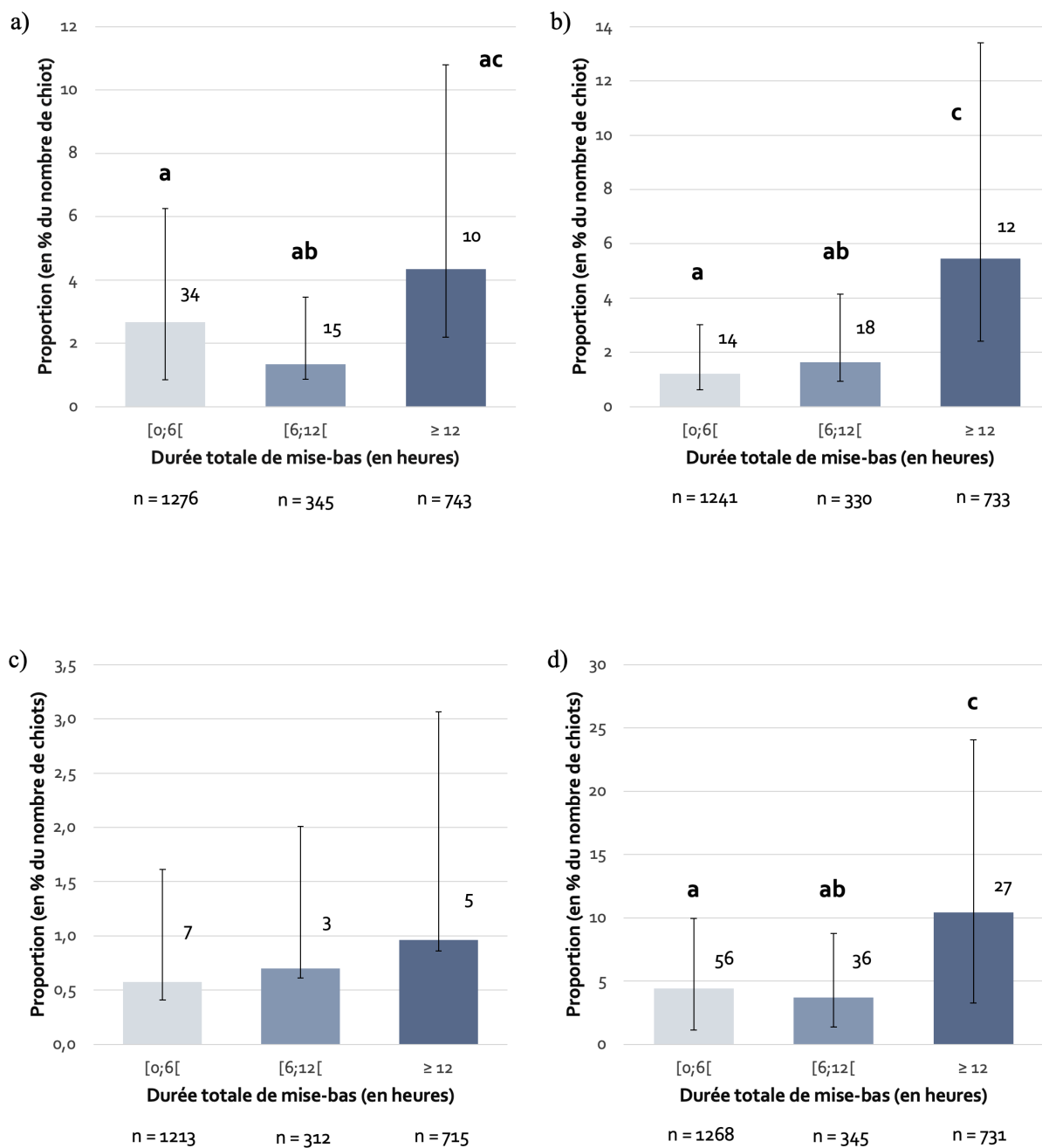


Figure 12 : Proportion de chiots morts selon la durée totale de mise-bas

a) [Naissance-J2] (n = 2364) ; b) [J3-J7] (n = 2304) ; c) [J8-J21] (n = 2240) ; d) [Naissance-J21] (n = 2344)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.

Deux barres portant des lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$).

La barre d'erreur correspond à l'intervalle de confiance à 95% (valeur positive et négative).

2) Croissance néonatale

a) Croissance du chiot de la naissance à J2

Le taux de croissance néonatale précoce moyen était de $+10,6\% \pm 12,2\%$. Le taux de croissance le plus important était de $+64,4\%$ alors que le plus faible taux était de $-28,9\%$. Environ 90% des chiots avaient un taux de croissance de leur naissance à 2 jours de vie compris entre -9% et $+30\%$ (Figure 13). La proportion de chiots dans la population ayant un taux de croissance néonatale précoce négatif était de 19,4%, soit 384 chiots sur 1955.

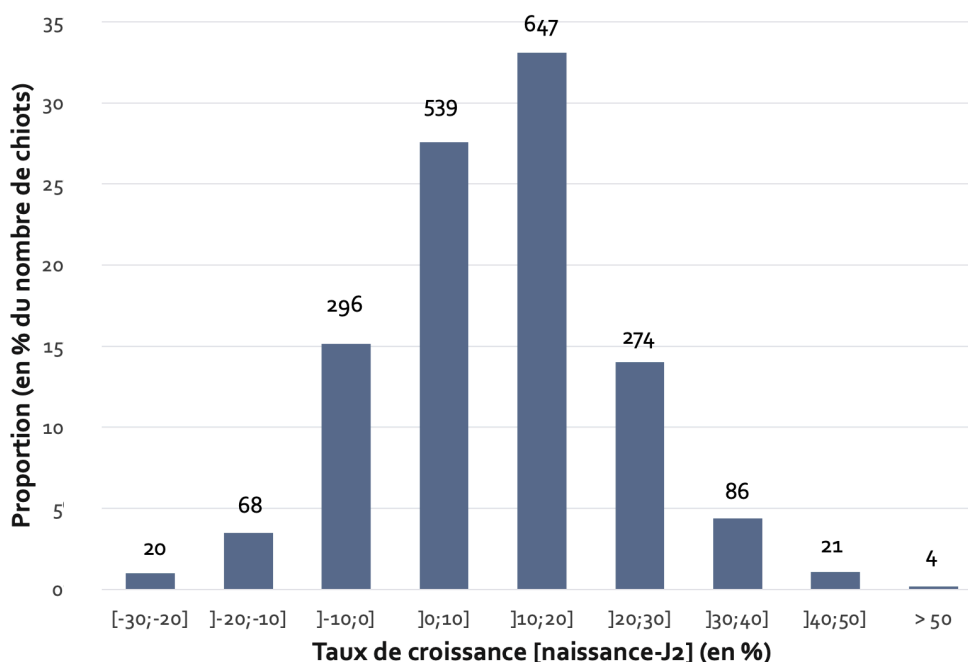


Figure 13 : Distribution du taux de croissance [naissance-J2] (n = 1955)

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.

Le taux de croissance des chiots pour lesquels la durée de mise-bas était inférieure à 6h était significativement plus important que celui des chiots dont la durée de mise-bas avait duré soit entre 6h et 12h ($p < 0,001$), soit plus de 12h ($p < 0,001$). De même, il était plus élevé pour les chiots dont la durée de mise-bas était moyenne (entre 6h et 12h) par rapport à ceux dont la durée de mise-bas était longue (plus de 12h) ($p < 0,01$). En effet, les taux de croissance moyens pour chaque catégorie par ordre croissant de durée étaient de $+13,1\% \pm 12\%$, $+8\% \pm 11,2\%$ et $+6,2\% \pm 13,1\%$ respectivement (Figure 14).

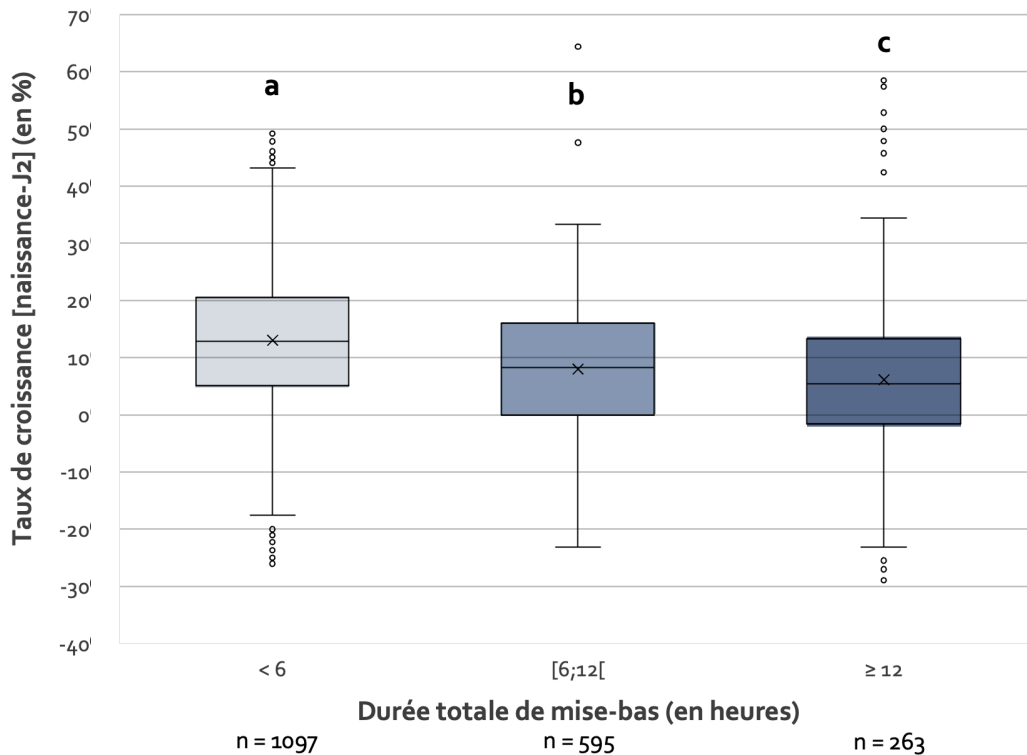


Figure 14 : Taux de croissance [naissance-J2] en fonction de la durée totale de mise-bas (n = 1955)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

L'analyse statistique a révélé que la proportion de chiots à taux de croissance néonatale précoce négatif (naissance-J2) augmentait aussi avec la durée totale de mise-bas ($p < 0,001$) (Figure 15). L'analyse ROC n'a cependant pas permis d'identifier un seuil obstétrical précis pour lequel le risque d'avoir un chiot à taux de croissance négatif augmentait.

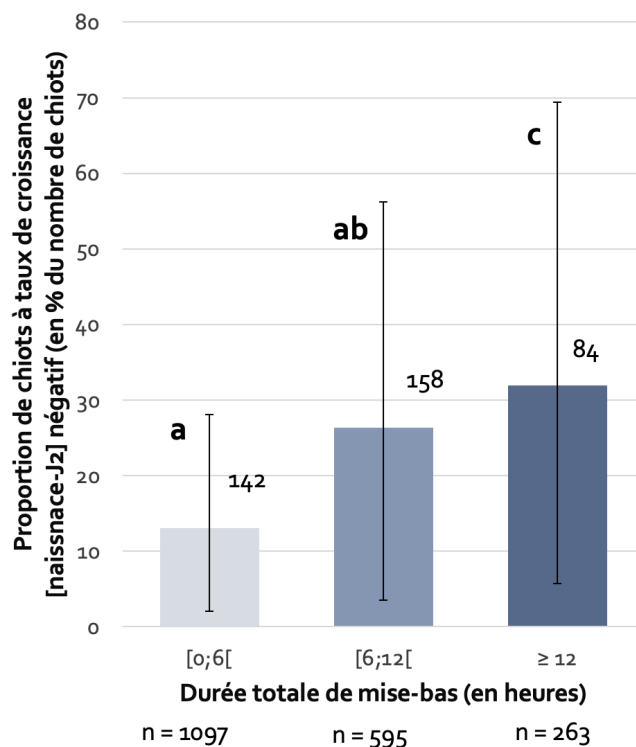


Figure 15 : Proportion de chiots à taux de croissance [naissance-J2] négatif en fonction de la durée totale de mise-bas (n = 1955)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.

Deux barres portant des lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$).

La barre d'erreur correspond à l'intervalle de confiance à 95% (valeur positive et négative).

b) Croissance du chiot de J3 à J7

Le taux de croissance moyen du 3^{ème} jour au 7^{ème} jour de vie était de $+61,1\% \pm 19,1\%$. Le taux de croissance le plus important était de $+132,3\%$ alors que le plus faible taux était de $-21,9\%$. Environ 90% des chiots avaient un taux de croissance [J3-J7] compris entre $+30\%$ et $+90\%$ (Figure 16). Il n'y avait qu'un seul chiot dans la population avec un taux de croissance négatif sur cette période.

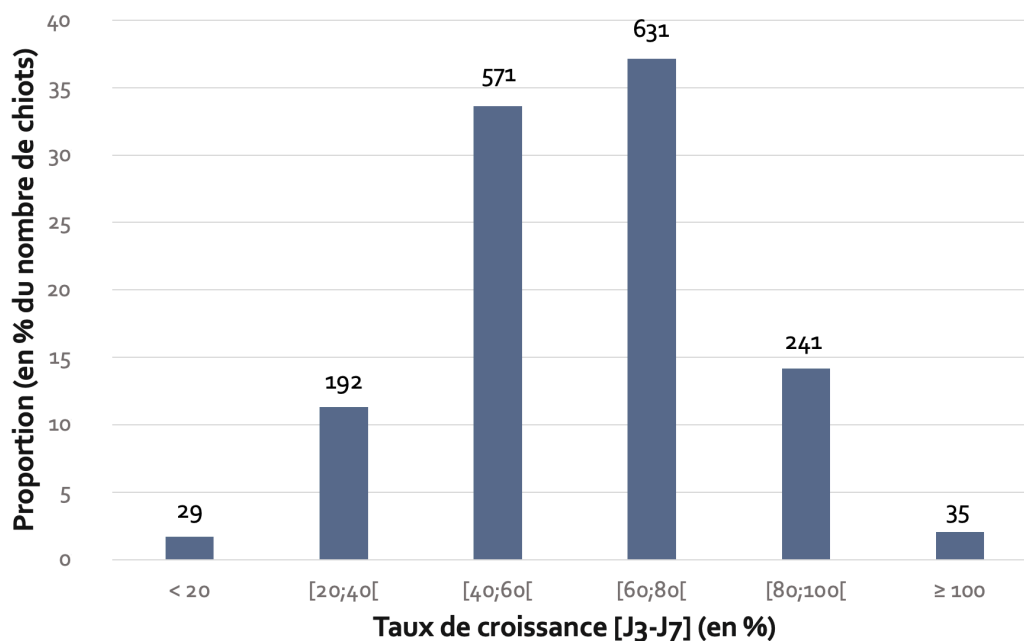


Figure 16 : Distribution du taux de croissance [J3-J7] (n = 1699)

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.

De manière similaire au taux de croissance de la naissance à J2, le taux de croissance [J3-J7] des chiots diminuait lorsque la durée de mise-bas totale augmentait ($p < 0,001$). Les trois catégories de durée étaient significativement différentes. Le taux de croissance moyen par ordre croissant de catégorie de durée de mise-bas était de $64,4\% \pm 18,7\%$ puis $62,6\% \pm 18,9\%$ et enfin $+57,7\% \pm 19,1\%$ respectivement.

c) Croissance du chiot de J8 à J21

Le taux de croissance moyen du 8^{ème} jour au 21^{ème} jour de vie était de $+130,3\% \pm 32,5\%$. Le taux de croissance le plus important était de $+315,1\%$ alors que le plus faible taux était de $+47,3\%$. Environ 90% des 1275 chiots de la population étudiée avaient un taux de croissance [J8-J21] compris entre $+80\%$ et $+180\%$ (Figure 17). Sur cette période, tous les chiots avaient un taux de croissance positif.

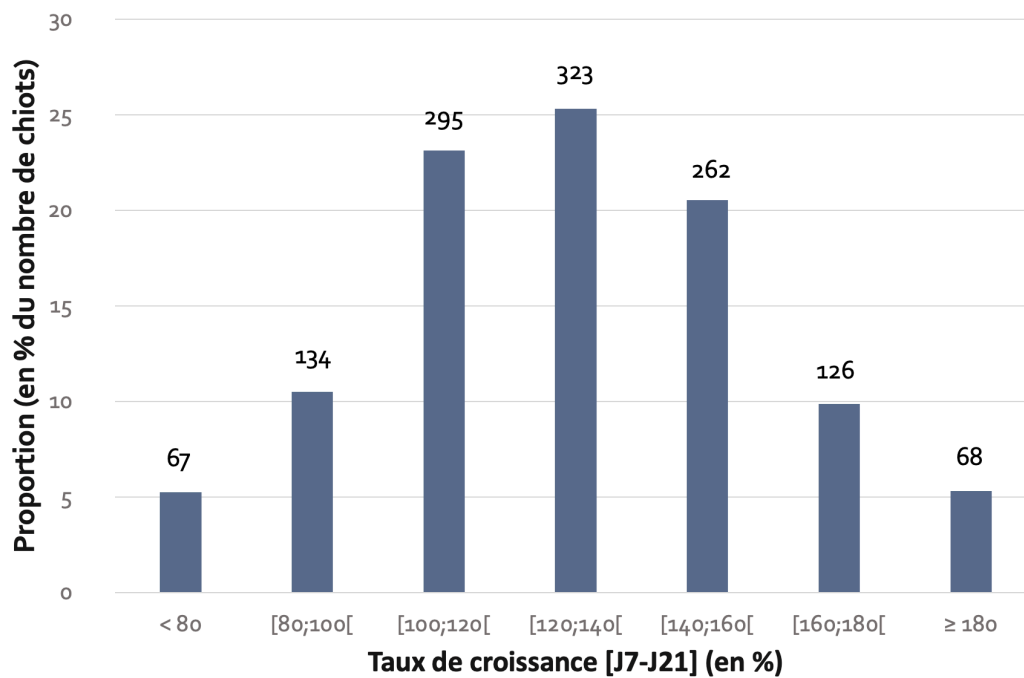


Figure 17 : Distribution du taux de croissance [J7-21] (n = 1275)

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.

L'analyse statistique n'a pas montré d'effet de la durée totale de mise-bas sur le taux de croissance pendant les deuxième et troisième semaines de vie chez les chiots ($p > 0,05$).

d) Croissance du chiot de la naissance à J21

Sur toute la période néonatale, le taux de croissance moyen des 1339 chiots de l'étude était de $+316,5\% \pm 96,5\%$. Le taux de croissance le plus important était de $+817,5\%$ tandis que le plus faible était seulement de $+70,8\%$ (Figure 18). Environ 90% des chiots avaient un taux de croissance de leur naissance à leur 21^{ème} jour de vie compris entre $+170\%$ et $+490\%$.

