



**HAL**  
open science

# Supplémentation maternelle avec la levure *Saccharomyces boulardii* chez la chienne en gestation et en lactation : effets sur la composition nutritionnelle du colostrum et du lait et la croissance des chiots jusqu'au sevrage

Mathilde Martin

► **To cite this version:**

Mathilde Martin. Supplémentation maternelle avec la levure *Saccharomyces boulardii* chez la chienne en gestation et en lactation : effets sur la composition nutritionnelle du colostrum et du lait et la croissance des chiots jusqu'au sevrage. Médecine vétérinaire et santé animale. 2024. dumas-04698394

**HAL Id: dumas-04698394**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04698394v1>**

Submitted on 16 Sep 2024

**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.

# SUPPLÉMENTATION MATERNELLE AVEC LA LEVURE *SACCHAROMYCES BOULARDII* CHEZ LA CHIENNE EN GESTATION ET EN LACTATION : EFFETS SUR LA COMPOSITION NUTRITIONNELLE DU COLOSTRUM ET DU LAIT ET LA CROISSANCE DES CHIOTS JUSQU'AU SEVRAGE

---

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de  
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

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

**MARTIN Mathilde, Justine**

**Directrice de thèse : Mme Hanna MILA**

---

**JURY**

PRESIDENT :

**M. Dominique BERGONIER**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSEESSEURES :

**Mme Hanna MILA**

**Mme Véronique GAYRARD-TROY**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITEE :

**Mme Amélie MUGNIER**

Ingénieure de recherches au sein de la société LALLEMAND



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

**Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire**

**Directeur : Professeur Pierre SANS**

**PROFESSEURS CLASSE  
EXCEPTIONNELLE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- 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<sup>ère</sup> CLASSE**

- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- 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*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*

**PROFESSEURS 2<sup>ème</sup> CLASSE**

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

## MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*  
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*  
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*  
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*  
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
Mme **PRYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

## 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. **COMBARROS Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*  
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*  
M. **FUSADE-BOYER**, *Microbiologie et infectiologie*  
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. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales règlementées*  
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 **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*  
M. **DELPONT Mattias**, *Clinique Aviaire*  
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 **LAYSSOL-LAMOUR Catherine**, *Imagerie Médicale*  
Mme **POUJADE Agnès**, *Anatomie pathologique Vétérinaire*  
Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*  
M. **RAMON PORTUGAL Felipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*  
M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*  
Mme **SAADA Chloé**, *Gestion intégrée de la santé des ruminants*

# REMERCIEMENTS

*Au président du jury de thèse,*

**A Monsieur le Docteur Dominique BERGONIER,**  
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
*Pathologie de la reproduction*

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,  
*Hommage respectueux.*

*Au jury de thèse,*

**A Madame la Docteure Hanna MILA,**  
Professeure à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
*Elevage des carnivores domestiques*

Pour votre gentillesse, votre enthousiasme et vos conseils,  
*Sincères remerciements.*

**A Madame la Professeure Véronique GAYRARD,**  
Professeure à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
*Physiologie de la reproduction, endocrinologie*

Qui a très aimablement accepté de faire partie de notre jury de thèse,  
*Profonde gratitude.*

*Au membre invité,*

**A Madame la Docteure Amélie Mugnier,**  
Ingénieur de recherche au sein de la société LALLEMAND

Pour ton encadrement, ta précieuse aide, et ces échanges enrichissants,  
*Sincères remerciements.*



## Table des matières

TABLE DES ANNEXES .....	9
TABLE DES FIGURES.....	10
TABLE DES TABLEAUX.....	12
INTRODUCTION.....	13
PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....	15
I.    Croissance des chiots.....	15
A.    Importance de la prise colostrale .....	15
B.    Croissance et facteurs de variation .....	15
II.   Programmation fœtale .....	16
III.  Les probiotiques .....	17
A.    Saccharomyces boulardii .....	17
B.    Effets sur les animaux.....	18
C.    Mécanismes d'action.....	19
PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE .....	20
I.    Problématique, objectif, hypothèse.....	20
II.   Matériels et méthodes .....	21
A.    Population .....	21
B.    Supplémentation en probiotiques.....	24
C.    Collecte des données cliniques.....	26
D.    Collecte des échantillons de colostrum et de lait.....	27
E.    Analyse des échantillons.....	28
F.    Analyses statistiques.....	30
III.  Résultats.....	33
A.    Description de la population .....	33



B. Influence de la supplémentation en levure sur la composition nutritionnelle du colostrum et du lait .....	36
C. Influence de la supplémentation en levure sur la croissance des chiots	51
D. Influence de la composition nutritionnelle du lait et du colostrum sur la croissance des chiots .....	56
IV. Discussion .....	61
A. Limites de l'étude .....	61
B. Principaux résultats .....	62
CONCLUSION .....	69
BIBLIOGRAPHIE .....	71
ANNEXES .....	82

## TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Interactions entre le gabarit des chiennes (L ou M) et la supplémentation en levure (groupe Témoin ou groupe Levure) à partir du modèle expliquant l'énergie totale contenue dans le colostrum des chiennes de l'étude .....82

Annexe 2 : Interactions entre l'âge des chiennes (G1 ou G2) et la supplémentation en levure (groupe Témoin ou groupe Levure) à partir du modèle expliquant l'énergie totale contenue dans le colostrum des chiennes de l'étude .....82

Annexe 3 : Interactions entre le gabarit des chiennes (L ou M) et la supplémentation en levure (groupe Témoin ou groupe Levure) à partir du modèle expliquant l'énergie totale contenue dans le lait des chiennes de l'étude .....83

Annexe 4 : Interactions entre la taille des portées des chiennes (T1, T2 ou T3) et la supplémentation en levure (groupe Témoin ou groupe Levure) à partir du modèle expliquant l'énergie totale contenue dans le colostrum des chiennes de l'étude .....83

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : diagramme de flux de la population des mères.....	33
Figure 2 : répartition de l'âge des chiennes de notre étude (n=31) .....	34
Figure 3 : diagramme de flux de la population des chiots .....	35
Figure 4 : Répartition de la teneur en matière sèche dans le colostrum ( <b>A.</b> ) et dans le lait ( <b>B.</b> ) des chiennes de l'étude (n=31) .....	37
Figure 5 : Répartition de la teneur en protéines dans le colostrum ( <b>A.</b> ) et le lait ( <b>B.</b> ) des chiennes de l'étude (n=31).....	38
Figure 6 : Répartition de la teneur en glucides dans le colostrum ( <b>A.</b> ) et le lait ( <b>B.</b> ) des chiennes de l'étude (n=31).....	39
Figure 7 : Répartition de la teneur en matières grasses dans le colostrum ( <b>A.</b> ) et le lait ( <b>B.</b> ) des chiennes de l'étude (n=31) .....	40
Figure 8 : Répartition de l'énergie totale dans le colostrum ( <b>A.</b> ) et le lait ( <b>B.</b> ) des chiennes de l'étude.....	41
Figure 9 : proportions relatives des acides gras dans le colostrum ( <b>A.</b> ) et dans le lait ( <b>B.</b> ) des chiennes de l'étude (n=31) .....	42
Figure 10 : Analyse en Composantes Principales (ACP) des composants du colostrum ( <b>A.</b> ) et du lait ( <b>B.</b> ) selon le groupe étudié : Levure (n=15) entouré par une ellipse rouge ou Témoins (n=16) entouré par une ellipse bleue. ....	44
Figure 11 : Energie totale dans le colostrum ( <b>A.</b> ) et le lait ( <b>B.</b> ) des chiennes en fonction de la supplémentation en <i>Saccharomyces boulardii</i> . Les chiennes du groupe Levure (n=15) sont présentées en rouge et les chiennes du groupe Témoin (n=16) en bleu.....	45
Figure 12 : Teneur en protéines dans le lait des chiennes en fonction de la supplémentation en <i>Saccharomyces boulardii</i> . Les chiennes du groupe Levure (n=15) sont présentées en rouge et les chiennes du groupe Témoin (n=16) en bleu .....	46
Figure 13 : Proportion de l'acide pentadécylique dans le colostrum en fonction de la supplémentation en <i>Saccharomyces boulardii</i> . Les chiennes du groupe Levure (n=15) sont présentées en rouge et les chiennes du groupe Témoin (n=16) en bleu.....	47
Figure 14 : Energie totale dans le colostrum à J1 en fonction du gabarit des chiens (L ou M) et de la supplémentation en probiotiques (groupe Témoin en bleu et groupe Levure en rouge). « n » correspond à l'effectif présent dans chaque catégorie. ....	48

Figure 15 : Energie totale dans le colostrum à J1 en fonction de l'âge des chiens (G1≤3,1 ans ou G2>3,1 ans) et de la supplémentation en probiotiques (Groupe contrôle en bleu et Groupe levure en rouge). « n » correspond à l'effectif présent dans chaque catégorie. ....	49
Figure 16 : Energie totale dans le colostrum à J7 en fonction du gabarit des chiens (L ou M) et de la supplémentation en probiotiques (groupe Témoin en bleu et groupe Levure en rouge). « n » correspond à l'effectif présent dans chaque catégorie. ....	50
Figure 17 : Energie totale dans le colostrum à J7 en fonction de la taille de la portée (T1<7 chiots, T2 : 7 ou 8 chiots ou T3 > 8 chiots) et de la supplémentation en probiotiques (Groupe contrôle en bleu et Groupe levure en rouge). « n » correspond à l'effectif présent dans chaque catégorie. ....	51
Figure 18: Courbes de poids moyen des chiots entre J0 et J56 selon leur groupe (Témoin, en bleu, ou Levure, en rouge). Les courbes correspondent à (de bas en haut) : q1, moyenne, q3. ....	52
Figure 19 : Taux de croissance moyen chez le groupe Témoin (en bleu) et le groupe Levure (en rouge) entre 7 et 21 jours ( <b>A.</b> ) et entre 21 et 56 jours ( <b>B.</b> ) (* : p-value < 0,05 ; ** : p-value < 0,01 ; *** : p-value < 0,001). ....	54
Figure 20 : Coefficient de variation des poids intra-portée dans le groupe Levure en rouge (n=109) et Témoin en bleu (n=109) à J21 ( ** si p-value <0,01).....	55
Figure 21 : Poids des chiots selon la teneur d'énergie dans le colostrum maternel (E1 < 1,4 kcal/g ; E2 > 1,4 kcal/g) à J0 ( <b>A.</b> ) et à J7 ( <b>B.</b> ) (** si p-value <0,01).....	57
Figure 22 : Poids des chiots selon la teneur d'énergie dans le lait maternel (E1 <1,6 kcal/g ; E2 > 1,6 kcal/g) : à J21 ( <b>A.</b> ) et à J56 ( <b>B.</b> ) (** si p-value <0,01) .....	58
Figure 23 : Corrélation entre l'énergie totale du lait maternel et la variabilité de la croissance intra-portée entre J7 et J21 pour les 31 portées étudiées .....	60

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau nutritionnel des aliments reçus par les chiennes au cours de l'étude.....	22
Tableau 2 : Critères de répartition des chiennes incluses dans l'étude au sein des groupes Témoin (n=18) et Levure (n=18) .....	25
Tableau 3 : Analyse des poids des chiots au cours de l'étude (n=218).....	36
Tableau 4 : Concentrations totales en acides gras et ratio $\omega6/\omega3$ dans le colostrum et le lait des chiennes de l'étude (n=31) .....	46
Tableau 5 : Résultats du modèle multivarié (ANOVA) expliquant les associations entre les différents facteurs étudiés et l'énergie totale dans le colostrum des 31 chiennes suivies .....	47
Tableau 6 : Résultats du modèle multivarié (ANOVA) expliquant les associations entre les différents facteurs étudiés et l'énergie totale dans le lait des 31 chiennes suivies (* si $p<0,05$ , ** si $p<0,01$ , *** si $p<0,001$ ). .....	49
Tableau 7 : Les taux moyens de croissance des 218 chiots suivis au cours de l'étude selon leur tranche d'âge.....	52
Tableau 8 : Poids moyens des chiots et coefficients de variation des poids chez le groupe Témoin (n= 109) et le groupe Levure (n= 109) à différents jours .....	53
Tableau 9 : Résultats d'analyses statistiques de corrélations entre l'énergie totale dans le colostrum et le lait et respectivement le poids moyen par portée à J0 et J7 (pour colostrum), et J21 et J56 (pour le lait) .....	58
Tableau 10 : Résultats d'analyses statistiques de corrélations entre l'énergie totale dans le colostrum et le lait et respectivement le coefficient de variation des poids intra-portées à J0 et J7 (pour colostrum), et J21 et J56 (pour le lait).....	59
Tableau 11 : Résultats d'analyses statistiques de corrélations entre l'énergie totale dans le colostrum et le lait et respectivement le coefficient de variation du taux de croissance à J0-J2 et J2-J7 (pour colostrum), et J7-J21 et J21-J56 (pour le lait) (* si $p<0,05$ ) .....	60
Tableau 12 : Comparaison de la composition nutritionnelle du colostrum et du lait de notre étude par rapport à la littérature : en italique les données selon Chastant-Maillard et Mila (2016 et, Chastant (2023).....	63

## INTRODUCTION

Selon la Société Centrale Canine, près de 230 000 naissances de chiens de race ont été enregistrées en France en 2023 (Société Centrale Canine, 2024). Cependant, la mortalité chez les chiots est élevée avec la majorité des décès se produisant au cours des 3 premières semaines de vie du chiot (Chastant-Maillard et al., 2016). Parmi les différents éléments cruciaux pour le chiot, Alves et al (2020) ont montré qu'une perte de poids durant les premières 48 heures représente un risque plus élevé de mortalité néonatale. Or, cette période coïncide avec la prise du colostrum par le nouveau-né. En effet, l'importance de la prise colostrale a largement été étudiée pour ses apports en immunoglobulines essentielles à l'immunité du nouveau-né, mais également pour ses apports d'énergie face à de très pauvres réserves après la naissance (Mila et al., 2015). La poursuite de la lactation les jours suivants permet la croissance et la bonne santé des chiots (Lezama-García et al., 2019).

Dans les années 1980, les travaux de Barker ont permis la découverte de la notion de programmation fœtale, mettant en avant le lien entre l'environnement pendant la période prénatale et la vie post-natale (Barker et al., 1986, Barker et al., 1989, Barker et al., 1993). La nutrition maternelle jouant un rôle essentiel sur la santé du chiot, elle est une des clés pour l'optimisation de la croissance des chiots et de leur bien-être (Mila et al., 2015). La variation de composition nutritionnelle des sécrétions lactées pourrait alors jouer sur la croissance des chiots.

Les probiotiques sont de plus en plus utilisés en médecine humaine et vétérinaire, notamment dans le cas de *Saccharomyces boulardii* pour ses impacts sur la santé digestive. Chez les animaux de rente, plusieurs expérimentations ont été réalisées afin d'observer les effets de la supplémentation maternelle en probiotiques sur la santé de leur progéniture (Tan et al., 2015 , Sun et al., 2022 , Hiltz et al., 2023). Les résultats sont mitigés selon les études, et l'espèce canine ne possède pas encore beaucoup de données à ce sujet.

Les études montrant qu'une supplémentation maternelle en probiotiques pendant la gestation et la lactation peut avoir des effets bénéfiques sur la santé de sa progéniture, nous avons émis l'hypothèse que ces bénéfices proviennent entre autres d'une modification de la qualité nutritionnelle des sécrétions lactées. L'objectif de cette

thèse était donc d'étudier les effets de la supplémentation maternelle en levure vivante *Saccharomyces boulardii* sur les teneurs en macronutriments contenus dans leur colostrum et leur lait, ainsi que sur la croissance de leurs chiots jusqu'au sevrage.

Nous commencerons par une brève étude bibliographique afin de développer la notion de programmation fœtale, de décrire les probiotiques avec leurs effets sur les animaux et les mécanismes d'action. Puis nous présenterons les données existantes sur la croissance des chiots afin de mieux comprendre les enjeux de notre étude.

La deuxième partie porte sur une étude expérimentale réalisée en 2021 sur 36 chiennes, qui nous a permis d'analyser dans un premier temps les variations de composition nutritionnelle du colostrum et du lait selon la supplémentation en levure, puis les effets sur la croissance des chiots à différentes périodes jusqu'à leurs 2 mois. Enfin, nous essayerons de comprendre les mécanismes sous-jacents en cherchant un lien entre la composition des sécrétions lactées et la croissance des chiots.

## **PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

### **I. Croissance des chiots**

#### ***A. Importance de la prise colostrale***

La survie des chiots et des chatons au cours des premières semaines dépend particulièrement du colostrum, une sécrétion spécifique de la glande mammaire produite au cours des deux premiers jours du post-partum (Chastant-Maillard et al., 2017). En effet, une perte de poids au cours de 48 premières heures de vie d'un chiot est reconnue comme l'un des facteurs de risques le plus élevé de mortalité néonatale (Alves, 2020). Cependant, il est difficile d'établir une quantité minimale de colostrum à ingérer pour les chiots en fonction de leurs poids. Pour un transfert immunitaire passif adéquat, la quantité moyenne de colostrum qui doit être ingérée est de 1,3 ml pour 100 g de poids corporel du chiot au cours des 8 premières heures de vie. En revanche, la quantité moyenne de colostrum ingérée nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques est beaucoup plus élevée, à 12 ml pour 100 g de poids vif du chiot par jour (Chastant-Maillard et al., 2017). Alors que 30% des chiots connaissent un déficit énergétique au début de leur vie (Chastant-Maillard et Mila, 2016), la recherche du colostrum de la meilleure qualité possible est essentielle pour les éleveurs, même si la qualité immunologique et la valeur énergétique du colostrum ne sont pas corrélées (Mila et al., 2015).

La qualité nutritionnelle du lait est également importante pour la croissance des chiots. Cependant les études ne sont pas toutes en accord concernant sa composition. Certaines affirment que la concentration énergétique est similaire dans le lait et le colostrum (Chastant-Maillard et al., 2017) ; tandis que d'autres décrivent que le colostrum est 20% plus énergétique que le lait (Chastant-Maillard et Mila, 2016).

#### ***B. Croissance et facteurs de variation***

La croissance des chiots diffère selon différents critères tels que la race, le sexe, la taille de la portée et l'élevage d'origine (Lecarpentier, Martinez, 2017). Les races les plus grandes ont une période de croissance plus longue que les races plus petites avec un âge adulte atteint à partir d'environ 15 mois pour les grandes races, contre 9



mois pour les petites. De plus, il existe des différences spécifiques à la race dans les modèles de croissance même pour des chiens de taille similaire (Hawthorne, 2004). Les mâles et les femelles n'ont également pas la même vitesse de croissance, ces dernières mettant moins de temps à atteindre l'âge adulte (Helmink et al., 2000).

## **II. Programmation fœtale**

Chez l'homme, la notion de programmation fœtale est apparue il y a 35 ans à la suite d'études sur la mortalité infantile et adulte. Une prédisposition à la cardiopathie ischémique liée à la nutrition pendant la période prénatale et post-natale précoce est démontrée (Barker et al., 1986, Barker et al., 1989). La programmation fœtale est alors définie comme le processus par lequel un stimulus au cours d'une période critique du développement a des effets durables sur la vie de l'individu (Godfrey et al., 2001). Plus tard, Baker montre également un lien entre les petits poids de naissance et au cours de la petite enfance, et le risque accru de développement de maladies cardiovasculaires et de diabète. Ceci serait expliqué par des changements dans les niveaux de sécrétions hormonales du placenta suite à une dénutrition fœtale, entraînant des anomalies de structure et de fonction dans la vie adulte. L'environnement intra-utérin étant la principale influence sur la croissance fœtale, les signaux endocriniens ou paracrines qui sont provoqués vont déterminer l'apport de nutriments au fœtus (Barker et al., 1993, Lewis et al., 2006). Ces études ont été confirmées par Barker des années après (Barker et al., 2007), et d'autres scientifiques démontrent également le risque d'une sous-nutrition ou surnutrition maternelle au cours de la gestation sur l'obtention de petits ou gros poids de naissance, en les prédisposant dans les deux cas à de l'obésité, au diabète et à des maladies cardiovasculaires à l'âge adulte (Tamashiro et al., 2010, Ravelli et al., 1999). Ces différents travaux ont permis de mettre en évidence les conséquences sur le long terme de la nutrition maternelle au cours de la gestation et des premiers instants de vie des enfants (Roseboom et al., 2000, Roseboom et al., 2001, Painter et al., 2005).

### III. Les probiotiques

#### A. *Saccharomyces boulardii*

Le terme « probiotique » a été défini pour la première fois par Fuller comme « un complément alimentaire microbien vivant qui affecte bénéfiquement l'hôte en améliorant son équilibre microbien intestinal » (Fuller, 1989). Depuis, la définition adoptée est celle proposée par l'Organisation Mondiale de la Santé définissant les probiotiques comme « des microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont ingérés en quantités adéquates, comme partie d'un aliment, exercent une action bénéfique sur la santé de l'hôte » (FAO/OMS, 2001).

*Saccharomyces boulardii*, isolée du litchi par Henri Boulard dans les années 1920, appartient au genre *Saccharomyces* qui est couramment utilisé dans plusieurs procédés alimentaires, notamment les boissons et processus de fermentation (Zanello et al., 2009). Elle est génétiquement proche de la levure modèle *Saccharomyces cerevisiae* (Pais et al., 2020) et est souvent prescrite sous forme lyophilisée dans le cadre de maladies gastro-intestinales humaines comme le syndrome du côlon irritable, les diarrhées aiguës chez l'enfant, la maladie de Crohn... (Zanello et al., 2009).

La forme galénique la plus souvent proposée est la microencapsulation, qui permet de protéger la levure de l'action du tractus gastro-intestinal afin qu'elle atteigne l'intestin de manière viable. Cette technique permet également une conservation d'au moins 120 jours, et une bonne observance du traitement en facilitant la prise de capsules dans des friandises chez les animaux (Baroncello et al., 2020). Une fois libérée, *S. boulardii* a la capacité de coloniser le tube digestif grâce à une température optimale de croissance à 37°C, une résistance à la bile et aux variations de pH (Czerucka et al., 2007). De plus, cette levure vivante est naturellement résistante aux antibiotiques, c'est pourquoi elle est couramment utilisée comme traitement contre la diarrhée associée aux antibiotiques et les diarrhées dues aux infections intestinales à *Clostridium difficile* (Czerucka et al. 2007). Des études pharmacocinétiques ont montré qu'après l'administration orale de *S. boulardii* lyophilisée, les concentrations à l'état d'équilibre sont atteintes dans le côlon dans les 3 jours, et les levures sont éliminées des selles dans les 2 à 5 jours après l'arrêt du traitement (Blehaut et al., 1989).

## **B. Effets sur les animaux**

La levure *Saccharomyces* et ses dérivés ont été largement utilisés dans l'alimentation du bétail et de la volaille pour leur impact positif potentiel sur la croissance, les performances et la santé générale des animaux (Maturana et al., 2023). Chez les porcs, plusieurs études ont constaté une amélioration des performances reproductrices des truies, ainsi que du statut immunitaire et performances des porcelets (Oftedal et al., 1984, Domingos et al., 2021, Sun et al., 2021, Tan et al., 2015). Des résultats différents ont cependant été décrits avec une absence de différence observée lors de la supplémentation en levure (Le Floc'h et al., 2022).

Dans la volonté d'une diminution de l'utilisation des antibiotiques en élevage et d'une lutte contre l'antibiorésistance, les probiotiques constituent également une alternative aux antibiotiques avec une diminution de l'incidence de la diarrhée chez les veaux (Ballet et al., 2023) et ainsi une diminution de l'utilisation des antibiotiques dans une étude décrite chez des veaux de boucherie (Villot et al., 2019). Une amélioration du bien-être intestinal chez les chiots a été décrit en mesurant le cortisol fécal chez les animaux supplémentés (Meineri et al., 2022), et une augmentation du score fécal reflétant la consistance des selles chez des chiens atteints d'entéropathie chronique (D'Angelo et al., 2018).

Le chien est une espèce qui naît hypogammaglobulinémiques, avec des réserves de glucose limitées et en hypothermie, ce qui rend la mère et ses capacités d'allaitement essentielles à leur survie (Garrigues et al., 2024). La composition du colostrum et du lait devient alors une préoccupation importante pour la santé des jeunes et les études sur l'influence des probiotiques sur les sécrétions lactées progressent. De plus, la période péripartum est une période exigeante sur plan métabolique pour les animaux laitiers en raison des besoins accrus en nutriments pour la production laitière (Hiltz et al., 2023). Chez les vaches laitières, la supplémentation entraîne une production de lait plus importante avec une augmentation du rendement en matières grasses et en protéines (Ballet et al., 2023, Hiltz et al., 2023). Chez le porc, les études se contredisent avec une composition du colostrum et du lait inchangée avec la prise de levure (Tan et al., 2015), ou une production et une teneur en acides gras augmentées (Domingos et al., 2021).

