



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

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

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 12233

To cite this version :

Coinus, Stéphanie. *Composition nutritionnelle et immunologique du colostrum canin*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2014, 67 p.

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

COMPOSITION NUTRITIONNELLE ET IMMUNOLOGIQUE DU COLOSTRUM CANIN

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

COINUS Stéphanie
Née, le 8 février 1989 à Mulhouse (68)

Directeur de thèse : Mme Sylvie CHASTANT-MAILLARD

JURY

PRESIDENT :
Mme Bettina COUDERC

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
Mme Sylvie CHASTANT-MALLAIRD
Mme Séverine BOULLIER

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITE :
Mme Hanna MILA

Docteur Vétérinaire à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur : M. Alain MILON

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
- M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 2° CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*
- M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
- Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
- Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
- Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
- M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
- M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
- Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
- Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction (en disponibilité)*
- Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mlle **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
- Mme **PRADIER Sophie**, *Médecine interne des équidés*
- M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*
- Mme **TROEGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie (disponibilité à cpt du 01/09/10)*
- M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*
- Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

- M. **BOURRET Vincent**, *Microbiologie et infectiologie*
- M. **DAHAN Julien**, *Médecine Interne*
- Mme **FERNANDEZ Laura**, *Pathologie de la reproduction*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie*

REMERCIEMENTS

Au président de thèse,

A Madame la Professeur Bettina COUDERC
Professeur des Universités,

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

Au jury de thèse,

A Madame le Docteur Sylvie CHASTANT-MAILLARD
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Pathologie de la reproduction,

Qui a m'a confié ce sujet et guidé dans l'élaboration de ce travail,
Pour son soutien, sa patience et sa gentillesse,
Sincères remerciements.

A Madame le Docteur Séverine BOULLIER
Maitre de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Immunologie,

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

A Madame le Docteur Hanna MILA
Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
UMR 1225 INRA-ENVT Interactions Hôte-Pathogène,

Merci pour son aide précieuse, sa patience et sa gentillesse.

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX	3
LISTE DES FIGURES	4
INTRODUCTION.....	7
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	9
I. FORMATION DU COLOSTRUM CHEZ LES CARNIVORES DOMESTIQUES.....	11
1. <i>La lactogenèse</i>	11
2. <i>Evolution des cellules épithéliales mammaires en fin de gestation</i>	11
3. <i>Sécrétion des composants du colostrum</i>	11
4. <i>Les immunoglobulines du colostrum</i>	12
5. <i>Régulation hormonale</i>	13
II. COMPOSITION ANALYTIQUE DU COLOSTRUM	13
1. <i>protéines</i>	13
a. Taux protéique	13
b. Immunoglobulines	14
c. Acides aminés.....	16
d. Caséine et albumine.....	17
2. <i>Lipides</i>	17
3. <i>Lactose</i>	18
4. <i>Minéraux</i>	18
5. <i>Autres constituants du colostrum</i>	18
6. <i>Valeur énergétique du colostrum</i>	18
III. ROLES DU COLOSTRUM	20
1. <i>Nutrition du chiot</i>	21
2. <i>Transfert de l'immunité systémique</i>	21
3. <i>Immunité locale</i>	22
4. <i>Maturation du tube digestif</i>	22
IV. FACTEURS DE VARIATION DE LA COMPOSITION DU COLOSTRUM	23
1. <i>L'âge de la mère</i>	23
2. <i>La taille et race de la mère</i>	23
3. <i>La taille de portée</i>	23
4. <i>La position de la mamelle</i>	24
5. <i>Le numéro de lactation (parité)</i>	24
6. <i>L'alimentation</i>	25
7. <i>L'état de santé</i>	26
8. <i>La concentration sérique en IgG de la mère</i>	27
9. <i>Le statut hormonal</i>	27
ETUDE EXPERIMENTALE	29
I. MATERIEL ET METHODES.....	29
1. <i>Population</i>	29
2. <i>Prélèvements</i>	29
3. <i>Dosage des immunoglobulines</i>	30
4. <i>Dosage des nutriments</i>	30
a. Taux protéique	30