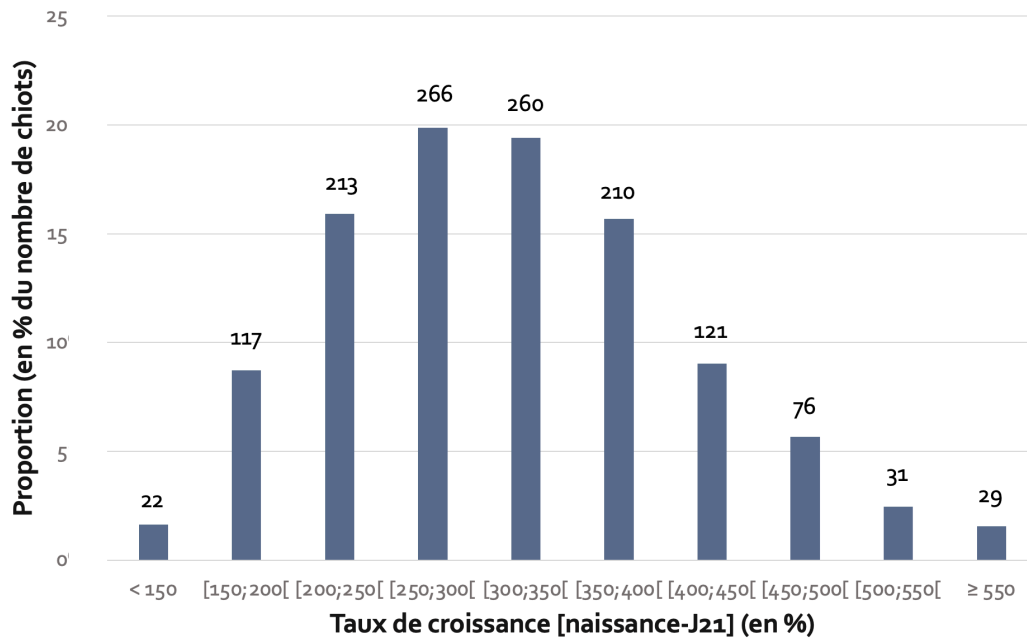


Figure 18 : Distribution du taux de croissance [naissance-21] (n = 1339)

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.

Sur la période néonatale, le taux de croissance des chiots était influencé par la durée totale de mise-bas ($p < 0,001$) : plus la durée de la mise-bas était longue, plus le taux de croissance diminuait. La différence était significative sur les taux de croissance des chiots dont la durée de mise-bas durait moins de 6h, par opposition aux chiots pour lesquels elle durait plus de 6h : $+322\% \pm 142\%$ contre $+290\% \pm 100\%$ (Figure 19).

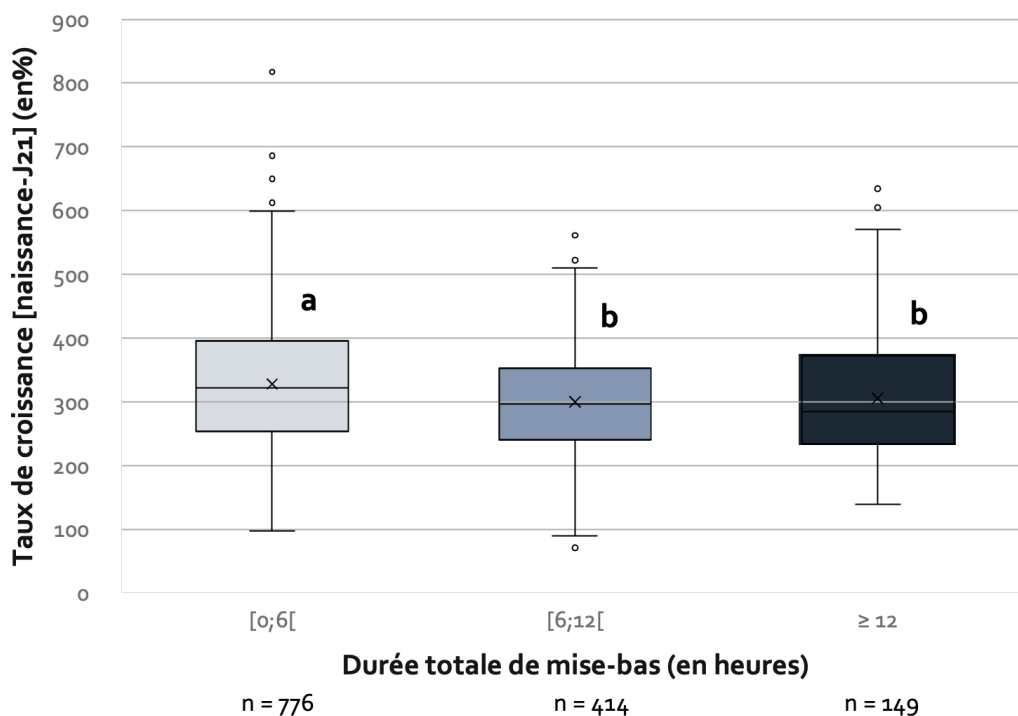


Figure 19 : Taux de croissance [naissance-J21] en fonction de la durée de mise-bas (n = 1339)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

III. Durée cumulée de naissance

A. Description de la durée cumulée de naissance

La durée cumulée de naissance la plus courte était de 0 minutes, tandis que la plus longue était de 36h05 (Figure 20). En moyenne, un chiot mettait $3h37 \pm 3h46$ à être expulsé après le début de la mise-bas. De plus, 25% des durées cumulées de naissance étaient inférieures à 1h15 ; 50% des chiots mettaient moins de 2h30 à être expulsés après le début de la mise-bas de leur portée, et 75% mettaient moins de 4h40.

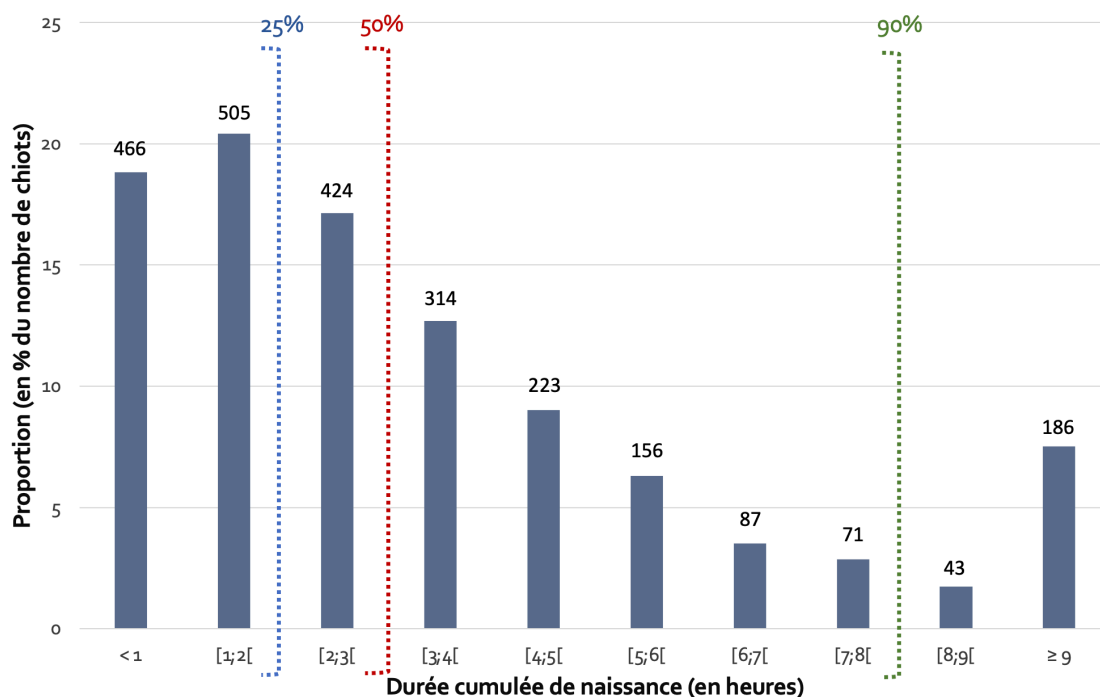


Figure 20 : Distribution de la durée cumulée de naissance (n = 2475)

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots. La barre bleue correspond au premier quartile, la barre rouge correspond à la médiane et la barre verte correspond au 90^{ème} percentile.

B. Conséquences sur la santé du chiot

La description de la mortalité néonatale et de la croissance néonatale ont déjà été effectuées dans la partie II. C) décrivant les effets de la durée totale de mise-bas sur la santé du chiot.

1) *Mortalité néonatale*

La durée cumulée de naissance avait un effet significatif sur la proportion de chiots morts uniquement lorsqu'était considérée la période néonatale entière, de la naissance à 21 jours ($p < 0,05$). En effet, les chiots ayant mis moins de 3h à être expulsés suivant le début de leur mise-bas mourraient moins en période néonatale que les chiots qui ont eux mis plus de 6h à être expulsés par la mère ($p < 0,01$) : 4,3% (IC95% : 3,2-5,4) contre 8,7% (IC95% : 5,1-10,9) respectivement. (Figure 21). Néanmoins, nous n'avons pas été en mesure de déterminer un seuil de durée cumulée de naissance par le biais d'une courbe ROC.

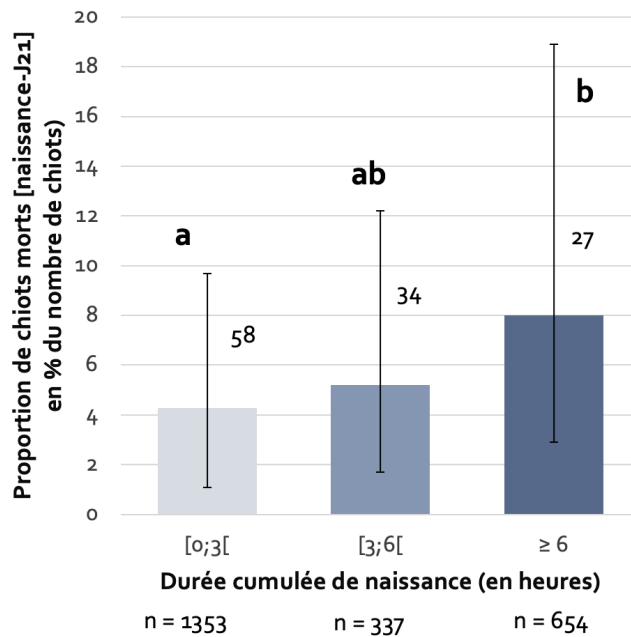


Figure 21 : Proportion de chiots morts entre la naissance et J21 selon la durée cumulée de naissance (n = 2344)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.

Deux barres portant des lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$).

La barre d'erreur correspond à l'intervalle de confiance à 95% (valeur positive et négative).

2) Croissance néonatale

a) Croissance du chiot de la naissance à J2

Le taux de croissance de la naissance à J2 pour les chiots expulsés avant 3h (moyenne de $+11,7\% \pm 12,3\%$) était significativement supérieur à celui des chiots expulsés en 3h à 6h (moyenne de $+10\% \pm 12,6\%$) et à celui des chiots expulsés en plus de 6h (moyenne de $7,2\% \pm 10,5\%$). La différence était également significative entre les chiots de durée de naissance cumulée entre 3h et 6h et de durée de naissance supérieure à 6h ($p < 0,01$). Ainsi, plus les chiots mettaient de temps à être expulsés, plus leur taux de croissance était faible (Figure 22).

L'analyse statistique a révélé que la proportion de chiots à taux de croissance néonatale précoce négatif augmentait aussi avec la durée totale de mise-bas ($p < 0,01$), une différence ayant été identifiée entre les durées cumulées de naissance inférieures à 3h ($17,2\%$; IC95% : 15-19,4) et celles supérieures à 6h (25% ; IC95% : 19,8-30,2) (Figure 23). L'analyse ROC n'a cependant pas permis d'identifier un seuil obstétrical précis pour lequel le risque qu'un chiot soit à taux de croissance négatif entre la naissance et J2 augmente.

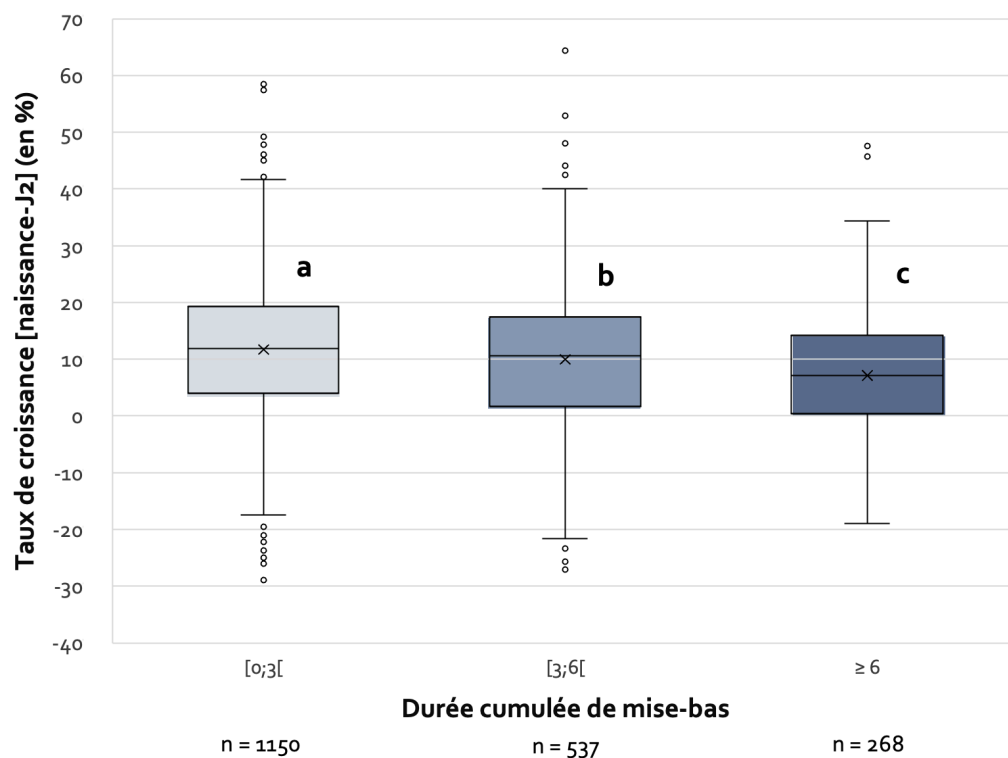


Figure 22 : Taux de croissance [naissance-J2] en fonction de la durée cumulée de naissance (n = 1955)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

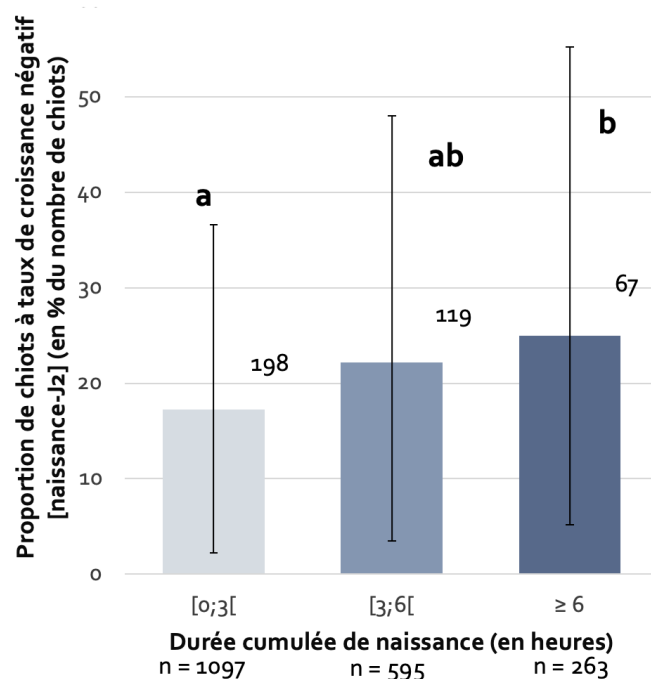


Figure 23 : Proportion de chiots à taux de croissance [naissance-J2] négatif en fonction de la durée cumulée de mise-bas (n = 1955)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.

Deux barres portant des lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$).

La barre d'erreur correspond à l'intervalle de confiance à 95% (valeur positive et négative).

b) Croissance du chiot de J3 à J7

Sur cette période, le taux de croissance était significativement inférieur pour les chiots ayant une durée cumulée de plus de 3h ($+58,3 \pm 19,5\%$), par rapport au ceux dont la durée cumulée était inférieure à 3h ($+62,8 \pm 18,3\%$) ($p < 0,001$).

c) Croissance du chiot de J8 à J21

L'analyse statistique n'a pas montré d'effet de la durée cumulée de naissance sur le taux de croissance pendant les deuxième et troisième semaines de vie chez les chiots ($p > 0,05$).

d) Croissance du chiot de la naissance à J21

Comme pour la croissance de J8 à J21, l'analyse bivariée n'a pas été en mesure de mettre en évidence une différence significative du le taux de croissance sur la période néonatale complète ($p > 0,05$).

IV. Délai de naissance

A. Description du délai de naissance

Le délai de naissance le plus court était de 0 minutes, tandis que le plus long était de 22h (Figure 24). En moyenne, l'intervalle de temps entre les naissances successives de 2 chiots était de $1h05 \pm 1h32$. De plus, 25% des chiots mettaient moins de 25 minutes à naître après l'expulsion du chiot précédent. Environ la moitié des chiots mettaient moins de 40 minutes et enfin, 75% des chiots avaient un délai de naissance inférieur à 1h20.

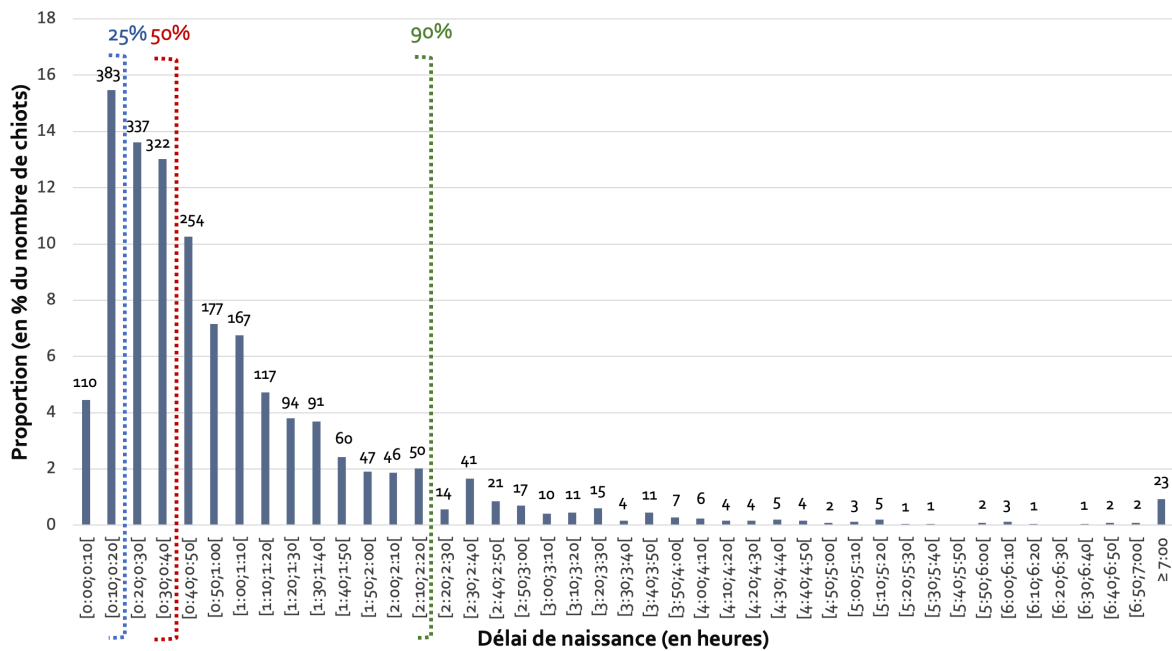


Figure 24 : Distribution du délai de naissance (n = 2475)

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots. La barre bleue correspond au premier quartile, la barre rouge correspond à la médiane et la barre verte correspond au 90^{ème} percentile.