### **C. Mécanismes d'action**

Les levures sont utilisées pour le traitement des troubles du tractus gastro-intestinal en raison de leur capacité de modulation de l'activité enzymatique avec notamment une stimulation des enzymes digestives de la membrane de la bordure en brosse (Pais et al., 2020). *S. boulardii* interagit avec la microflore résidente et la muqueuse de l'intestin (Zanello et al., 2009) avec des effets bénéfiques sur la diversité, la structure et le soutien des fonctions microbiennes (Le Floc'h et al., 2022, Ballet et al., 2023).

Les probiotiques peuvent alors apporter une protection de la muqueuse intestinale par production de substances antimicrobiennes (Jones & Versalovic 2009) et la régulation positive de divers métabolites (Buts et al., 1990 ; Qamar et al., 2001 ; Rodrigues et al., 2000). Cette protection contre les pathogènes entériques (Czerucka et Rampal, 2002 ; Mummy et al., 2007) module la réponse immunitaire de l'hôte (Ozkan et al., 2007 ; Rodrigues et al., 2000) en diminuant l'inflammation (Lee et al., 2005 ; Sougioultzis et al., 2006) et inhibant les toxines bactériennes (Castagliuolo et al., 1999 ; Tasteyre et al., 2002).

L'utilisation des probiotiques chez la mère en gestation et en lactation, et plus particulièrement celle de *S. boulardii*, pourrait constituer une stratégie intéressante pour améliorer la santé néonatale. Il reste à démontrer que cet effet passe par l'amélioration de la qualité nutritionnelle du colostrum et du lait maternels.

## **PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE**

### **I. Problématique, objectif, hypothèse**

Les probiotiques sont de plus en plus utilisés en médecine humaine et vétérinaire, notamment dans le milieu de l'élevage chez les animaux de rente, comme alternative aux antibiotiques et afin d'améliorer le confort digestif des animaux. De plus, les éleveurs cherchant une optimisation des paramètres d'élevage, l'utilisation des résultats de la programmation fœtale devient un moyen d'améliorer les performances, mais également la santé et le bien-être des individus.

Par le biais de cette étude expérimentale, notre objectif est d'évaluer s'il existe une influence de la supplémentation maternelle avec *Saccharomyces boulardii* au cours de la gestation et la lactation sur la composition nutritionnelle du colostrum et du lait, ainsi que sur la croissance des chiots jusqu'au sevrage. Pour cela, cette étude a été réalisée en double aveugle avec un groupe de chiennes supplémentées en levure, et un groupe recevant un placebo. Une collaboration avec la société Lallemand SAS (Centre de recherche à Blagnac, France) a été réalisée dans le cadre d'obtention de l'autorisation de mise sur le marché de ce produit pour les carnivores domestiques.

Ce projet fait suite à la thèse de David et Mansalier (2021) qui ont décrit plusieurs résultats concernant la levure *S. boulardii* à partir de la même expérience, comme notamment l'innocuité de celle-ci sur les mères et leurs chiots. De plus, des études similaires ont été réalisées sur d'autres espèces animales et ont prouvé une amélioration des performances reproductrices des mères et du poids au sevrage de leur progéniture. Notre hypothèse est donc la suivante : la supplémentation maternelle en levure permet une croissance plus importante des chiots jusqu'au sevrage en raison d'une modification de l'énergie totale contenue dans le colostrum et le lait.

## **II. Matériels et méthodes**

### **A. Population**

#### **1) Animaux inclus dans l'étude**

L'étude s'est déroulée entre Novembre 2020 et Avril 2021 avec 40 chiennes provenant toutes d'un même élevage situé en France. Différentes races étaient représentées (Berger Allemand, Berger Australien, Berger Blanc Suisse, Bouvier Bernois, Boxer, Dalmatien, Golden, Labrador, Montagne des Pyrénées) et étaient classées en deux formats raciaux : un format moyen M entre 15 et 35 kg, et un grand format L supérieur à 35 kg.

Les 40 individus sélectionnés pour l'étude ont ovulé entre Novembre et Décembre 2020 ; le moment de l'ovulation étant déterminé par un dosage sanguin de progestérone supérieur à 8 ng/ml. Des saillies ont été effectuées le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> jour post-ovulation. Un diagnostic de gestation a ensuite été réalisé par échographie entre le 25<sup>ème</sup> et le 30<sup>ème</sup> jour post-ovulation, et les 4 femelles non gravides ont été exclues, ce qui a réduit notre échantillon à 36 individus. Les mise-bas se sont déroulées entre Janvier et Février 2021, et les 284 chiots correspondant à l'ensemble des naissances ont été inclus dans l'étude et suivis jusqu'à 56 jours d'âge.

#### **2) Logement et conditions de vie**

Les chiennes étant toutes dans le même élevage, leurs conditions de vie ont été identiques entre elles pendant toute la durée de l'étude.

De la saillie jusqu'à la dernière semaine avant la mise-bas, les chiennes étaient logées dans des parcs individuels extérieurs. Seules 6 chiennes ont vécu à l'intérieur dans des bâtiments dédiés aux chiennes en gestation (4 appartenant au groupe supplémenté, et 2 au groupe témoin). Entre 5 et 8 jours avant la date de mise-bas prévue, les chiennes ont été déplacées dans le bâtiment de maternité, dans des box individuels avec chauffage au sol sur la moitié de la surface. Une ou deux lampes chauffantes ont été installées deux jours avant la date de mise-bas.

Pendant 5 à 7 semaines après la mise-bas, les chiennes sont restées dans la maternité avec une lampe chauffante fonctionnelle ; puis elles ont rejoint la nurserie dans des box individuels jusqu'au sevrage des chiots (8-9 semaines).

### 3) Régimes alimentaires

De la saillie jusqu'au 30<sup>ème</sup> jour de gestation, correspondant au dernier jour avant la supplémentation en probiotiques, les chiennes ont reçu un repas par jour d'aliment complet sec pour chien adulte. Le paquet était conservé à l'intérieur, dans un endroit sec et frais. La composition de l'aliment est décrite dans le tableau 1.

A partir du 30<sup>ème</sup> jour de gestation et jusqu'à la fin de la lactation, les chiennes avaient deux repas par jour, constitués d'aliment complet sec pour chiots dont la composition est récapitulée dans le tableau 1.

*Tableau 1 : Tableau nutritionnel des aliments reçus par les chiennes au cours de l'étude*

Valeur nutritionnelle	Aliment 1	Aliment 2
	(saillie – 30 <sup>ème</sup> jour)	(30 <sup>ème</sup> jour – fin de lactation)
Humidité (%)	5,7	6,3
Cendres brutes (%)	8,7	9,3
Protéines brutes (%)	30,8	28,4
Lipides (%)	15,1	16,8
Fibres brutes (%)	2,7	<2
Carbohydrates (%)	37,0	37,7
Vitamine E (mg/kg)	124	114
Vitamine A (UI/kg)	7,670	7,330
Vitamine D (UI/kg)	1,080	1,000
Energie métabolisable (kcal/100g)	385,8	408,6

La quantité distribuée a été ajustée toutes les semaines selon la consommation du jour précédent et la prise de poids hebdomadaire.

De l'eau à volonté était constamment présente pour les chiens pendant toute la durée de l'étude.

Concernant les chiots et pendant les 48 premières heures les tétées étaient réalisées par les éleveurs avec une pesée des chiots avant et après la mise à la mamelle afin de surveiller la prise colostrale. Si celle-ci était jugée insuffisante, ils étaient sondés avec du lait maternisé ROYAL CANIN® Puppy Protech (Royal Canin, Aimargues, France).

Pendant 21 jours, les chiots étaient en permanence avec leur mère afin qu'ils puissent téter à volonté, et ils étaient pesés quotidiennement. S'ils perdaient du poids ou que leurs prises de poids étaient insuffisantes, ils étaient sondés avec du lait ROYAL CANIN® Babydog Milk (Royal Canin, Aimargues, France).

A partir de 21 jours, une transition alimentaire sur 1 à 2 semaines a été effectuée avec le même aliment que les mères, humidifié et complété avec du lait ROYAL CANIN® Babydog Milk ; puis les chiots ont reçu le même aliment que les mères jusqu'à la fin de l'étude.

#### **4) Protocoles de prophylaxie**

Concernant la prophylaxie médicale des chiennes, elles ont reçu pendant le mois précédent l'ovulation une injection de vaccin vivant atténué contre le parvovirus VANGUARD® CPV (Zoetis, Malakoff, France), et une injection de vaccin BIOCAN Novel® DHPPi+L4 (Bioveta, Ivanovice na Hané, République Tchèque) virus de la maladie de Carré atténué, adénovirus canin de type 2 atténué, parvovirus canin de type 2b atténué, parainfluenza canin de type 2 atténué, Leptospira interrogans serovar icterohaemorrhagiae, serovar bratislava et serovar canicola inactivés, et Leptospira kirschneri serovar grippotyphosa inactivé.

Des antiparasitaires externes ont également été administrés par pulvérisations lors de l'entrée en maternité avec 1mL/L d'eau, phoxime, SEBACIL® 50 % Solution, 500 mg/mL (Elanco, Cuxhaven, Allemagne).



Pour les chiots, ils ont reçu au cours de leur 3<sup>ème</sup> semaine une injection de vaccin NOBIVAC ® KC, Bordetella bronchiseptica atténué et parainfluenza canin atténué (MSD Santé animale, Beaucouze, France). Puis une semaine après, le vaccin VANGUARD ® CPV, parvovirus canin atténué (Zoetis, Malakoff, France), leur a été administré en trois injections avec une semaine d'intervalle.

Le protocole d'antiparasitaire externe a été le suivant : 50mg/kg de fenbendazole, PANACUR ® 100 mg/mL Small Animal 10% Oral Suspension (MSD Animal health, Milton Keynes, Royaume-Uni), puis 1mg/kg, diclazuril, VECOXAN ® 2,5mg/mL Suspension orale, (MSD Santé animale, Beaucouze, France) à une semaine d'intervalle entre leur 9<sup>ème</sup> et 33<sup>ème</sup> jour.

### ***B. Supplémentation en probiotiques***

Parmi les 36 chiennes, deux groupes de 18 individus ont été formés en les équilibrant selon la race, le gabarit (format M ou format L), la parité, l'âge à la date d'ovulation, la note d'état corporel et le poids au 28<sup>ème</sup> jour post-ovulation, et le score fécal moyen des selles calculé une fois par jour entre le 28<sup>ème</sup> et le 30<sup>ème</sup> jour post-ovulation. Quelques-uns de ces critères étant associés à d'autres, ils ont été prioritaires dans la formation des groupes : la note d'état corporel, le gabarit et la parité. Le tableau 2 affiche les critères de répartition au sein des groupes Témoin et Levure.

Tableau 2 : Critères de répartition des chiennes incluses dans l'étude au sein des groupes Témoin (n=18) et Levure (n=18)

	Format racial		Age initial (en années)				Note d'état corporel (NEC)		Score fécaux moyens		
	M 15-35kg	L >35kg	G1 ≤ 2,6	G2 2,6-3,3	G3 3,3-4,1	G4 >4,1	1-5	6-9	<2,5	2,5-3,5	>3,5
Groupe Témoin (n=18)	-4 B.A	-2	-1,2	-2,7	-3,4	-4,3	-4	-4	-2,2	-2,5	-3,7
		Mont	-2,5	-3	-3,4	-4,4	NEC=4	NEC=6	-2,2	-2,7	-3,7
		-1 B.All	-2,6	-3	-3,7	-4,5	-4	-4	-2,3	-2,8	-3,7
		-1 BBA	-2,6	-3,3		-4,9	NEC=5	NEC=7		-3	-3,8
		-2 Gol		-3,3		-5,6		-2		-3	-4
		-4 Lab				-5,9		NEC=8		-3	-4,2
		-4 B.B								-3,3	
										-3,3	
									-3,5		
	TOTAL = 4	TOTAL = 14	TOTAL = 4	TOTAL L = 5	TOTAL = 3	TOTAL L = 6	TOTAL =8	TOTAL =10	TOTAL =3	TOTAL =9	TOTAL =6
Groupe Levure (n=18)	-1 Dal	-2 BBA	-1,1	-2,7	-3,4	-5,1	-2	-7		-2,5	-3,7
	-4 B.A	-6 Gol	-1,6	-2,7	-3,5	-5,9	NEC=3	NEC=6		-2,5	-3,8
		-2 Lab	-1,9	-2,7	-3,5		-5	-2		-2,7	-4
		-2 B.B	-1,9	-3	-4,1		NEC=4	NEC=7		-2,7	-4
		-1 Boxer	-2,5	-3,1	-4,1		-2			-2,8	-4,2
				-3,1			NEC=5			-3	-4,2
										-3,2	-4,3
										-3,2	
									-3,3		
									-3,3		
									-3,3		
	TOTAL = 5	TOTAL = 13	TOTAL =5	TOTAL =6	TOTAL = 5	TOTAL = 2	TOTAL =9	TOTAL = 9	TOTAL =0	TOTAL =11	TOTAL =7

Abréviations : B.A = Berger Australien, B.All = Berger Allemand, Mont = Montage des Pyrénées, BBA = Berger Blanc Suisse, Gol = Golden Retriever, Lab = Labrador, B.B = Bouvier Bernois, Dal = Dalmatien

L'étude s'est déroulée en double aveugle et chaque chienne a reçu une gélule deux fois par jour matin et soir, du 30<sup>ème</sup> jour de gestation jusqu'au 58<sup>ème</sup> jour post mise-bas. Les individus du groupe Témoin recevaient une gélule contenant de la maltodextrine, et ceux du groupe Levure un mélange de levure *Saccharomyces cerevisiae* var. *bouardii* CNCM I-1079 (Levucell SB®, Lallemand SAS, Blagnac, France ; SB-1079) et de maltodextrine. Les doses de levure étaient de  $1.3 \times 10^9$  CFU par jour pour chaque chienne.

Afin d'assurer la bonne observance du traitement, les gélules étaient dissimulées dans des friandises réalisées à partir de croquettes humidifiées, et les chiennes étaient surveillées lors de la prise.

## **C. Collecte des données cliniques**

### **1) Chez les mères**

Les chiennes ont été suivies de la mise-bas jusqu'au 58<sup>ème</sup> jour post-partum.

La taille de la portée a été calculée en enlevant les chiots morts nés lors de la mise-bas de chaque chienne, puis 3 groupes ont été formés : le premier T1 avec les portées de 6 chiots ou moins, le deuxième groupe T2 avec les portées de 7 ou 8 chiots, et le dernier T3 avec les portées de plus de 8 chiots.

Les différents âges des chiennes ont été répartis en deux groupes contenant le même nombre d'individus : le premier groupe G1 contient les individus qui ont moins de 3,1 ans et le deuxième G2 les individus plus âgés. La parité étant corrélée à l'âge de la chienne (Mansalier, David, 2021), ce paramètre n'a pas été pris en compte dans notre étude.

Afin d'étudier la croissance des chiots selon la composition nutritionnelle du colostrum et du lait qu'ils avaient reçus, deux groupes ont été réalisés en fonction de l'énergie totale contenue dans ces sécrétions lactées. Le groupe E1 contenant les chiots issus des mères qui ont produit un colostrum de moins de 1,4 kcal/g ; et le groupe E2 contenant les chiots issus des mères qui ont produit un colostrum de plus de 1,4 kcal/g. Pour le lait, les groupes ont été formés de la même manière, en prenant 1,6 kcal/g comme limite. Ces seuils ont été choisis afin d'avoir des groupes homogènes.

## 2) Croissance des chiots

Les poids des chiots ont été suivis de leur naissance jusqu'à leur 56<sup>ème</sup> jour afin de comparer la croissance des chiots selon différents critères.

Les poids des chiots ont été mesurés à J0, J1, J2, J4, J7, J14, J21, J28, J35, J42, J49, J56 ; correspondant aux nombres de jours après naissance. Les mesures ont été réalisées avec une balance électronique d'une capacité de 5000g et d'une précision de 1g (Soehnle Industrial Solutions GmbH, Backnang, Allemagne) tant qu'ils ne dépassaient pas 5kg, puis sur une balance électronique d'une capacité de 200kg et d'une précision de 100g (Soehnle Industrial Solutions GmbH, Backnang, Allemagne).

Les taux de croissance à différentes périodes ont été calculées de cette façon, avec  $\text{Croiss}(i\_j)$  la croissance entre le jour  $i$  et le jour  $j$ ,  $P_j$  le poids au jour  $j$  en kg et  $P_i$  le poids au jour  $i$  en kg. Ils sont exprimés en pourcentage.

$$\text{Croiss}(i\_j) = \frac{P_j - P_i}{P_i}$$

Les périodes étudiées sont les suivantes : J0 – J2, J2 – J7, J7 – J21, J21 – J56. Elles correspondent à la période critique des premières 48h, puis la période néonatale qui dure jusqu'au 21<sup>ème</sup> jour de vie des chiots, et de la période pédiatrique précoce qui se poursuit jusqu'au sevrage.

### ***D. Collecte des échantillons de colostrum et de lait***

Les prélèvements de colostrum et de lait ont été réalisés pour chaque chienne, le premier intitulé J1 correspondant aux sécrétions lactées entre 24 et 48h après l'expulsion du premier chiot ; et le deuxième, J7, sept jours après la mise-bas. Pour deux chiennes, la quantité de lait a été insuffisante lors d'un des deux prélèvements, ce qui réduit l'échantillon d'étude à 34 individus.

La collecte débutait en écartant les chiots de la mère, qui était soit debout, soit couchée sur le côté, puis en injectant 0,3 à 0,6 mL d'ocytocine, OCYTOVEM®, 10 UI/mL, (CEVA Santé animale, Libourne, France), à la mère en intramusculaire dans la cuisse. Les glandes mammaires étaient nettoyées avec des compresses imbibées de chlorhexidine savon, puis la traite était réalisée à la main en massant la base de chaque glande mammaire et en pressant doucement de la base vers l'extrémité de la

papille. Pour chacune des 10 mamelles, 0,2 mL de sécrétions lactées étaient collectées dans un Eppendorf, puis l'ensemble était mélangé dans un tube Falcon de 13 ml. Les 2 mL totaux étaient ensuite répartis dans des tubes Eppendorf pour les analyses.

L'ensemble des tubes étaient ensuite conservé au congélateur à -20°C jusqu'aux analyses.

## ***E. Analyse des échantillons***

### **1) Dosage des composants analytiques**

A partir des échantillons récoltés, un dosage des composants analytiques a été réalisé en collaboration avec le Département de Nutrition du Smithsonian Institute de Washington selon les méthodes standards d'analyse du colostrum et du lait. Celles-ci sont expliquées dans l'article de Petzinger et al. (2014).

Concernant la matière sèche, les échantillons ont été pesés, séchés dans un four (mode convection forcée, pendant 3h30-4h, à 100°C), puis pesés à nouveau. Le taux de matière sèche présent dans le lait ou le colostrum est exprimé en pourcentage.

Pour les protéines, la méthode de Kjeldahl a été utilisée pour déterminer la quantité d'azote totale puis multipliée par un facteur 6,38. La teneur en protéines contenue dans le lait ou le colostrum est exprimée en pourcentage.

Le taux de lipides est obtenu par la méthode Röse-Gottlieb qui consiste en trois extractions séquentielles avec de l'éther diéthylique et de l'éther de pétrole après désagrégation des globules gras présents dans les sécrétions lactées avec de l'hydroxyde d'ammonium et de l'alcool éthylique. La teneur en lipides dans le lait ou le colostrum est exprimée en pourcentage.

Les sucres sont dosés par colorimétrie avec la méthode à base de phénol combiné à l'acide sulfurique. La gamme étalon est réalisée à partir de lactose monohydraté. La teneur en sucre dans le lait ou le colostrum est exprimée en pourcentage.

## 2) Calcul de la valeur énergétique

Les valeurs énergétiques de nos échantillons ont été calculées avec la formule suivante :

$$\text{Valeur énergétique (kcal/g)} = 5,86 \times TP + 3,95 \times TS + 9,11 \times TL$$

*Avec TP le taux de protéines (en %), TS le taux de sucres (en %) et TL le taux de lipides (en %)*

Cette équation utilise les dosages des constituants analytiques précédemment évoqués. Il est possible qu'elle surestime légèrement l'énergie brute car l'azote protéique n'est pas corrigé (Perrin et al., 1958 ; Oftedal et al., 1984). Cependant, les valeurs ont été validées par comparaison à celles mesurées par calorimétrie pour le lait de plusieurs espèces (Hinde et al., 2009)

## 3) Dosage des acides gras

Le dosage des différents acides gras a été réalisé par l'INRAE de Jouy et Josas selon la méthode expliquée dans l'article de Rousseau-Ralliard et al. (2023). Celle-ci consiste en une extraction des lipides par la méthode de Folch, c'est-à-dire une extraction à froid par du chloroforme et du méthanol ; suivie d'une chromatographie en phase gazeuse.

Cela a permis d'obtenir la concentration totale en acide gras dans les sécrétions lactées en µg/mL, et les proportions relatives de 26 acides gras en pourcentage. Des ratio ω6/ω3 dans le lait et le colostrum ont été calculés à partir de ces données.

## ***F. Analyses statistiques***

Les analyses statistiques ont été réalisées avec les logiciels Excel ® et R ®. Les résultats de la première partie sont décrits sous la forme : moyenne  $\pm$  écart type ; calculés avec Excel.

### Analyse de la composition nutritionnelle des sécrétions lactées :

Les variables Teneur en protéines, Teneur en matières grasses, Teneur en glucides, Energie totale, Matière sèche, et Supplémentation en levure ont été analysées à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour évaluer la corrélation entre la supplémentation en levure et la composition du colostrum et du lait. Les graphiques ACP ont été réalisés en fixant le nombre d'axes à 2. Pour le premier ACP, correspondant à la composition du colostrum, le premier axe expliquait 46,3 % de la variance et combiné avec le deuxième axe 68,7% de la variance. Pour l'ACP associé à la composition du lait, le premier axe expliquait 63,0% de la variance et combiné avec le deuxième axe 81,2% de la variance.

### Evaluation de l'effet de la supplémentation en levure sur la qualité du lait - analyses univariées :

La normalité de nos distributions et l'hétéroscédasticité ont été vérifiées en amont graphiquement et grâce à des tests de Bartlett. Puis, dans le but d'identifier les variables d'intérêt à explorer dans des modèles multivariés, nous avons d'abord réalisé des comparaisons univariées entre le groupe Témoin et le groupe Levure en utilisant des tests paramétriques de Student. Le seuil alpha pour déterminer la significativité des tests statistiques a été établi à 0,05.

### Evaluation de l'effet de la supplémentation en levure sur la qualité du lait - analyses multivariées :

Suite aux résultats obtenus lors des analyses univariées, des modèles statistiques ont été réalisés afin d'expliquer la variable d'intérêt (l'énergie totale dans le colostrum et dans le lait) par les variables explicatives suivantes : « Supp » la supplémentation en levure (Témoin ou Levure), « Portée » la taille de la portée (T1, T2 ou T3), « Age » l'âge de la mère (G1 ou G2) et « Gabarit » son format racial (M ou L). Il était nécessaire que les modèles comportent tous les interactions entre la supplémentation en levure

et les autres variables explicatives afin de préciser l'effet de la supplémentation en levure. De plus, le gabarit de la chienne et son âge influencent la taille de la portée avec des portées corrélées positivement au poids de l'animal (Fiszdon et al., 2009) et négativement à son âge (Mandigers et al., 1994). Ces deux interactions ont donc été rajoutées dans les modèles testés.

L'énergie totale suivant une loi normale, des modèles Gaussiens ont été testés et l'AIC (Akaike information criterion) le plus faible a permis de déterminer le modèle qui expliquait le mieux notre variable quantitative.

Les deux modèles choisis ont été validés graphiquement et sont les suivants :

Model\_colostrum : (Supp : Age) + (Supp : Gabarit) + (Supp : Portée) + (Portée : Gabarit) + (Age : Portée) ~ GE(J1)

Avec « : » représentant l'interaction entre deux variables, et « GE(J1) » la variable quantitative à expliquer en kcal/g au jour 1.

Model\_lait : (Supp : Gabarit) + (Supp : Portée) + (Supp : Age) + (Age : Portée) ~ GE(J7)

Avec « : » représentant l'interaction entre deux variables, et « GE(J7) » la variable quantitative à expliquer en kcal/g au jour 7.

Puis nous avons vérifié que les variables choisies dans notre modèle étaient significatives avec une ANOVA (Analysis Of Variance). Enfin des tests post-hoc ont été réalisés avec l'ajustement de Bonferroni.