b.	Taux de glucides	30
c.	Taux de lipides.....	30
5.	Calcul de la valeur énergétique	31
6.	Analyses statistiques	31
II.	RESULTATS	32
1.	Description de la population	32
2.	Immunoglobulines	33
a.	Variation selon le numéro de mamelle	33
b.	Age des mères	34
c.	Format racial	35
d.	Taille de portée	35
3.	Composition nutritionnelle	36
a.	Variation selon le numéro de mamelle	36
b.	Âge de la mère	39
c.	Format racial	39
d.	Taille de portée	40
4.	Valeur énergétique du colostrum	41
a.	Numéro de mamelles	41
b.	Âge des chiennes.....	43
c.	Format racial des mères	44
d.	Taille de portée	44
5.	Relation entre les concentrations des différents composants du colostrum	45
a.	Analyse par chienne	45
b.	Analyse par échantillon	45
c.	Concentration en IgG	46
d.	Relation entre les concentrations des éléments nutritionnels	50
e.	Valeur énergétique	53
III.	DISCUSSION	54
1.	Limites de l'étude	54
a.	Population étudiée.....	54
b.	Echantillonnage.....	55
c.	Délais de prélèvement après la mise-bas.....	55
d.	Pistes alternatives	56
2.	Résultats	56
a.	Effet du numéro de mamelle et variations interindividuelles	57
b.	Effet de l'âge	57
c.	Effet du format racial	58
d.	Effet de la taille de portée.....	58
e.	Perspectives	59
	CONCLUSION	61
	BIBLIOGRAPHIE	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Mortalité néonatale dans l'espèce canine, synthèse bibliographique	7
Tableau 2 : Taux protéique du colostrum canin en g/L, Synthèse bibliographique	14
Tableau 3 : Composition du colostrum en Ig 24h après la mise-bas, synthèse bibliographique.....	15
Tableau 4 : Comparaison de la composition du colostrum et du lait chez le chien d'après Adkins et al, 2001	19
Tableau 5 : Effectifs et nombres d'échantillons selon le format racial.....	32
Tableau 6 : Répartition des effectifs selon les tailles de portée	32
Tableau 7 : Composition nutritionnelle moyenne du colostrum par échantillon et par chienne	36
Tableau 8 : Corrélation entre les concentrations des composants du colostrum par chienne	45
Tableau 9 : Corrélation entre les concentrations des composants du colostrum par échantillon	45
Tableau 10 : Nombre de chiennes incluses dans les études portant sur le colostrum canin	54