B. Facteurs de variation du délai de naissance

Le modèle statistique multivarié final explique 15% (IC95% : 11-20) de la variabilité du délai de naissance. Sa formule est la suivante : $\log(1 + \text{Délai de naissance}) \sim [\text{Poids de naissance} + \text{Rang de naissance} + \text{Sexe} + \text{Statut naissance} + \text{Taille de portée} + \text{Parité mère} + \text{Format racial} + \text{Effet aléatoire « mère »}]$.

1) Facteurs liés à la mère

a) Parité de la mère

La parité de la mère à la mise-bas était disponible pour 1087 chiots. Les mères avec la parité la plus faible au moment de la mise-bas étaient primipares et la parité la plus élevée était de 5. La population était composée de 39% (423) de chiennes primipares et 61% (664) de chiennes multipares, parmi lesquelles plus de 75% (507) avaient mis-bas 1 ou 2 fois auparavant.

Contrairement à la durée de mise-bas totale, la parité de la mère influençait le délai de naissance ($p < 0,05$). Les chiots issus de mères multipares avaient un délai de naissance supérieur à ceux issus de mère primipares : 32 ± 7 minutes contre 29 minutes ± 7 minutes, respectivement.

b) Format racial

Les mises-bas ont été réparties dans 4 formats raciaux, selon le poids à l'âge adulte de la race du chien : *Small*, *Medium*, *Large* et *Giant*. Les formats *Small*, *Medium* et *Large* sont composés d'un grand nombre de races (22, 19 et 16 respectivement) alors que le format *Giant* est composé d'un plus petit nombre de races (8). La répartition du format racial selon la race est présentée dans l'annexe 1. Dans la population de mises-bas étudiée, les 4 formats étaient représentés dans des proportions similaires, comme le montre la figure 25.

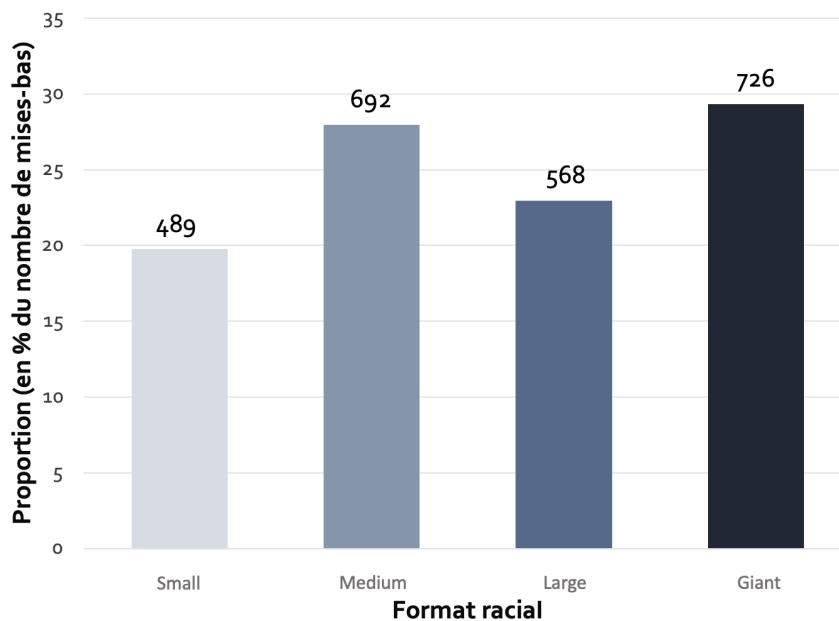


Figure 25 : Distribution du format racial (n = 2475)

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.

À l'instar de la durée totale de mise-bas, le format racial avait un effet sur le délai de naissance ($p < 0,001$). Le modèle statistique a permis de mettre en évidence que les chiots de format *Small* avaient un délai de naissance plus court ($0h23 \pm 0h07$) que les chiots des 3 autres formats ($0h33 \pm 0h07$). Aucune différence significative n'a été identifiée entre les 3 autres formats (Figure 26).

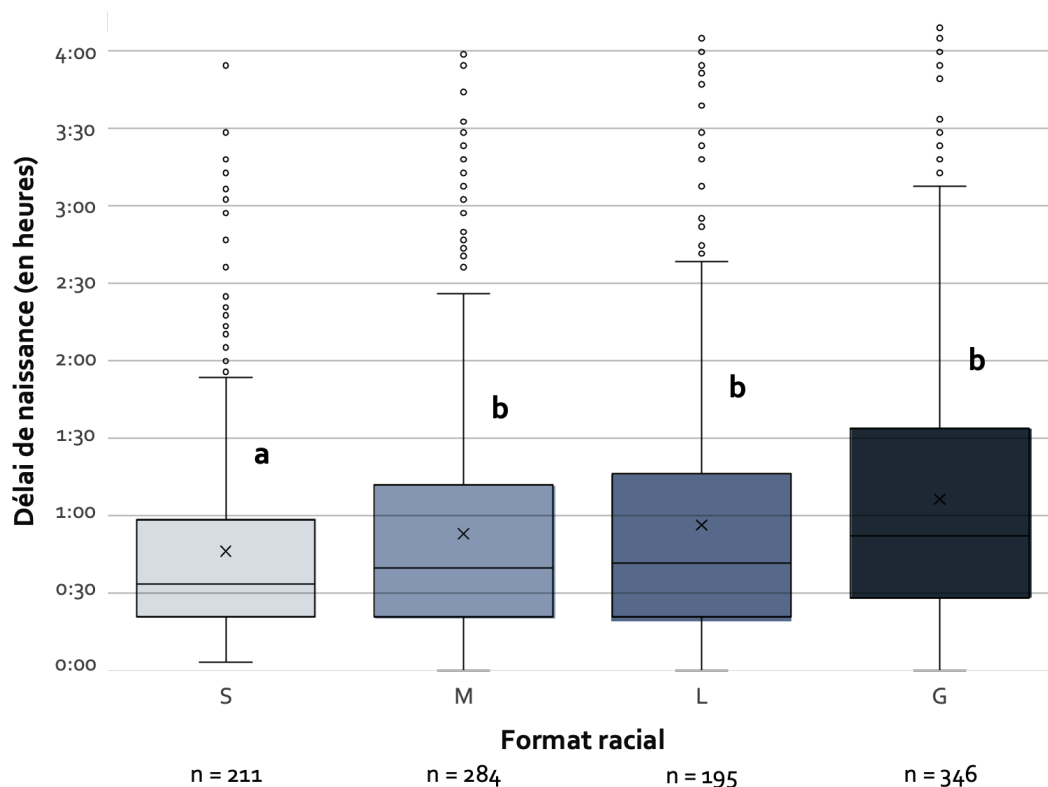


Figure 26 : Format racial en fonction du délai de naissance (n = 1036)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

2) Facteur lié à la mise-bas : taille de portée

Les portées de chiot unique ayant été exclues, la plus petite taille de portée était de 2 chiots contre 17 pour la plus grande. La prolificité moyenne pour l'échantillon était de $7,8 \pm 2,7$ chiots, tous formats raciaux confondus. Concernant la prolificité moyenne par format, elle était de $5,3 \pm 1,5$ chiots pour le format *Small*, $7,3 \pm 2$ chiots pour le format *Medium*, $8,7 \pm 2,7$ chiots pour le format *Large* et enfin $9,1 \pm 2,6$ chiots pour le format *Giant*. L'analyse statistique a montré une variation significative de la taille de portée selon le format racial ($p < 0,001$). Plus le format racial était grand, plus la taille de portée augmentait.

Tout comme la durée de la mise-bas totale, le délai de naissance variait de manière significative avec la taille de portée (p -value $< 0,001$). Néanmoins, c'était le dernier quartile de taille de portée pour lequel une différence a été mise en évidence par rapport aux autres quartiles de taille de portée. Le délai de naissance était plus court pour cette catégorie : 25 ± 7 minutes contre un délai de naissance moyen des 3 autres catégories de 33 ± 7 minutes (Figure 27).

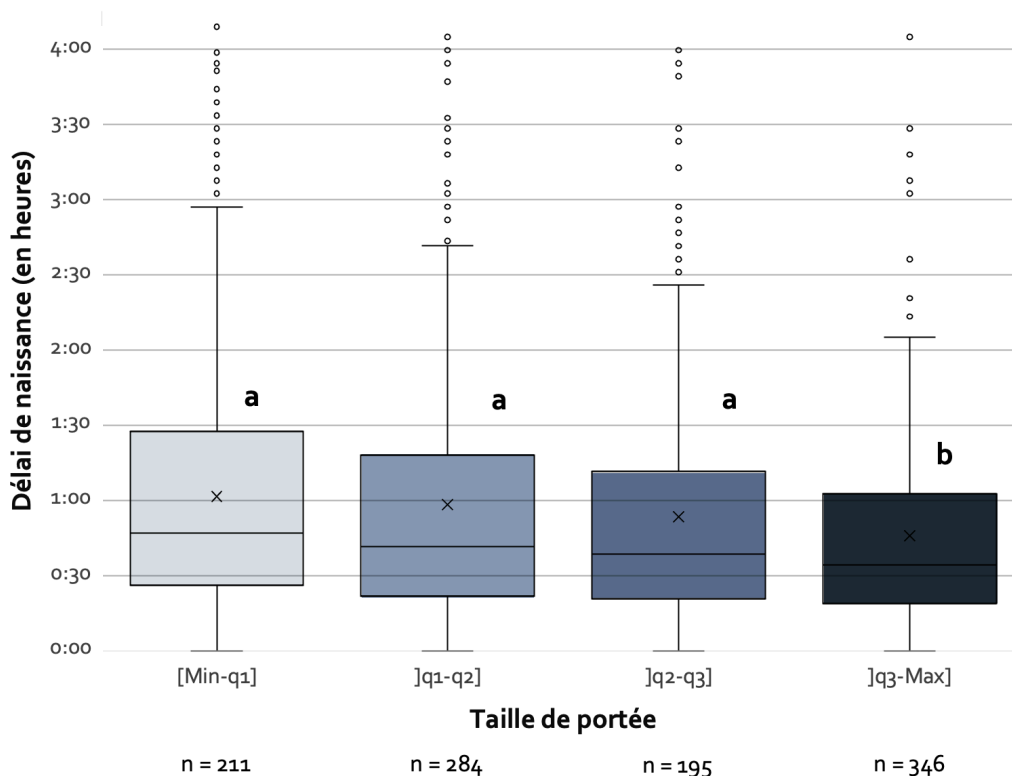


Figure 27 : Délai de naissance en fonction de la taille de portée (n = 1036)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

3) Facteurs liés au chiot

a) Sexe du chiot

Dans la population totale de 2475 chiots, 1237 étaient des mâles tandis que 1218 étaient des femelles. Le sex ratio était donc de 1,02.

Le modèle linéaire mixte n'a pas démontré que le sexe du chiot n'ait aucun effet sur le délai de naissance ($p > 0,05$).

b) Statut du chiot à la naissance

Le taux de mortinatalité dans la population étudiée était de 4,3%, soit 106 chiots mort-nés sur 2475.

L'analyse multivariée montrait que le statut du chiot à sa naissance (né-vivant ou mort-né) a un effet significatif sur son délai de naissance ($p < 0,001$). En effet, le délai de naissance moyen des chiots nés-vivants est de 22 ± 6 minutes, contre 42 ± 7 minutes pour les

chiots mort-nés (Figure 28). Le délai de naissance pour un chiot mort-né est ainsi environ 2 fois supérieur à celui d'un chiot né-vivant. Sur les 3 délais de naissance les plus longs qui aient été observés dans la population, 2 correspondent à des chiots morts à la naissance (21h et 21h10).

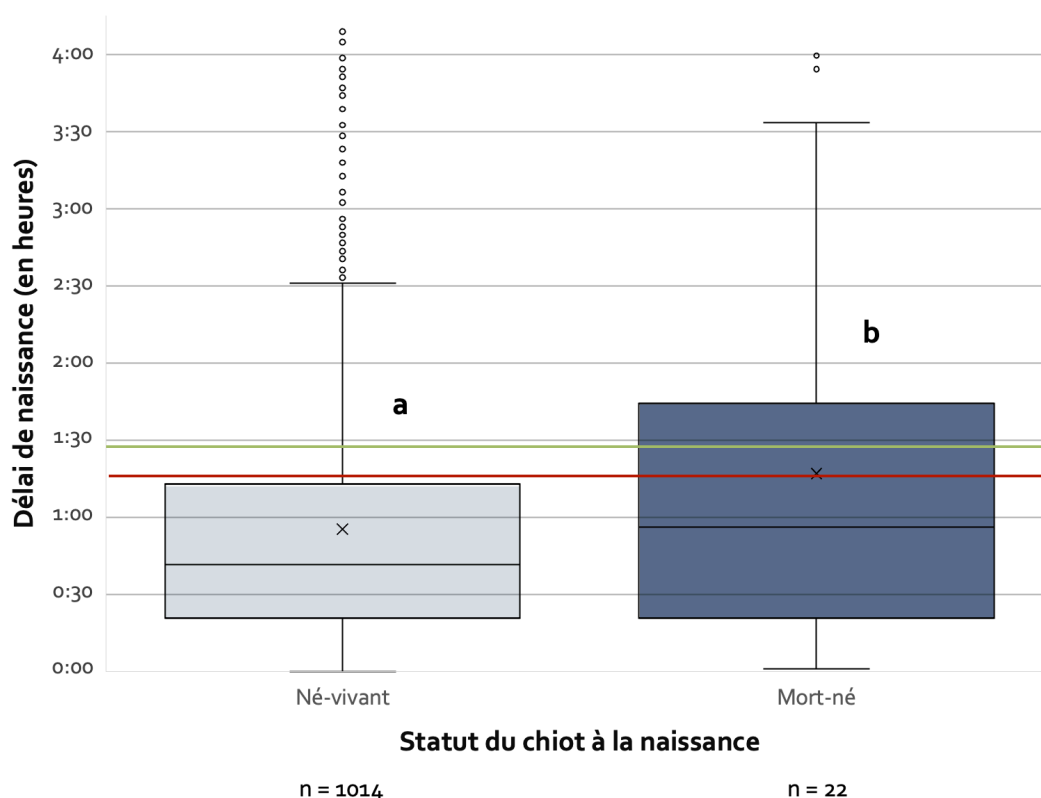


Figure 28 : Délai de naissance en fonction du statut du chiot à la naissance (n = 1036)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

La droite en rouge correspond à la valeur seuil déterminée par l'analyse ROC pour le format *Small*. La droite en vert correspond à la valeur seuil déterminée par l'analyse ROC pour le format *Large*.

Deux boxplots portant la même lettre ne sont pas significativement différents ($p > 0,05$)

L'analyse ROC a permis de déterminer un seuil critique de délai de naissance de 1h16, avec une sensibilité de 92% et une spécificité de 89% (AUC = 0,884 et IC95% : 0,718-1,000), au-delà duquel le risque d'avoir un chiot mort-né augmentait pour le format *Small*. En effet, ce risque était multiplié par 2,9 : le pourcentage de chiots morts-nés parmi les chiots à délai inférieur au seuil était de 1,7% contre 5% parmi les chiots à délai supérieur au seuil de durée. Une valeur seuil de 1h29, avec une sensibilité de 92% et une spécificité de 78% (AUC = 0,870 et IC95% : 0,702-1,000), a également pu être identifiée pour le format *Large*. Le risque était alors multiplié par 11 : le pourcentage de chiots morts-nés parmi les chiots à délai

inférieur au seuil était de 0,65% contre 7,2% parmi les chiots à délai supérieur au seuil de durée. Les courbes ROC établies sont représentées dans la figure 29.

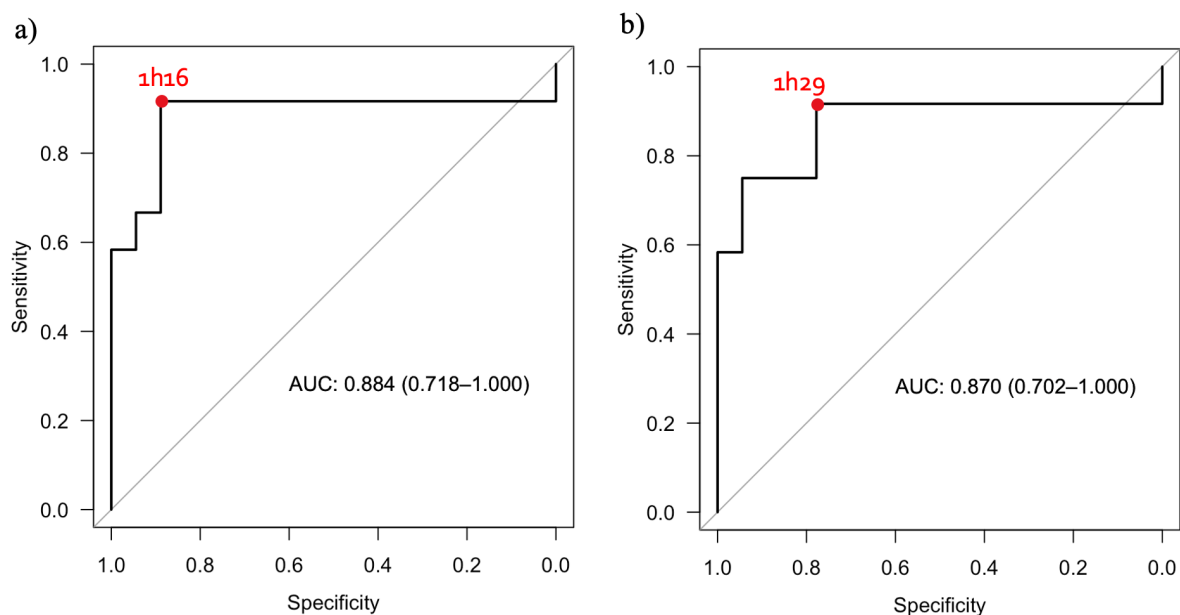


Figure 29 : Courbes ROC évaluant la sensibilité et la spécificité pour chaque seuil de délai de naissance

a) *Format Small (n = 489)*

b) *Format Large (n = 568)*

Le point en rouge indique la valeur seuil retenue.

L'AUC indique l'aire sous la courbe, ainsi que son intervalle de confiance à 95%.

c) Poids de naissance

Le poids de naissance moyen dans l'échantillon était de 393 ± 149 grammes, tous formats raciaux confondus. La description statistique pour chaque format racial a été détaillée dans le tableau 7. Le plus petit poids de naissance était de 43g (Chihuahua), tandis que le chiot le plus gros à la naissance pesait 820g (Terre Neuve).

Tableau 7 : Description statistique des poids de naissance selon le format racial

Format racial	Min	Max	Moyenne \pm SD (g)	Effectif
Small	43	370	202 \pm 53	451
Medium	128	695	349 \pm 83	623
Large	170	735	416 \pm 94	543
Giant	180	820	540 \pm 110	689

L'analyse multivariée n'a pas mis en évidence d'influence du poids de naissance des chiots sur leur délai de naissance ($p > 0,05$).

d) Rang de naissance

Avant transformation en proportion, le rang de naissance minimal était de 2 tandis que le rang de naissance maximal était de 17, soit l'équivalent des tailles de portée et maximales. La médiane était de 4 et l'IQR également. Une fois le rang de naissance codé en proportion, le rang de naissance minimum était de 0,12 et le rang de naissance le plus élevé était de 1. Près de 50% des chiots avaient un rang de naissance inférieur à 0,47 et 75% des chiots avaient un rang de naissance compris entre 0,43 et 0,86 (Figure 30).