#### Evaluation de l'effet de la supplémentation en levure sur la croissance des chiots :

En utilisant des tests paramétriques de Student, nous avons comparé les poids, les taux de croissance et le Coefficient de variation du poids intra-portée (CV) – calculé avec la formule ci-dessous :

$$CV(i) = \frac{\sigma(i)}{\mu(i)}$$

avec  $\sigma$  la variance des poids par portée au jour  $i$  et  $\mu$  la moyenne des poids par portée au jour  $i$



Evaluation des corrélations entre la composition des sécrétions lactées et la croissance des chiots :

Afin de mettre en évidence des corrélations entre la composition des sécrétions lactées et la croissance des chiots, des corrélations de Sperman ont été utilisées avec l'Energie totale, le Taux de croissance moyen par portée et le Coefficient de variation du taux de croissance par portée (CV) – calculé avec la formule ci-dessous :

$$CV(i - j) = \frac{\sigma(i - j)}{\mu(i - j)}$$

avec  $\sigma$  la variance du taux de croissance par portée sur la période (i-j) et  $\mu$  la moyenne du taux de croissances par portée sur la période (i-j)

Deux variables sont corrélées lorsque  $p < 0,05$ , avec  $p$  le coefficient de corrélation qui traduit un lien linéaire fort lorsque  $p$  est proche de -1 ou 1, et au contraire un lien linéaire faible lorsqu'il est proche de 0.

### III. Résultats

#### A. Description de la population

##### 1) Les mères

Notre population finale était constituée de 31 chiennes, dont 15 dans le groupe Levure et 16 chiennes dans le groupe Témoin (Figure 1). Au total, 8 races étaient incluses : 2 Montagne des Pyrénées, 3 Berger Blanc Suisse, 7 Golden Retriever, 1 Dalmatien, 6 Berger Australien, 1 Berger Allemand, 5 Labrador et 6 Bouvier Bernois ; ce qui représentait 24 chiens de format L et 7 de format M.

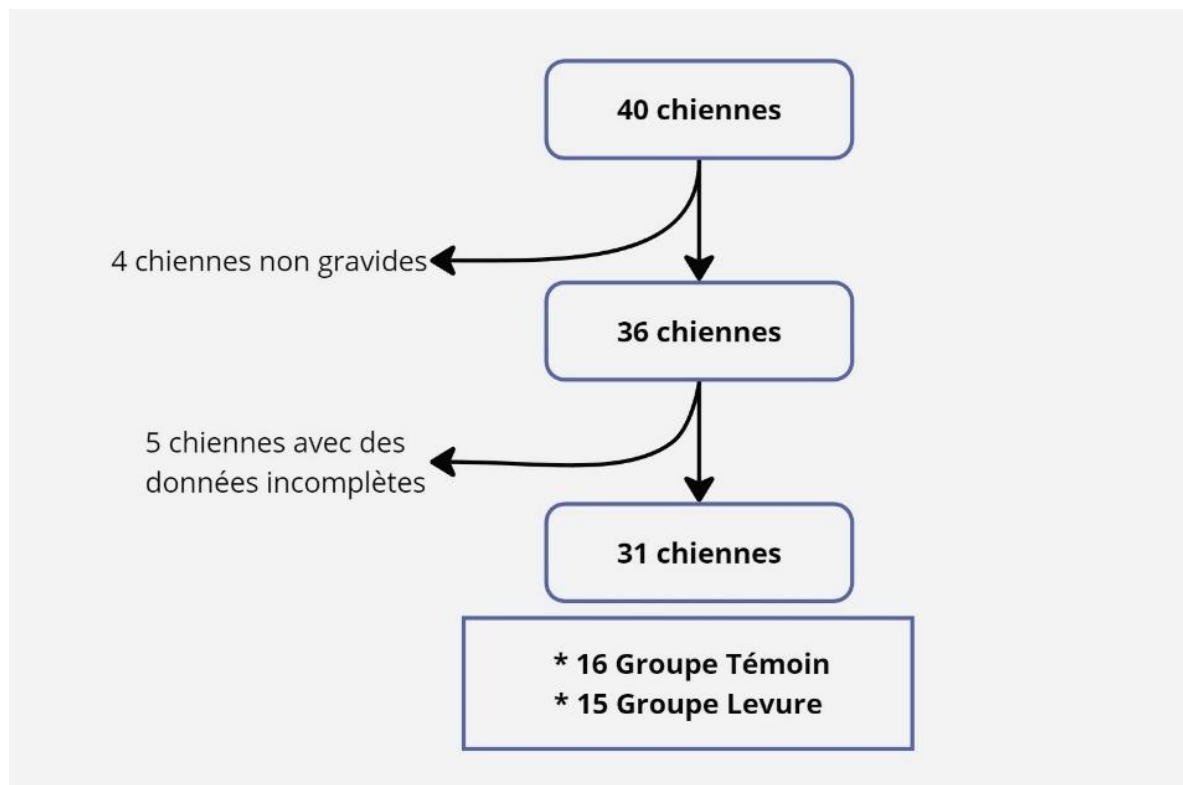


Figure 1 : diagramme de flux de la population des mères

Dans notre population, l'âge moyen initial des femelles était de 3,3 ans  $\pm$  1,2, avec un intervalle allant de 1,1 ans à 5,9 ans (figure 2). La médiane étant de 3,1 ans, 16 chiennes avaient 3,1 ans ou moins, tandis que 15 avaient plus de 3,1 ans.

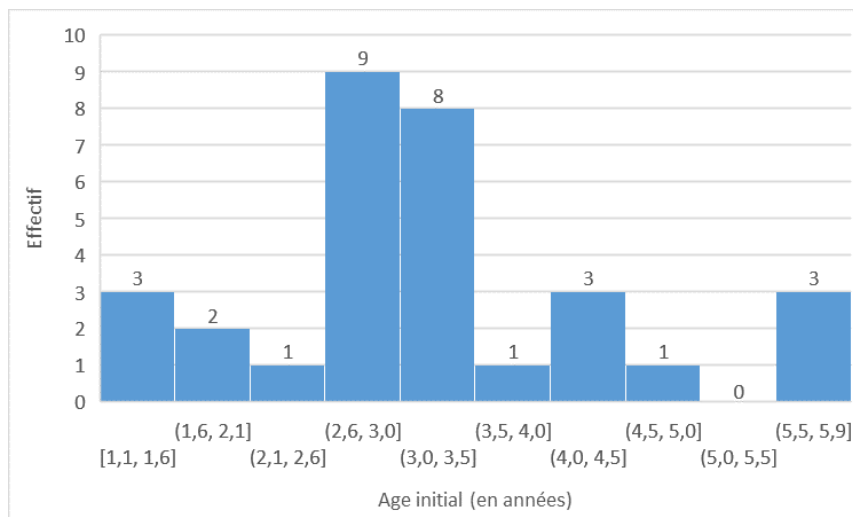


Figure 2 : répartition de l'âge des chiennes de notre étude (n=31)

Au moment de l'inclusion dans l'étude, le poids moyen des mères était de 27,7 kg  $\pm$  5,1, la plus légère pesant 19 kg et la plus lourde 37,8kg.

La taille des portées était en moyenne de 7 chiots  $\pm$  1,9, avec un intervalle allant de 3 à 10 chiots par portée. Au final, 29% (9/31) des individus ont donné des portées de moins de 7 chiots (petites portées), 51,6% (16/31) des portées de 7 et 8 chiots (portées moyennes), et 19,4% (6/31) des portées de plus de 8 chiots (grandes portées).

## 2) Les chiots

Dans notre population finale de 218 chiots (figure 3), 60 appartenait à des mères de format M et 158 de format L. Parmi tous les chiots inclus, 39 faisaient partie d'une petite portée, 121 d'une portée de taille moyenne, et 58 d'une grande portée de plus de 8 chiots.

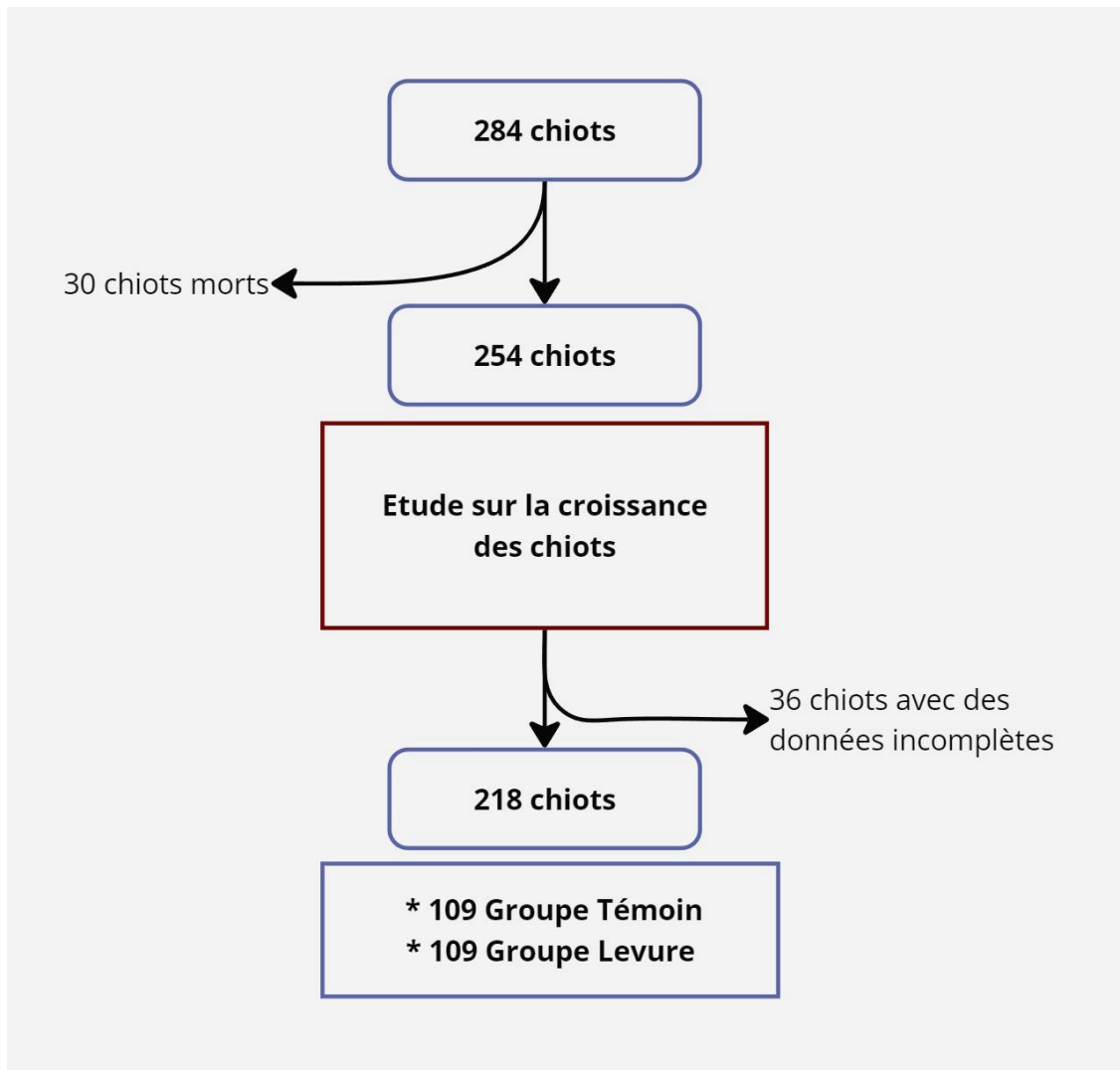


Figure 3 : diagramme de flux de la population des chiots

Les poids moyens selon l'âge des chiots sont présentés dans le tableau 3. La moyenne et la variabilité augmentent au cours de l'étude, même si certains chiots ont connu des pertes de poids, notamment au cours de la période néonatale.

Tableau 3 : Analyse des poids des chiots au cours de l'étude (n=218)

Age (en jours)	Poids moyen (en g)	Poids minimum (en g)	Poids maximum (en g)
0	408,5 ± 73,3	173	627
1	418,3 ± 74,9	166	640
2	444,0 ± 82,8	168	692
4	507,7 ± 102,0	191	807
7	613,2 ± 135,8	250	1056
14	901,2 ± 229,2	386	1575
21	1198,9 ± 306,5	583	2116
28	1541,7 ± 459,5	701	3085
35	1952,1 ± 607,1	835	4214
42	2512,6 ± 781,9	955	5725
49	3181,4 ± 942,9	1228	6800
56	3851,1 ± 1171,6	1197	8400

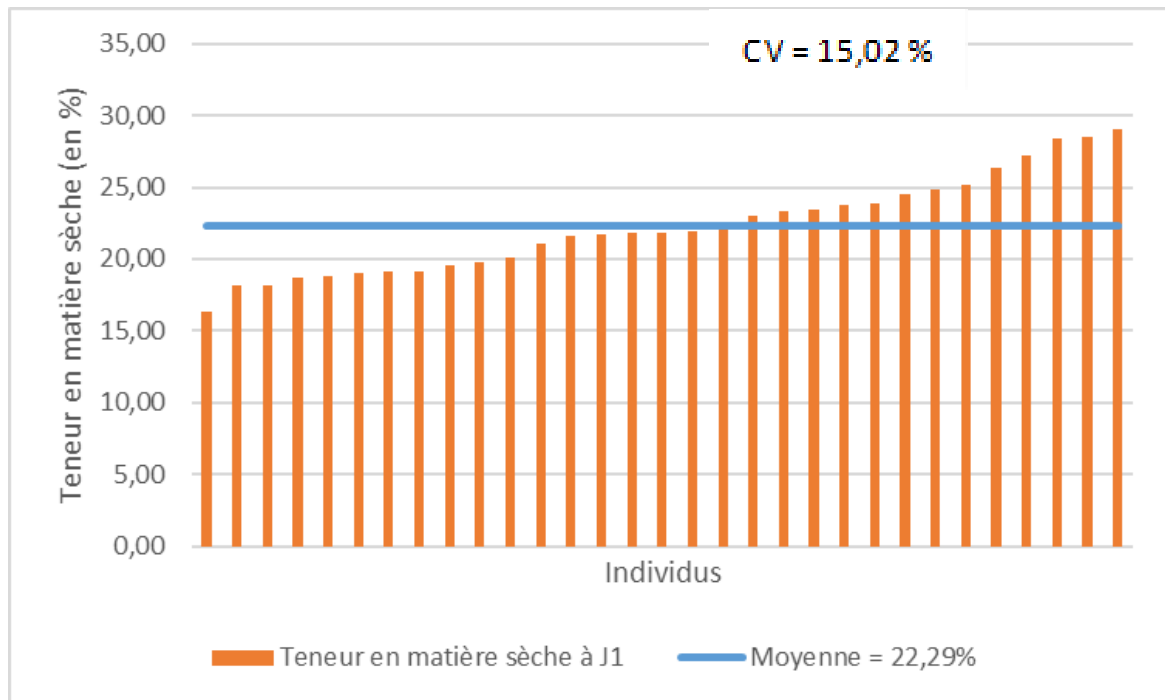
### ***B. Influence de la supplémentation en levure sur la composition nutritionnelle du colostrum et du lait***

Dans cette partie, nous avons étudié l'influence de la supplémentation des chiennes en probiotiques sur la composition nutritionnelle de leur colostrum et de leur lait. Pour cela, nous avons comparé les valeurs nutritionnelles obtenues au jour 1 et au jour 7 entre les deux groupes en prenant en compte d'autres facteurs pouvant interagir avec nos variables.

#### **1) Description de la composition nutritionnelle du lait et du colostrum**

Dans notre population, la teneur en matière sèche du colostrum variait entre 16,30% et 29,06% avec une moyenne à 22,29% et le coefficient de variation entre les chiennes était de 15,02%. Dans le lait, elle était comprise entre 18,03% et 28,28%, la moyenne était de 22,02% et le coefficient de variation de 11,26% (figure 4). La différence entre les deux sécrétions n'était pas significative ( $p > 0,05$ ).

**A.**



**B.**

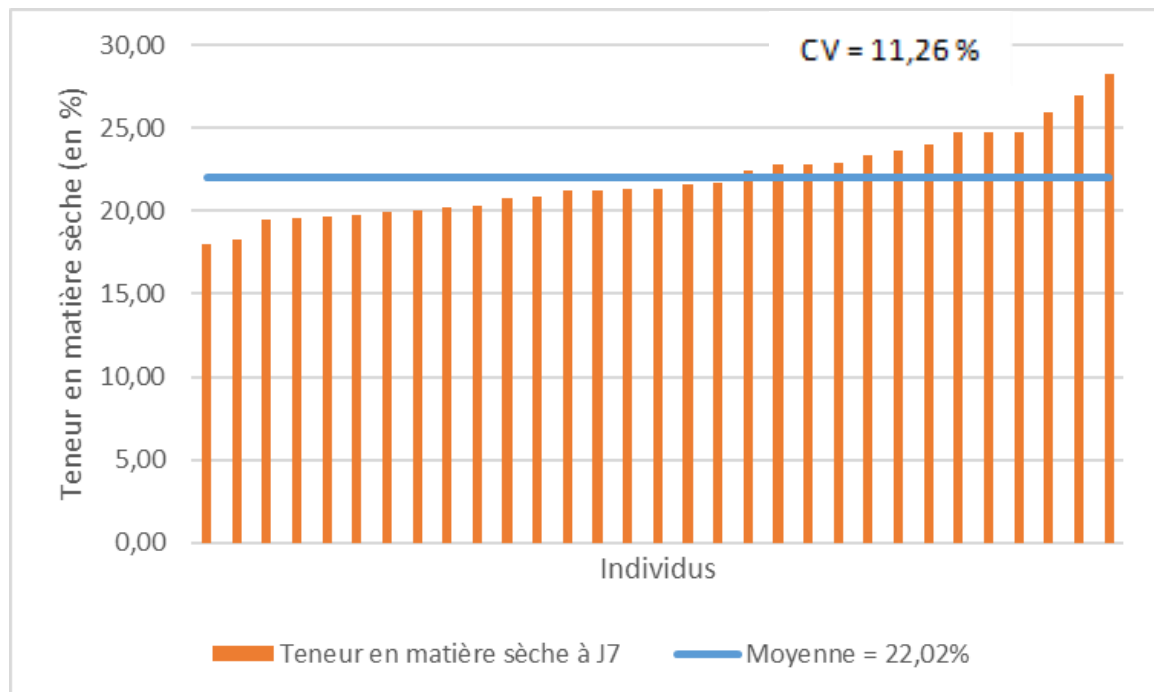
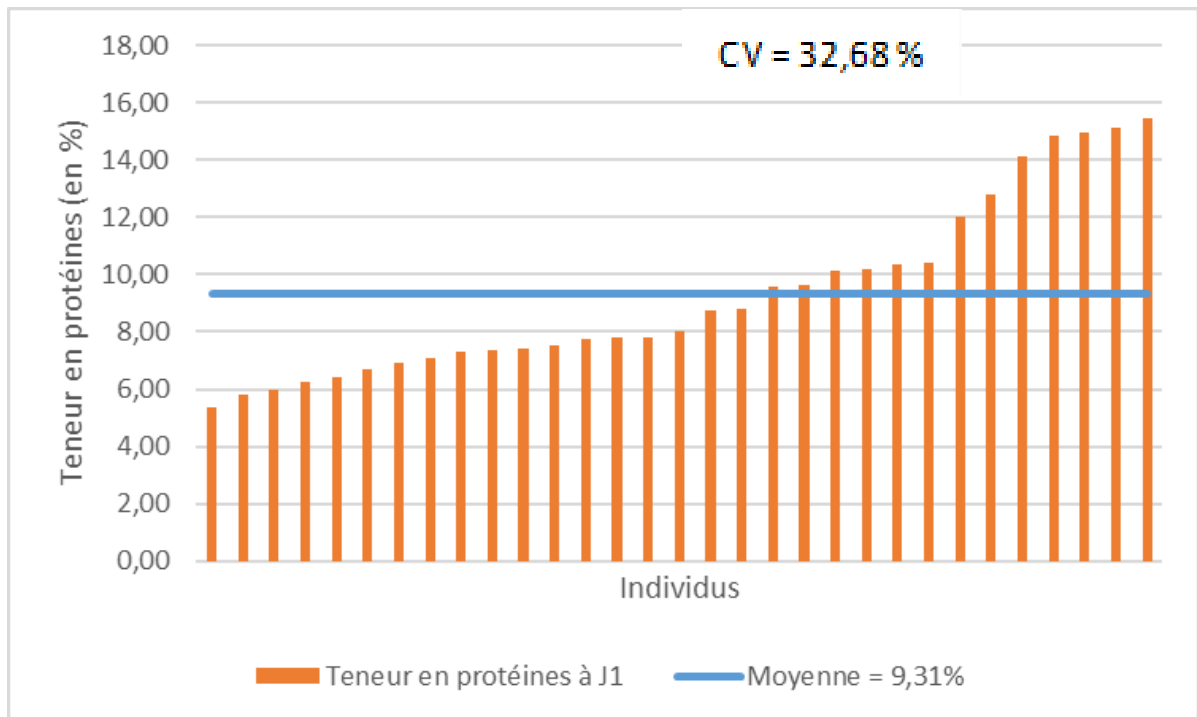


Figure 4 : Répartition de la teneur en matière sèche dans le colostrum (A.) et dans le lait (B.) des chiennes de l'étude (n=31)

La teneur en protéines dans le colostrum variait entre 5,37% et 15,47% avec une moyenne de 9,31% et un coefficient de variation de 32,68%. Dans le lait, les valeurs étaient entre 2,69% et 19,12%, la moyenne était de 9,05% et le coefficient de

variation de 38,05% (figure 5). La teneur n'était pas statistiquement différente entre le lait et le colostrum ( $p>0,05$ ).

**A.**



**B.**

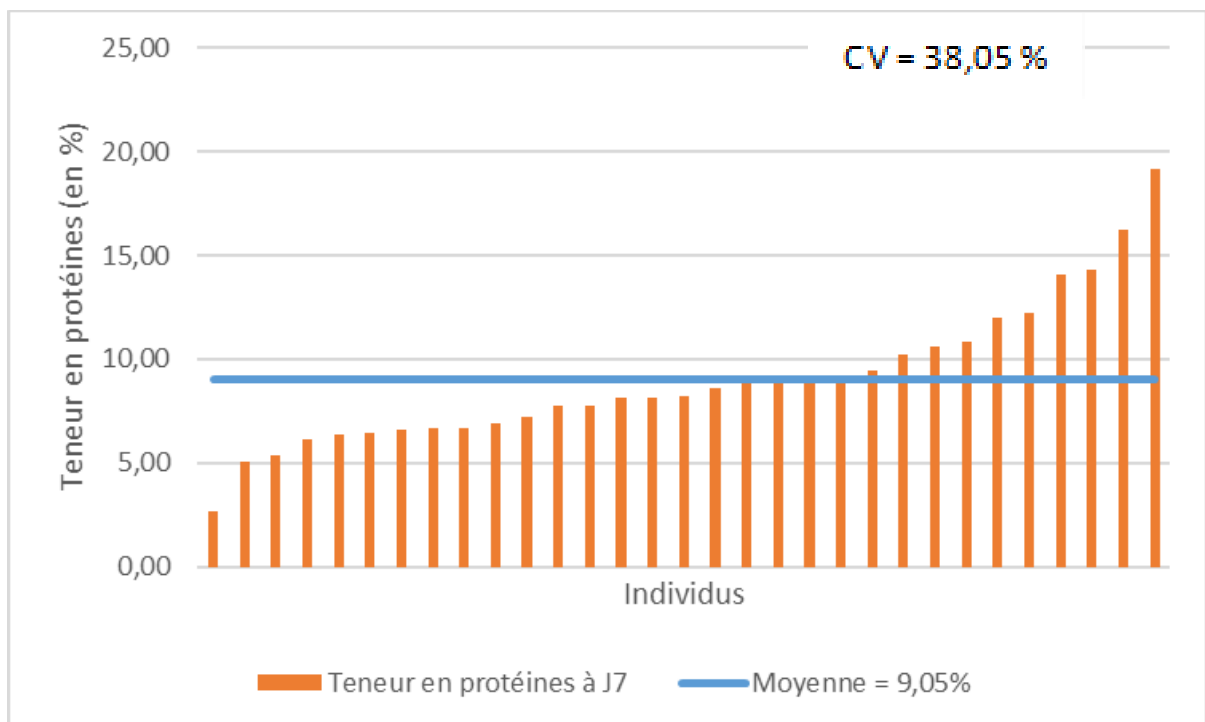
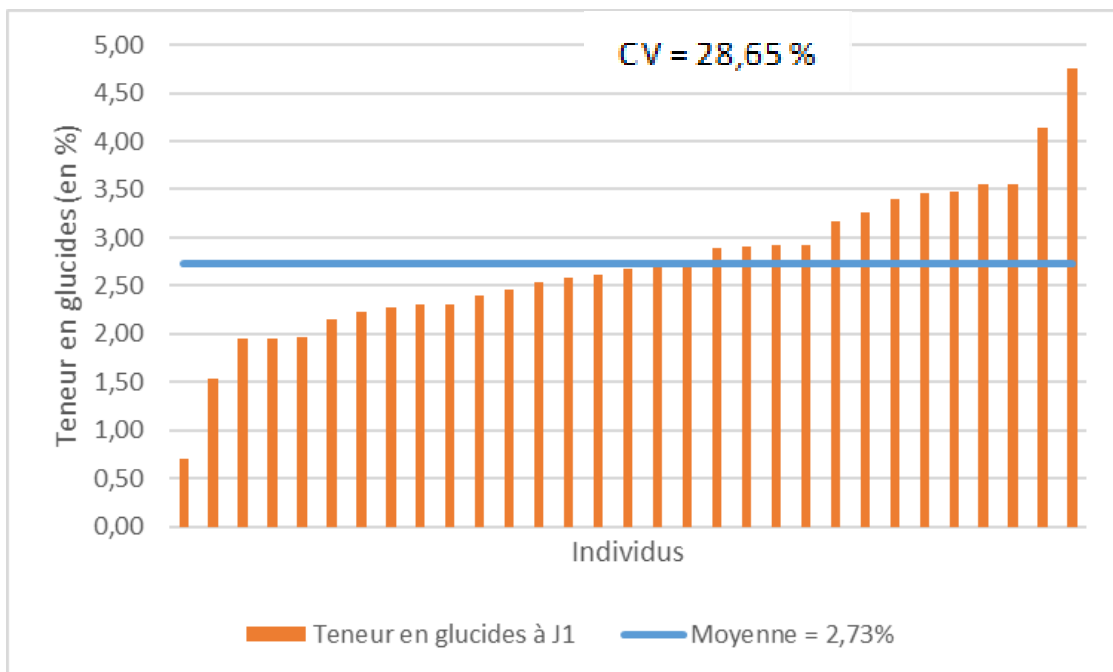


Figure 5 : Répartition de la teneur en protéines dans le colostrum (A.) et le lait (B.) des chiennes de l'étude (n=31)

Dans le colostrum, la teneur en glucides était comprise entre 0,70% et 4,76% avec une valeur moyenne égale à 2,73% et un coefficient de variation de 28,65%. Dans le lait, les valeurs variaient entre 1,90% et 4,60%, la moyenne était de 3,49% et le coefficient de variation de 17,16% (figure 6). Cette teneur était significativement plus importante dans le lait que dans le colostrum ( $p < 0,01$ ).