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Acinus ou alvéole mammaire	9
Figure 2 : Interactions hormonales simplifiées intervenant dans le développement de la mamelle et dans le déclenchement et l'entretien des sécrétions mammaires (adapté de Bousquet, 1993)	10
Figure 3 : Structure d'une cellule épithéliale mammaire et voies de sécrétion des constituants du colostrum d'après Abdou et al, (2012).....	12
Figure 4 : Evolution de la concentration en Ig totale dans les sécrétions mammaires de la chienne d'après Schäfer et al, (2004)	15
Figure 5 : Evolution des proportions des différentes classes d'Ig dans les sécrétions mammaires de chienne selon Heddle et Rowley ,1975	16
Figure 6 : Evolution des concentrations moyennes en acides aminés dans les sécrétions mammaires de chienne d'après Adkins et al, 2001 (n= 10 chiennes).....	17
Figure 7 : Valeur énergétique des sécrétions lactées de la chienne selon Adkins et al, 2001 (n= 10 chiennes)	19
Figure 8 : Fœtus et ses annexes embryonnaires ; Utérus (1), Allantoïde (2), Placenta (3).....	20
Figure 9 : Placentation des carnivores type endothélio-chorial, d'après Fontbonne et al, (2007)	21
Figure 10 : Effet de la parité sur la concentration colostrale en IgG chez la truie (n=82) d'après Cabrera et al, 2012	25
Figure 11 : Concentration colostrale en IgG (g/L) (moyenne \pm SD) en fonction du numéro de mamelle.....	33
Figure 12 : Coefficient de variation de la concentration moyenne en IgG colostrale entre paires de mamelle pour une même chienne	34
Figure 13 : Concentration colostrale moyenne en IgG selon l'âge des mères.....	34
Figure 14 : Concentration colostrale moyenne en IgG selon la taille de portée	35
Figure 15 : Taux protéique moyen (en % ; moyenne \pm SD) selon le numéro de mamelle.....	37
Figure 16 : Taux glucidique moyen (en % ; moyenne \pm SD) selon le numéro de mamelle	37
Figure 17 : Taux lipidique moyen (en % ; moyenne \pm SD) selon le numéro de mamelle.....	37
Figure 18 : Coefficient de variation du taux protéique moyen dans le colostrum entre paires de mamelles intra chienne	38
Figure 19 : Coefficient de variation du taux de glucides moyen dans le colostrum entre paires de mamelles intra chienne	38
Figure 20 : Coefficient de variation du taux de lipides moyen dans le colostrum entre paires de mamelles intra chienne.....	38

Figure 21 : Taux protéique, taux en glucides et en lipides moyens dans le colostrum selon la classe d'âge des chiennes	39
Figure 22 : Taux protéique, taux de glucides et de lipides moyens dans le colostrum selon le format racial des chiennes	40
Figure 23 : Taux protéique, taux de glucides et de lipides moyens dans le colostrum selon la taille de portée	41
Figure 24 : Valeur énergétique moyenne du colostrum en fonction du numéro de mamelle	42
Figure 25 : Distribution de la valeur énergétique moyenne du colostrum par chienne selon les femelles	42
Figure 26 : Coefficient de variation de la valeur énergétique moyenne dans le colostrum des différentes paires de mamelles intra-chienne	43
Figure 27 : Valeur énergétique moyenne du colostrum selon l'âge des chiennes	43
Figure 28 : Valeur énergétique moyenne du colostrum selon le format des mères	44
Figure 29 : Valeur énergétique moyenne du colostrum de la mère selon la taille de portée	44
Figure 30 : Corrélation entre le taux protéique et la concentration en IgG dans le colostrum.....	46
Figure 31 : Corrélation entre le taux de glucides et la concentration en IgG dans le colostrum.....	47
Figure 32 : Corrélation entre le taux de lipides et la concentration en IgG dans le colostrum	48
Figure 33 : Corrélation entre la valeur énergétique et la concentration en IgG dans le colostrum	49
Figure 34 : Corrélation entre le taux glucidique et le taux protéique dans le colostrum	50
Figure 35 : Corrélation entre le taux glucidique et le taux protéique dans le colostrum	51
Figure 36 : Corrélation entre le taux de lipides et le taux protéique dans le colostrum	52
Figure 37 : Corrélation entre la valeur énergétique et le taux lipidique dans le colostrum	53

INTRODUCTION

Le taux de mortalité entre la naissance et le sevrage s'élève à 9% à 23,5% dans l'espèce canine (tableau 1). Ce taux de mortalité élevé est responsable d'une perte économique importante pour les éleveurs, mais il reste peu étudié.

Nous définirons la mortalité périnatale comme la mort du jeune survenue à la mise-bas (mort-né ou mortinatalité) ou durant sa première semaine de vie (mortalité néonatale précoce). La mortalité néonatale tardive correspond à la mort d'un chiot entre 7 et 21 jours de vie ; au-delà de 21 jours on parle de mortalité pédiatrique.