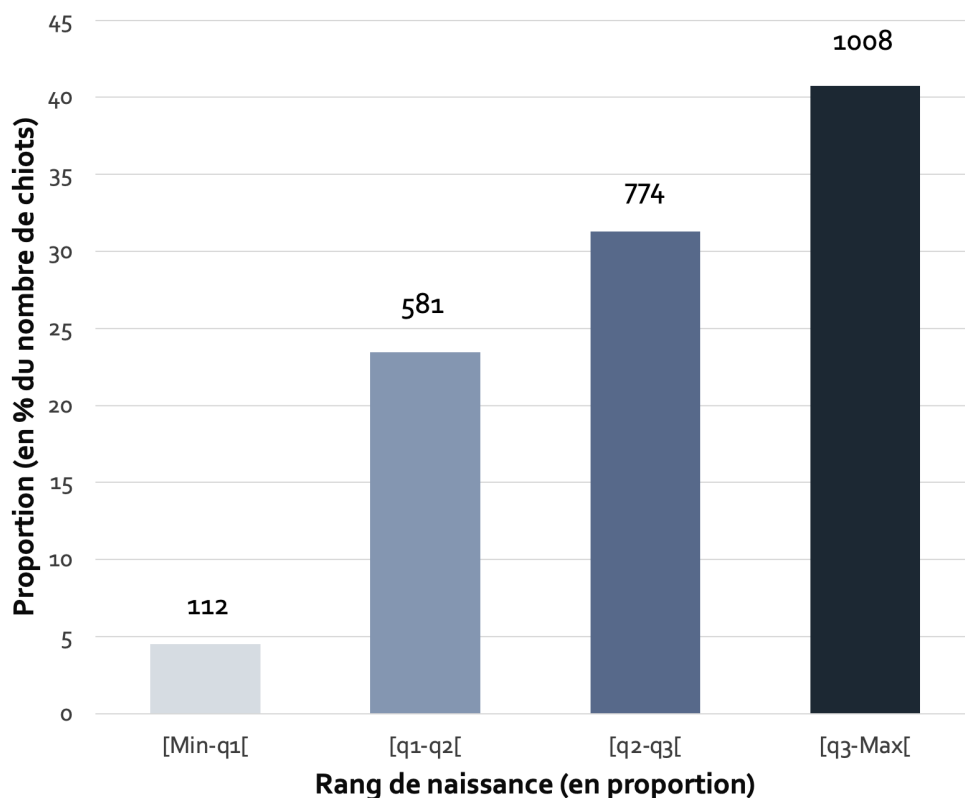


Figure 30 : Distribution du rang de naissance ($n = 2475$)

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots. Le mode de calcul du rang de naissance en proportion est expliqué dans la section Matériel et Méthodes.

Le rang de naissance avait un impact sur le délai de naissance ($p < 0,001$). C'est d'ailleurs la variable explicative qui explique la plus grande proportion de variabilité du délai de naissance dans ce modèle, représentée par le coefficient de détermination r^2 ($r^2 = 0,04$ et $IC95\% = 0,013-0,07$). Le délai de naissance était supérieur pour le premier et surtout pour le

dernier quartile, par comparaison aux quartiles du milieu. Ces deux quartiles avaient également une variabilité plus importante (Figure 31).

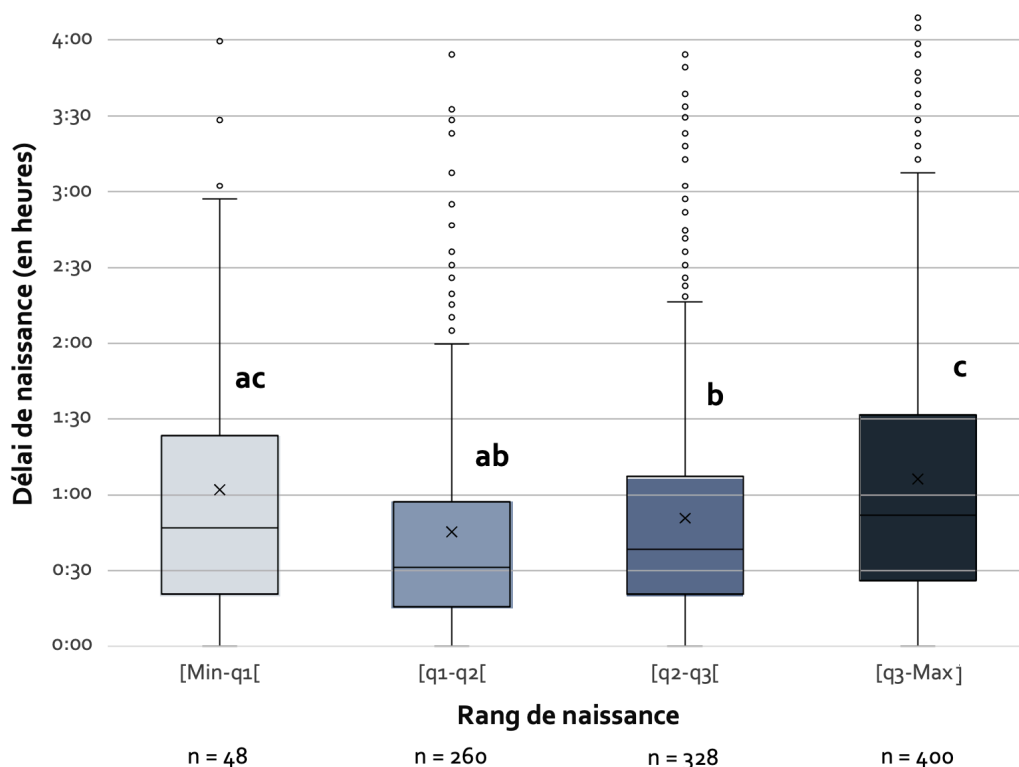


Figure 31 : Relation entre le rang de naissance (en quartiles) et le délai de naissance (n = 1036)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

C. Conséquences sur la santé du chiot

La description de la mortalité néonatale et de la croissance néonatale ont déjà été effectuées dans la partie II. C) décrivant les effets de la durée totale de mise-bas sur la santé du chiot.

1) *Mortalité néonatale*

Contrairement aux variables de durées de mise-bas étudiées précédemment, l'analyse statistique n'a démontré d'influence sur la mortalité des chiots du délai de naissance, et ce pour toutes les périodes de vie étudiées ($p > 0,05$).

2) Croissance néonatale

a) Croissance du chiot de la naissance à J2

Le taux de croissance du chiot depuis sa naissance à son deuxième jour de vie était influencé par son délai de naissance ($p < 0,01$). En effet, les chiots dont le délai de naissance était supérieur à 1h30 avaient un taux de croissance sur cette période inférieur aux autres chiots (Figure 32). Cependant, il ne semblait pas y avoir de différence significative concernant les taux de croissance des chiots ayant un délai de naissance allant de 0 minutes à 1h30.

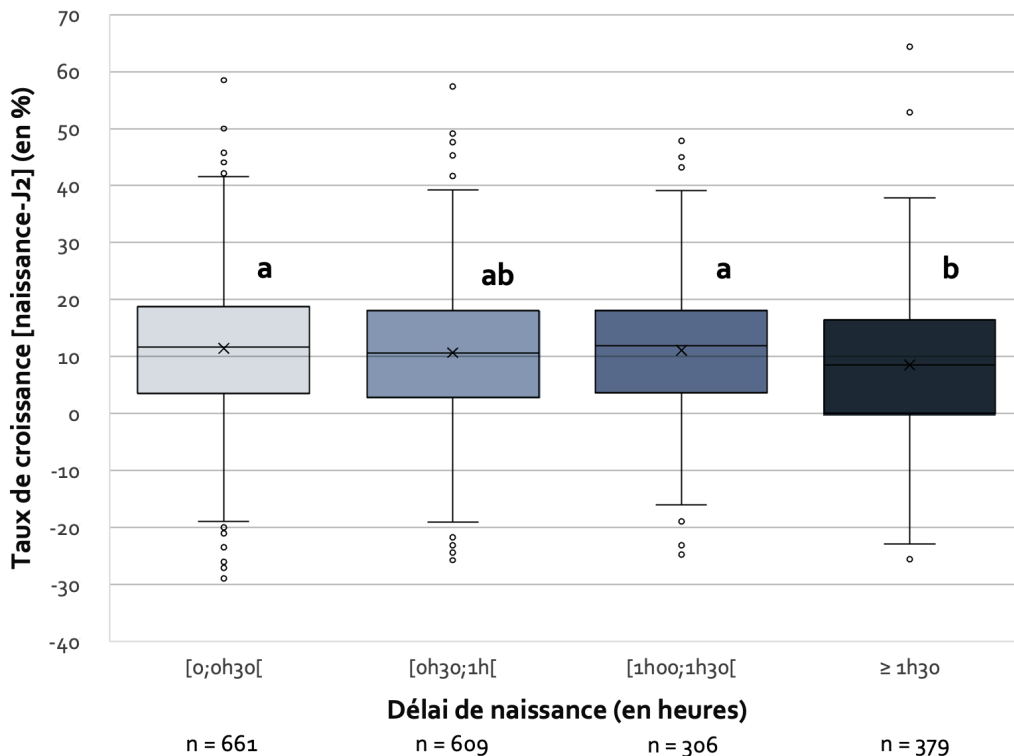


Figure 32 : Taux de croissance [naissance-J2] en fonction du délai de naissance (n = 1955)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

La proportion de chiots ayant un taux de croissance négatif était impactée par le délai de naissance, de la même façon que la durée de mise-bas et la durée cumulée de naissance ($p < 0,05$). Plus le délai de naissance était élevé, plus la proportion de chiots à taux de croissance négatif était élevée. Une différence significative a notamment été identifiée entre les chiots dont le délai de naissance était inférieur à 30 minutes et ceux dont le délai était supérieur à 1h30 ($p < 0,01$), représentée dans la figure 33 : 14,8% (IC95 : 12,1-17,5) contre 25,3% (IC95% : 20,9-29,7) respectivement. L'analyse ROC n'a cependant pas permis d'identifier un

seuil obstétrical précis pour lequel le risque qu'un chiot ait un taux de croissance négatif augmente.

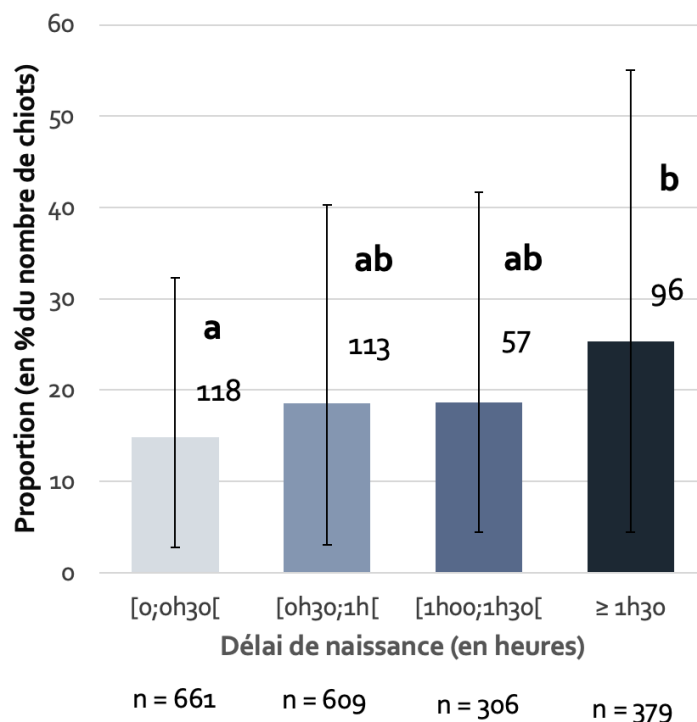


Figure 33 : Proportion de chiots à taux de croissance [naissance-J2] négatif selon le délai de naissance (n = 1955)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Le chiffre indiqué au-dessus de chaque barre correspond au nombre de chiots.

Deux barres portant des lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$).

La barre d'erreur correspond à l'intervalle de confiance à 95% (valeur positive et négative).

b) Croissance du chiot de J3 à J7

Aucune influence du délai de naissance sur le taux de croissance de J3 à J7 chez les chiots n'a été mise en évidence par l'analyse bivariée ($p > 0,05$).

c) Croissance du chiot de J8 à J21

L'analyse statistique n'a pas montré d'effet du délai de naissance sur le taux de croissance pendant les deuxième et troisième semaines de vie chez les chiots ($p > 0,05$).

d) Croissance du chiot de la naissance à J21

Le taux de croissance du chiot depuis sa naissance à 21 jours de vie était influencé par son délai de naissance ($p < 0,05$). En effet, les chiots dont le délai de naissance était supérieur à 1h30 avaient un taux de croissance sur cette période inférieur aux autres chiots ($+292,5\% \pm 131,3\%$). Cependant, il ne semblait pas y avoir de différence significative concernant les taux de croissance des chiots ayant un délai de naissance allant de 0 minutes à 1h30 ($+314\% \pm 124\%$ en moyenne pour les 3 autres catégories).

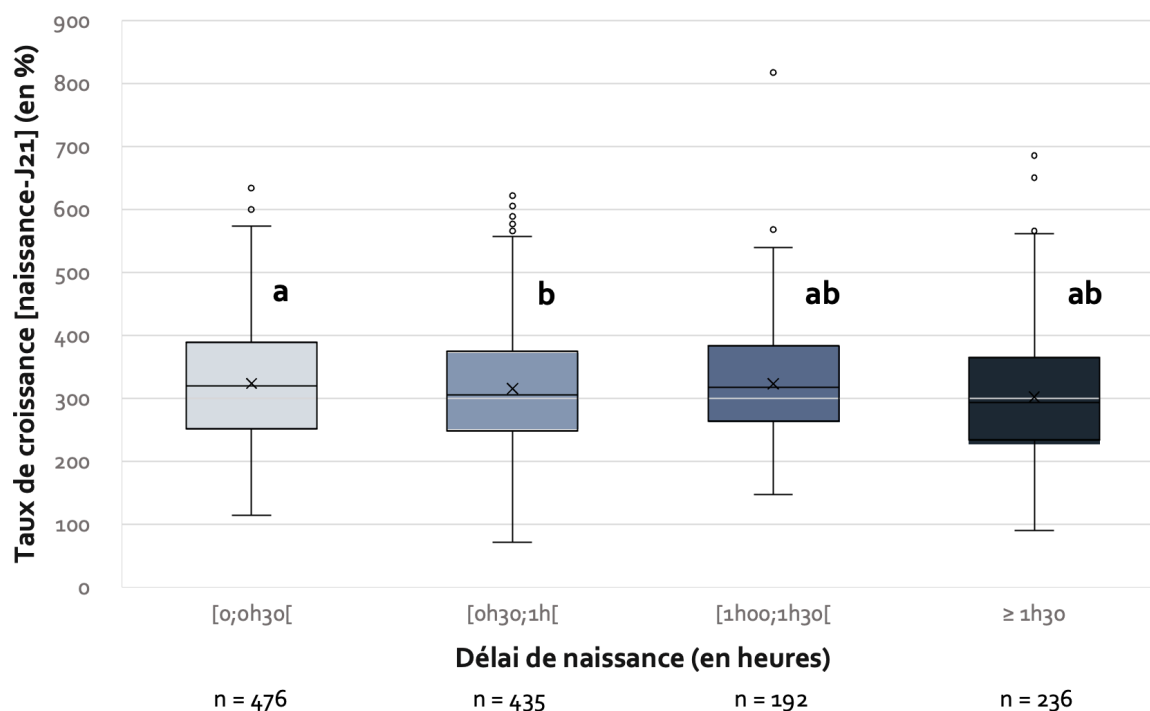


Figure 34 : Taux de croissance [naissance-J21] en fonction de la durée de mise-bas (n = 1339)

Les nombres en-dessous de l'axe des abscisses représentent les effectifs pour chaque catégorie.

Deux boxplots portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$).

V. Bilan des résultats significatifs

Les résultats significatifs obtenus dans notre étude sont résumés dans la figure 35. Les variables explicatives en lien avec la mortinatalité ont été classées dans les facteurs de variation, faisant partie des modèles linéaires mixtes. Néanmoins, elles peuvent également être considérées comme faisant partie de l'analyse des conséquences sur la santé du chiot.

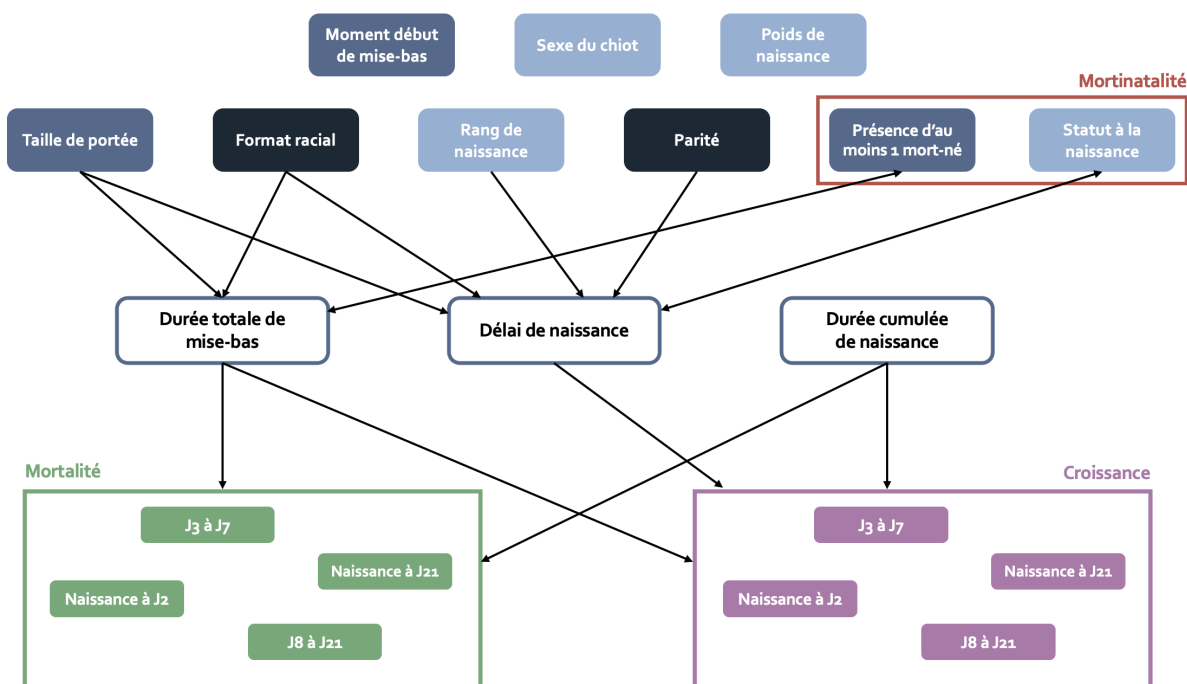


Figure 35 : Bilan des résultats significatifs

Les facteurs de variation sont représentés en bleu : bleu clair pour ceux liés au chiot, bleu moyen pour les facteurs liés à la portée et bleu foncé pour ceux liés à la mère. Les conséquences sur la santé du chiot sont représentées en vert et violet. Les flèches correspondent à l'ensemble des relations significatives. Une flèche est unidirectionnelle quand la relation de cause à effet est déterminée ou bidirectionnelle lorsqu'elle est inconnue. L'absence de flèche correspond à l'absence de résultat significatif.