**A.**



**B.**

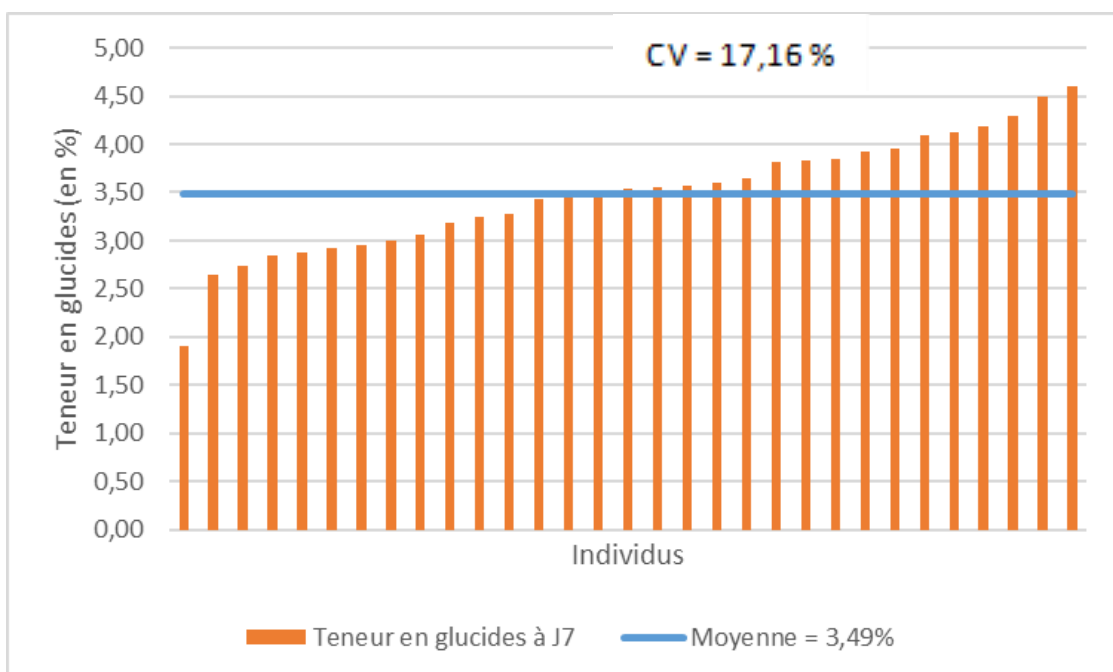
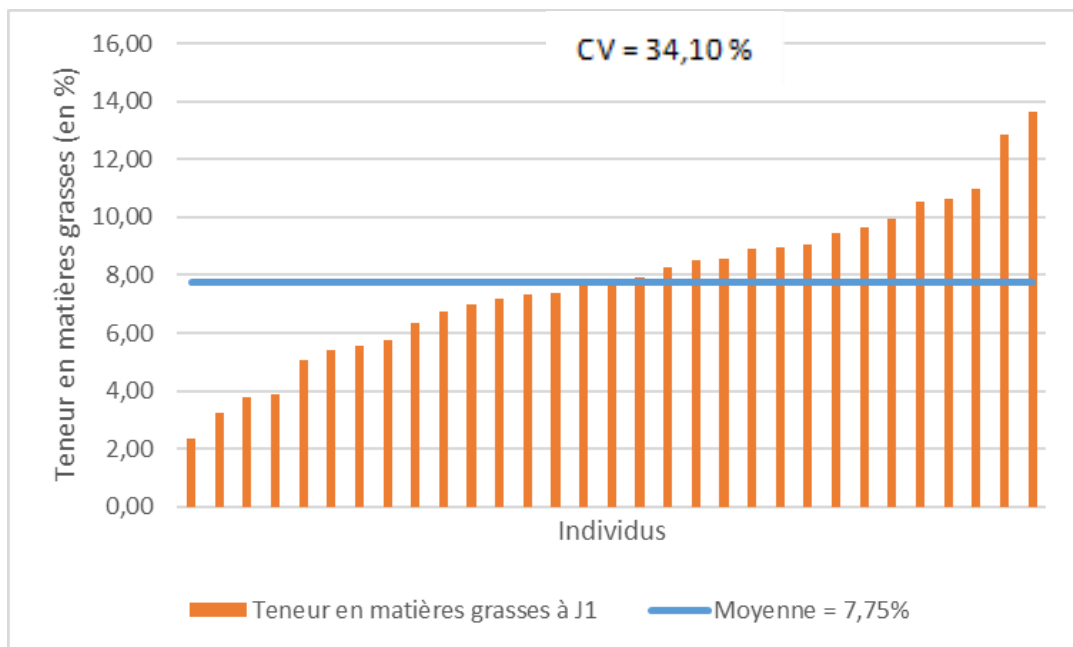


Figure 6 : Répartition de la teneur en glucides dans le colostrum (A.) et le lait (B.) des chiennes de l'étude (n=31)



Concernant la teneur en matières grasses, elle était comprise entre 2,36% et 13,64% dans le colostrum avec une moyenne de 7,75% et un coefficient de variation de 34,10%. Dans le lait, elle variait entre 5,07% et 15,69%, la moyenne était de 9,85% et le coefficient de variation de 22,81% (figure 7). Le lait possédait une teneur en matières grasses significativement plus importante que le colostrum ( $p < 0,01$ ).

**A.**



**B.**

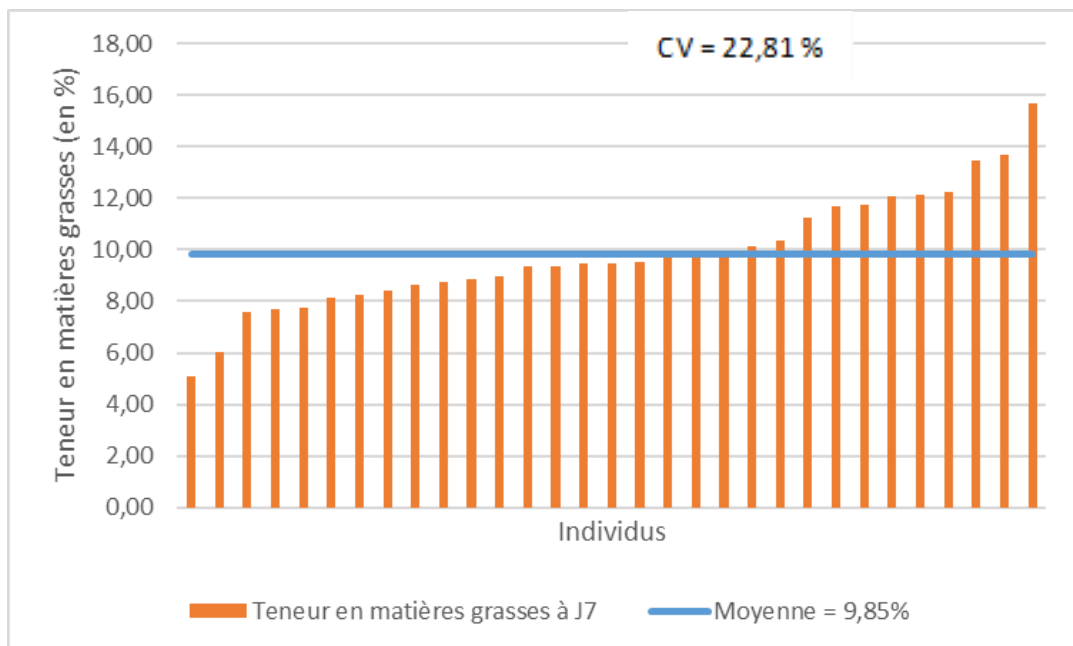
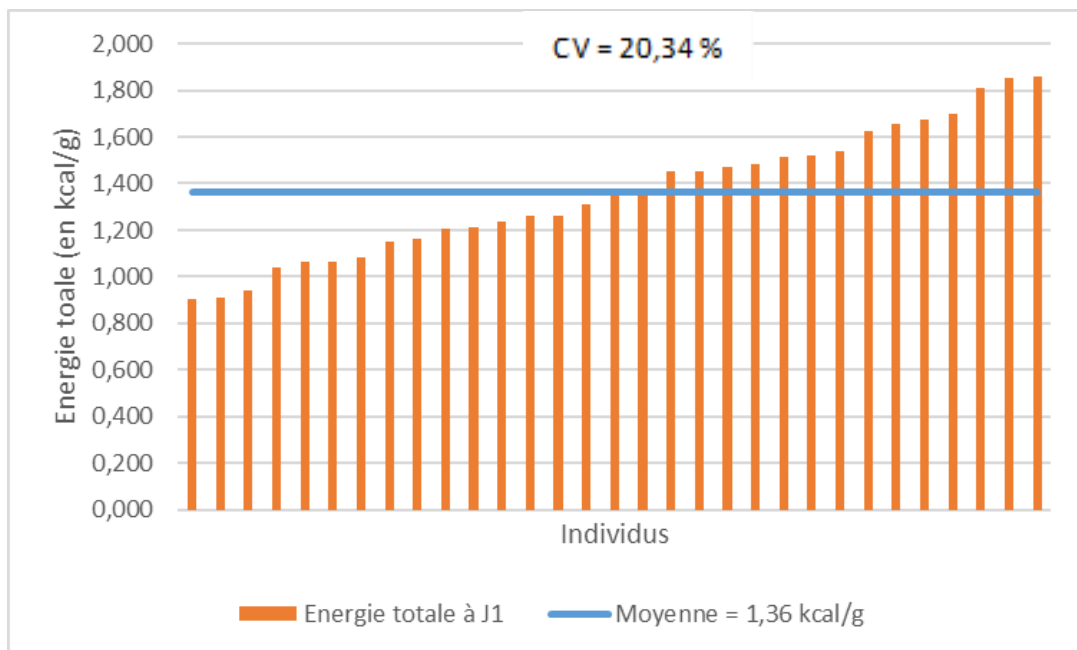


Figure 7 : Répartition de la teneur en matières grasses dans le colostrum (A.) et le lait (B.) des chiennes de l'étude (n=31)

Dans le colostrum, l'énergie totale était comprise entre 0,91 kcal/g et 1,86 kcal/g avec une moyenne de 1,36 kcal/g et un coefficient de variation de 20,34%. Dans le lait, elle allait de 1,00 kcal/g à 2,35 kcal/g avec une valeur moyenne à 1,57 kcal/g et un coefficient de variation de 19,05% (figure 8). De manière significative, le lait contenait une valeur énergétique plus importante que le colostrum ( $p < 0,01$ ).

**A.**



**B.**

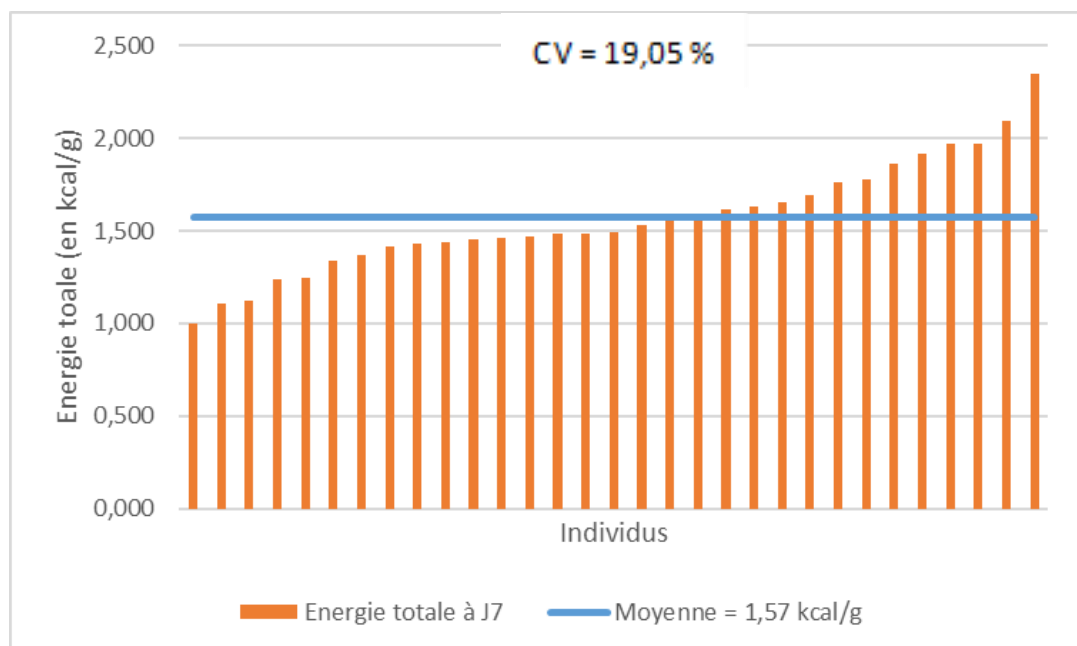
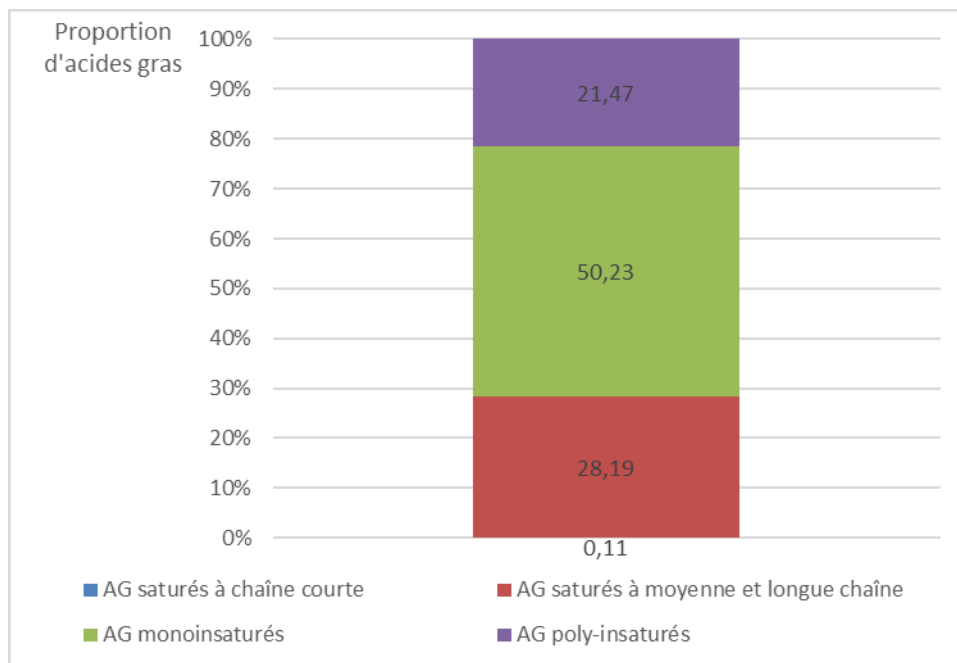


Figure 8 : Répartition de l'énergie totale dans le colostrum (A.) et le lait (B.) des chiennes de l'étude

Les acides gras dans le colostrum et le lait ont également été étudiés avec une concentration moyenne de respectivement 34,65 et 47,30 mg/mL, avec une valeur significativement plus importante dans le lait par rapport au colostrum ( $p < 0,01$ ). Les acides gras ont été divisés en différentes catégories afin de comparer leurs proportions relatives (figure 9).

**A.**



**B.**

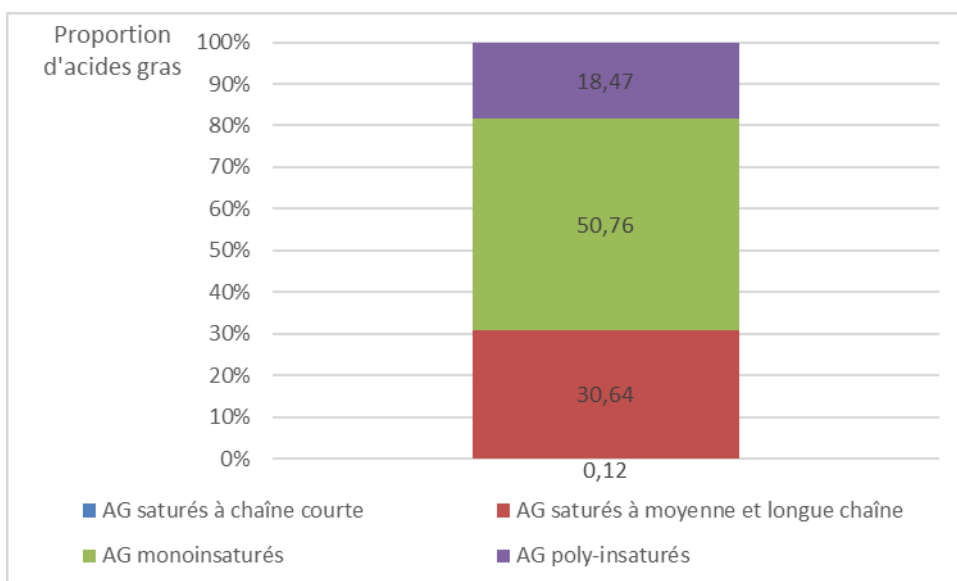


Figure 9 : proportions relatives des acides gras dans le colostrum (A.) et dans le lait (B.) des chiennes de l'étude (n=31)

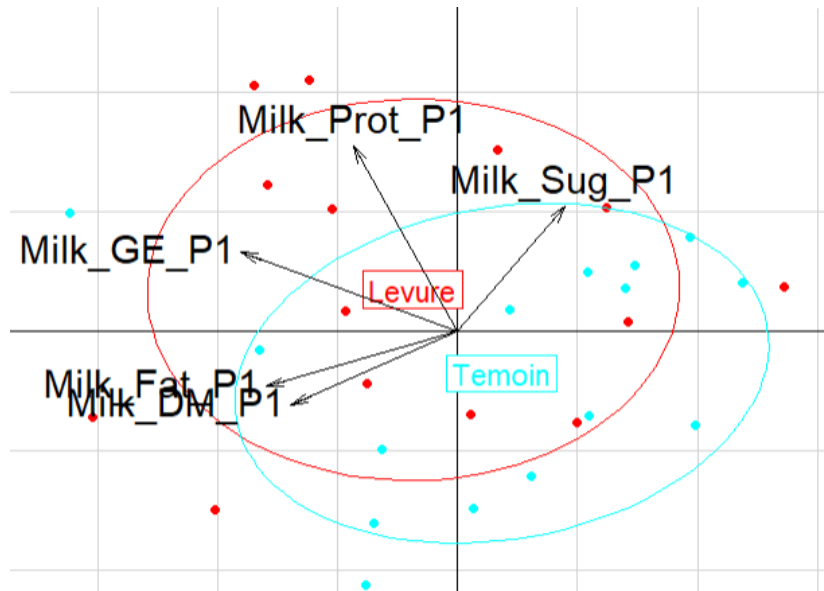
Les acides gras saturés étaient présents en nombre significativement plus important dans le lait que dans le colostrum ( $p < 0,01$ ), avec notamment les acides gras saturés à moyenne et longue chaîne qui entraînaient cette différence ( $p < 0,01$ ), tandis que les acides gras saturés à chaîne courte étaient présents en proportion similaire ( $p < 0,05$ ). Concernant les acides gras mono-insaturés, aucune différence significative n'a été constatée entre le colostrum et le lait ( $p > 0,05$ ). Pour finir, le colostrum contenait davantage d'acides gras poly-insaturés ( $p < 0,01$ ) ; et aucune différence n'était rapportée concernant le ratio w6/w3.

## 2) Influence de la supplémentation en probiotiques

### a. L'Analyse en Composantes Principales

Les résultats des comparaisons de la composition du colostrum puis du lait, entre le groupe Levure et le groupe Témoin, ont été présentés à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) et sont présentés dans la figure 10.

#### A.



## B.

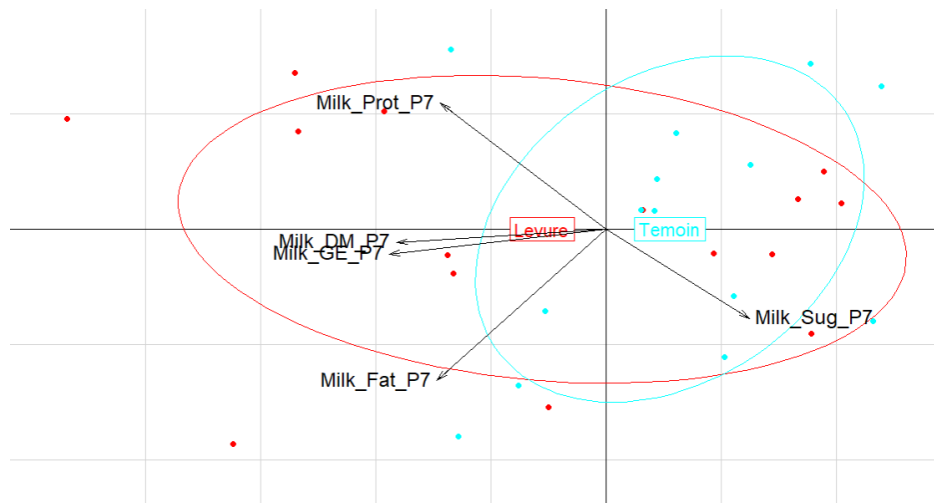


Figure 10 : Analyse en Composantes Principales (ACP) des composants du colostrum (A.) et du lait (B.) selon le groupe étudié : Levure (n=15) entouré par une ellipse rouge ou Témoins (n=16) entouré par une ellipse bleue.

*Milk\_Prot* signifiant la teneur en protéines , *Milk\_Sug* la teneur en glucides , *Milk\_GE* l'énergie totale, *Milk\_Fat* la teneur en lipides , et *Milk\_DM* la matière sèche.

Tout d'abord, sur les deux graphiques les variables « Matière sèche » et « Energie totale » étaient corrélées positivement car les deux flèches formaient un angle étroit. Les teneurs en protéines et en matière grasse semblaient indépendantes l'une de l'autre dans le lait et le colostrum d'après l'angle droit formé.