La période la plus à risque est les 3 premières semaines de vie : la mortalité entre 0 et 21 jours dépend du taux sérique d'immunoglobulines de classe G (IgG) du chiot à J2 et aussi de sa croissance entre J0 et J2 (Mila et al, 2012 ; Mila et al, 2014 ; tableau 1).

Tableau 1 : Mortalité néonatale dans l'espèce canine, synthèse bibliographique

	Nombre de chiots nés (nombre de morts entre J0 et J60)	Nombre de chiots morts en % par rapport à la mortalité totale	Mortalité néonatale précoce (en % par rapport à la mortalité totale)	Mortalité néonatale tardive (en % par rapport à la mortalité totale)	Mortalité pédiatrique (en % par rapport à la mortalité totale)	Mortalité totale en % par rapport aux chiots nés
Potkay et Bacher (1977)	2 872 (676)	36,1%	48,9%	15%		23,5%
Nielen et al, (1998)	2 629 (571)	43,6%	34,8%	12,3%	9,3%	21,7%
Van der Breek et al, (1999)	2 622 (571)	25,4%	74,6%	?	?	21,7%
Gill (2001)	2 574 (519)	43,5%	55,9%	9,1%		20,2%
Indrebo et al, (2007)	744 (132)	61,4%	28,7%	6,1%	3,8%	17,7%
Tonnessen et al, (2012)	58 439 (5260)	48,0%	41%	11%		9%
Mila et al, (2012)	982 (228)	35,1%	46,5%		18,4%	23,2%
Belin, (2013)	2 288 (521)	43,7%	38,9%	17,4%		22,8%

Chez les mammifères, le jeune naît avec un système immunitaire compétent mais « naïf » c'est-à-dire qu'il est fonctionnel donc capable de mettre en œuvre une réponse immunitaire face à un antigène mais l'organisme n'ayant encore jamais rencontré d'agent pathogène, un certain délai est nécessaire avant que cette réponse ne soit efficace. De plus à sa naissance, le chiot est presque agammaglobulinémique du fait de la placentation endothéliochoirale de l'espèce canine (Fontbonne et al, 2007). Durant les premières

semaines de vie, l'immunité du jeune dépend donc du transfert passif de l'immunité par sa mère qui se fait par le colostrum.

En effet, le colostrum qui correspond aux premières sécrétions lactées dans les heures suivant la mise-bas présente un fort taux d'immunoglobulines maternelles. L'ingestion du colostrum par le nouveau-né et l'absorption des immunoglobulines qu'il contient sont des points essentiels pour la survie du jeune.

Ainsi, chez le veau, le risque de mortalité dans leurs 6 premiers mois de vie diminue significativement avec l'augmentation du taux protéique sérique (35% de risque de mortalité avec 4g/L contre seulement 10% avec 6,5g/L de protéines sériques ; Donovan et al, 1998). Chez le poulain, le déficit de transfert passif est aussi un facteur de risque de mortalité : 74% des poulains ayant un taux sérique d'IgG inférieur à 4g/L 24h après la mise-bas sont morts contre seulement 3% lorsque le taux sérique d'IgG était supérieur à 4g/L (Haas et al, 1996). Chez les porcelets, la mortalité postnatale passe de 16 à 13% lorsque l'ingestion du colostrum juste après la naissance est assistée (Andersen et al, 2007).

Pour l'espèce canine, une étude récente (Mila et al, 2014) réalisée sur 149 chiots de 12 races différentes, montre que 44,4% des chiots ayant une concentration en IgG à 2 jours d'âge inférieure ou égale à 230mg/dL sont morts entre 0 et 56 jours (n=27 chiots), contre seulement 4,9% des chiots lorsque leur taux sérique en IgG à 2 jours d'âge était supérieur à 230 mg/dL (n=122 chiots). Le taux sérique en IgG à 2 jours d'âge c'est-à-dire le transfert de l'immunité à partir du colostrum a donc une influence sur la mortalité néonatale dans l'espèce canine. D'autre part, la croissance des chiots pendant les 48h suivant la mise-bas a également un impact sur leur survie durant les 3 premières semaines de vie : les chiots décédés entre J2 et J21 avaient un taux de croissance entre la naissance et 2 jours d'âge en moyenne de -11,3% du poids de naissance contre +5,1% pour les chiots encore en vie à 3 semaines d'âge (Mila et al, 2012).