DISCUSSION

I. Limites de l'étude

A. Collecte des données

Il existait dans notre étude un biais inhérent au mode de collecte des données, c'est-à-dire que les éleveurs ayant participé à l'étude l'ont fait sur la base de déclarations volontaires. Par exemple, nous avons considéré que si un éleveur n'avait pas déclaré de chiot(s) mort(s) dans une portée, il n'y en avait effectivement pas mais il se peut qu'il ne les ait simplement pas recensés ni dans son registre, ni lors de la déclaration de naissance au LOF. C'était surtout vrai pour les chiots morts-nés car ceux-ci ne seraient pas nourris, soignés, ni vendus donc l'éleveur n'avait pas d'utilité à recenser la mort. Ainsi, il était possible que les taux de mortalité déterminés pour notre population soient plus faibles que ceux prévalant en réalité dans la population canine française.

De même, nous n'avons pas exclu les mises-bas pour lesquelles les éleveurs administraient de l'ocytocine. Cette molécule est un neuropeptide synthétisé par l'hypothalamus et secrété par la neurohypophyse, agissant sur les muscles lisses de l'utérus et des glandes mammaires, induisant lors de la parturition des contraction utérines puissantes. Elle est utilisée lors de cas de dystocie (atonie utérine principalement). L'injection d'ocytocine était donc en théorie susceptible de diminuer la durée de la mise-bas (England, 2013). L'utilisation de l'ocytocine lors du traitement médical de la dystocie a également été liée à une augmentation du nombre de chiots morts-nés ou hypoxiques à la naissance, secondaire à une compression placentaire (Münnich et Küchenmeister, 2009). Ainsi, cette pratique des éleveurs pourrait mener à une augmentation du nombre de morts-nés sur des mises-bas raccourcies de façon iatrogène. Le lien entre le statut du chiot à la naissance sur la durée totale de la mise-bas ou le délai de naissance a donc pu être sous-estimé. Même si nous avons exclu les mises-bas pour lesquelles l'éleveur indiquait avoir eu recours à ces injections, le biais persisterait car bon nombre d'éleveurs adoptent cette pratique l'enregistrer dans leurs registres. Par ailleurs, il est intéressant de souligner que la possession et l'injection d'ocytocine par les éleveurs canins est une pratique interdite et constitue un exercice illégal de la médecine vétérinaire.

Les données concernant la durée de la mise-bas ont été enregistrées sur leur propre initiative. Il y avait donc certainement une perte de précision quant aux données obtenues par

rapport à une étude prospective. Il était par exemple probable que certains éleveurs aient arrondi les heures de naissance des chiots répertoriés, car cela leur servait en premier lieu à détecter une éventuelle dystocie et connaître l'heure de naissance précise de chaque chiot n'était pas primordial. Cependant, les seuils critiques déterminés dans cette étude ne nécessitaient pas une précision à la minute et il est improbable que des éleveurs aient arrondi les heures de naissance à 0h30 ou 1h près.

La méthode de collecte des données ne permettait également pas d'avoir une base de données complète pour toutes les variables considérées dans cette étude. Bien qu'il soit fréquent de ne pas avoir une base de données complète lors d'études rétrospectives, la conception d'un questionnaire précis à destination des éleveurs, dans l'objectif de mener une étude prospective, aurait sans doute permis de réduire le nombre de données manquantes. Ainsi, nous aurions disposé d'une base de travail plus importante pour établir les modèles, au lieu de devoir exclure une proportion non négligeable des mises-bas et chiots récoltés pour cette partie de l'étude, ce qui a pu diminuer la puissance statistique des modèles.

B. Représentativité de la population étudiée

1) *Race et format racial*

La majorité des 20 races les plus populaires en France ces 10 dernières années sont représentées dans notre population, à l'exception du Staffordshire Bull Terrier, du Cane Corso, de l'Épagneul Breton et du Jack Russell Terrier. Cela laisse penser que notre étude permet une relativement bonne représentation de la population canine française de race pure.

Néanmoins, les proportions des différentes races dans notre population ne correspondent pas à celles des pédigrées délivrés par le LOF. Nous avons par exemple un effectif de chiots des races Eurasier, Léonberg et Terre-Neuve très important (42% au total) par comparaison avec l'effectif des races Berger Allemand, Golden Retriever et Staffordshire Terrier Américain (3% de notre population) qui sont pourtant parmi les 5 premières races préférées de la population française ces 10 dernières années (22% des pédigrées délivrés en 2021). Ceci est lié au mode de collecte des données, puisque seuls les éleveurs volontaires ont participé à cette étude : le nombre élevé de mises-bas de Léonberg s'explique par exemple par la récolte de données à la Nationale d'Élevage du Léonberg (Cluny, 2018).

En termes de format racial, notre effectif avait des proportions quasiment équivalentes pour les 4 formats. Ce n'est pas le cas dans la population canine française de race pure, où la proportion de chiens de format Giant (6% des pédigrées délivrés par le LOF en 2021) est nettement inférieure à celle de notre effectif (24,8%). Cette différence s'explique aussi par la sur-représentation de races comme le Léonberg, suite au mode de collecte.

Concernant les races brachycéphales, leur proportion parmi l'effectif total de races dans notre étude était comparable à celle dans la population canine française de pure race, d'après les données de la SCC : 11% *versus* 15% respectivement (Société Centrale Canine, 2022). Néanmoins, en termes de comparaison des effectifs des chiots, les chiots brachycéphales de notre population (5%) étaient assez largement sous-représentés par rapport à la proportion de chiots brachycéphales des 20 races les plus populaires (13,8%). La population était donc représentative pour l'effectif de races mais moins pour l'effectif de chiots. Cette disproportion peut s'expliquer par le besoin fréquent du recours à la césarienne (souvent programmées) lors des mises-bas dans ces races (Adams et al., 2022). En effet, ces races ont une conformation pelvienne anormale, une filière pelvienne souvent étroite et un diamètre bipariétal des chiots important (Ekenstedt et al., 2020). L'objectif de cette étude étant de décrire la mise-bas *a priori* eutocique, les mises-bas ayant eu lieu par césarienne ont été exclues et l'absence des races brachycéphales pouvait être attendue.

2) *Élevages d'origine*

Le nombre d'élevages d'origine des mises-bas est un facteur important pour juger de la représentativité de la population de notre étude. Il existe des effets liés à la conduite d'élevage ou aux lignées utilisées mais l'inclusion de données issues d'un nombre élevé d'élevages permet d'amoindrir ce biais. Les mises-bas que nous avons étudiées provenaient de 97 élevages. Sur le peu d'études déjà réalisées sur la durée de la mise-bas, celles ayant été faites chez le porc utilisaient des truies provenant de fermes expérimentales propres au centre de recherche (Friend et al., 1962 ; van Dijk et al., 2005 ; Oliviero et al., 2010) ce qui paraît peu représentatif, comparé à notre nombre d'élevages. La filière porcine est néanmoins conçue de façon à être très homogène et le biais induit par l'élevage d'origine est probablement moins fort que pour le chien.

Il nous faut aussi considérer que près de 40% de notre population a été obtenue à partir de 6 élevages seulement. Cela reste cependant correct pour une étude avec une méthode de collecte comme la nôtre, par comparaison notamment avec l'étude de Brévaux (2018) dont 70% de la population canine étudiée était issue de 4 élevages, celle de Schiebel (2020) où les données étaient issues d'un seul élevage pour 1 race, ou encore l'étude de Gill (2001) qui comportait 125 élevages. Un travail sur 1 race au sein d'un seul élevage présente néanmoins l'avantage de supprimer les variations liées à la conduite d'élevage.

Enfin, nous pouvons remarquer que le format racial *Giant* est plus biaisé que les autres. Même si les proportions de format sont quasiment égales entre les 4 catégories, les mises-bas *Giant* sont issues de 19 élevages contre en moyenne 32 pour les 3 autres. Cela explique aussi en partie que seules 8 races composent le format *Giant* contre 21 en moyenne pour les 3 autres formats.

3) *Effectifs disponibles*

La population étudiée comportait un effectif de 541 mises-bas et 3507 chiots, ce qui permettait *a priori* une représentativité correcte de l'espèce canine. Parmi le peu d'études s'intéressant à la durée de mise-bas chez la chienne, la plupart avaient des effectifs similaires : 500 mises-bas et 2574 chiots pour Gill (2001), 141 mises-bas et 1182 chiots pour Schiebel (2020), 1615 mises-bas pour Fontaine et al. (2016), ou encore 782 mises-bas chez Million (2004). En termes de races, nous disposions de 70 races différentes dans notre population. Ce nombre est semblable à celui observé dans d'autres populations (Gill, 2001 ; Million, 2004), mais certaines études comportaient un nombre de races bien moindre : 1 seule race pour Schiebel (2020) ou 4 races pour Indrebø et al. (2007).

Les effectifs disponibles dans la population étudiée en termes de nombre de mises-bas par race ne nous permettaient pas de conduire l'étude par race. Nous avons dû agrandir l'échelle et raisonner uniquement en termes de formats raciaux, ce qui est assez fréquent dans ce type d'étude de populations canines (Gill, 2001 ; Tønnessen et al., 2012 ; Chastant et al., 2017) bien que ces études, ayant un effectif racial supérieur au notre, contiennent également une analyse par race. Il serait ainsi intéressant de reconduire une étude similaire avec des effectifs par race suffisants pour permettre de déterminer s'il y a notamment des différences raciales dans les durées de mise-bas comme cela a été mis en évidence chez le porc (van Dijk

et al., 2005), mais également pour les seuils obstétricaux. Par ailleurs, la répartition des formats dans notre étude, bien que différente de la population canine française, était néanmoins intéressante et avantageuse pour l'analyse statistique puisqu'elle permettait de comparer les formats raciaux entre eux avec des effectifs très similaires.

C. Conception des types de durées

Chez les mammifères domestiques, la mise-bas a été décrite comme se déroulant en 3 stades de travail. Lors du premier stade de mise-bas, les modifications rencontrées ne sont pas visibles de manière externe mais elles permettent de préparer l'expulsion du fœtus. En effet, le col utérin se modifie afin de pouvoir se dilater puis le myomètre se contracte. Le fœtus se met également en position pour son expulsion (Noakes et al., 2001). Ainsi, il est difficile pour un éleveur d'identifier le début réel de la mise-bas qui serait le début de stade I. C'est la raison pour laquelle nous avons défini le début de la mise-bas dans notre étude comme correspondant au stade II : pendant cette phase de la mise-bas, les fœtus sont expulsés par la mère. Dans les espèces polytoques comme la chienne, ce stade est souvent non distinguable du stade III pendant lequel les annexes fœtales sont expulsées (Noakes et al., 2001). Nous donc avons choisi de définir la durée de mise-bas comme celle du stade II, correspondant à ce qu'observent et enregistrent les éleveurs.

Lors de la mise-bas, il peut arriver que la chienne ait des périodes de repos entre les naissances de 2 chiots. Celles-ci rallongent l'intervalle de naissance entre 2 chiots et *a fortiori* la durée totale de mise-bas : il peut s'écouler 2 à 3h, voire jusque'à 6h, entre deux chiots sans que la mise-bas soit dystocique pour autant (mortalité) ni que la chienne ne montre des signes de souffrance (England, 2013). Les données à partir desquelles notre étude a été construite ne nous permettaient pas de faire la différence entre les périodes de contractilité abdominale et utérine et les périodes de repos, lors de l'analyse du délai de naissance. Cela pourrait être interprété comme un manque de précision sur cette variable de durée de mise-bas : il aurait potentiellement été pertinent de pouvoir évaluer la variation des périodes d'expulsion active et des moments de repos, et d'en voir les conséquences sur la santé néonatale des chiots, même si la durée de mise-bas d'une espèce polytoque reste définie comme le temps nécessaire à l'expulsion de tous les foetus.

Par ailleurs, l'exclusion des mises-bas à chiot unique apporte aussi une limite à notre étude. En effet, le syndrome du chiot unique est une cause de dystocie particulière, liée à la

présence d'un seul chiot dans la portée (ou à la rigueur à très petite taille de portée, en particulier dans les races de grand format). La parturition chez la chienne est déclenchée par la lutéolyse, elle-même induite par la synthèse de cortisol par le fœtus. En cas de syndrome du chiot unique, cette synthèse est insuffisante et la mise-bas ne se déclenche pas (Verstegen-Onclin et Verstegen, 2008). Ainsi, pour les portées à chiot unique, le risque de dystocie est augmenté. Il aurait été intéressant d'étudier la durée entre le début du stade I et l'expulsion du chiot, notamment en considérant les effets vis-à-vis de la mortalité et croissance néonatales.

II. Résultats

A. Durées de la mise-bas

1) *Durée totale de mise-bas*

Une étude rétrospective multiraciale, également basée sur les déclarations des éleveurs, sur le déroulement de la mise-bas chez la chienne (Million, 2004) a observé que 50% des durées de mises-bas de son échantillon étaient comprises dans l'intervalle [3-7h]. Ce résultat est très similaire à ce que nous avons observé dans notre population, pour laquelle environ la moitié des mises-bas duraient entre 3h et 7h30. La mise-bas la plus courte de l'étude de Million (2004) durait 1h, alors que dans notre population, 14 mises-bas (2,6% de notre population) avaient duré moins de 1h. De même, la mise-bas la plus longue de l'étude de Million (2004) population était de 30h, ce qui est relativement proche de notre durée de mise-bas la plus longue (36h05). Même si la plupart des auteurs s'accordent à dire que la durée de mise-bas dure en général au maximum 12-18h (Peterson et Kutzler, 2011 ; Runcan et Coutinho da Silva, 2018), elle peut dans de rares cas durer jusqu'à 20-36h (Walter et al., 2021). Dans notre étude, 90% des mises-bas duraient effectivement moins de 12h. En ce qui concerne notre durée totale de mise-bas moyenne, elle était de 6h00 ± 5h10. C'est assez similaire aux valeurs retrouvées dans la littérature : 6h12 ± 3h (Schiebel, 2020), 6h59 ± 5h36 (Fontaine et al., 2016) ou encore 7h39 ± 2h10 (Gill, 2001).

2) *Durée cumulée de naissance*

Cette durée n'est décrite que dans l'étude de Schiebel (2020), où elle était de 2h54 ± 2h36 en moyenne. Cette valeur reste assez proche de notre propre étude où la durée cumulée de naissance moyenne était de 3h37 ± 3h46. Aucune autre valeur n'est disponible dans la littérature, que ce soit dans l'espèce canine ou toute autre espèce. Notre objectif n'était de toute manière pas de l'étudier seule mais d'en évaluer les conséquences de sa variation sur la

santé du chiot. En effet, elle varie de manière importante avec le rang de naissance, mais elle représente une approximation du temps que va passer un chiot dans l'utérus et/ou la filière pelvienne de la mère à partir du début du stade II, dont des contractions utérines intenses. L'hypoxie fœtale étant une cause de mortinatalité, voire de mortalité néonatale, importante chez le chiot (Münnich, 2008), nous souhaitons explorer l'hypothèse que les chiots qui restent longtemps dans l'utérus pendant la mise-bas pourraient être hypoxiques par diminution de l'afflux sanguin placentaire car ils subissent plus de contractions utérines. De même, lors du passage dans la filière pelvienne, le cordon ombilical est comprimé, ce qui diminue l'apport en oxygène chez le chiot.

3) Délai de naissance

Dans notre population de 2475 chiots, le délai de naissance moyen était de $1\text{h}05 \pm 1\text{h}32$. Cette valeur est assez proche des délais décrits par la plupart des auteurs dans la littérature. En effet, il était de $1\text{h}02 \pm 1\text{h}05$ pour Gill (2001), $1\text{h}09 \pm 0\text{h}25$ pour Fontbonne et al. (2009), $0\text{h}59 \pm 0\text{h}06$ pour Baqueiro-Espinosa et al. (2022) ou encore $0\text{h}50 \pm 0\text{h}46$ chez Schiebel (2020). Néanmoins, la valeur de délai maximal dans notre étude (22h) est supérieure à celles d'autres études, qui est le plus fréquemment autour de 12-13h (van der Weyden et al., 1981 ; Schiebel, 2020). La distribution des valeurs est tout de même plus similaire : 90% de nos chiots avaient un délai de naissance inférieur à 2h, tandis qu'il était inférieur à 1h30 dans l'étude de Schiebel (2020) et de van der Weyden et al., (1981).

B. Facteurs de variation du déroulement de la mise-bas

1) Parité et âge de la mère

La parité était une variable explicative fortement corrélée à l'âge dans notre population. En effet, les mères les plus âgées étaient fréquemment multipares, et à l'inverse, les mères les plus jeunes étaient en général primipares. Cela s'explique par la pratique d'élevage de mise à la reproduction d'une chienne lorsqu'elle atteint l'âge adulte, mais aussi par les recommandations actuellement en vigueur d'éviter de faire reproduire des chiennes trop âgées. Il semblerait effectivement que les chiennes primipares de plus de 4 ans aient un risque de dystocie plus élevé par rapport à celles de moins de 4 ans ou même par rapport aux chiennes multipares (Million, 2004 ; Fontaine et al., 2016).

Selon notre étude, la durée totale de mise-bas n'était pas influencée par la parité de la chienne, un résultat retrouvé également dans l'étude de Schiebel (2020). Des résultats dans l'espèce porcine sont contradictoires (Fahmy et Friend, 1981 ; Hoy et Luther, 1995 ; van Dijk et al., 2005).

Cependant, nous avons montré que le délai de naissance augmentait avec la parité. Peu d'études étudient cette relation : seule Gill (2001) a montré que c'était aussi le cas jusqu'à la deuxième portée. Une hypothèse pour expliquer ce résultat pourrait être que le myomètre des chiennes ayant déjà eu des portées est plus distendu et moins tonique que les chiennes primipares et qu'elle mettent donc plus de temps pour expulser un chiot. Néanmoins, on pourrait s'attendre dans ce cas à ce que la durée de mise-bas soit plus longue, ce qui n'est pas le cas. Ainsi, il se peut que d'autres facteurs masquent l'effet de l'intervalle inter-chiot augmenté, comme par exemple une taille de portée diminuée chez les multipares par rapport aux primipares. Borge et al. (2011) ont observé que la taille de portée diminue à partir de 6 ans d'âge pour la mère. Ce résultat pourrait expliquer une diminution de la taille de portée des multipares, qui sont en moyenne plus âgées que les chiennes primipares. Ainsi, si la taille de portée diminue avec la parité, il est probable que ce soit en réalité un effet de l'âge de la chienne. Cependant, la multiparité a été identifiée comme facteur de mortinatalité chez la chienne (Gill, 2001). Or, nous avons également déterminé que l'allongement du délai de naissance augmentait la mortinatalité. Un lien entre la multiparité, l'allongement du délai de naissance et l'augmentation de la mortinatalité pourrait être établi.

Il est par ailleurs intéressant de souligner que les chiennes multipares conservées pour la reproduction sont celles que l'éleveur détermine comme étant de bonnes reproductrices, dont on peut supposer qu'elles n'ont pas tendance à avoir des mises-bas dystociques et donc à avoir des délais de naissance entre chiots longs. L'effet de la parité sur le délai de naissance est donc potentiellement sous-estimé dans notre population.

2) *Format racial*

Plus le format racial augmentait, plus la durée de la mise-bas était longue. Cependant, il n'y avait pas de différence entre les formats *Large* et *Giant*. D'après Chastant et al. (2017), les performances de reproduction de ces 2 formats sont quasiment identiques et une autre étude (Indrebø et al., 2007) ne distingue pas les chiens *Large* des chiens *Giant*.