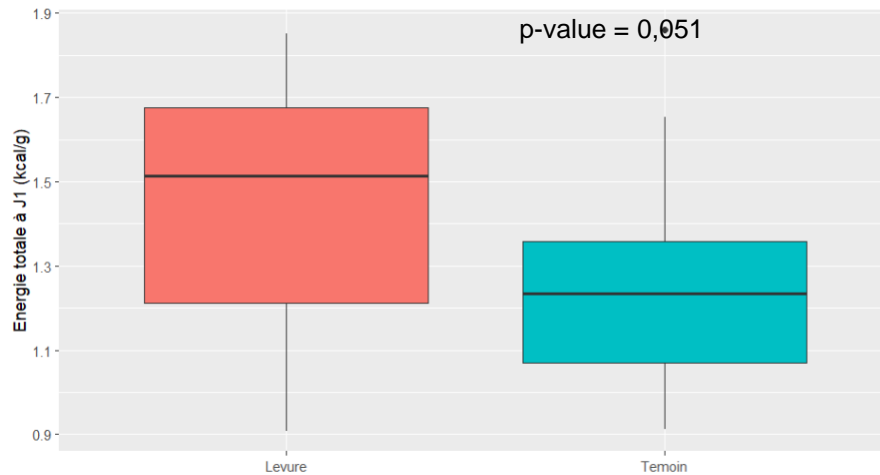
Les résultats de l'ACP montrent qu'au jour 1 la variabilité de la composition était comparable entre le groupe Témoin et le groupe Levure (les cercles de corrélation étaient assez proches) ; tandis qu'au jour 7 le cercle de corrélation du groupe Levure était plus étiré sur l'axe horizontal, ce qui indique une plus grande variabilité de l'énergie totale et de la matière sèche contenues dans le lait des chiennes supplémentées.

### b. Les comparaisons univariées

Les résultats d'analyses univariées entre le groupe Levure et le groupe Témoin ont montré que dans le colostrum, une tendance se dégagait avec une énergie totale plus élevée chez le groupe Levure par rapport au groupe Témoin : l'énergie totale moyenne dans le colostrum à J1 du groupe Levure était de 1,46 kcal/g versus 1,27 kcal/g pour le groupe Témoin ( $p < 0,1$ ).

De même dans le lait, les chiennes du groupe Levure avaient une énergie totale statistiquement plus importante que ceux du groupe Témoin avec une moyenne de 1,69 kcal/g contre 1,45 kcal/g ( $p < 0,05$ ) (figure 11).

**A.**



**B.**

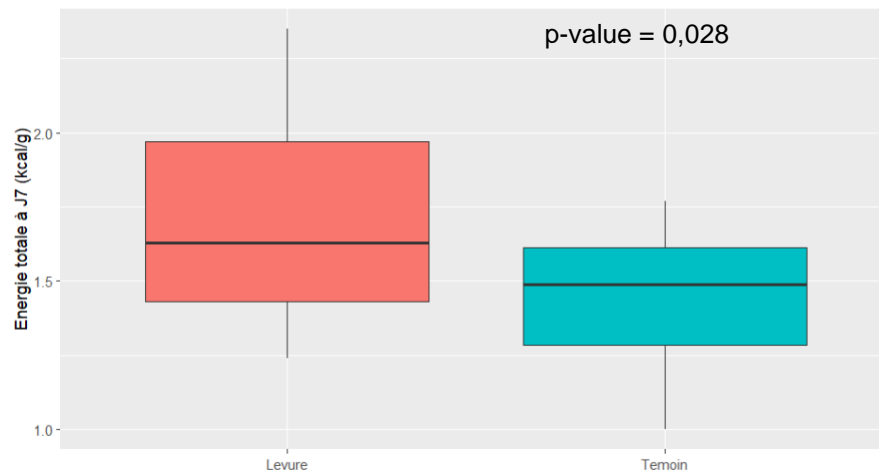


Figure 11 : Énergie totale dans le colostrum (A.) et le lait (B.) des chiennes en fonction de la supplémentation en *Saccharomyces boulardii*. Les chiennes du groupe Levure ( $n=15$ ) sont présentées en rouge et les chiennes du groupe Témoin ( $n=16$ ) en bleu

Pour les autres variables, aucune différence significative n'a été observée, malgré une tendance pour la teneur en protéines au jour 7 ( $p < 0,1$ , figure 12). La teneur moyenne en protéines dans le lait à J7 était de 7,91% pour le groupe Témoin et de 10,26% pour le groupe Levure.

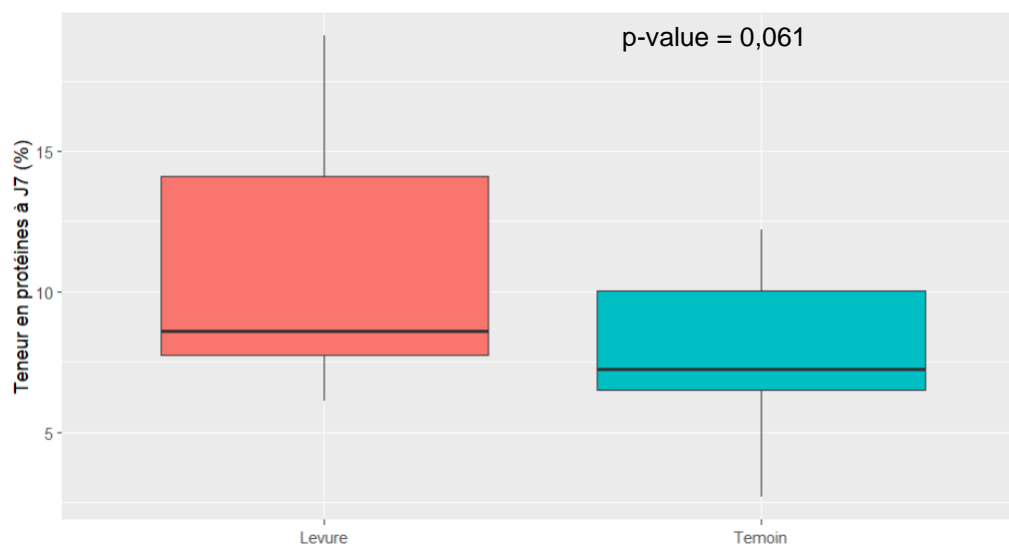


Figure 12 : Teneur en protéines dans le lait des chiennes en fonction de la supplémentation en *Saccharomyces boulardii*. Les chiennes du groupe Levure (n=15) sont présentées en rouge et les chiennes du groupe Témoin (n=16) en bleu

Concernant la comparaison en concentration totale en acides gras entre le groupe Témoin et le groupe Levure aucune différence significative n'a été relevée ( $p > 0,05$ ). Le résultat était le même pour le ratio  $\omega 6/\omega 3$  ( $p > 0,05$ ). Le tableau 4 récapitule les moyennes pour ces deux variables.

Tableau 4 : Concentrations totales en acides gras et ratio  $\omega 6/\omega 3$  dans le colostrum et le lait des chiennes de l'étude (n=31)

	Concentration totale (mg/mL)		Ratio $\omega 6/\omega 3$	
	Témoin	Levure	Témoin	Levure
<b>Colostrum(J1)</b>	35,31 $\pm$ 16,57	33,98 $\pm$ 11,81	17,00 $\pm$ 1,71	17,84 $\pm$ 1,68
<b>Lait (J7)</b>	44,82 $\pm$ 9,83	49,73 $\pm$ 14,15	16,96 $\pm$ 1,45	17,88 $\pm$ 2,42

D'après les comparaisons des proportions relatives de tous les acides gras dosés entre les deux groupes étudiés, seul l'acide pentadécylique C15:0 était en plus grande proportion dans le colostrum des individus du groupe Témoin par rapport au groupe Levure ( $p < 0,05$ , figure 13) et aucune différence n'a été observée dans le lait ( $p > 0,05$ ). La proportion moyenne de l'acide pentadécylique C15:0 était de 0,095% dans le colostrum du groupe Levure tandis qu'il était de 0,093% dans le groupe Témoin.

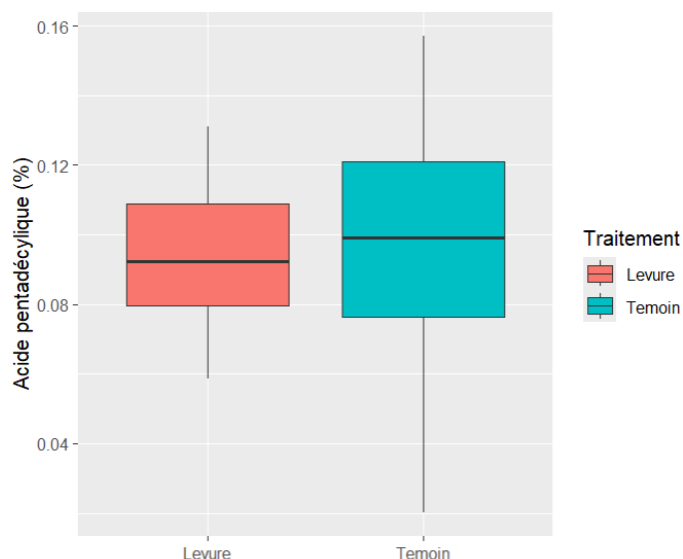


Figure 13 : Proportion de l'acide pentadécylique dans le colostrum en fonction de la supplémentation en *Saccharomyces boulardii*. Les chiennes du groupe Levure (n=15) sont présentées en rouge et les chiennes du groupe Témoin (n=16) en bleu

### c. Les analyses multivariées

Au vu de ces premiers résultats, nous nous sommes concentrés pour la suite de l'étude seulement sur l'énergie totale dans le colostrum et le lait pour étudier l'effet de la supplémentation maternelle avec *Saccharomyces boulardii*.

#### 1) Dans le colostrum

Suite aux analyses multivariées, plusieurs associations avec l'énergie totale dans le colostrum des chiennes se sont révélées significatives (tableau 5) et les interprétations ont pu être réalisées à l'aide des graphiques en Annexe 1 et 2.

Tableau 5 : Résultats du modèle multivarié (ANOVA) expliquant les associations entre les différents facteurs étudiés et l'énergie totale dans le colostrum des 31 chiennes suivies

(\* si  $p < 0,05$ , \*\* si  $p < 0,01$ , \*\*\* si  $p < 0,001$ ).

Comparaisons	P-value
Gabarit L : Témoin / Gabarit L : Levure	0,040 *
Gabarit M : Témoin / Gabarit M : Levure	0,002 **
Age G1 : Témoin / Age G1 : Levure	<0,001 ***
Age G2 : Témoin / Age G2 : Levure	0,150

« : » signifie l'interaction entre deux variables, et « / » signifie la comparaison entre deux interactions ; G1 :  $\leq 3,1$  ans ; G2 :  $> 3,1$  ans



Tout d'abord, les résultats de ce premier modèle ont montré un effet significatif de la supplémentation sur l'énergie totale du colostrum quel que soit le gabarit de la chienne. En effet, l'énergie totale chez le groupe Levure était significativement plus importante par rapport au groupe Témoin aussi bien pour les chiennes de gabarit M que L (figure 14).

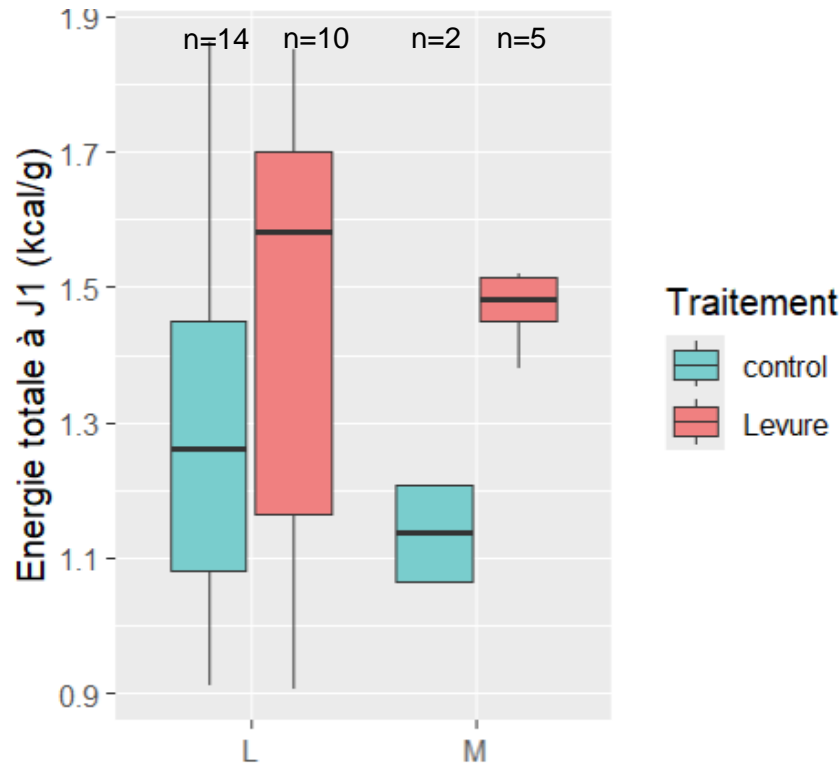


Figure 14 : Energie totale dans le colostrum à J1 en fonction du gabarit des chiens (L ou M) et de la supplémentation en probiotiques (groupe Témoin en bleu et groupe Levure en rouge). « n » correspond à l'effectif présent dans chaque catégorie.

En revanche, l'effet de la supplémentation a été observé uniquement chez les chiennes âgées de moins de 3,1 ans. Les jeunes chiennes du groupe Levure présentaient une énergie totale statistiquement plus élevée que les chiennes du même âge du groupe Témoin (Figure 15). Pour les individus plus âgés, la différence entre les deux groupes n'était pas significative ( $p > 0,05$ ).

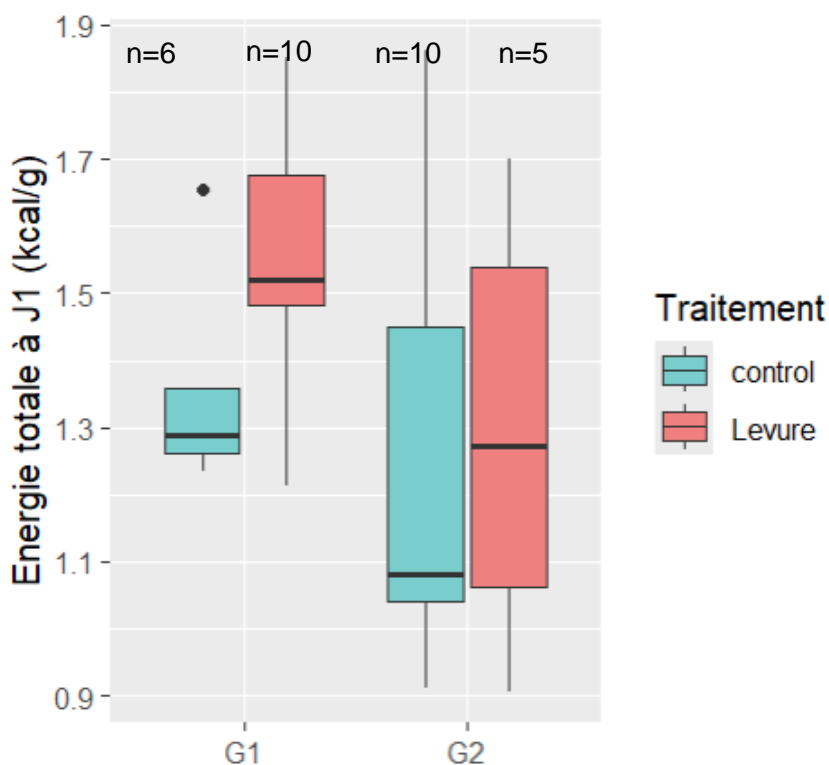


Figure 15 : Energie totale dans le colostrum à J1 en fonction de l'âge des chiens (G1≤3,1 ans ou G2>3,1 ans) et de la supplémentation en probiotiques (Groupe contrôle en bleu et Groupe levure en rouge). « n » correspond à l'effectif présent dans chaque catégorie.

## 2) Dans le lait

De la même façon que pour le colostrum, plusieurs variables se sont révélées associées avec l'énergie totale dans le lait des chiennes (tableau 6) et les interprétations ont pu être réalisées à l'aide des graphiques en Annexe 3 et 4.

Tableau 6 : Résultats du modèle multivarié (ANOVA) expliquant les associations entre les différents facteurs étudiés et l'énergie totale dans le lait des 31 chiennes suivies (\* si  $p < 0,05$ , \*\* si  $p < 0,01$ , \*\*\* si  $p < 0,001$ ).

Comparaisons	P-value
Portée T1 : Témoin / Portée T1 : Levure	< 0,001 ***
Portée T2 : Témoin / Portée T2 : Levure	< 0,001 ***
Portée T3 : Témoin / Portée T3 : Levure	0,90
Gabarit M : Témoin / Gabarit M : Levure	< 0,001 ***
Gabarit L : Témoin / Gabarit L : Levure	<0,001 ***

« : » signifie l'interaction entre deux variables, et « / » signifie la comparaison entre deux interactions. T1 : <7 chiots , T2 : 7 ou 8 chiots , T3 : >8 chiots

Ce modèle multivarié a montré à nouveau un effet significatif de la supplémentation en probiotiques sur l'énergie totale du lait en fonction du gabarit de la chienne. (Tableau 6). Cependant, selon le gabarit l'effet des probiotiques sur l'énergie totale était différent. Pour les grands gabarits L, l'énergie totale du groupe supplémenté était significativement plus importante que pour le groupe Témoin ; tandis que pour les petits gabarits M, l'énergie totale était moins élevée chez le groupe Levure que chez le Témoin (figure 16). Cependant cette différence pour les chiennes du gabarit M n'a pas d'importance biologique (la différence de moyenne entre le groupe Levure et le groupe Témoin est de 0,03 kcal/g).

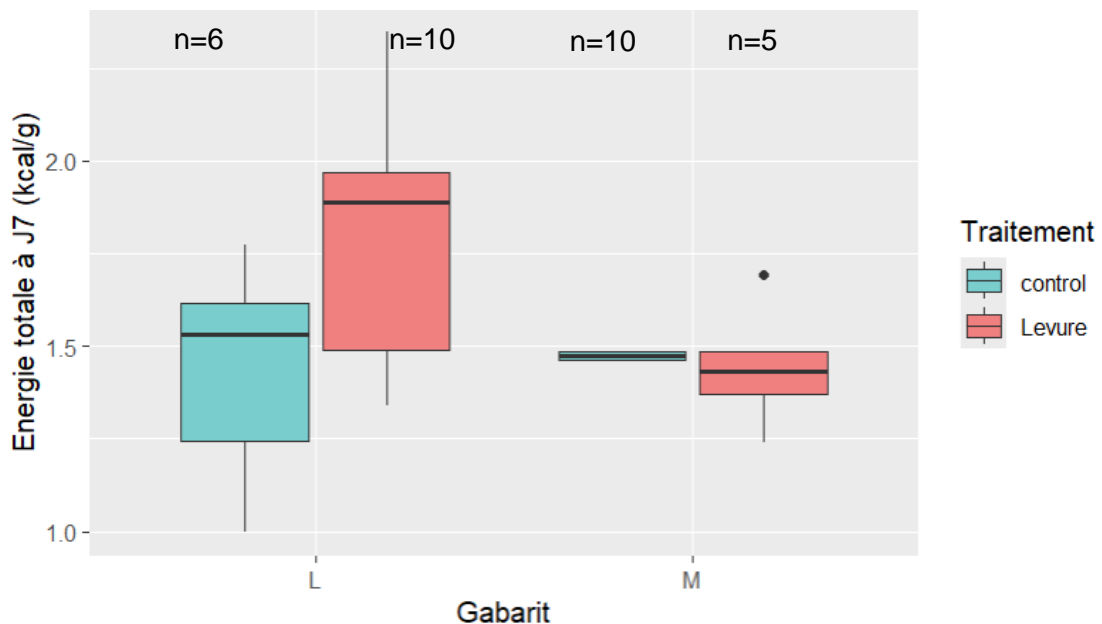


Figure 16 : Energie totale dans le colostrum à J7 en fonction du gabarit des chiennes (L ou M) et de la supplémentation en probiotiques (groupe Témoin en bleu et groupe Levure en rouge). « n » correspond à l'effectif présent dans chaque catégorie.

Concernant la taille de la portée, un effet de la supplémentation a été observé seulement chez les chiennes ayant eu 8 chiots ou moins ( $p < 0,001$ , Tableau 6). En effet, chez les chiennes des groupes T1 (petites portées) et T2 (portées moyennes), les individus du groupe Levure présentent un lait statistiquement plus énergétique que ceux du groupe Témoin (figure 17).

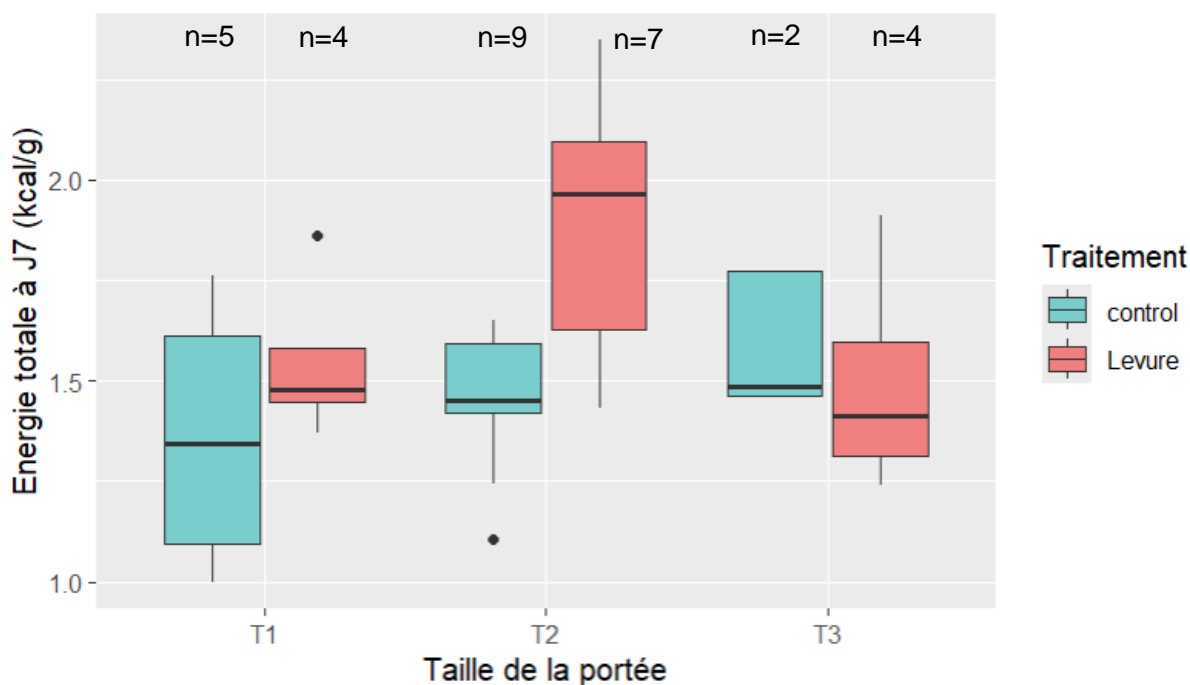


Figure 17 : Energie totale dans le colostrum à J7 en fonction de la taille de la portée (T1 < 7 chiots, T2 : 7 ou 8 chiots ou T3 > 8 chiots) et de la supplémentation en probiotiques (Groupe contrôle en bleu et Groupe levure en rouge). « n » correspond à l'effectif présent dans chaque catégorie.

### C. Influence de la supplémentation en levure sur la croissance des chiots

Après avoir mis en évidence les effets des probiotiques sur la composition du lait des chiennes, nous nous sommes intéressés à leurs effets sur la croissance des chiots.

#### 1) Description de la croissance des chiots

Les taux moyens de croissance des 218 chiots suivis dans notre étude selon les différentes tranches d'âge sont présentés dans le tableau 7 avec des poids moyens allant de  $408,5g \pm 73,3g$  à la naissance à  $3851,1g \pm 1171,6g$  au sevrage.

Tableau 7 : Les taux moyens de croissance des 218 chiots suivis au cours de l'étude selon leur tranche d'âge.

Période (en jours de vie)	Taux moyen de croissance (en %)
0-2 <sup>e</sup>	8,9 ± 9,6
2 <sup>e</sup> -7 <sup>e</sup>	38,0 ± 15,7
7 <sup>e</sup> -21 <sup>e</sup>	96,3 ± 27,5
21 <sup>e</sup> -56 <sup>e</sup>	222,9 ± 63,6

Ces résultats ont montré un taux de croissance qui a augmenté tout au long de l'étude jusqu'au sevrage. De plus, une variabilité très importante entre les chiots a été observée et s'est intensifiée avec l'âge.

## 2) Influence de la supplémentation en probiotiques

### a. Comparaison des poids entre les groupes

La comparaison des courbes de poids entre les chiots issus du groupe Levure et le groupe Témoin n'a mis en évidence aucune différence significative tout au long de la période d'étude ( $p > 0,05$  pour les périodes J0-J2, J2-J7, J7-J21, J21-J56, figure 18).