De par ces qualités immunologiques et nutritionnelles, le colostrum est donc indispensable à la survie des chiots. C'est pourquoi nous avons étudié la composition nutritionnelle et immunologique du colostrum canin. Nous avons essayé de voir l'influence de divers facteurs sur ces deux paramètres (taille des mères, âge, taille de la portée, numéro de mamelle). Nous verrons dans une première partie bibliographie la formation, la composition et les rôles du colostrum dans l'espèce canine. Dans une deuxième partie nous présenterons l'étude que nous avons réalisée sur le terrain dans le but d'étudier les relations entre la qualité immunologique et la qualité nutritionnelle du colostrum canin. Enfin nous terminerons par les résultats de cette étude et une discussion de ceux-ci.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

La chienne possède 5 paires de mamelles : 2 paires thoraciques, 2 paires abdominales et une paire inguinale. Chaque glande mammaire est indépendante et constituée d'un regroupement de lobes divisés en lobules, eux même divisés en alvéoles ou acini débouchant sur un canal lobulaire (figure 1).

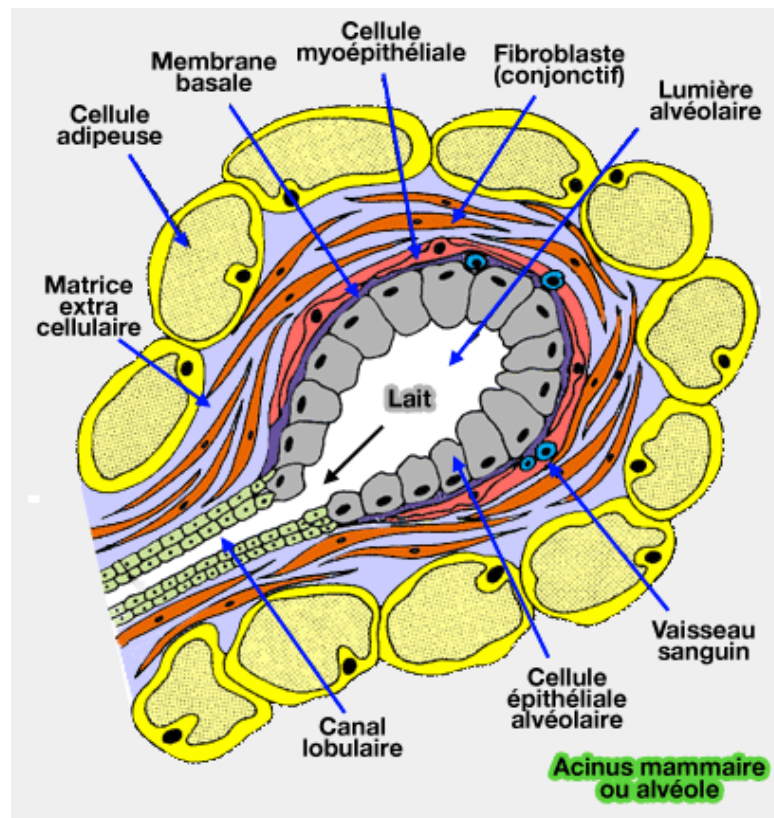


Figure 1 : Acinus ou alvéole mammaire
(Croquis : © vetopsy.fr d'après Delouis)