Il est possible que cette augmentation selon le format racial soit secondaire à une augmentation de la taille de portée. En effet, plus un chien est grand, plus il a une taille de portée importante (Borge et al., 2011). Il paraît donc logique que la mise-bas prenne plus de temps si le nombre de chiots à expulser augmente. Cependant, nous avons également montré que même si la durée totale de mise-bas augmentait avec la taille de portée (Figure 10), ce résultat était indépendant du format racial. L'allongement de la durée de mise-bas n'est donc probablement pas uniquement imputable à l'augmentation de la taille de portée avec le format racial. Par ailleurs, il a été montré que les chiens de plus grand format sont plus à risque d'avoir des mises-bas dystociques (Fontaine et al., 2016) et que parmi ces chiens, l'atonie utérine est l'une des causes de dystocie les plus fréquentes. Une atonie utérine relative pourrait donc expliquer en partie les mises-bas prolongées (Münnich et Küchenmeister, 2009).

Concernant le délai de naissance, il était plus long sur les portées de chiens de petit format que les chiens de formats plus grands. C'est donc l'inverse de la durée totale de mise-bas. Il est probable qu'ici la différence de taille de portée entre les formats explique comment une durée totale de mise-bas puisse être à la fois globalement plus courte sur un petit chien, mais que l'intervalle entre les chiots soit plus long, par rapport à un chien plus grand.

3) *Taille de portée*

Pour rappel, la taille de portée est liée à la race et au format racial des mères. Elle a donc été analysée indépendamment du format racial dans notre étude, qui ne permettait pas une analyse par race. Pour logique qu'elle soit, la relation n'est cependant pas linéaire : la durée de mise-bas augmentait pour les grandes portées par rapport à celles de petite taille, mais il n'y avait pas de différence entre les portées de taille supérieure au premier quartile. Ce résultat concorde *a priori* avec l'étude de Gill (2001) et de Schiebel (2020), même si l'analyse de la taille de portée n'a pas été réalisée en quartiles mais toutes races confondues et pour une seule race, respectivement.

L'allongement de la durée de mise-bas pour les portées de grande taille pourrait être dû purement au nombre de chiots à expulser, mais les portées de très grande taille peuvent provoquer une atonie utérine primaire, en raison de l'étirement conséquent de l'utérus pendant la gestation (Allen, 1992), ce qui peut aussi expliquer un rallongement de la durée de la mise-

bas. Les portées de grande taille ont effectivement été liées à un risque de dystocie par atonie utérine augmenté (Cornelius et al., 2019).

Par ailleurs, il a aussi été décrit que les portées de petite taille sont plus fréquemment associées à des mises-bas dystociques que les portées de taille moyenne (Million, 2004 ; Münnich et Küchenmeister, 2009). Or, une mise-bas dystocique, définie comme une difficulté à la mise-bas, est forcément plus longue qu'une mise-bas eutocique (Million, 2004). Nous aurions pu donc nous attendre à avoir des durées de mise-bas plus longues sur les petites portées que sur les portées moyennes, ce qui n'est pas le cas. Cette discordance avec nos résultats pourrait s'expliquer par le fait que ces études contiennent des portées de chiot unique, qui sont effectivement plus à risque de dystocie, alors qu'elles ont été exclues de notre population.

Concernant le délai de naissance, il était plus court pour les portées appartenant au dernier quartile que pour les autres quartiles de portées. Ce résultat est quelque peu similaire avec les études disponibles chez la chienne : dans l'étude de Schiebel (2020), la taille de portée influençait le délai de naissance sans pouvoir identifier de différence entre les tailles de portée et dans l'étude de Gill (2001), le délai de naissance diminuait avec la taille de portée jusqu'à 5 chiots, puis la tendance s'inversait. Cette tendance est également retrouvée chez le porc (Canario et al., 2006) mais ses mécanismes sont encore inconnus. Une étude a démontré que cela n'était pas lié à la sécrétion d'œstrogènes par le conceptus avant la mise-bas (Vallet et al., 2010). Une autre hypothèse était que l'augmentation du poids de naissance des porcelets en conjonction avec une taille de portée réduite était à l'origine de ce phénomène (Vallet et al., 2011). Enfin, la dernière hypothèse avancée par les mêmes auteurs était que l'espace mort utérin, et les contractions utérines associées, chez les truies avec des petites portées retardaient l'expulsion des porcelets. Ces deux dernières hypothèses n'expliquaient *a priori* qu'en partie l'effet de la taille de portée sur le délai de naissance. D'autres travaux seraient donc nécessaires pour expliquer ceci, autant dans l'espèce porcine que canine.

4) *Rang de naissance*

Dans notre population, le rang de naissance avait un effet sur le délai de naissance : il était plus long pour les rangs de naissance inférieurs au premier quartile et supérieur au dernier quartile. Cette influence est au moins en partie retrouvée dans la littérature concernant l'espèce canine. Dans la population de chiots Labrador de Schiebel (2020), le délai de naissance augmentait de manière proportionnelle au rang de naissance. C'est aussi le cas dans l'étude de Gill (2001), où le délai de naissance augmente à partir du 8^{ème} chiot né mais est stable pour les chiots précédents. Cependant, l'effet de la taille de portée sur le rang de naissance n'a pas été pris en compte dans la population de Gill (2001). Une hypothèse émise pour expliquer ce phénomène est la fatigue de la mère en fin de mise-bas.

L'effet du rang de naissance dans l'espèce porcine est identique à nos résultats. En effet, les porcelets du premier et dernier quart de rang dans la portée ont un délai de naissance augmenté (van Rens et al., 2003 ; van Dijk et al., 2005 ; Vallet et al., 2011 ; Islas-Fabila et al., 2018). Plusieurs hypothèses permettraient d'expliquer cette influence. Selon van Dijk et al. (2005), cela pourrait être dû à la sécrétion d'ocytocine pendant la mise-bas. Sa concentration plasmatique augmente progressivement au début de la mise-bas, puis diminue en milieu de mise-bas (van Dijk et al., 2005). Étant donné l'importance de cette molécule pour la contractilité du myomètre, cela pourrait expliquer pourquoi les porcelets expulsés en milieu de portée, lorsque la concentration en ocytocine est maximale, sont expulsés plus rapidement. Vallet et al. (2011) suggèrent que le délai de naissance augmenté pour les derniers chiots peut être dû à une distance à parcourir plus grande à travers l'utérus puisqu'ils se trouvent à l'apex des cornes. Cela ne permet néanmoins pas d'expliquer l'augmentation du délai de naissance pour les premiers porcelets nés. Enfin, une dernière hypothèse pour expliquer le délai plus long pour les premiers nés évoque la concentration plasmatique en relaxine. Celle-ci est élevée en début de mise-bas, ce qui diminue la concentration en ocytocine, ainsi que le nombre et la durée des contractions utérines et allonge donc le délai de naissance (Vallet et al., 2011). Concernant les porcelets nés en dernier, cela pourrait être lié à des contractions utérines non efficaces en raison de la diminution de sécrétion placentaire de prostaglandines F2- α , un facteur important pour améliorer la contraction utérine (Islas-Fabila et al., 2018).

5) *Poids de naissance*

Le délai de naissance du chiot ne variait pas avec le poids de naissance. Ce résultat a également été retrouvé par Schiebel (2020) mais il n'y a aucune autre information concernant le chien dans la littérature. En revanche, dans l'espèce porcine, plus d'études sont disponibles. D'après van Dijk et al. (2005), le poids de naissance influence le délai de naissance, mais van Rens et al. (2003) ont montré que c'était en réalité l'épaisseur du placenta (proportionnel au poids du porcelet) qui était mis en jeu plutôt que le poids du porcelet lui-même.

Par ailleurs, nous avons émis l'hypothèse que les chiots les plus lourds auraient plus de mal à ce déplacer dans le tractus génital de la mère, ce qui aurait retardé leur naissance et aurait pu favoriser leur mort par hypoxie fœtale. En effet, il a été observé que les chiots les plus lourds avaient un taux de mortinatalité augmenté (Cornelius et al., 2019). À l'opposé, les chiots les plus légers seraient moins vifs et participeraient donc moins à leur propre mise-bas. Aucune de ces hypothèses n'a été confirmée par notre étude. Une autre hypothèse possible serait que ce soit le temps d'expulsion du chiot lorsqu'il est déjà engagé dans le canal pelvien de la mère qui soit modifié par le poids de naissance et non l'intervalle de naissance entre 2 chiots.

6) *Sexe du chiot*

Dans notre étude, le sexe du chiot n'influait pas son délai de naissance. Ce résultat est en accord avec les données disponibles dans la littérature en ce qui concerne l'espèce canine (Gill, 2001 ; Schiebel, 2020) mais également l'espèce porcine (van Rens et al., 2003).

Il est intéressant de noter que chez le chien, il a été décrit que le sexe du chiot influence son poids de naissance (Schelling et al., 2019). Ainsi, le sexe du chiot aurait pu avoir un effet sur le déroulement de la mise-bas par ce biais. Néanmoins, comme établi précédemment, le poids de naissance des chiots n'avait pas non plus d'effet sur le déroulement de la mise-bas.

7) *Mortinatalité*

La proportion de mises-bas avec au moins 1 mort-né était de 20,3% dans notre étude, ce qui concorde avec la littérature : 20,5%, 24,8% et 28,4% pour Chastant et al (2017) ; Schiebel (2020) et Brévaux (2018) respectivement. En ce qui concerne le taux de

mortinatalité, il était de 4,3% dans notre population. C'est également une valeur similaire au taux de mortinatalité retrouvé dans la plupart des études : entre 4% et 7,4% (Tønnessen et al., 2012 ; Chastant et al, 2017 ; Schiebel, 2020). Il est possible que notre taux de mortalité se trouve dans la fourchette basse de l'intervalle car les éleveurs qui notaient l'heure de naissance de leurs chiots étaient assidus et surveillaient de près leurs mises-bas. Ainsi, l'intervention humaine était sûrement plus fréquente que pour la population générale des éleveurs. Seules les portées pour lesquelles le nombre de morts-nés était enregistré ont été incluses dans notre étude, afin d'éviter un biais par sous-déclaration des chiots morts par les éleveurs.

À l'échelle de la portée, notre modèle nous a permis de conclure que les mises-bas comportant au moins 1 chiot mort-né duraient plus longtemps. Ce résultat est similaire à celui d'autres études menées dans l'espèce canine, notamment Indrebø et al. (2007) ou encore Schiebel (2020). De la même façon, le nombre de mort-nés augmente dans la portée, avec l'augmentation de la durée totale de mise-bas (Münnich et Küchenmeister, 2009). Le taux de mortinatalité augmente également avec la taille de portée (Tønnessen et al., 2012 ; Cornelius et al., 2019). Or, nous avons montré que la durée de mise-bas augmente avec la taille de portée. Il est donc possible que cette augmentation de portées avec chiots morts-nés soit due à une mise-bas plus longue.

Cette tendance a été retrouvée à l'échelle du chiot dans notre population : le délai de naissance était allongé lorsque le chiot naissait mort. De la même façon, de nombreuses études ont un résultat similaire (Gill, 2001 ; Cornelius et al., 2019 ; Schiebel, 2020). Selon Gill (2001), le rang de naissance du chiot est relié au risque qu'il naisse asphyxié. Ce résultat est similaire à celui obtenu par l'étude de Cornelius et al. (2019) où le chiot dernier-né présente un risque de mortinatalité supérieur aux autres chiots nés. En ayant montré que le délai de naissance augmentait avec le rang de naissance, il est raisonnable de penser que la relation entre le rang de naissance et la mortinatalité pourrait, en réalité, être secondaire à un délai de naissance allongé. Cependant, il n'est pas exclu qu'elle puisse également être liée à la durée cumulée de naissance.

Néanmoins, nous ne sommes pas en mesure de déterminer avec certitude la relation de cause à effet entre la mortinatalité et les durées de mise-bas, c'est-à-dire de savoir si c'est la

présence du chiot mort-né qui rallonge la mise-bas ou le délai de naissance ou si le chiot meurt avant d'être expulsé car la mise-bas tarde. La façon dont était conçue l'étude d'Indrebø et al. (2007) leur a permis d'émettre l'hypothèse que les chiots étaient mort-nés en raison de la durée de mise-bas et que ces chiots auraient pu en grande partie être sauvés par une intervention vétérinaire. En effet, les mises-bas avec une mortinatalité élevée étaient des mises-bas à portées de grande taille de chiennes ayant reçu de nombreuses injections d'ocytocine, sans recours à la césarienne, mais nous manquons de contexte sur les mises-bas de notre population pour aboutir à la même conclusion. Plusieurs auteurs s'accordent à dire que la cause de mortinatalité la plus fréquente chez le chiot est l'asphyxie fœtale (Gill, 2001 ; Münnich, 2008) et que celle-ci est secondaire à une durée de mise-bas élevée (Münnich et Küchenmeister, 2009). Le mécanisme à l'origine de cette mortinatalité par asphyxie fœtale serait multifactoriel : les chiots ayant un cordon ombilical court, une traction sur le chiot pendant les contractions utérines peut rompre le cordon précocement, mais une compression du cordon lors de ses contractions est aussi à envisager. Enfin, certains chiots prennent leur première respiration lorsqu'ils sont encore dans le placenta et se noient dans le liquide amniotique lorsque leur naissance tarde (England, 2013). Ainsi, il semblerait que ce soit *a priori* plutôt la durée de mise-bas et/ou le délai de naissance allongés qui entraînent la mort du chiot à naître. Selon Gill (2001), une partie des chiots mort-nés (3,8%) décèdent avant le début de la mise-bas. L'impact de la présence de ces chiots sur la durée de mise-bas est donc inconnu. Il aurait été possible que les durées de mise-bas soient plus longues car ces chiots « participent » moins à leur propre mise-bas. Il est donc probable, qu'en réalité, la mortinatalité soit à la fois cause et conséquence de l'allongement des durées de mise-bas.

8) *Modélisation du déroulement de la mise-bas*

Les modèles que nous avons construits pour cette étude expliquaient 67% et 15% de la variabilité de la durée totale de mise-bas et du délai de naissance respectivement. Même en ayant inclus un effet aléatoire « mère » pour tenir compte de la non-indépendance des chiots issus de mêmes mères, certains facteurs influençant ces durées n'ont pas été considérés dans notre analyse, principalement par manque de données collectées ou de données non disponibles.

a) Facteurs propres à la mère

Des études ont permis d'identifier des facteurs maternels de variation du déroulement de la mise-bas intéressants à considérer. D'après van Rens et al. (2003), le comportement des truies influencerait la durée totale de mise-bas, où les truies les plus agressives auraient une parturition allongée. Chez la chienne, l'étude de Baqueiro-Espinosa et al. (2022) semble mettre en évidence que les chiennes ayant des mises-bas longues sont plus à l'aise et calmes pendant la mise-bas. D'autres études ont montré que la durée de mise-bas augmentait avec la durée de gestation chez la truie (van Rens et al., 2003 ; van Dijk et al., 2005) mais l'origine de cet effet est encore incertaine. Toujours chez la truie, Oliviero et al. (2010) ont mis en évidence que le degré de constipation de la mère jouait sur la durée de mise-bas. Les truies constipées ont une parturition plus longue : cela pourrait être secondaire à une obstruction physique à l'expulsion du fœtus, ou bien à la sécrétion d'opioïdes endogènes associée à la douleur provoquée par la constipation, qui diminue la concentration plasmatique en ocytocine et donc les contractions du myomètre. Une autre étude démontre que la durée de mise-bas chez la truie est négativement corrélée à la concentration plasmatique en glucose pendant la mise-bas. Le glucose serait donc un métabolite essentiel pour le métabolisme énergétique de l'utérus pendant la mise-bas. La parturition pourrait ainsi être liée à la consommation d'énergie par l'utérus et les truies ayant consommé un repas il y a peu de temps pourraient voir leur temps de mise-bas raccourci, grâce à un apport en glucose plus important (Liu et al., 2021).

b) Facteurs propres à la mise-bas

Une des caractéristiques propres à la mise-bas d'un chiot non considérée dans notre étude est la présentation du chiot. Celle-ci est majoritairement antérieure chez le chien (60%) d'après van der Weyden et al. (1981). Le passage du chiot serait facilité dans ce cas par la dilatation du col causée par le passage de la tête. La durée d'expulsion d'un chiot serait donc plus courte qu'en présentation postérieure (Million, 2004) et pourrait expliquer la proportion de chiots morts-nés par asphyxie plus faible en présentation antérieure que postérieure (Gill, 2001).

Des paramètres placentaires pourraient également influencer le déroulement de la mise-bas. En effet, d'après van Rens et al. (2003), chez la truie, l'épaisseur moyenne du placenta et son poids moyen augmentent avec la durée de mise-bas totale. C'est aussi le cas pour le délai de naissance lorsqu'on considère ces caractéristiques à l'échelle d'un porcelet.

Plus le placenta est épais, plus le porcelet met de temps à se frayer un chemin à travers les voies génitales basses de la truie. Le nombre d'aréoles par placenta a également un effet sur la durée de parturition chez la truie : plus la portée a des placentas avec un nombre d'aréoles important, plus la durée était courte. Cependant, étant donné l'absence d'effet de ce paramètre sur le délai de naissance, il s'agirait plus probablement d'une caractéristique de la mère que de la portée. Le nombre d'aréoles est lié au nombre de glandes utérines auquel le placenta était attaché. Un utérus possédant un nombre de glandes utérines élevé pourrait correspondre à un utérus mieux développé, capable d'expulser les porcelets rapidement par comparaison avec un utérus avec moins de glandes. Néanmoins, ce résultat est à nuancer chez la chienne puisque la placentation est épithéliochoriale chez la truie et non pas endothéliochoriale comme chez la chienne.

c) Facteurs environnementaux

Chez la truie, il a été démontré que les truies vivant en enclos ont une durée de mise-bas raccourcie par rapport à celles vivant en cage de mise-bas (Oliviero et al., 2010). L'étude de facteurs environnementaux serait plus difficile dans l'espèce canine. En effet, les conditions de vie des animaux ne sont pas standardisées en élevage canin, comme elles peuvent l'être dans la filière porcine. Un travail visant à étudier l'impact des conditions de vie des chiennes sur le déroulement de la mise-bas ne serait envisageable que dans des élevages particuliers, comme des élevages de chiens guides d'aveugle ou de chiens destinés à l'expérimentation animale. En effet, pour des éleveurs « classiques », il y aurait sûrement trop de variabilité dans les conditions de vie.

C. Conséquences sur la mortalité néonatale

Dans notre étude, la mortalité néonatale (de la naissance à 21 jours de vie) était de 5,1%. Cette valeur est inférieure à celle retrouvée dans la littérature : entre 6,2% et 13,4% (Gill, 2001 ; Indrebø et al., 2007 ; Chastant et al., 2017 ; Brévaux, 2018 ; Mugnier et al., 2019). Concernant la mortalité sur les 2 premiers jours de vie, elle était de 2,5% contre 3,4% à 11,5% dans la littérature (Gill, 2001 ; Indrebø et al., 2007 ; Mugnier et al., 2019), soit dans l'intervalle bas. Cela peut s'expliquer de la même façon que le taux de mortinatalité : les éleveurs ayant récolté les données d'heure de naissance des chiots étaient *a fortiori* des éleveurs les plus attentionnés envers leurs chiots et étaient susceptibles d'intervenir rapidement en cas de dégradation de l'état du chiot.