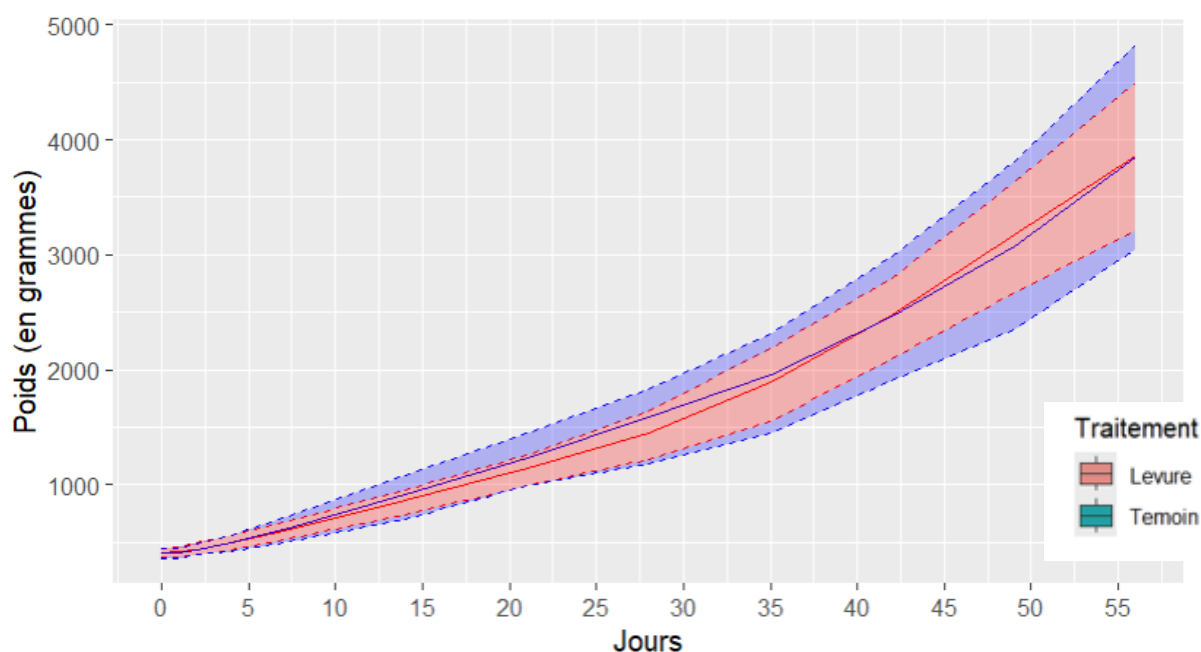


Figure 18: Courbes de poids moyen des chiots entre J0 et J56 selon leur groupe (Témoin, en bleu, ou Levure, en rouge). Les courbes correspondent à (de bas en haut) : q1, moyenne, q3.

Cependant, une dispersion des poids entre les chiots du groupe Témoin était plus importante que chez le groupe Levure avec un écart de plus en plus important au cours de la croissance : au 56<sup>ème</sup> jour le coefficient de variation des poids du groupe Témoin était de 37,7% contre 21,2% pour le groupe Levure (tableau 8).

Tableau 8 : Poids moyens des chiots et coefficients de variation des poids chez le groupe Témoin (n= 109) et le groupe Levure (n= 109) à différents jours

Jours	Groupe Témoin		Groupe Levure	
	Poids moyen des chiots (en g)	Coefficient de variation (en %)	Poids moyen des chiots (en g)	Coefficient de variation (en %)
0	406,0	19,0	407,7	18,1
2	406,7	15,2	436,9	18,0
7	616,6	25,7	596,0	18,9
21	1234,0	28,8	1139,9	20,7
56	3842,5	37,7	3859,6	21,2

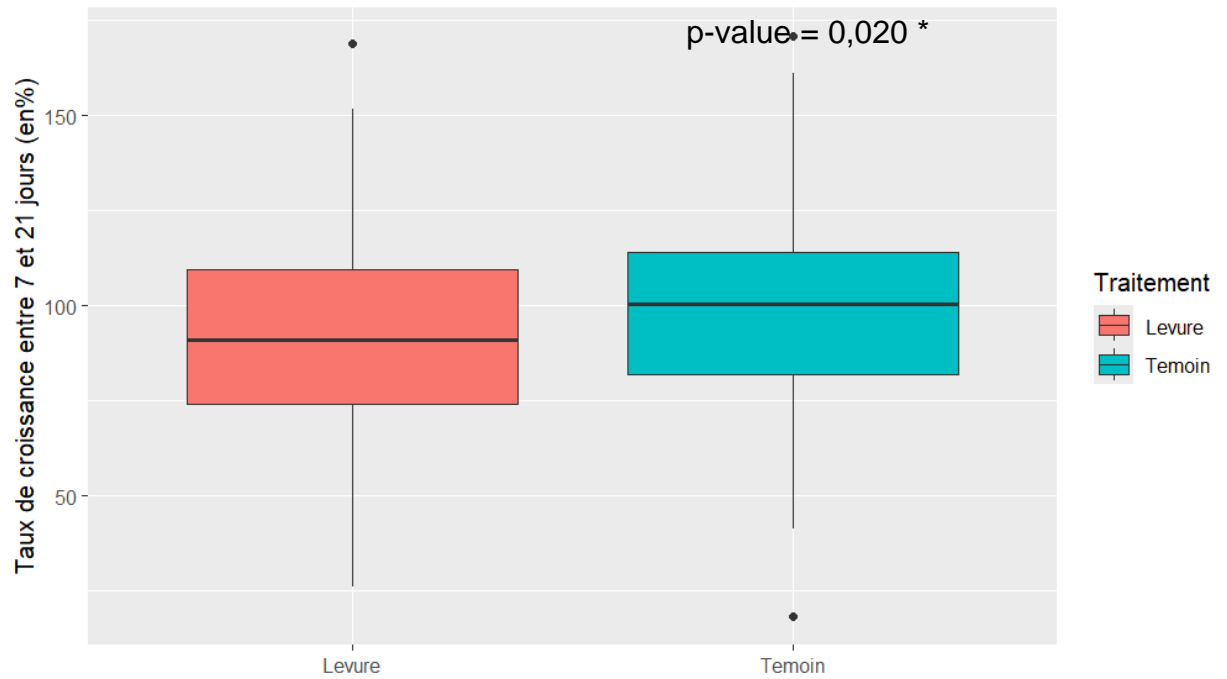
#### b. Comparaison des taux de croissance entre les groupes

Le taux de croissance comparé entre les chiots du groupe Levure et du groupe Témoin a mis en évidence des différences significatives selon les périodes (figure 19). Au cours de la période néonatale, le groupe Témoin présentait une croissance significativement plus importante que le groupe Levure entre le jour 7 et le jour 21 avec une moyenne de 91,4% chez le groupe Levure et 99,8% chez le groupe Témoin.

A l'inverse, pendant la période pédiatrique, les chiots du groupe Levure ont connu un taux de croissance plus élevé entre les jours 21 et 56. Le groupe Levure avait un taux de croissance moyen de 240,9%, tandis que celui du groupe Témoin était de 204,6%.

Les autres périodes n'ont pas apporté de différences de croissance significatives ( $p > 0,05$ ). Sur la période totale (entre le jour 0 et le jour 56), aucune différence significative du taux de croissance n'a été mise en évidence entre les deux groupes.

**A.**



**B.**

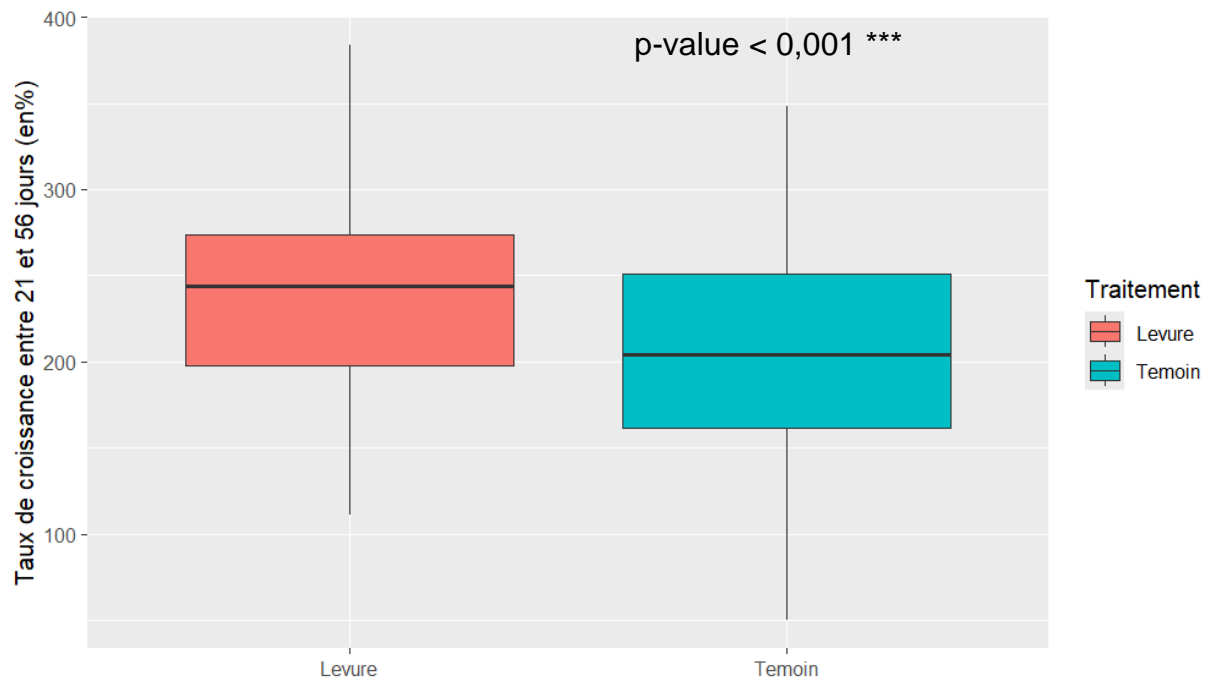


Figure 19 : Taux de croissance moyen chez le groupe Témoin (en bleu) et le groupe Levure (en rouge) entre 7 et 21 jours (A.) et entre 21 et 56 jours (B.) (\* : p-value < 0,05 ; \*\* : p-value < 0,01 ; \*\*\* : p-value < 0,001).

### c. Comparaison des coefficients de variation entre les groupes

Afin d'étudier l'hétérogénéité des poids au sein d'une même portée, les coefficients de variation des poids intra-portées ont été comparés entre les deux groupes à J0, J21 et J56.

Une différence significative à l'issue de la période néonatale a été observée ( $p < 0,05$ , figure 20), indiquant une disparité des poids au sein des portées plus importante chez le groupe Levure. Au 21<sup>ème</sup> jour, le coefficient de variation était de 18% chez le groupe Levure contre 26,5% chez le groupe Témoin.

Les différences ne sont pas significatives pour les autres dates ( $p > 0,05$ )

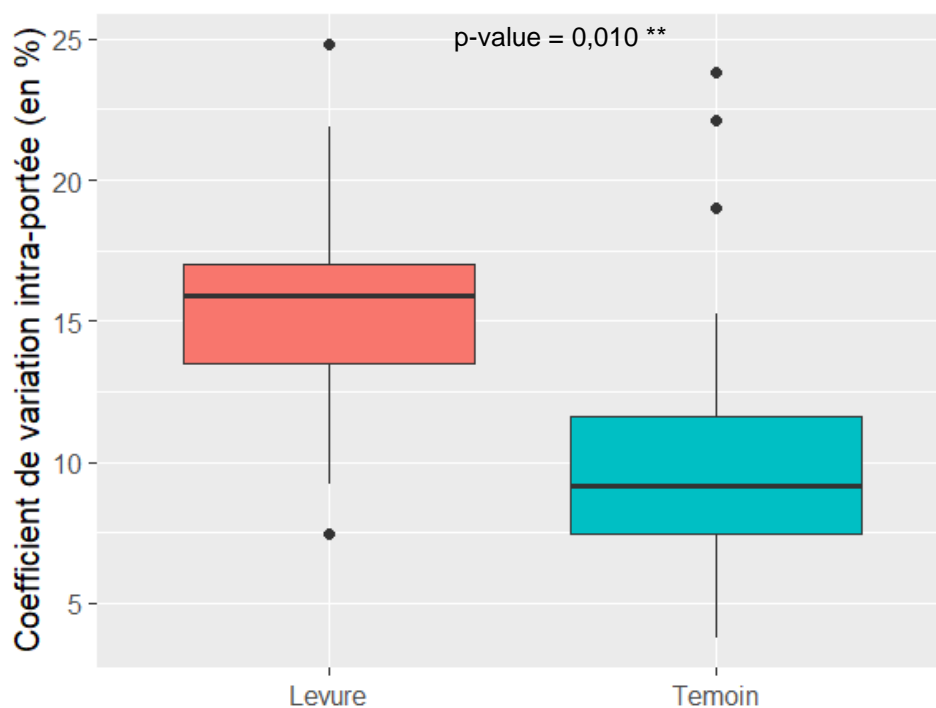


Figure 20 : Coefficient de variation des poids intra-portée dans le groupe Levure en rouge ( $n=109$ ) et Témoin en bleu ( $n=109$ ) à J21 ( \*\* si  $p$ -value  $< 0,01$ )



#### **D. Influence de la composition nutritionnelle du lait et du colostrum sur la croissance des chiots**

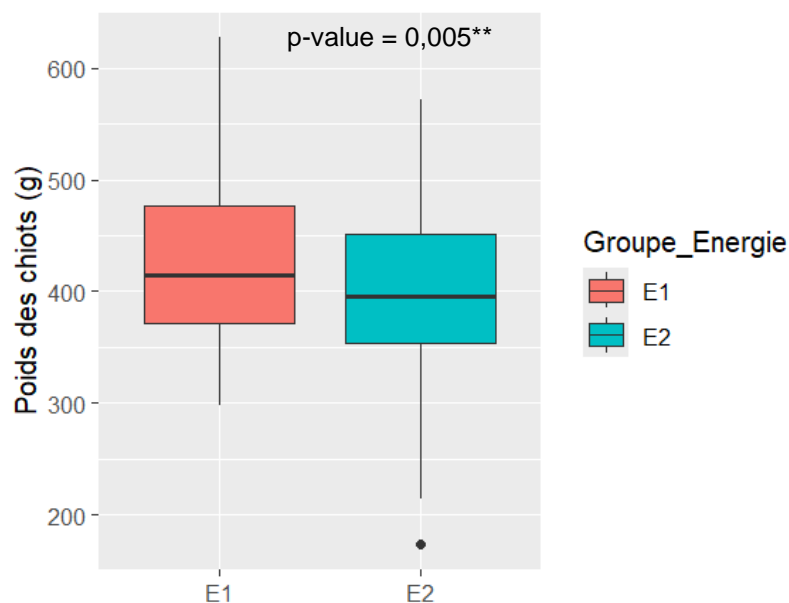
Au cours des paragraphes précédents, nous avons mis en évidence les effets des probiotiques sur la composition du lait des chiennes et la croissance de leurs chiots. Au cours de la période néonatale, le taux de croissance des chiots du groupe Levure était plus faible que celui du groupe Témoin, puis ceci s'inversait au cours de la période pédiatrique. Par la suite, nous allons donc nous intéresser au mécanisme de cet effet sur la croissance en étudiant l'impact de l'énergie totale contenue dans les sécrétions lactées sur la croissance des chiots.

##### **a. Corrélation avec les poids**

Nous avons comparé les groupes E1 et E2 définis en fonction de l'énergie totale contenue dans le colostrum et le lait maternels avec le poids des chiots.

Le poids des chiots dont les mères présentaient une faible valeur énergétique dans le colostrum (E1 ; <1,4 kcal/g) a été significativement plus important que celui des autres chiots issus des mères avec le colostrum plus riche en énergie (E2 ; > 1,4 kcal/g) à J0 ( $p < 0,01$ ) et à J7 ( $p < 0,01$ ) (figure 21).

##### **A. à J0**



## B. à J7

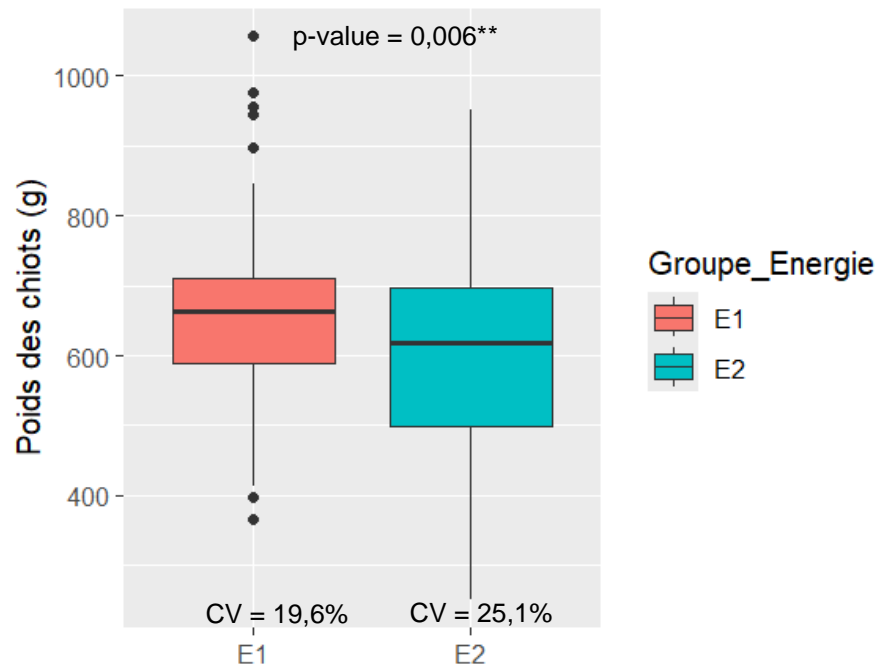
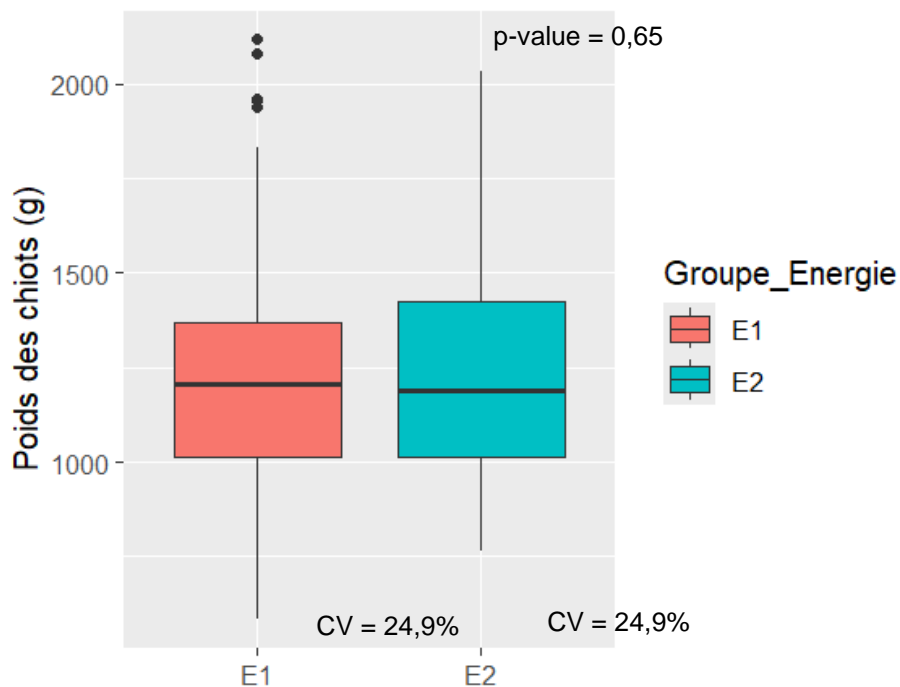


Figure 21 : Poids des chiots selon la teneur d'énergie dans le colostrum maternel (E1 < 1,4 kcal/g ; E2 > 1,4 kcal/g) à J0 (A.) et à J7 (B.) (\*\* si p-value < 0,01)

A l'inverse, les chiots issus des mères avec une énergie totale dans le lait élevée (>1,6 kcal/g) ont présenté un poids plus important à la fin de la croissance : à J56 ( $p < 0,01$ ; Figure 22). Aucune différence significative à J21 n'a été observée ( $p > 0,05$ ).

## A. à J21



## B. à J56

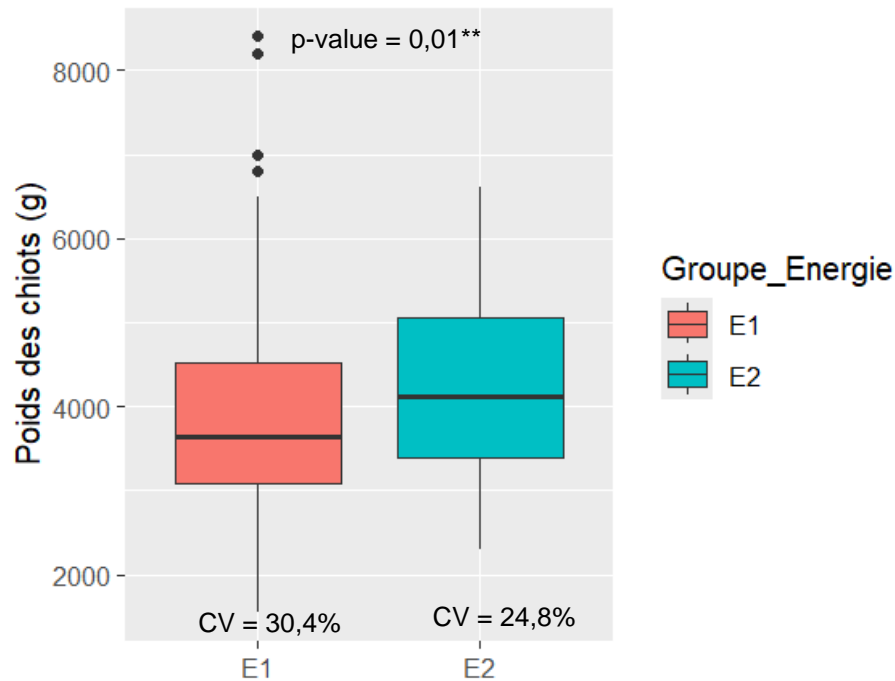


Figure 22 : Poids des chiots selon la teneur d'énergie dans le lait maternel (E1 < 1,6 kcal/g ; E2 > 1,6 kcal/g) : à J21 (A.) et à J56 (B.) (\*\* si p-value < 0,01)

Des corrélations entre les moyennes des poids par portée et l'énergie totale du colostrum à J0 et J7, et du lait à J21 et J56, ont été étudiées (tableau 9).

Aucune corrélation significative n'a été mise en évidence ( $p > 0,05$  pour toutes les analyses) entre les moyennes des poids par portée à J0 et J7 et l'énergie totale du colostrum. Cependant, une tendance a été observée à J21 ( $p < 0,1$ ) avec un coefficient de corrélation de -0,31, indiquant une faible corrélation négative entre les poids des portées et la teneur énergétique du lait.

Tableau 9 : Résultats d'analyses statistiques de corrélations entre l'énergie totale dans le colostrum et le lait et respectivement le poids moyen par portée à J0 et J7 (pour colostrum), et J21 et J56 (pour le lait)

Jours de vie	Sécrétion étudiée	lactée	Poids moyen par portée / GE (p-value)
0	Colostrum		0,53
7 <sup>e</sup>	Colostrum		0,86
21 <sup>e</sup>	Lait		0,09
56 <sup>e</sup>	Lait		0,81

### b. Corrélation avec les taux de croissance

Le taux de croissance des chiots quel que soit la période concernée n'était pas significativement différents entre les deux groupes de chiennes selon leur teneur en énergie totale ( $p > 0,05$  pour toutes les comparaisons).

Aucune corrélation n'a également pu être mise en évidence entre l'énergie totale des sécrétions lactées aux différentes périodes et le taux de croissance moyen par portée sur 4 périodes différentes ( $p > 0,05$  pour toutes les analyses).

### c. Corrélation avec le coefficient de variation

De même que pour le taux de croissance, quasiment aucune corrélation a été mise en évidence entre le coefficient de variation des poids intra-portées et l'énergie totale des sécrétions lactées à différentes dates (Tableau 10). Seulement une tendance à J21 ( $p < 0,1$ ) a été observée avec le coefficient de corrélation égal à  $-0,34$ . De la même manière que précédemment, ceci s'est traduit par une faible corrélation négative entre la variabilité des poids au sein des portées et la teneur énergétique du lait au jour 21.