Le développement de la glande mammaire appelé aussi la mammogénèse a lieu pendant le développement fœtal, la puberté mais essentiellement pendant la gestation, période pendant laquelle le tissu mammaire devient pleinement opérationnel (Abdou et al, 2012). Au cours de la mammogénèse, diverses hormones entrent en jeu : l'hormone placentaire somatotrope, l'œstradiol en synergie avec l'hormone de croissance maternelle, les glucocorticoïdes, la progestérone et la prolactine. Toutes ces hormones permettent la multiplication et le développement des canaux lactifères ainsi que la différenciation des alvéoles et lobules mammaires. La progestérone limite l'augmentation du nombre de récepteurs à la prolactine sur les cellules épithéliales alvéolaires et limite l'effet lactogène de la prolactine pendant la mammogénèse, ceci explique l'absence de production lactée durant la gestation.

D'autres hormones sont impliquées dans la mammogénèse, notamment l'insuline, la thyroxine, les glucocorticoïdes et certains facteurs de croissance activateurs (IGF : Insulin-like Growth Factor, EGF : Epidermal Growth Factor) (Gayraud, 2009 ; Abdou et al, 2012 ; figure 2).

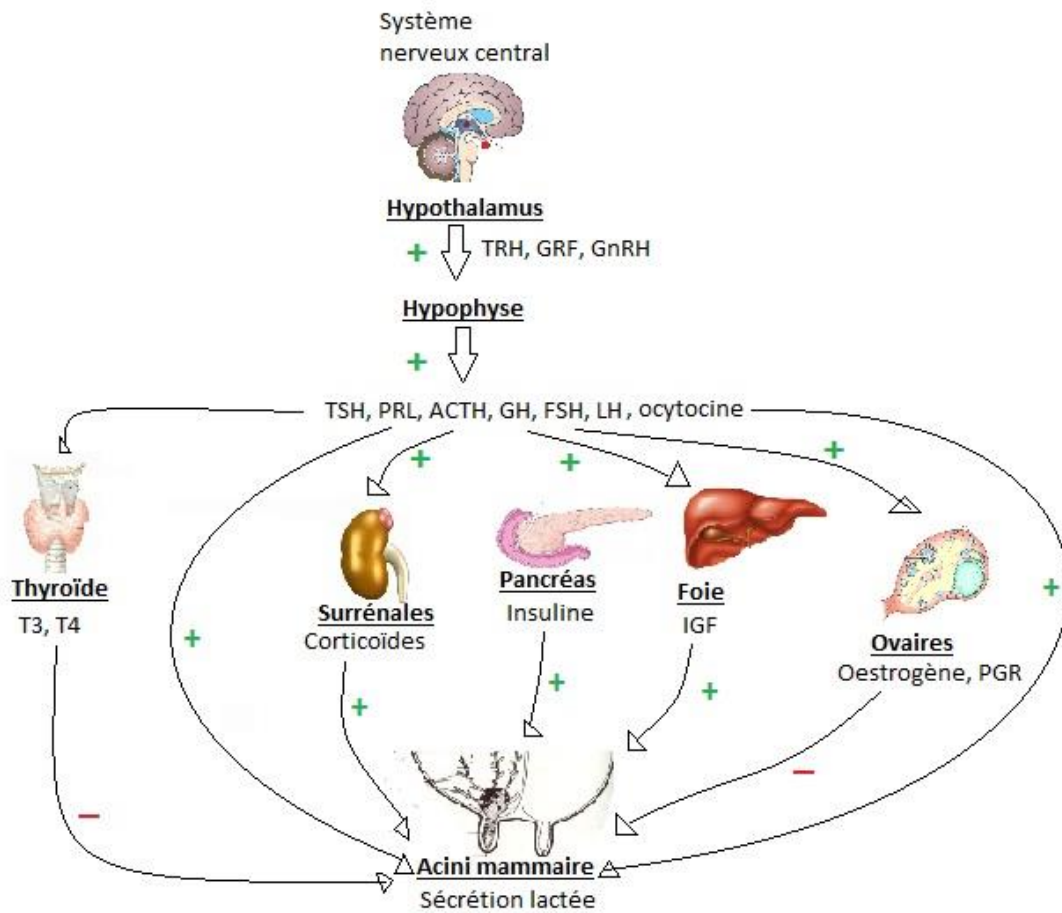


Figure 2 : Interactions hormonales simplifiées intervenant dans le développement de la mamelle et dans le déclenchement et l'entretien des sécrétions mammaires (adapté de Bousquet, 1993)