Selon notre étude, la mortalité néonatale augmentait avec durée de mise-bas totale jusqu'à la première semaine de vie. La mortalité néonatale augmentait également avec la durée cumulée de naissance mais nous n'avions pas été en mesure d'identifier une période précise. Le délai de naissance lui n'avait aucun effet sur la mortalité néonatale. Ainsi, la période néonatale ayant le risque de mortalité liée à la durée de la mise-bas le plus important est la première semaine de vie du chiot. Ceci est remarquable car il était admis que l'impact de la durée de la mise-bas sur la mortalité des chiots est surtout visible au moment de la naissance elle-même et pendant les deux premiers jours de vie (Million, 2004). Selon Gill (2001), le délai de naissance n'avait pas non plus d'impact sur la mortalité de chiots jusqu'à 42 jours de vie. Dans l'étude de Schiebel (2020), aucune des 3 durées de mise-bas étudiées n'avaient d'effet sur la mortalité néonatale chez chiot. Le faible taux de mortalité néonatale (4,2%) dans sa population est évoqué comme pouvant en être la cause. Enfin, Fontaine et al. (2016) évaluent aussi l'effet du délai de naissance sur la mortalité périnatale, c'est-à-dire la mortinatalité et la mortalité de 0 à 2 jours combinées. Dans cette étude, elle augmentait avec le délai de naissance. Étant donné le nombre d'études démontrant l'absence d'effet du délai de naissance, il est probable que ce soit la mortinatalité qui rende compte de cette augmentation plutôt que la mortalité sur les 2 premiers jours de vie.

Les causes de mortalité des chiots n'étaient pas disponibles pour la majeure partie des mises-bas mais parmi les causes connues, nous pouvons citer l'écrasement par la mère ou l'euthanasie suite à une anomalie congénitale. La plupart des chiots ont été retrouvés morts sans cause apparente. Sans autopsie, il était difficile de connaître l'origine du décès mais la septicémie est une cause fréquente de mortalité néonatale (Münnich et Küchenmeister, 2009). La mise-bas de longue durée peut être un facteur favorable à la septicémie. En effet, comme cité auparavant, la première cause de mort chez le chiot nouveau-né est l'asphyxie fœtale. Le chiot résiste mieux à l'hypoxie que l'adulte, selon divers mécanismes d'adaptation : sa consommation d'oxygène est plus faible, il possède également moins de chémorécepteurs (diminution de la réponse à l'hypoxie par augmentation de la fréquence cardiaque et respiratoire). En situation d'hypoxie, le flux sanguin est aussi redistribué vers les organes vitaux (cœur, cerveau, diaphragme). La bradycardie est aussi un mécanisme de protection du chiot contre l'hypoxie (Pedersen et Kutzler, 2011). Ainsi, il est possible que le chiot survive à une situation d'hypoxie lors de la mise-bas et ne naisse pas mort, mais qu'il en souffre tout de même dans la suite de sa vie. Un chiot hypoxique aura une mauvaise mauvaise prise

colostrale. Il sera donc déshydraté, en hypoglycémie et en hypovolémie mais également souvent en hypothermie. Ce sont des conditions propices au développement bactérien, qui expliquent l'apparition d'une septicémie. Le défaut de prise colostrale résulte aussi en un mauvais transfert d'immunité passive. En effet, le chiot naît presque sans γ -globulines et sa source principale lors de la période néonatale est le colostrum de la mère. En cas d'immunité passive défaillante, il sera d'autant plus fragile et sensible aux infections (Mila et al., 2015).

D. Conséquences sur la croissance néonatale

Dans notre population, le taux de croissance d'un chiot entre sa naissance et 2 jours de vie était de $+10,6 \pm 12,2\%$ en moyenne. Ce résultat est légèrement supérieur aux données disponibles dans la bibliographie avec un taux allant de 3,3% dans l'étude toutes races confondues selon Mila et al. (2015) à $7,6 \pm 9,7\%$ pour Schiebel (2020) chez le Labrador Retriever. Cela est compatible avec le taux de mortalité légèrement plus faible que dans la littérature de notre étude car la prise colostrale (c'est-à-dire la qualité du transfert d'immunité passive) est reflétée par le taux de croissance sur les deux premiers jours de vie (Chastant et Mila, 2019). Comme cité précédemment, une immunité passive de qualité est cruciale pour limiter la mortalité néonatale chez le chiot. En effet, un taux de croissance négatif sur les 48h premières heures de vie est témoin d'une mauvaise prise colostrale et donc d'un risque augmenté de mortalité (Mila et al., 2015). Dans notre population, 19,4% des chiots avaient un taux 0-2 jours négatif, ce qui est à nouveau légèrement inférieur aux autres études : 28,9% dans l'étude de Belin (2013), 22,9% selon Brévaux (2018) ou encore 23% d'après Schiebel (2020). Ce résultat est à nouveau compatible avec notre taux de mortalité plus faible. Concernant les taux de croissance sur les autres périodes considérées dans notre étude, peu de données sont disponibles dans la littérature.

Les 3 différentes durées de mise-bas considérées ici avaient un effet sur le taux de croissance. La durée totale de mise-bas, la durée cumulée et le délai de naissance augmentaient tous avec la diminution du taux de croissance 0-2 jours. C'était aussi le cas pour le taux de croissance 3-7 jours, sauf pour le délai de naissance. La proportion de chiots à taux de croissance négatif augmentait également avec les 3 durées. L'effet du déroulement de la mise-bas sur le taux de croissance n'a été étudié que par Schiebel (2020). Dans cette étude, seule la durée totale de mise-bas avait un impact significatif sur le taux de croissance, qui diminuait également plus la mise-bas durait longtemps.

Une des hypothèses pour expliquer cet impact de la durée totale de mise-bas est l'épuisement maternel. En effet, lors de part languissant, il est possible que la mère soit épuisée et que par conséquent, sa production lactée diminue. De même, elle met plus de temps à s'occuper de ses chiots après une mise-bas rallongée, son comportement maternel est modifié (Baqueiro-Espinosa et al., 2022). Il est donc plausible que les chiots aient à la fois moins à téter en quantité mais que la fréquence ou la durée des repas soient également modifiées. L'effet du déroulement de la mise-bas est maximal lors de la première semaine de vie et surtout lors des premières 48h (England, 2013). C'est sûrement parce que cette période est critique pour le chiot, notamment en termes de prise colostrale.

Cependant, outre l'effet d'un déroulement de mise-bas prolongé sur la mère, l'effet sur le chiot en lui-même n'est pas à négliger. En effet, les durées propres au chiot (délai de naissance et durée cumulée de naissance) affectent également le taux de croissance. Il est possible qu'un chiot avec ses 2 durées augmentées subisse une hypoxie fœtale, qui va par la suite inhiber son « démarrage » correct. Un chiot hypoxique sera plus faible et donc tètera sûrement aussi moins qu'un chiot n'ayant pas souffert de sa mise-bas, ce qui mènera aux mêmes problèmes qu'évoqué précédemment. Pour résumer, le taux de croissance est influencé à la fois par les conséquences d'une mise-bas longue sur la mère mais aussi sur le chiot. Le déroulement de la mise-bas affectant le taux de croissance des chiots, la surveillance de la durée de celle-ci permettrait d'identifier des chiots à risque afin de leur prodiguer des soins supplémentaires lorsque nécessaire.

E. Seuils obstétricaux

Plusieurs études, y compris la nôtre, s'accordent à dire que lorsque la mise-bas augmente en durée, la mortalité augmente également (Cornelius et al., 2019 ; Schiebel, 2020). Ainsi, il n'est pas surprenant que lorsqu'une mise-bas ou qu'un délai de naissance est long, le risque que la mise-bas soit dystocique est aussi plus important (Münnich et Küchenmeister, 2009). L'intérêt d'avoir une valeur seuil pour laquelle la mise-bas peut être qualifiée de dystocique est donc clair.

Nous avons été en mesure de définir des valeurs seuils de durée totale de mise-bas, ainsi que de délai de naissance, pour 2 formats raciaux uniquement (*Small* et *Large*). Les

valeurs de durée totale de mise-bas étaient de 4h17 et 10h23, tandis qu'elles étaient de 1h16 et 1h29 pour le délai de naissance, par ordre croissant de format. La majorité des auteurs s'accordent à dire que la mise-bas peut être dystocique lorsqu'elle dépasse 10h à 12h, mais ces valeurs sont empiriques et rarement basées sur une étude statistique (Million, 2004 ; Indrebø et al., 2007 ; Runcan et Coutinho da Silva., 2018). Cependant, il semblerait que l'augmentation de la mortalité apparaisse dès 6h de mise-bas (Fontaine et al., 2016 ; Schiebel, 2020). Ces valeurs concordent avec celles déterminées par notre étude. Concernant le délai de naissance, les auteurs parlent de valeurs seuils à 2h voire 3h-4h (Million, 2004 ; Münnich, 2008 ; Runcan et Coutinho da Silva, 2018), des durées finalement supérieures à celles établies par notre étude.

Par ailleurs, nous ne retrouvons pas de valeurs différentes selon le format racial dans la littérature. Or, nous avons démontré que le déroulement varie selon la taille du chien, il paraît donc intéressant de pouvoir discriminer la valeur selon le format. En effet, ces valeurs sont assez différentes, notamment pour la durée totale de mise-bas. Par comparaison avec les seuils de durée de mise-bas dystocique disponibles dans la littérature, nous pouvons voir que la durée du format *Small* obtenue dans cette étude est largement inférieure aux seuils. Ainsi, il semblerait que les chiens de petit format bénéficieraient d'une intervention, ou *a minima* d'une surveillance accrue, plus précocement que les autres races.

Nous avons défini les valeurs seuils de mise-bas dystociques présentées dans cette étude comme étant des valeurs au-delà desquelles le risque de mortalité augmente. Cependant, il est en réalité plus complexe de définir une mise-bas dystocique. En effet, une mise-bas qualifiée de dystocique est une mise-bas où la chienne éprouve des difficultés pour expulser les chiots, et non une mise-bas anormalement longue. Il arrive parfois que des mises-bas courtes puissent aboutir à de nombreux chiots mort-nés, ou qu'inversement une mise-bas très longue ne résulte finalement qu'à peu de mortalité. La difficulté à mettre-bas peut certes être mise en évidence par un allongement de la parturition, mais d'autres signes caractérisent également une dystocie. L'évaluation de la mère passe en premier lieu par un examen clinique complet ainsi qu'une échographie. La fréquence cardiaque du fœtus est un bon indicateur de détresse : si elle est inférieure à 180 battements par minute, il y a détresse fœtale et donc dystocie (Runcan et Coutinho da Silva, 2018). Cette évaluation n'est qu'un indicateur de détresse fœtale et ne prend pas en compte les difficultés « ressenties » par la

mère. Des études montrent que la plupart des chiennes en dystocie montrent des signes cliniques évocateurs dès le début de la mise-bas (Münnich et Küchenmeister, 2009 ; Runcan et Coutinho da Silva, 2018). La valeur seuil de durée n'aurait donc qu'un intérêt limité dans ce cas de figure. De plus, il faudrait certainement agir avant d'atteindre cette durée : en effet, lorsqu'elle est atteinte, il y aura déjà un risque important qu'un chiot soit mort-né. La situation idéale serait d'éviter entièrement la perte de chiots sur une portée. Prendre en compte les seuils obstétricaux a sans doute un intérêt dans la gestion de la dystocie, mais peu dans sa prévention.

CONCLUSION

Pour la première fois dans la littérature, notre étude aura permis de détailler le déroulement de la mise-bas dans une population de chien multiraciale, par la description de 3 types de durées de mise-bas : la durée totale de mise-bas, la durée cumulée de naissance et le délai de naissance. Parmi les facteurs de variation considérés, la taille de portée et le format racial de la mère impactaient à la fois la durée de mise-bas totale et le délai de naissance, tandis que le rang de naissance et la parité de la mère n'influençaient que le délai de naissance.

Concernant la mortalité néonatale, un allongement des durées de mise-bas (durée totale et délai de naissance) était associé à une hausse de la mortinatalité. Par ailleurs, cet allongement était également en lien avec une augmentation de la mortalité au-delà de la naissance, principalement sur la première semaine de vie. De manière plus surprenante, le taux de croissance était aussi impacté par un déroulement de la mise-bas plus long, et surtout sur la première semaine de vie.

Enfin, nous avons pu mettre en évidence 4 valeurs de seuils obstétricaux pour lesquelles le risque d'avoir un chiot mort-né augmente : 4h17 (format *Small*) et 10h23 (format *Large*) pour la durée totale de mise-bas, 1h16 (format *Small*) et 1h29 (format *Large*) pour le délai de naissance. Bien que ces valeurs ne puissent pas être à elles seules des indicateurs de dystocie, elles peuvent être intéressantes à connaître tant pour les éleveurs que pour les vétérinaires, afin d'agir lorsque la durée de mise-bas permet de suspecter une dystocie ou bien de surveiller des chiots en particulier après la naissance car leur mise-bas a duré trop longtemps.

Compte tenu des résultats de cette étude sur la croissance du chiot, probablement imputable à la production lactée de la mère, il serait intéressant d'évaluer l'effet du déroulement de la mise-bas sur le comportement maternel de la mère et en particulier sur sa production lactée, ainsi que son attention vis-à-vis des chiots. De même, il serait pertinent d'évaluer le déroulement de la mise-bas sur une même chienne au long de sa vie. En effet, elle pourrait alors servir comme son propre témoin pour identifier une mise-bas difficile.

BIBLIOGRAPHIE

Adams, D. J., Ellerbrock, R. E., Wallace, M. L., Schmiedt, C. W., Sutherland, B. J. et Grimes, J. A., 2022. Risk factors for neonatal mortality prior to hospital discharge in brachycephalic and nonbrachycephalic dogs undergoing cesarean section. *Veterinary Surgery*. DOI [10.1111/vsu.13868](https://doi.org/10.1111/vsu.13868).

Allen, E.W., 1992. *Fertility and obstetrics in the dog*. Oxford ; Boston : Blackwell scientific publications. ISBN 978-0-632-02933-4. Archipel - Université de Toulouse.

Baqueiro-Espinosa, U., McEvoy, V. et Arnott, G., 2022. Factors influencing ease of whelping and its relationship with maternal behaviour and puppy perinatal mortality in commercially bred dogs. *Scientific Reports*. Vol. 12, n° 1, pp. 6680. DOI [10.1038/s41598-022-10707-w](https://doi.org/10.1038/s41598-022-10707-w).

Belin, M., 2013. *Croissance et mortalité du chiot en élevage*. Thèse de doctorat vétérinaire. Toulouse : Université Paul Sabatier.

Borge, K. S., Tønnessen, R., Nødtvedt, A. et Indrebø, A., 2011. Litter size at birth in purebred dogs—A retrospective study of 224 breeds. *Theriogenology*. Vol. 75, n° 5, pp. 911-919. DOI [10.1016/j.theriogenology.2010.10.034](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.10.034).

Boyko, A. R., Quignon, P., LI, L., Schoenebeck, J. J., Degenhardt, J. D., Lohmueller, K. E., Zhao, K., Brisbin, A., Parker, H. G., Vonholdt, B. M., Cargill, M., Auton, A., Reynolds, A., Elkalhoun, A. G., Castelhano, M., Mosher, D. S., Sutter, N. B., Johnson, G. S, Novembre, J., Hubisz, M. J., Siepel, A., Wayne, R. K., Bustamante, C. D. et Ostrander, E. A., 2010. A simple genetic architecture underlies morphological variation in dogs. Hoekstra, H. E. (éd.), *PLoS Biology*. Vol. 8, n° 8, pp. e1000451. DOI [10.1371/journal.pbio.1000451](https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000451).

Brévaux, J., 2018. *Relation entre le poids de naissance, la croissance précoce, l'hétérogénéité du poids de naissance au sein de la portée et le risque de mortalité néonatale et pédiatrique*. Thèse de doctorat vétérinaire. Toulouse : Université Paul Sabatier.

Canario, L., Roy, N., Gruand, J. et Bidanel, J. P., 2006. Genetic variation of farrowing kinetics traits and their relationships with litter size and perinatal mortality in French Large White sows. *Journal of Animal Science*. Vol. 84, n° 5, pp. 1053-1058. DOI [10.2527/2006.8451053x](https://doi.org/10.2527/2006.8451053x).

Chastant, S. et Mila, H., 2019. Passive immune transfer in puppies. *Animal Reproduction Science*. Vol. 207, pp. 162-170. DOI [10.1016/j.anireprosci.2019.06.012](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.06.012).

Chastant, S., Guillemot, C., Feugier, A., Mariani, C., Grellet, A. et Mila, H., 2017. Reproductive performance and pre-weaning mortality: Preliminary analysis of 27,221 purebred female dogs and 204,537 puppies in France. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 52, pp. 158-162. DOI [10.1111/rda.12845](https://doi.org/10.1111/rda.12845).

Cornelius, A. J., Moxon, R., Russenberger, J., Havlena, B. et Cheong, S. H., 2019. Identifying risk factors for canine dystocia and stillbirths. *Theriogenology*. Vol. 128, pp. 201-206. DOI [10.1016/j.theriogenology.2019.02.009](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.02.009).

Ekenstedt, K. J., Crosse, K. R. et Risselada, M., 2020. Canine Brachycephaly: Anatomy, Pathology, Genetics and Welfare. *Journal of Comparative Pathology*. Vol. 176, pp. 109-115. DOI [10.1016/j.jcpa.2020.02.008](https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2020.02.008).

England, G. C. W., 2013. *Dog breeding, whelping, and puppy care*. Chichester, West Sussex : Wiley-Blackwell. ISBN 978-0-470-67313-3.

- Fahmy, M. H. et Friend, D. W., 1981. Factors influencing, and repeatability of the duration of farrowing in Yorkshire sows. *Canadian Journal of Comparative Medicine and Veterinary Science*. Vol. 61, n° 17, pp. 17-22.
- Fontaine, E., Grellet, A., Lévy, X et Fontbonne, A., 2008. Dystocia and Neonatal Mortality: A Retrospective Study on 1615 Bitches. In : *World Small Animal Veterinary Association World Congress*. Dublin. 24 août 2008.
- Fontbonne, A., Fontaine, E., Lévy, X., Bachellerie, R., Bernex, F., Atam-Kassigadou, S., Guffroy, M., Leblond, E. et Briant, E., 2009. Induction of Parturition with Aglepristone in Various Sized Bitches of Different Breeds. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 44, pp. 170-173. DOI [10.1111/j.1439-0531.2009.01377.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2009.01377.x).
- Friend, D.W, Cunningham, H.M et Nicholson, J.W.G, 1962. The Duration of Farrowing in Relation to the Reproductive Performance of Yorkshire Sows. *Canadian Journal of Comparative Medicine and Veterinary Science*. Vol. 26, n° 6, pp. 127-130.
- Friendship, R. M., Metzger, K. R., Robinson, N. P. et Doig, G. S., 1990. Cesarean section in the sow: A retrospective analysis of litter size and stillbirth rate. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Vétérinaire Canadienne*. Vol. 31, n° 10, pp. 697-699.
- Gill, M. A., 2001. *Perinatal and late neonatal mortality in the dog*. Thèse universitaire. Sydney, Australie : University of Sydney.
- Herpin, P., Le Dividich, J., Hulin, J. C., Fillautt, M., De Marco, F. et Bertin, R., 1996. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *Journal of Animal Science*. Vol. 74, n° 9, pp. 2067. DOI [10.2527/1996.7492067x](https://doi.org/10.2527/1996.7492067x).
- Hoy, S. et Luther, C., 1995. Effect of housing of sows during parturition and the vitality of the piglets. *Tierärztliche Praxis*. N° 23, pp. 367-372.
- Huynh, Q. T., Nguyen, U. D., Irazabal, L. B., Ghassemian, N. et Tran, B. Q., 2015. Optimization of an Accelerometer and Gyroscope-Based Fall Detection Algorithm. *Journal of Sensors*. Vol. 2015, pp. 1-8. DOI [10.1155/2015/452078](https://doi.org/10.1155/2015/452078).
- Indrebø, A., Trangerud, C. et Moe, L., 2007. Canine neonatal mortality in four large breeds. *Acta Veterinaria Scandinavica*. Vol. 49, n° S1, pp. S2. DOI [10.1186/1751-0147-49-S1-S2](https://doi.org/10.1186/1751-0147-49-S1-S2).
- Islas-Fabila, P., Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Mora-Medina, P., González-Lozano, M., Roldán-Santiago, P., Greenwell-Beare, V., González-Hernández, M., Vega-Manríquez, X. et Orozco-Gregorio, H., 2018. Physiological and metabolic responses in newborn piglets associated with the birth order. *Animal Reproduction Science*. Vol. 197, pp. 247-256. DOI [10.1016/j.anireprosci.2018.08.037](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.08.037).
- Lanh, D. T. K. et Nam, N. H., 2022. High stillbirth rate in a swine farm in Vietnam and associated risk factors. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. Vol. 9, n° 1, pp. 13-18. DOI [10.5455/javar.2022.i564](https://doi.org/10.5455/javar.2022.i564).
- Liu, Y., Zhou, Q., Theil, P. K., Fang, Z., Lin, Y., Xu, S., Feng, B., Zhuo, Y., Wu, F., Jiang, X., Zhao, X., Wu, D. et Che, L., 2021. The differences in energy metabolism and redox status between sows with short and long farrowing duration. *Animal*. Vol. 15, n° 10, pp. 100355. DOI [10.1016/j.animal.2021.100355](https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100355).