*Tableau 10 : Résultats d'analyses statistiques de corrélations entre l'énergie totale dans le colostrum et le lait et respectivement le coefficient de variation des poids intra-portées à J0 et J7 (pour colostrum), et J21 et J56 (pour le lait)*

Jours de vie	Sécrétion lactée étudiée	Coefficient de variation des poids intra-portées / GE (p-value)
0	Colostrum	0,57
7 <sup>e</sup>	Colostrum	0,49
21 <sup>e</sup>	Lait	0,07
56 <sup>e</sup>	Lait	0,20

Les coefficients de variation du taux de croissance au sein des portées ont été étudiés, et seule la période J7-J21 a obtenu une corrélation positive significative avec un coefficient de corrélation de  $0,36$  (Tableau 11).

Tableau 11 : Résultats d'analyses statistiques de corrélations entre l'énergie totale dans le colostrum et le lait et respectivement le coefficient de variation du taux de croissance à J0-J2 et J2-J7 (pour colostrum), et J7-J21 et J21-J56 (pour le lait) (\* si  $p < 0,05$ )

Période (en jours de vie)	Sécrétion lactée étudiée	Coefficient de variation du taux de croissance / GE (p-value)
0-2 <sup>e</sup>	Colostrum	0,420
2 <sup>e</sup> -7 <sup>e</sup>	Colostrum	0,881
7 <sup>e</sup> -21 <sup>e</sup>	Lait	0,045 *
21 <sup>e</sup> -56 <sup>e</sup>	Lait	0,120

La corrélation entre l'énergie totale du lait et le coefficient de variation du taux de croissance entre J7 et J21 est représentée sur la figure 23.

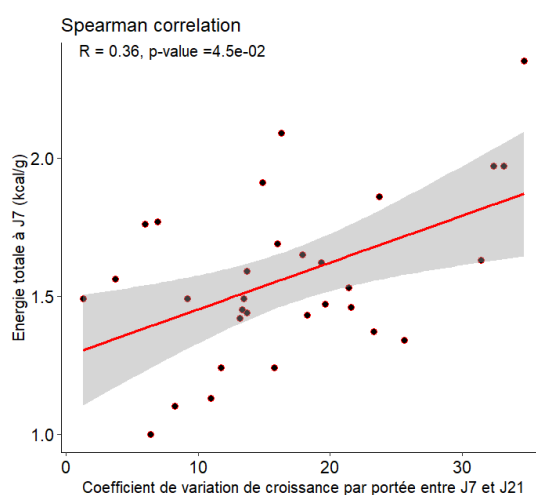


Figure 23 : Corrélation entre l'énergie totale du lait maternel et la variabilité de la croissance intra-portée entre J7 et J21 pour les 31 portées étudiées

## **IV. Discussion**

### **A. Limites de l'étude**

Cette étude a eu pour objectif d'étudier l'influence de la supplémentation en probiotiques sur la qualité nutritionnelle du colostrum et du lait, ainsi que sur la croissance des chiots. Elle a été réalisée initialement sur 36 chiennes et 254 chiots, et même si des données manquantes ont diminué cet effectif, celui-ci reste convenable pour avoir des résultats fiables. En effet, des études similaires ont été réalisées sur 25 American Staffordshire Bullterrier pour Meineri et al. (2022), 24 chiens pour D'Angelo et al. (2018) et 20 pour Baroncello et al. (2020).

Les individus provenant tous du même élevage et les conditions de logement étant les mêmes au cours de l'étude, les biais environnementaux sont écartés. Concernant la représentativité des races, aucun chien de petit gabarit n'a été inclus dans l'étude, bien que la Société Centrale Canine compte plus de 13% de chiens de ce format-là en 2004 (Leroy et al., 2007). Les résultats ne sont donc pas extrapolables à l'espèce canine, et d'autres études incluant des races de petit gabarit seraient nécessaires pour valider ce travail.

Les récoltes de données ont suivi un protocole strict avec mélange du lait de toutes les mamelles pour que la composition des sécrétions lactées ne varie pas selon ce biais. En effet, la qualité nutritionnelle peut varier de 8% selon les mamelles d'un même chien (Chastant-Maillard et Mila, 2016). La collecte du colostrum a été réalisée entre 24 et 48h après la mise-bas, ce qui peut engendrer une variabilité dans sa composition comme décrit pour la concentration en immunoglobulines qui diminue rapidement après le début de la lactation. Cependant, Adkins, et al. (2001) ont montré que ceci n'avait pas de réel impact sur la qualité nutritionnelle, contrairement à la qualité immunologique. Enfin, la recherche de valeurs aberrantes a permis de limiter le risque d'erreur de saisie.

Certains facteurs n'ont pas été pris en compte dans mon analyse tels que les traitements médicaux. En effet, reflétant les réelles conditions d'élevage, certains chiots après 4 semaines d'âge ont dû recevoir des soutiens digestifs (argile bentonite, *Enterococcus faecium* et prébiotiques) et des antibiotiques (métronidazole,

amoxicilline, benzypénicilline et doxycycline). Or, ceux-ci ont pu avoir un impact sur la croissance des chiots via la cause ou la résolution de diarrhées. Par exemple, l'utilisation de métronidazole peut engendrer des diarrhées lors d'utilisation sur de longues durées en impactant le microbiote (Pilla et al., 2020) ; tandis que l'argile bentonite a tendance à diminuer les troubles digestifs (Oschika, 2019).

Certains chiots ont été supplémentés avec des aliments maternels de substitution, mais le nombre d'individus concernés ou leur identification ne sont pas connus. Ceci influence forcément nos résultats concernant la croissance des chiots selon la qualité nutritionnelle des sécrétions lactées des mères.

Pour des raisons pratiques avec un conditionnement des probiotiques en gélule, la dose par kilogramme reçue par les chiennes n'a pas été la même pour tous les individus. Elle a varié de 4,7 mg/kg/j pour la plus grande chienne et 11,1 mg/kg/j pour la plus petite, ce qui correspond respectivement à  $6,8 \times 10^7$  CFU/kg/j et  $3,4 \times 10^7$  CFU/kg/j. D'autres études ont utilisé des posologies différentes :  $1 \times 10^9$  CFU/kg/12h pour Sivamaruthi et al. (2021) et  $1 \times 10^9$  CFU/kg/j pour Meineri et al. (2022) et ont obtenu une amélioration du bien-être intestinal par la diminution du cortisol fécal.

## ***B. Principaux résultats***

### **1) Composition du colostrum et du lait**

Dans notre étude, les compositions du colostrum et du lait (récapitulées dans le tableau 12) étaient semblables à celles retrouvées dans d'autres études avec des méthodes de dosages similaires (Chastant-Maillard et Mila, 2016, Chastant, 2023).

Tableau 12 : Comparaison de la composition nutritionnelle du colostrum et du lait de notre étude par rapport à la littérature : en italique les données selon Chastant-Maillard et Mila (2016 et, Chastant (2023).

	Protéines (%)	Glucides (%)	Matières grasses (%)	Matière sèche (%)	Energie totale (kcal/g)
<b>Colostrum (J1)</b>	9,31 ± 3,04 <i>[8-14]</i>	2,73 ± 0,78 <i>[1,7-2,3]</i>	7,75 ± 2,64 <i>[10-13]</i>	22,29 ± 3,35 <i>[20-25]</i>	1,36 ± 0,28 <i>[1,3-1,8]</i>
<b>Lait (J7)</b>	9,05 ± 3,44 <i>[7-8]</i>	3,49 ± 0,60 <i>[4,4]</i>	9,85 ± 2,25 <i>[8-12]</i>	22,02 ± 2,48 <i>[21-26]</i>	1,57 ± 0,30 <i>[1,5]</i>

Cependant, contrairement à Chastant-Maillard et Mila (2016) qui décrivent un colostrum plus riche en protéines et en énergie, nous retrouvons dans notre étude des teneurs en glucides, matières grasses ainsi qu'une valeur énergétique plus importantes dans le lait que dans le colostrum. Selon Dokoupilová et al. (2016) et Oftedal et al. (1984), seul le taux de glucides varie significativement au cours de la lactation. Cependant les études mentionnées analysaient le lait sur une plus grande période que la nôtre, ce qui peut nous laisser penser que deux analyses de composition aux jours 1 et 7 ne permettent pas entièrement de constater l'évolution de composition du colostrum et du lait.

Le taux de variation des différents constituants entre les mères est assez important dans notre étude. En effet, de manière inévitable, la teneur énergétique du colostrum varie d'un facteur 1,6 entre les mères (Chastant-Maillard et Mila, 2016). Certaines différences entre les chiennes n'affectent cependant pas nos résultats, tels que leur âge, race et la taille de la portée ; puisque celles-ci n'ont pas de répercussion sur la composition des sécrétions lactées (Chastant-Maillard et Mila, 2016).

Concernant les acides gras, la concentration totale est plus importante dans le lait que dans le colostrum, ce qui est différent des résultats obtenus par O'Callaghan et al. (2020) sur l'espèce bovine qui n'obtenait pas de différence significative. Peu d'études sur les chiennes sont disponibles, rendant ce résultat difficile à comparer.

Les profils d'acides gras varient aussi entre le 1<sup>er</sup> et le 7<sup>ème</sup> jour de collecte avec une augmentation des acides gras saturés, notamment à moyenne et longue chaîne ;



et une diminution des acides gras poly-insaturés. Ces observations ont déjà été décrites par O'Callaghan et al. (2020) et Samková et al. (2011) à propos de vaches laitières. Pavlíková et al. (2010) ont démontré chez les brebis laitières que ces mêmes variations de composition étaient majeures au cours des deux premiers jours post-partum, puis les teneurs continuaient de varier jusqu'au 6<sup>ème</sup> jours et stagnaient par la suite.

## 2) Influence de la levure sur l'énergie totale

Cette étude a mis en évidence un effet bénéfique de la supplémentation maternelle en *Saccharomyces boulardii* sur la qualité nutritionnelle du colostrum et du lait, notamment par une augmentation de l'énergie totale.

Dans notre étude, l'énergie totale dans le colostrum était augmentée chez les chiennes supplémentées avec la levure par rapport au groupe placebo quel que soit le format racial. Les mécanismes pouvant expliquer ce phénomène sont encore peu compris mais il a été prouvé que *Saccharomyces boulardii* limitait la variation de la diversité du microbiote maternel autour de la mise-bas et favorisait l'abondance relative des bactéries dégradant les fibres tout en diminuant la présence de bactéries indésirables (Garrigues et al., 2024). De plus, *S. boulardii* possède un effet antioxydant et améliore la digestibilité globale des nutriments chez la chienne, dont ceux dédiés à la croissance du fœtus (Hiltz et al., 2023, Feng et al., 2022). Cet effet « stabilisateur du microbiote intestinal » (Garrigues et al., 2024) associé à une meilleure absorption des nutriments par la mère pourraient expliquer cette augmentation d'énergie totale du colostrum chez les chiennes supplémentées.

Cette augmentation de l'énergie totale suite à la supplémentation en probiotiques a également été observée chez les chiennes âgées de moins de 3,1 ans. Cette augmentation est en concordance avec les résultats décrits par Jurgens et al. (1997) dans le lait de truies supplémentées en levure. Toutefois, il est difficile d'expliquer l'influence de l'âge sur cette augmentation en raison d'un manque de données dans la littérature. La variation de la qualité nutritionnelle avec l'âge de la mère a cependant été étudiée dans différentes espèces. Selon une étude sur les vaches Holstein, la

teneur en matière sèche diminue rapidement au cours de la quatrième lactation (Yang et al., 2013), ce que nous pouvons associer à une diminution de l'énergie globale. Nous pouvons alors nous demander si une étude avec davantage d'individus auraient pu permettre de prouver une augmentation de l'énergie globale dans le colostrum quel que soit l'âge de la mère.

Concernant le lait, une augmentation de l'énergie totale a été observée chez les chiennes supplémentée en levure ayant mis bas des portées de petites et moyennes tailles (8 chiots ou moins) par rapport au groupe témoin. Ces groupes de tailles de portées ont été réalisés de manière arbitraire afin d'avoir des proportions d'individus convenables dans chaque groupe, mais il aurait été intéressant de ramener la taille de la portée au format racial de l'individu. Des études ont en effet montré à propos d'autres mammifères qu'afin de répondre aux besoins nutritifs plus importants lors de grandes portées, c'est la quantité de lait produite qui était augmentée et non pas sa densité énergétique (Skibieli, Amy L et al., 2013). De plus, seulement 6 chiennes de l'étude ont eu des portées de plus de 8 chiots, dont 2 dans le groupe Témoin et 4 dans le groupe Levure. Il aurait fallu davantage d'individus dans cette catégorie afin de pouvoir conclure.

L'augmentation d'énergie totale dans le lait a été mise en évidence chez les chiens de format L, mais l'inverse a été montré chez les gabarits M. Aucun article dans la littérature ne parvient à ces mêmes conclusions, ni ne met en avant une différence selon les formats raciaux. Le faible nombre d'individus par groupe et les facteurs non étudiés tels que le score corporel ou la prise alimentaire au cours de la gestation ont pu interférer dans nos résultats.

Aucune différence dans la concentration totale en acides gras n'est présente dans le colostrum ou le lait des mères avec la supplémentation en levure ; et aucune étude similaire ne peut confirmer ou infirmer ce résultat. Cependant, la proportion en acide pentadécylique est significativement diminuée dans le lait des individus supplémentés. Il s'agit d'un acide gras saturé à chaîne longue, présent en quantité importante dans les matières grasses laitières. Aucun résultat similaire n'a été obtenu dans d'autres études.

### **3) Influence de supplémentation en levure sur la croissance des chiots**

Cette étude a mis en évidence que la prise de levure n'affectait pas les poids des chiots au cours des deux premiers mois de vie, mais les rend plus homogènes au sein du groupe au moment du sevrage. En effet, la variabilité des poids à J56 chez les chiots issus des mères supplémentées avec *S. boulardii* était quasiment deux fois plus petite par rapport aux chiots du groupe témoin. D'après Tamashiro et al. (2010), un poids trop faible ou trop élevé au cours des premiers jours de vie entraîne une prédisposition au diabète chez l'homme adulte. La réduction de la variabilité des poids est donc un effet bénéfique de la supplémentation en levure sur la santé chez le chiot. De plus, David et Mansalier (2021) ont mis en évidence une diminution de pourcentage des chiots avec petits poids de naissance après la supplémentation maternelle en levure. Ceci est particulièrement intéressant puisque 81% des chiots mourants au cours des deux 1<sup>ers</sup> jours étaient caractérisés par un faible poids à la naissance (Mila et al., 2015), et que les chiots ayant un petit poids de naissance courent un risque de mortalité douze fois plus élevé que les autres (Groppetti et al., 2015 ; Mila et al., 2015). La levure s'avère alors une solution bénéfique pour homogénéiser les poids des fœtus et lors de la période post-natale.

Le taux de croissance sur l'ensemble de la période n'a pas été significativement différent entre les deux groupes, malgré des variations sur des périodes plus réduites. Une homogénéité dans la croissance des chiots au sein des portées est préférable à une augmentation du taux de croissance ou du poids au moment du sevrage pour des raisons de standards de races, financières et également médicales. En effet, les chiens de grande race ayant une vitesse de croissance modérée ont tendance à avoir moins de pathologies orthopédiques au cours de la croissance que ceux avec un gain de poids trop important (Dobenecker et al., 2013). Dans notre étude, une augmentation de l'hétérogénéité des poids au sein des portées a été démontrée à J21, mais n'a pas été retrouvée au moment du sevrage.

#### **4) Influence de l'énergie totale du colostrum et du lait sur la croissance des chiots**

Dans notre étude, une augmentation du poids des chiots au moment du sevrage a été remarquée chez les chiots ayant reçu des laits plus énergétiques, bien que cette relation fût inversée au début de la croissance des chiots. Selon Yavuz et al.(2015), la quantité de colostrum et de lait ingérée au cours de la croissance du veau entraîne une augmentation significative du poids vif au cours des 35 premiers jours de vie. Ce paramètre n'a pas été mesuré au cours de notre étude, mais il pourrait être un facteur important à prendre en compte dans l'étude de la croissance des chiots.

Aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre l'énergie totale contenue dans le colostrum ou le lait et le taux de croissance des chiots. Or dans l'étude de Rauba et al.(2019), les veaux nourris avec des laits artificiels contenant plus d'énergie et de protéines ont une croissance plus importante jusqu'à l'âge de 10 semaines. Cependant, une autre étude sur les bovins n'a mis en évidence aucune différence de croissance des veaux entre un lait riche en protéines mais pauvre en énergie et un lait pauvre en protéines et riche en énergie (Lee et al., 2008). Nos analyses étaient concentrées sur l'énergie totale ; d'autres études plus complètes sur l'influence de chaque élément nutritionnel des sécrétions lactées seraient intéressantes à mener.

Seule une corrélation négative significative a été démontrée entre le coefficient de variation des poids au sein des portées et l'énergie totale du lait entre le 7<sup>ème</sup> et le 21<sup>ème</sup> jour. Pour cette même période, une tendance avait été objectivée concernant la corrélation positive entre le coefficient de variation du taux de croissance des chiots intra-portées et l'énergie totale du lait maternel. Bien que ces résultats ne soient prouvés que sur une période donnée, cette hétérogénéité de croissance avec des laits plus énergétiques semblent entraîner des portées contenant des poids plus homogènes. Ces observations méritent davantage d'études pour être approfondies.



## CONCLUSION

La supplémentation maternelle en levure *Saccharomyces boulardii* au cours de la gestation et de la lactation a entraîné une augmentation de l'énergie totale dans le colostrum et le lait des chiennes par rapport aux individus du groupe Témoin. Concernant les chiots, la prise de probiotiques par les mères n'a cependant pas eu d'impact sur le taux de croissance global, mais a induit une homogénéisation des poids des chiots au moment du sevrage. Sachant qu'aucun lien entre la croissance et la teneur en énergie totale était démontré dans notre étude, l'effet de la supplémentation pourrait peut-être s'expliquer par un autre phénomène comme la modulation du microbiote des chiots. En effet, les études menées chez la truie mettent en avant une stabilisation bénéfique du microbiote des mères supplémentées en levure, qui impacterait également positivement celui des chiots. Nous pouvons alors supposer que les chiots les plus faibles ont acquis une meilleure immunité et connu moins de troubles digestifs, et ont donc pu suivre une courbe de poids similaire aux autres chiots. D'autres écrits sur l'espèce canine seraient intéressants afin de mieux comprendre les mécanismes en jeu.

Nous pouvons donc conclure en incitant les éleveurs canins à utiliser les probiotiques dans un but d'amélioration du bien-être animal et d'optimisation des paramètres d'élevage, en limitant l'utilisation d'antibiotiques qui augmentent l'antibiorésistance et nuisent au microbiote des individus. Les conséquences sur la croissance des chiots sont également des améliorations à prendre en compte pour les éleveurs, qui profitent d'une homogénéisation de leur effectif par le matériel, l'alimentation et les souhaits des acheteurs. Les études méritent cependant d'être approfondies afin de pouvoir certifier aux éleveurs les bénéfices des probiotiques en comprenant davantage les mécanismes d'action chez les chiens.

## BIBLIOGRAPHIE

Adkins, Y., Lepine, A. J., Lönnerdal, B., 2001. Changes in protein and nutrient composition of milk throughout lactation in dogs. *American journal of veterinary research*, 62(8), 1266–1272. DOI 10.2460/ajvr.2001.62.1266

Alves I., 2020. A model of puppy growth during the first three weeks. *Veterinary medicine and science*, 6(4), 946–957. DOI 10.1002/vms3.322

Baroncello, S., Candiago, T. N., Lafayette Neves Gelinski, M. J., Caliari, V., Baratto M. C., 2020. Meat Pet Snacks By Containing Encapsulated *Saccharomyces Boulardii*. *EJFOOD, European Journal of Agriculture and Food Sciences*

Bianco-Miotto, T., Craig, J. M., Gasser, Y. P., van Dijk, S. J., Ozanne, S. E., 2017. Epigenetics and DOHaD: from basics to birth and beyond. *Journal of developmental origins of health and disease*, 8(5), 513–519. DOI 10.1017/S2040174417000733

Ballet, N., Renaud, S., Roume, H., George, F., Vandekerckove, P., Boyer, M., Durand D. M., 2023. *Saccharomyces cerevisiae*: Multifaceted Applications in One Health and the Achievement of Sustainable Development Goals. *Encyclopedia*. 3. 602-613. DOI 10.3390/encyclopedia3020043.

Barker, D. J., Osmond, C., 1986. Infant mortality, childhood nutrition, and ischaemic heart disease in England and Wales. *Lancet (London, England)*, 1(8489), 1077-1081. DOI 10.1016/s0140-6736(86)91340-1.

Barker, D. J., Winter, P. D., Osmond, C., Margetts, B., Simmonds, S. J., 1989. Weight in infancy and death from ischaemic heart disease. *Lancet (London, England)*. 2(8663), 577-580. DOI 10.1016/s0140-6736(89)90710-1.

Barker, D. J., Gluckman, P. D., Godfrey, K. M., Harding, J. E., Owens, J. A., Robinson, J. S., 1993. Fetal nutrition and cardiovascular disease in adult life. *Lancet (London, England)*. 341(8850), 938-941. DOI 10.1016/0140-6736(93)91224-a.

Barker, D. J. P., 2007. The origins of the developmental origins theory. *Journal of Internal Medicine*, 261(5), 412-417. DOI 10.1111/j.1365-2796.2007.01809.x.

Chastant, S., 2023. Lactation in domestic carnivores. *Animal Frontiers*, 13. DOI 10.1093/af/vfad027

Chastant-maillard S., Mila H., 2016. Canine colostrum. *Veterinary focus*, Vol 26 n°1.

Chastant-Maillard, S., Aggouni, C., Albaret, A., Fournier, A., Mila, H., 2017. Canine and feline colostrum. *Reproduction in Domestic Animals*, 52, 148-152. DOI 10.1111/rda.12830.

Chilliard, Y., Ferlay, A., Doreau, M., 2011. Contrôle de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait par l'alimentation des vaches laitières : acides gras trans, polyinsaturés, acide linoléique conjugué. *INRA Prod. Anim*, 14(5), 323-335.

Craig, J., Dunshea, F., Cottrell, J., Wijesiriwardana, U., & Pluske, J., 2019. Primiparous and Multiparous Sows Have Largely Similar Colostrum and Milk Composition Profiles Throughout Lactation. *Animals*. 9. 35. DOI 10.3390/ani9020035.

Czerucka, D., Piche, T., Rampal, P., 2007. Review article: yeast as probiotics – *Saccharomyces boulardii*. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 26(6), 767-778. DOI 10.1111/j.1365-2036.2007.03442.x

D'Angelo, S., Fracassi, F., Bresciani, F., Galuppi, R., Diana, A., Linta, N., Bettini, G., Morini, M., & Pietra, M., 2018. Effect of *Saccharomyces boulardii* in dog with chronic enteropathies: double-blinded, placebo-controlled study. *The Veterinary record*, 182(9), 258. DOI 10.1136/vr.104241

David, P., Mansalier, E., 2021. Influence de la supplémentation en probiotiques de la chienne au cours de la gestation et en lactation sur la sante de la mère et celle des



chiots avant sevrage. Thèse de Docteur Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 2021 – TOU 3 – 4049.

Dobenecker, B., Endres, V., & Kienzle, E., 2013. Energy requirements of puppies of two different breeds for ideal growth from weaning to 28 weeks of age. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 97(1), 190–196. DOI 10.1111/j.1439-0396.2011.01257.x

Dokoupilová, A., Svobodová, I., Chaloupková, H., Kouřimská, L., Dvořáková, B., Končel, R., 2016. German Shepherd Dog Milk Composition and Its Changes During Lactation. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 47. 9-13. DOI 10.1515/sab-2016-0002.

Domingos, R. L., Silva, B. A. N., Bravo de Laguna, F., Araujo, W. A. G., Gonçalves, M. F., Rebordões, F. I. G., Evangelista, R. P., de Alkmim, T. C. C., Miranda, H. A. F., Cardoso, H. M. C., Cardoso, L. A ., Habit, S. R., da Motta, S. A. B., 2021. *Saccharomyces Cerevisiae* var. *Boulardii* CNCM I-1079 during late gestation and lactation improves voluntary feed intake, milk production and litter performance of mixed-parity sows in a tropical humid climate. *Animal Feed Science and Technology*, 272, 114785,0377-8401. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2020.114785.

Feng, T., Liu, Y., 2022. Microorganisms in the reproductive system and probiotic's regulatory effects on reproductive health. *Computational and structural biotechnology journal*, 20, 1541–1553. DOI 10.1016/j.csbj.2022.03.017

Fiszdon, K., Kowalczyk, I.. (2009). Litter size, puppy weight at birth and growth rates in different breeds of dogs. *Animal Sciences*, 46, 161-168.