I. Formation du colostrum chez les carnivores domestiques

1. La lactogénèse

La lactogénèse correspond à l'installation d'une lactation en fin de gestation, elle est composée de deux phases appelées lactogénèse I et lactogénèse II. La synthèse du colostrum commence avant la mise-bas et se poursuit pendant la lactogénèse I.

La première phase, appelée lactogénèse I, correspond à la différenciation des cellules alvéolaires et l'installation du métabolisme mammaire en fin de gestation. Cette phase est caractérisée par l'accumulation des sécrétions colostrales dans les alvéoles. La seconde phase appelée lactogénèse II correspond à une hypertrophie des cellules alvéolaires qui sécrètent alors abondamment du colostrum progressivement remplacé par du lait (Delouis et al, 1980 ; Gayrard, 2009 ; Abdou et al, 2012).

2. Evolution des cellules épithéliales mammaires en fin de gestation

Peu avant la mise-bas, le métabolisme des cellules épithéliales mammaires se modifie : elles commencent à synthétiser des protéines, elles accumulent des sécrétions protéiques dans leurs alvéoles et des lipides dans des gouttelettes lipidiques. Les cellules sont alors pleinement opérationnelles en fin de gestation (Devillers et al, 2007).

3. Sécrétion des composants du colostrum

En fin de gestation, les différents constituants du colostrum sont sécrétés dans la lumière des alvéoles selon 4 voies principales : l'exocytose, l'enrobage par la membrane cellulaire, la voie trans-cellulaire et la voie para-cellulaire (figure 3). Les protéines et le lactose sont synthétisés par le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi des cellules épithéliales puis libérés par exocytose. Les lipides proviennent des mitochondries et sont libérés dans la lumière alvéolaire après enrobage par la membrane cellulaire pour former des globules lipidiques. Certaines immunoglobulines plasmatiques, les hormones et certains facteurs de croissance quittent les vaisseaux sanguins et traversent la cellule jusqu'à la lumière alvéolaire (voie trans-cellulaire) ; enfin les cellules immunitaires, les électrolytes et une partie des immunoglobulines plasmatiques rejoignent la lumière alvéolaire en passant entre les cellules grâce au relâchement des jonctions serrées en fin de gestation (Abdou et al, 2012).