Microsoft Corporation, 2022. *Microsoft Excel* [en ligne]. 2022. Disponible à l'adresse : <https://office.microsoft.com/excel>

Mila, H., Feugier, A., Grellet, A., Anne, J., Gonnier, M., Martin, M., Rossig, L. et Chastant, S., 2014. Inadequate passive immune transfer in puppies: definition, risk factors and prevention in a large multi-breed kennel. *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 116, n° 1-2, pp. 209-213. DOI [10.1016/j.prevetmed.2014.05.001](https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.05.001).

Mila, H., Grellet, A., Feugier, A. et Chastant, S., 2015. Differential impact of birth weight and early growth on neonatal mortality in puppies. *Journal of Animal Science*. Vol. 93, n° 9, pp. 4436-4442. DOI [10.2527/jas.2015-8971](https://doi.org/10.2527/jas.2015-8971).

Million, C, 2004. *Déroulement de la mise-bas chez la chienne : analyse des dossiers cliniques du Centre d'Études en Reproduction des Carnivores de 1989 à 2002*. Thèse de doctorat vétérinaire. Créteil : Faculté de Médecine de Créteil.

Mugnier, A., Mila, H., Guiraud, F., Brévaux, J., Lecarpentier, M., Martinez, C., Mariani, C., Adib-Lesaux, A., Chastant, S., Saegerman, C. et Grellet, A., 2019. Birth weight as a risk factor for neonatal mortality: Breed-specific approach to identify at-risk puppies. *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 171, pp. 104746. DOI [10.1016/j.prevetmed.2019.104746](https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104746).

Münnich, A., 2008. The pathological newborn in small animals: the neonate is not a small adult. *Veterinary Research Communications*. Vol. 32, n° S1, pp. 81-85. DOI [10.1007/s11259-008-9096-0](https://doi.org/10.1007/s11259-008-9096-0).

Münnich, A. et Küchenmeister, U., 2009. Dystocia in Numbers - Evidence-Based Parameters for Intervention in the Dog: Causes for Dystocia and Treatment Recommendations. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 44, pp. 141-147. DOI [10.1111/j.1439-0531.2009.01405.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2009.01405.x).

Niemi, J., Bennett, R., Clark, B., Frewer, L., Jones, P., Rimmler, T. et Tranter, R., 2020. A value chain analysis of interventions to control production diseases in the intensive pig production sector. *PloS One*. Vol. 15, n° 4, pp. e0231338. DOI [10.1371/journal.pone.0231338](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231338).

Noakes, D. E., Parkinson, T. J., Arthur, G. H. (éd.), 2001. *Arthur's Veterinary reproduction and obstetrics*. 8^{ème} édition. Londres, Royaume-Uni : Saunders. ISBN 978-0-7020-2556-3.

Oliviero, C., Heinonen, M., Valros, A. et Peltoniemi, O., 2010. Environmental and sow-related factors affecting the duration of farrowing. *Animal Reproduction Science*. Vol. 119, n° 1-2, pp. 85-91. DOI [10.1016/j.anireprosci.2009.12.009](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.12.009).

Pedersen, L. J., Berg, P., Jørgensen, G. et Andersen, I. L., 2011. Neonatal piglet traits of importance for survival in crates and indoor pens. *Journal of Animal Science*. Vol. 89, n° 4, pp. 1207-1218. DOI [10.2527/jas.2010-3248](https://doi.org/10.2527/jas.2010-3248).

Peterson, M. E. et Kutzler, M. A. (éd.), 2011. *Small animal pediatrics: the first 12 months of life*. St. Louis, Missouri : Saunders/Elsevier. ISBN 978-1-4160-4889-3.

R Core Team, 2022. *R: A Language and Environment for Statistical Computing* [en ligne]. 2022. Vienne, Autriche : R Foundation for Statistical Computing. Disponible à l'adresse : <https://www.R-project.org>

Randall, G., 1972. Observations on parturition in the sow. II. Factors influencing stillbirth and perinatal mortality. *Veterinary Record*. Vol. 90, n° 7, pp. 183-186. DOI [10.1136/vr.90.7.183](https://doi.org/10.1136/vr.90.7.183).

- Reichler, M. I. et Michel, E., 2009. Dystocia: recognition and management. *Companion Animal Practice*. Vol 19, n° 2, pp. 165-173. DOI [10.5167/UZH-25257](https://doi.org/10.5167/UZH-25257).
- Root-Kustritz, M. V. et Messonnier, S. P. (éd.), 2003. *Small animal theriogenology*. Philadelphie, Pennsylvanie : Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-7408-9.
- Runcan, E. E. et Coutinho Da Silva, M. A., 2018. Whelping and Dystocia: Maximizing Success of Medical Management. *Topics in Companion Animal Medicine*. Vol. 33, n° 1, pp. 12-16. DOI [10.1053/j.tcam.2018.03.003](https://doi.org/10.1053/j.tcam.2018.03.003).
- Schelling, C., Gaillard, C., Russenberger, J., Moseley, L. et Dolf, G., 2019. Heritabilities for the puppy weight at birth in Labrador retrievers. *BMC Veterinary Research*. Vol. 15, n° 1, pp. 395. DOI [10.1186/s12917-019-2146-8](https://doi.org/10.1186/s12917-019-2146-8).
- Schiebel, E., 2020. *Déroutement de la mise-bas chez la chienne : facteurs de variation et conséquences sur la santé du chiot en race Labrador*. Thèse de doctorat vétérinaire. Toulouse : Université Paul Sabatier.
- Simpson, G. M., England, G. C. W. et Harvey, M. (éd.), 2004. *BSAVA Manual of small animal reproduction and neonatology*. Cheltenham, Royaume-Uni : British small animal veterinary association. ISBN 978-0-905214-36-8.
- Smith, F. O., 2012. Guide to Emergency Interception During Parturition in the Dog and Cat. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. Vol. 42, n° 3, pp. 489-499. DOI [10.1016/j.cvsm.2012.02.001](https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2012.02.001).
- Société Centrale Canine, 2018. Statistiques LOF. [en ligne]. [Consulté le 20 juillet 19]. Disponible à l'adresse : <https://www.centrale-canine.fr/recherche/documents?searchQuery=&typeFilter=736>
- Tønnessen, R., Borge, K. S., Nødtvedt, A. et Indrebø, A., 2012. Canine perinatal mortality: A cohort study of 224 breeds. *Theriogenology*. Vol. 77, n° 9, pp. 1788-1801. DOI [10.1016/j.theriogenology.2011.12.023](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.12.023).
- Vallet, J. L., Miles, J. R., Brown-Brand, T. M. et Nienaber, J. A., 2010. Proportion of the litter farrowed, litter size, and progesterone and estradiol effects on piglet birth intervals and stillbirths. *Animal Reproduction Science*. Vol. 119, n° 1-2, pp. 68-75. DOI [10.1016/j.anireprosci.2009.11.004](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.11.004).
- Vallet, J.L., Freking, B.A. et Miles, J.R., 2011. Effect of empty uterine space on birth intervals and fetal and placental development in pigs. *Animal Reproduction Science*. Vol. 125, n° 1-4, pp. 158-164. DOI [10.1016/j.anireprosci.2011.03.006](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.03.006).
- van der Weyden, G. C., Taverne, M. A. M., Okkens, A. C. et Fontijne, P., 1981. The intra-uterine position of canine fetuses and their sequence of expulsion at birth. *Journal of Small Animal Practice*. Vol. 22, n° 8, pp. 503-510. DOI [10.1111/j.1748-5827.1981.tb00637.x](https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1981.tb00637.x).
- van Dijk, A. J., van Rens, B. T. T. M., van der Lende, T. et Taverne, M. A. M., 2005. Factors affecting duration of the expulsive stage of parturition and piglet birth intervals in sows with uncomplicated, spontaneous farrowings. *Theriogenology*. Vol. 64, n° 7, pp. 1573-1590. DOI [10.1016/j.theriogenology.2005.03.017](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.03.017).
- van Rens, B. T. T. M. et van der Lende, T., 2004. Parturition in gilts: duration of farrowing, birth intervals and placenta expulsion in relation to maternal, piglet and placental traits. *Theriogenology*. Vol. 62, n° 1-2, pp. 331-352. DOI [10.1016/j.theriogenology.2003.10.008](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.10.008).

Verstegen-Onclin, K. et Verstegen, J., 2008. Endocrinology of pregnancy in the dog: A review. *Theriogenology*. Vol. 70, n° 3, pp. 291-299. DOI [10.1016/j.theriogenology.2008.04.038](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.04.038).

Walter, B., Leykam, C., Flock, U., Otzdorff, C. et Meyer-Lindenberg, A., 2021. Birth of a vital puppy following prolonged whelping in a Labrador Retriever. *Tierärztliche Praxis*. Vol. 49, n° 01, pp. 51-54. DOI [10.1055/a-1319-8847](https://doi.org/10.1055/a-1319-8847).

World Health Organization, 2019a. Infant mortality rate (between birth and 11 months per 1000 live births). [en ligne]. [Consulté le 19 août 2022]. Disponible à l'adresse : [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/infant-mortality-rate-\(probability-of-dying-between-birth-and-age-1-per-1000-live-births\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/infant-mortality-rate-(probability-of-dying-between-birth-and-age-1-per-1000-live-births))

World Health Organization, 2019b. Stillbirth rate (per 1000 total births). [en ligne]. 2019. [Consulté le 19 août 2022]. Disponible à l'adresse : [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/stillbirth-rate-\(per-1000-total-births\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/stillbirth-rate-(per-1000-total-births))

ANNEXES

Annexe 1 : Liste des effectifs de chiots, mises-bas, mères et élevages en fonction de chaque race et format racial présents dans la population étudiée

Races	Format racial	Chiots	Mises-bas	Mères	Élevages
American Staffordshire Terrier	M	9	1	1	1
Basset Hound	L	47	6	2	1
Beagle	M	133	19	14	2
Bearded Collie	M	33	4	4	1
Beauceron	L	24	3	3	3
Berger Allemand	L	46	6	4	3
Berger Australien	M	213	28	14	4
Berger Belge Groenendael	L	24	4	1	1
Berger Belge Laekenois	L	7	2	2	1
Berger Belge Malinois	L	144	23	16	5
Berger Blanc Suisse	L	53	8	7	3
Berger de Brie	L	25	3	2	1
Berger des Shetland	S	152	33	13	4
Berger Polonais de Plaine	M	6	1	1	1
Border Collie	M	21	3	2	1
Border Terrier	S	38	8	4	1
Bouledogue Français	M	6	1	1	1
Bouvier Australien	M	18	3	2	2
Bouvier Bernois	G	84	13	6	3
Boxer	L	5	1	1	1
Braque Hongrois	L	152	19	11	1
Bulldog Continental	M	40	4	3	2
Cairn Terrier	S	31	6	2	1
Caniche moyen	S	26	5	4	1
Caniche Nain/Toy	S	13	3	3	2
Carlin	S	10	2	2	1
Cavalier King Charles	S	26	5	5	4
Chihuahua	S	37	11	7	3
Chow Chow	M	6	1	1	1
Cocker Américain	M	3	1	1	1
Cocker Anglais	M	26	4	4	3
Collie à poil court	M	15	2	1	1

Dalmatien	L	39	4	4	2
Dogue de Bordeaux	G	57	8	6	1
Epagneul Nain Continental	S	9	3	2	2
Eurasier	M	352	55	25	1
Field Spaniel	M	8	1	1	1
Fox Terrier	S	162	33	19	3
Golden Retriever	L	23	3	2	2
Greyhound	L	40	5	5	2
Husky de Sibérie	M	54	11	8	2
Labrador Retriever	L	74	10	5	4
Landseer	G	15	2	1	1
Léonberg	G	420	49	24	7
Lévrier Irlandais	G	20	2	2	2
Lhasa Apso	S	26	5	3	1
Malamute	L	25	4	1	1
Parson Terrier	S	23	4	1	1
Petit Chien Lion	S	22	5	1	1
Petit Epagneul de Münster	M	6	1	1	1
Petit Lévrier Italien	S	21	5	5	3
Podengo Portugais	S	4	1	1	1
Rottweiler	G	4	1	1	1
Saarloos	L	10	1	1	1
Saint-Bernard	G	10	1	1	1
Samoyède	M	6	1	1	1
Schnauzer Géant	L	26	2	2	1
Schnauzer Nain	S	81	15	9	3
Scottish Terrier	S	5	1	1	1
Setter Anglais	L	38	5	4	2
Setter Irlandais	M	17	2	2	1
Shiba Inu	M	7	2	1	1
Shih Tzu	S	12	2	2	1
Silky Terrier	S	26	5	1	1
Spitz Moyen	S	6	1	1	1
Teckel Standard	S	4	1	1	1
Terre Neuve	G	259	32	18	4
West Highland White Terrier	S	85	18	7	2
Whippet	S	29	5	5	2
Yorkshire Terrier	S	9	3	3	2

Annexe 2 : Comparaison des inscriptions du Top 20 des races les plus populaires au LOF de 2008 à 2018 avec les races présentes dans la population étudiée

Les races en italique représentent les races absentes dans la population étudiée.

Races	Format racial	Nombre d'inscrits au LOF	Pourcentage d'inscrits au LOF	Nombre de chiots dans l'étude	Pourcentage de chiots dans l'étude
Berger Allemand	L	122 164	9,3	46	1,3
Berger Belge	L	103 321	7,9	175	5,0
Golden Retriever	L	99 839	7,6	23	0,7
Berger Australien	M	84 902	6,5	213	6,1
Staffordshire Terrier Américain	M	82 591	6,3	10	0,3
Retriever du Labrador	L	79 270	6,0	74	2,1
Cavalier King Charles	S	79 215	6,0	26	0,7
Bouledogue Français	S	66 919	5,1	7	0,2
Setter Anglais	L	64 188	4,9	38	1,1
<i>Staffordshire Bull Terrier</i>	<i>M</i>	<i>63 351</i>	<i>4,8</i>	<i>n/a</i>	<i>n/a</i>
Yorkshire Terrier	S	59 724	4,6	9	0,3
Chihuahua	S	57 724	4,4	37	1,1
Cocker Anglais	M	56 994	4,3	26	0,7
<i>Epagneul Breton</i>	<i>M</i>	<i>54 412</i>	<i>4,1</i>	<i>n/a</i>	<i>n/a</i>
Beagle	M	44 020	3,4	133	3,8
<i>Cane Corso</i>	<i>G</i>	<i>42 269</i>	<i>3,2</i>	<i>n/a</i>	<i>n/a</i>
Teckel	S	41 589	3,2	4	0,1
Bouvier Bernois	G	38 957	3,0	84	2,4
<i>Jack Russel Terrier</i>	<i>S</i>	<i>35 770</i>	<i>2,7</i>	<i>n/a</i>	<i>n/a</i>
Shih Tzu	S	35 025	2,7	12	0,3
Effectifs total	n/a	1 312 444	n/a	917	n/a

Annexe 3 : Comparaison des inscriptions du Top 20 des races les plus populaires au LOF de 2008 à 2018 avec les formats raciaux présents dans la population étudiée

Format racial	Nombre d'inscrits au LOF	Pourcentage d'inscrits au LOF	Nombre de chiots dans l'étude	Pourcentage de chiots dans l'étude
Small	375 966	28,7	857	24,4
Medium	386 270	29,4	979	27,9
Large	468 782	35,7	802	22,9
Giant	81 226	6,2	869	24,8
Effectifs total	1 312 444	n/a	917	n/a

Titre : Déroulement de la mise-bas chez la chienne : facteurs de variation et conséquences sur la santé du chiot

Résumé :

Dans un contexte de taux mortalité néonatale élevée chez le chien, l'objectif de cette étude était i) de caractériser le déroulement de la mise-bas chez la chienne à travers la durée totale de mise-bas, la durée cumulée de naissance et le délai de naissance, ii) d'identifier les facteurs de variation, et iii) d'évaluer les conséquences sur la mortalité et la croissance néonatale des chiots. L'étude a été réalisée sur 541 mises-bas et 2475 chiots de 70 races. La durée totale de mise-bas ($6h00 \pm 5h10$) était influencée par le format racial, la présence d'au moins un chiot mort-né dans la portée et la taille de portée. Le délai de naissance ($1h05 \pm 1h32$) était impacté par le format racial, la parité de la mère, la taille de portée, le statut mort ou vivant du chiot à la naissance et le rang de naissance. Une valeur critique de délai de naissance ($1h16$) au-delà de laquelle le risque de mortinatalité augmentait a pu être déterminée par analyse ROC. L'allongement des durées de mise-bas était lié à une augmentation de la mortalité et à une diminution du taux de croissance néonatal, pouvant être secondaire à une diminution de la production lactée et colostrale de la mère en relation à l'effort fourni pendant la mise-bas. Maîtriser les facteurs de variation de la durée de mise-bas permettrait d'améliorer la survie et la croissance des chiots en période néonatale.

Mots clés : Mise-bas ; Durée ; Intervalle ; Chiot ; Variation ; Mortalité ; Croissance

Title : Duration of whelping in the bitch : variation factors and consequences on puppy neonatal health

Abstract :

In a context of high puppy neonatal mortality rate, the aim of this study was i) to characterize the duration of whelping in the bitch using the total duration of whelping, the duration between start of whelping and birth and the birth interval), ii) to identify variation factors and iii) to evaluate the consequences on puppy neonatal mortality and growth rate. The study was conducted with data from 541 whelpings and 2475 puppies from 70 breeds. Whelping duration ($6h00 \pm 5h10$) was influenced by breed size, the presence of at least one stillborn puppy in the litter and litter size. Birth interval ($1h05 \pm 1h32$) was impacted by breed size, dam parity, litter size, whether a puppy was stillborn or liveborn and birth order. A critical birth interval value ($1h16$) over which the risk of a puppy being stillborn increased was determined by ROC analysis. The lengthening of whelping durations was linked to increased puppy neonatal mortality and decreased neonatal growth rate, which could be secondary to decreased milk and colostrum production in the dam in relation to the effort of whelping. Mastering the variation factors of whelping duration could improve puppy survival and growth in the neonatal period.

Keywords : Whelping ; Duration ; Interval ; Puppy ; Variation ; Mortality ; Growth