Gaillard, V., Chastant, S., England, G., Forman, O., German, A. J., Suchodolski, J. S., Villaverde, C., Chavatte-Palmer, P., Péron, F., 2022. Environmental risk factors in puppies and kittens for developing chronic disorders in adulthood: A call for research on developmental programming. *Frontiers in veterinary science*, 9, 944821. DOI 10.3389/fvets.2022.944821

Garrigues, Q., Mugnier, A., Chastant, S., Sicard, F., Martin, J. C., Svilar, L., Castex, M., Ramis-Vidal, M. G., Rovere, N., Michaud, L., David, P., Mansalier, E., Rodiles, A., Mila, H., Apper, E., 2024. The supplementation of female dogs with live yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* CNCM I-1079 acts as gut stabilizer at whelping and modulates immunometabolic phenotype of the puppies. *Frontiers in nutrition*, 11, 1366256. DOI 10.3389/fnut.2024.1366256

Godfrey, K. M., Barker, D. J., 2001. Fetal programming and adult health. *Public health nutrition*, 4(2B), 611–624. DOI 10.1079/phn2001145

Groppetti, D., Martino, P. A., Ravasio, G., Bronzo, V., Pecile, A., 2015. Prognostic potential of amniotic fluid analysis at birth on canine neonatal outcomes , *The Veterinary Journal*, 206(3), 423-425. DOI : 10.1016/j.tvjl.2015.08.026

Groppetti, D., Ravasio, G., Bronzo, V., Pecile, A., 2015. The role of birth weight on litter size and mortality within 24h of life in purebred dogs: What aspects are involved?. *Animal reproduction science*, 163, 112–119. DOI 10.1016/j.anireprosci.2015.10.005

Hasan, S., Junnikkala, S., Peltoniemi, O., Paulin, L., Lyyski, A., Vuorenmaa, J., Oliviero, C., 2018. Dietary supplementation with yeast hydrolysate in pregnancy influences colostrum yield and gut microbiota of sows and piglets after birth. *PloS one*, 13(5), e0197586. DOI 10.1371/journal.pone.0197586

Hawthorne, A. J., Booles, D., Nugent, P. A., Gettinby, G., Wilkinson, J., 2004. Body-weight changes during growth in puppies of different breeds. *The Journal of nutrition*, 134(8 Suppl), 2027S–2030S. DOI 10.1093/jn/134.8.2027S

Helmink, S. K., Shanks, R. D., Leighton, E. A., 2000. Breed and sex differences in growth curves for two breeds of dog guides. *Journal of animal science*, 78(1), 27–32. DOI 10.2527/2000.78127x

Hiltz, R. L., Steelreath, M. R., Degenshein-Woods, M. N., Hung, H. C., Aguilar, A., Nielsen, H., Rezamand, P., Laarman, A. H., 2023. Effects of *Saccharomyces*

cerevisiae boulardii (CNCM I-1079) on feed intake, blood parameters, and production during early lactation. *Journal of dairy science*, 106(1), 187–201. DOI 10.3168/jds.2021-21740

Hinde K., Power M. L., Oftedal O. T., 2009. Rhesus macaque milk : magnitude, sources, and consequences of individual variation over lactation. *Am J Phys Anthropol* 138:148–157. DOI 10.1002/ajpa.20911

Jang, Y. D., Kang, K.W., Piao, L. G., Jeong, T. S., Auclair, E., Jonvel, S., D'inca, R., Kim, Y. Y., 2013. Effects of live yeast supplementation to gestation and lactation diets on reproductive performance, immunological parameters and milk composition in sows. *Livestock Science*, 152(2-3), 167-173. DOI 10.1016/j.livsci.2012.12.022

Kwon, E. J., Kim, Y. J., 2017. What is fetal programming? : a lifetime health is under the control of in utero health. *Obstetrics & gynecology science*, 60(6), 506–519. DOI 10.5468/ogs.2017.60.6.506

Leclerc, L., Thorin, C., Flanagan, J., Biourge, V., Serisier, S., et Nguyen, P., 2017. Higher neonatal growth rate and body condition score at 7 months are predictive factors of obesity in adult female Beagle dogs. *BMC veterinary research*, 13(1), 104. DOI 10.1186/s12917-017-0994-7

Le Floc'h, N., Achard, C. S., Eugenio, F. A., Apper, E., Combes, S., Quesnel, H., 2022. Effect of live yeast supplementation in sow diet during gestation and lactation on sow and piglet fecal microbiota, health, and performance. *Journal of animal science*, 100(8), skac209. DOI 10.1093/jas/skac209

Lee, H., Khan, A., Lee, W., Kim, H., Ki, K., Kang, S., Hur, Taiyoung, Khan, Muhammad, Choi, Y., 2008. Growth, Blood Metabolites, and Health of Holstein Calves Fed Milk Replacer Containing Different Amounts of Energy and Protein. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. 21. 198-203. DOI 10.5713/ajas.2008.70261.

Lewis R. M., Poore K. M., Godfrey, K. M., 2006. The role of the placenta in the developmental origins of health and disease—Implications for practice. *Reviews in*

Gynaecological and Perinatal Practice, 6(1–2), 70-79. DOI 10.1016/j.rigapp.2005.12.001.

Leroy, G., Verrier, E., Wisner-Bourgeois, C., Rognon, X., 2007. Breeding goals and breeding practices of French dog breeders: results from a large survey. *Revue Méd. Vét*, 158(10), 496-503.

Lezama-García, K., Mariti, C., Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Barrios-García, H., and Gazzano, A., 2019. Maternal behaviour in domestic dogs. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 7(1), 20–30. <https://doi.org/10.1080/23144599.2019.1641899>

Liao, S. F., Nyachoti, M., 2017. Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. *Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)*, 3(4), 331–343. DOI 10.1016/j.aninu.2017.06.007

Mandigers, P. J., Ubbink, G. J., Vanden Broek, J., Bouw, J., 1994. Relationship between litter size and other reproductive traits in the Dutch Kooiker dog. *The veterinary quarterly*, 16(4), 229–232. DOI 10.1080/01652176.1994.9694454

Maturana, M., Castillejos, L., Martin-Orue, S. M., Minel, A., Chetty, O., Felix, A. P., & Adib Lesaux, A., 2023. Potential benefits of yeast *Saccharomyces* and their derivatives in dogs and cats: a review. *Frontiers in veterinary science*, 10, 1279506. DOI 10.3389/fvets.2023.1279506

McFarland L. V., 2010. Systematic review and meta-analysis of *Saccharomyces boulardii* in adult patients. *World journal of gastroenterology*, 16(18), 2202–2222. DOI 10.3748/wjg.v16.i18.2202

Meineri, G., Martello, E., Atuahene, D., Miretti, S., Stefanon, B., Sandri, M., Biasato, I., Corvaglia, M. R., Ferrocino, I., & Cocolin, L. S., 2022. Effects of *Saccharomyces boulardii* Supplementation on Nutritional Status, Fecal Parameters, Microbiota, and Mycobiota in Breeding Adult Dogs. *Veterinary sciences*, 9(8), 389. DOI 10.3390/vetsci9080389

Mila, H., Grellet, A., Chastant, S., 2012. Prognostic value of birth weight and early weight gain on neonatal and pediatric mortality, a longitudinal study on 870 puppies.

Mila, H., Grellet, A., Feugier, A., & Chastant-Maillard, S., 2015. Differential impact of birth weight and early growth on neonatal mortality in puppies. *Journal of animal science*, 93(9), 4436–4442. DOI 10.2527/jas.2015-8971

Mugnier, A., Mila, H., Guiraud, F., Brévaux, J., Lecarpentier, M., Martinez, C., Mariani, C., Adib-Lesaux, A., Chastant-Maillard, S., Saegerman, C., Grellet, A., 2019. Birth weight as a risk factor for neonatal mortality: Breed-specific approach to identify at-risk puppies. *Preventive veterinary medicine*, 171, 104746. DOI 10.1016/j.prevetmed.2019.104746

Mugnier, A., Morin, A., Cellard, F., Devaux, L., Delmas, M., Adib-Lesaux, A., Flanagan, J., Laxalde, J., Chastant, S., Grellet, A., 2020. Association between birth weight and risk of overweight at adulthood in Labrador dogs. *PloS one*, 15(12), e0243820. DOI 10.1371/journal.pone.0243820

Mugnier, A., Chastant-Maillard, S., Mila, H., Lyazrhi, F., Guiraud, F., Adib-Lesaux, A., Gaillard, V., Saegerman, C., Grellet, A., 2020. Low and very low birth weight in puppies: definitions, risk factors and survival in a large-scale population. *BMC veterinary research*, 16(1), 354. DOI 10.1186/s12917-020-02577-z

O'Callaghan, T., O'Donovan, M., Murphy, J., Sugrue, K., Mannion, D., McCarthy, W., Timlin, M., Kilcawley, K., Hickey, R., Tobin, J., 2020. Evolution of the bovine milk fatty acid profile - From colostrum to milk five days post parturition. *International Dairy Journal*, 104. DOI 104655. 10.1016/j.idairyj.2020.104655.

Oftedal, O. T., 1984. Lactation in the Dog: Milk Composition and Intake by Puppies. *The Journal of nutrition*, 114. 803-12. DOI 10.1093/jn/114.5.803.

Oftedal O. T., 1984. Milk composition, milk yield, and energy output at peak lactation: a comparative review. *Symp Zool Soc Lond* 51:33–85

Ong, K. K., Ahmed, M. L., Emmett, P. M., Preece, M. A., Dunger, D. B., 2000. Association between postnatal catch-up growth and obesity in childhood: prospective cohort study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 320(7240), 967–971. DOI 10.1136/bmj.320.7240.967

Painter, R. C., Roseboom, T. J., Bleker, O. P., 2005. Prenatal exposure to the Dutch famine and disease in later life: an overview. *Reproductive toxicology (Elmsford, N.Y.)*, 20(3), 345–352. DOI 10.1016/j.reprotox.2005.04.005

Pais, P., Almeida, V., Yilmaz, M., Teixeira, M. C., 2020. *Saccharomyces boulardii*: What Makes It Tick as Successful Probiotic?. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, 6(2), 78. DOI 10.3390/jof6020078

Pavlíková, E., Blasko, J., Gorova, R., Addová, G., Kubinec, R., Margetín, M., Soják, L., 2010. Variation in fatty acid composition of ewes' colostrum and mature milk fat. *International Dairy Journal*, 20. 637-641. DOI 10.1016/j.idairyj.2010.02.008.

Perrin D. R., 1958. The calorific value of milk of different species. *J Dairy Res* 25:215–220

Petzinger, C., Oftedal, O. T., Jacobsen, K., Murtough, K. L., Irlbeck, N. A., & Power, M. L., 2014. Proximate composition of milk of the bongo (*Tragelaphus eurycerus*) in comparison to other African bovids and to hand-rearing formulas. *Zoo biology*, 33(4), 305–313. DOI 10.1002/zoo.21139

Raub, J., Heins, B.J., Chester-Jones, H., Diaz, H. L., Ziegler, D., Linn, J., Broadwater, N., 2019. Relationships between protein and energy consumed from milk replacer and starter and calf growth and first-lactation production of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 33(4) ,301-310. DOI 10.3168/jds.2018-15074.

Ravelli, A. C., van Der Meulen, J. H., Osmond, C., Barker, D. J., Bleker, O. P., 1999. Obesity at the age of 50 y in men and women exposed to famine prenatally. *The American journal of clinical nutrition*, 70(5), 811–816. DOI 10.1093/ajcn/70.5.811

Roseboom, T. J., Van Der Meulen, J. H., Osmond, C., Barker, D. J., Ravelli, A. C., Schroeder-Tanka, J. M., Van Montfrans, G. A., Michels, R. P., Bleker, O. P., 2000. Coronary heart disease after prenatal exposure to the Dutch famine, 1944-45. *Heart (British Cardiac Society)*, 84(6), 595-598. DOI 10.1136/heart.84.6.595.

Roseboom, T. J., van der Meulen, J. H., Ravelli, A. C., Osmond, C., Barker, D. J., Bleker, O. P., 2001. Effects of prenatal exposure to the Dutch famine on adult disease in later life : an overview. *Molecular and cellular endocrinology*, 185(1-2), 93–98. DOI 10.1016/s0303-7207(01)00721-3

Rousseau-Ralliard, D., Wolgust, V., Jitaru, P., Dahirel, M., Couturier-Tarrade, A., et al.. Etude des profilage en acides gras sériques et laitiers dans les systèmes ovins innovants en Ile de France : Résultats de la première saison de collectes. Journée de la Recherche, ENVA, Sep 2023, Maisons-Alfort, France.

Samková, E., Spicka, J., Pesek, M., Pelikánová, T., Hanus, O., 2011. Animal factors affecting fatty acid composition of cow milk fat: A review. *South African Journal of Animal Science*, 42. 83-100. DOI 10.4314/sajas.v42i2.1.

Singhal A., 2017. Long-Term Adverse Effects of Early Growth Acceleration or Catch-Up Growth. *Annals of nutrition & metabolism*, 70(3), 236–240. DOI 10.1159/000464302

Sivamaruthi, B.S.; Kesika, P.; Chaiyasut, C., 2021. Influence of Probiotic Supplementation on Health Status of the Dogs : A Review. *Applied Sciences*, 11, 11384. DOI 10.3390/app112311384

Skibieli, A. L., Downing, L. M., Orr, T. J., Wendy R., 2013. Hood The evolution of the nutrient composition of mammalian milks. *Journal of animal ecology*, vol. 82,6,1254-64. DOI 10.1111/1365-2656.12095

Société Centrale Canine, 2024. Inscriptions des chiens de race au LOF en 2023, par groupe de race. <https://www.centrale-canine.fr/sites/default/files/202401/Statistiques%20LOF%202023.pdf>

Sun, H., de Laguna, F. B., Wang, S., Liu, F., Shi, L., Jiang, H., 2022. Effect of *Saccharomyces cerevisiae boulardii* on sows' farrowing duration and reproductive performance, and weanling piglets' performance and IgG concentration. *Journal of Animal Science and Technology*. 64. DOI 10.5187/jast.2021.e106.

Tamashiro, Kellie L. K., Moran, Timothy H., 2010. Perinatal environment and its influences on metabolic programming of offspring. *Physiology & Behavior*, 100(5), 560-566. DOI 10.1016/j.physbeh.2010.04.008.

Tan, C. Q., Wei, H. K., Sun, H. Q., Long, G., Ao, J. T., Jiang, S. W., 2015 ; Effects of supplementing sow diets during two gestations with konjac flour and *Saccharomyces boulardii* on constipation in periparturient period, lactation feed intake and piglet performance. *Animal Feed Science and Technology*, 210, 254-262. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2015.10.013.

Tomičić, Z., Colovic, R., Cabarkapa, I., Vukmirovic, D., Djuragic, O., Tomičić, R., 2016. Beneficial properties of probiotic yeast *Saccharomyces boulardii*. *Food and Feed Research*. 43. 103-110. DOI 10.5937/FFR1602103T.

Villot, C., Ma, T., Renaud, D. L., Ghaffari, M. H., Gibson, D. J., Skidmore, A., Chevaux, E., Guan, L. L., & Steele, M. A., 2019. *Saccharomyces cerevisiae boulardii* CNCM I-1079 affects health, growth, and fecal microbiota in milk-fed veal calves. *Journal of dairy science*, 102(8), 7011–7025. DOI 10.3168/jds.2018-16149

Yang, L., Yang, Q., Yi, M., Pang, Z. H., & Xiong, B. H., 2013. Effects of seasonal change and parity on raw milk composition and related indices in Chinese Holstein



cows in northern China. *Journal of dairy science*, 96(11), 6863–6869. DOI 10.3168/jds.2013-6846

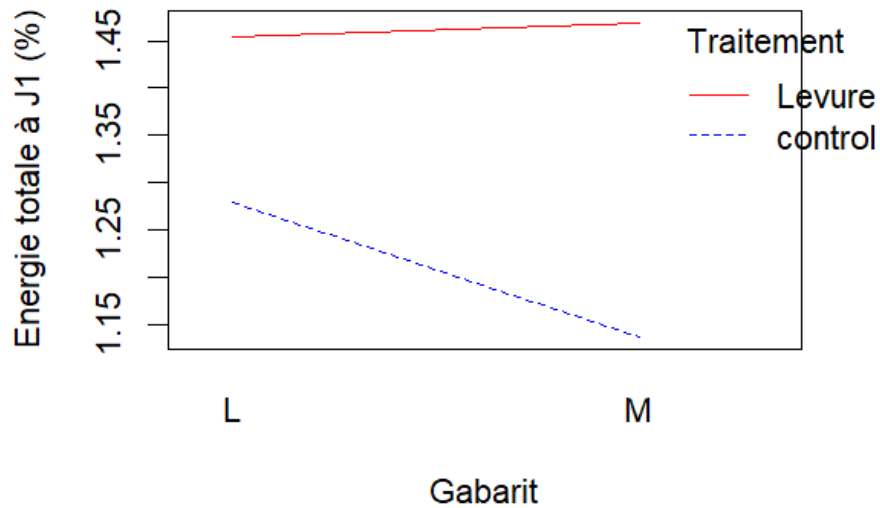
Yavuz, E., Todorov, N., Ganchev, G., Nedelkov, K., 2015. The effect of feeding different milk programs on dairy calf growth, health and development. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. DOI 21. 384-393.

Zanello, G., Meurens, F., Berri, M., & Salmon, H., 2009. *Saccharomyces boulardii* effects on gastrointestinal diseases. *Current issues in molecular biology*, 11(1), 47–58.

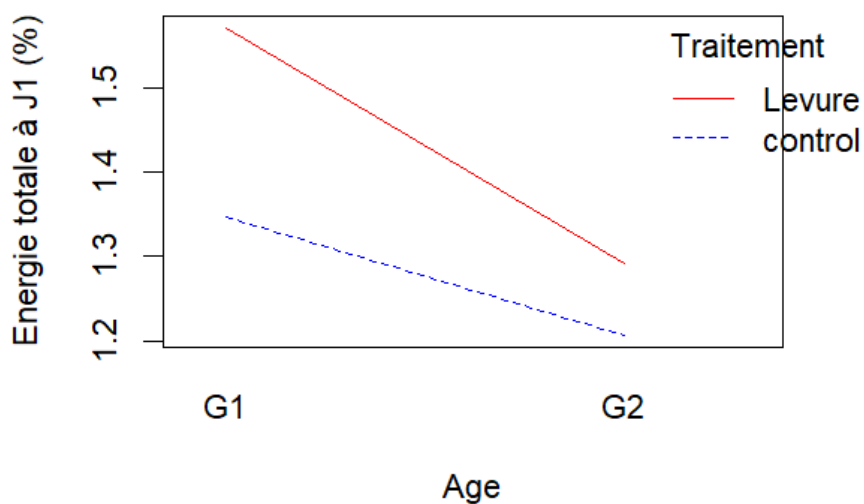
Zhang, M., Sun, X., Cheng, J., Guo, M., 2022. Analysis and Comparison of Nutrition Profiles of Canine Milk with Bovine and Caprine Milk. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(3), 472. DOI 10.3390/foods11030472

## ANNEXES

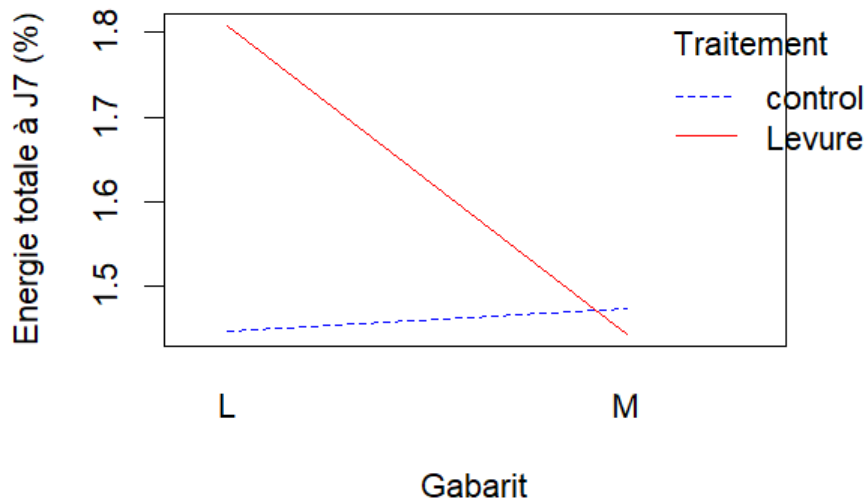
Annexe 1 : Interactions entre le gabarit des chiennes (L ou M) et la supplémentation en levure (groupe Témoin ou groupe Levure) à partir du modèle expliquant l'énergie totale contenue dans le colostrum des chiennes de l'étude



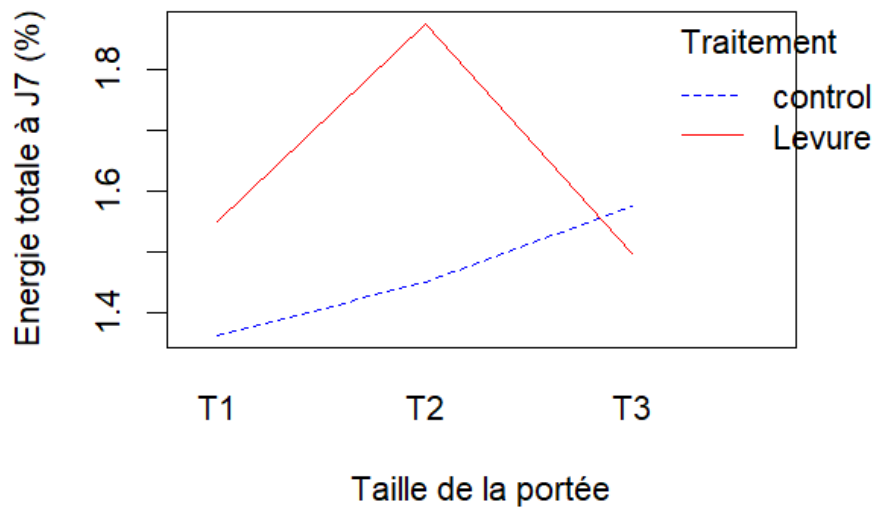
Annexe 2 : Interactions entre l'âge des chiennes (G1 ou G2) et la supplémentation en levure (groupe Témoin ou groupe Levure) à partir du modèle expliquant l'énergie totale contenue dans le colostrum des chiennes de l'étude



Annexe 3 : Interactions entre le gabarit des chiennes (L ou M) et la supplémentation en levure (groupe Témoin ou groupe Levure) à partir du modèle expliquant l'énergie totale contenue dans le lait des chiennes de l'étude



Annexe 4 : Interactions entre la taille des portées des chiennes (T1, T2 ou T3) et la supplémentation en levure (groupe Témoin ou groupe Levure) à partir du modèle expliquant l'énergie totale contenue dans le colostrum des chiennes de l'étude



AUTEUR : MARTIN Mathilde

TITRE : **Supplémentation maternelle avec la levure *Saccharomyces boulardii* chez la chienne en gestation et en lactation : effets sur la composition nutritionnelle du colostrum et du lait et la croissance des chiots jusqu'au sevrage**

RESUME : Afin de comprendre l'influence de la supplémentation en levure *Saccharomyces boulardii* chez les chiennes pendant la gestation et la lactation, le colostrum et le lait de 36 chiennes ont été prélevés et analysés. Un modèle linéaire généralisé a mis en évidence une augmentation de l'énergie totale dans les sécrétions lactées des chiennes supplémentées selon la taille de la portée, l'âge de la chienne et son gabarit. Les poids des chiots issus des mises bas ont également été étudiés jusqu'à l'âge de 2 mois. La supplémentation en levure chez les mères a entraîné une croissance plus homogène chez leurs chiots, mais aucune différence de poids n'est présente sur l'ensemble de la période. Enfin, des corrélations entre l'énergie totale des sécrétions lactées des mères et le poids des chiots ont mis en évidence une augmentation du poids au moment du sevrage chez les chiots ayant reçu un lait plus énergétique, indépendamment de la supplémentation en levure.

MOTS-CLES : CHIEN – LEVURE – COLOSTRUM – LAIT – CROISSANCE

TITLE : **Maternal supplementation with yeast *Saccharomyces boulardii* in pregnant and lactating female dogs : effects on the nutritional composition of colostrum and milk and the growth of puppies up to weaning**

ABSTRACT : To understand the influence of supplementation of female dogs with yeast *Saccharomyces boulardii* during gestation and lactation, colostrum and milk from 36 bitches were collected and analysed. A generalised linear model shows an increase in total energy in the milk secretions of supplemented bitches according to litter size, bitch age and body size. The weights of puppies born were also studied up to 2 months of age. Supplementation of the dams with yeast allowed a better homogeneity of postnatal growth between puppies, but there was no difference in weight over the period. Finally, correlations between the total energy of the dams' milk secretions and the weight of the puppies shows an increase in weight at weaning in the puppies fed with higher energy milk, regardless of supplementation.

KEYWORDS : DOG – YEAST -- COLOSTRUM -- MILK - GROWTH