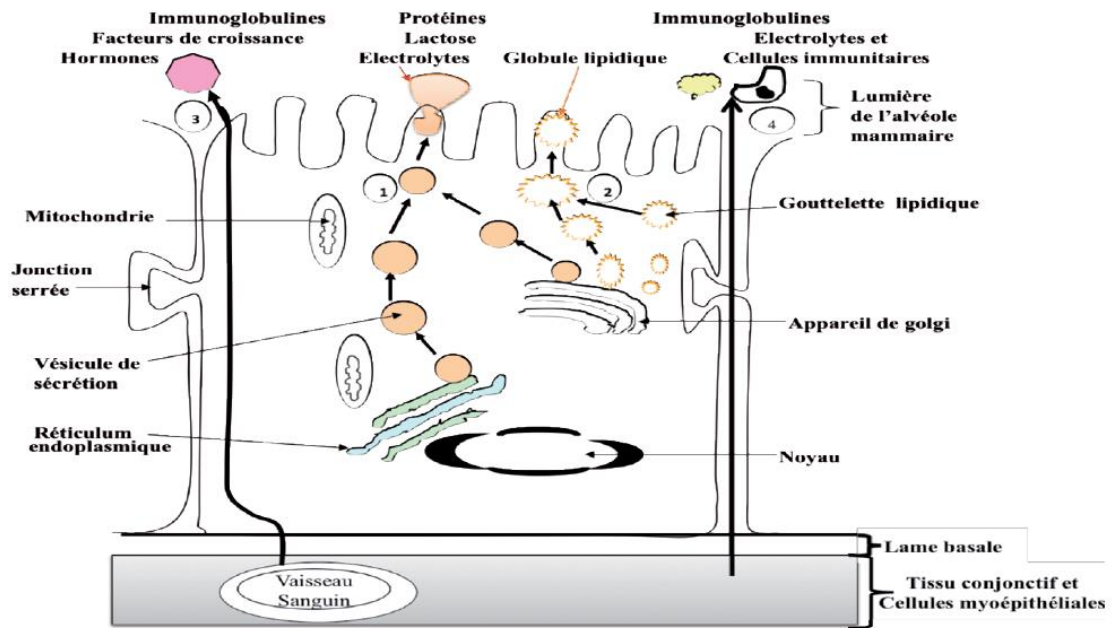


Figure 3 : Structure d'une cellule épithéliale mammaire et voies de sécrétion des constituants du colostrum (1 : exocytose, 2 : enrobage de membrane cellulaire, 3 : voie trans-cellulaire, 4 : voie para-cellulaire), d'après Abdou et al, (2012)

4. Les immunoglobulines du colostrum

Le colostrum canin contient surtout des IgG, puis en plus faible quantité des IgM et des IgA. Les IgE ne sont pas détectables.

Les IgG du sérum maternel sont acheminées dans le colostrum via un transport spécifique, grâce à des récepteurs présents sur les cellules épithéliales mammaires. Ce récepteur, appelé FcRn (neonatal Fc receptor) est présent sur les cellules épithéliales mammaires où il assure le transport des IgG du sérum de la mère vers le colostrum, mais on le retrouve également sur les entérocytes du jeune où il assure le transport des IgG ingérées par le jeune grâce au colostrum vers le sang de celui-ci. Les IgG se fixent sur le récepteur, l'ensemble est internalisé par pinocytose, transporté au travers de la cellule puis relargué par pinocytose, libérant ainsi les IgG (Kacskovics, 2004 ; Hine, 2010).

Les IgM et IgA sont présentes en quantité plus faible dans le colostrum canin, elles proviennent du sérum de la mère mais font aussi l'objet d'une synthèse locale par des plasmocytes infiltrés sous l'épithélium sécrétoire. Le mécanisme de sécrétions des IgM et des IgA vers le colostrum est semblable à celui des IgG, sauf que les IgM et IgA étant polymérisées, elles subissent un clivage protéique au cours de leur transport.

5. Régulation hormonale

La synthèse du colostrum est régulée par des équilibres endocriniens particuliers, mettant en jeu des hormones d'origine ovarienne et foeto-placentaire (œstrogènes et progestérone), puis des hormones d'origine antéhypophysaire (la prolactine) et des hormones surrénaliennes, les corticoïdes (Delouis, 1978).

Dans les 48h précédant la mise-bas, on observe une chute du taux plasmatique de progestérone, qui provoque la levée de l'inhibition de la synthèse des récepteurs à prolactine sur les cellules alvéolaires mammaires. Parallèlement, la synthèse de prolactine par l'hypophyse augmente tout au long de la gestation jusqu'à la mise-bas. Lors de la parturition, la prolactine peut donc agir sur les cellules alvéolaires en activant la transcription des gènes codant pour les protéines du lait. Les glucocorticoïdes impliqués dans la parturition ont également un effet synergique avec la prolactine sur la lactogénèse en diminuant la dégradation des ARN messagers codant pour les protéines du lait (Verstegen-Onclin et Verstegen, 2008 ; Gayrard, 2009 ; Abdou et al, 2012). En même temps, le nombre de récepteurs pour les IgG augmente sur les cellules épithéliales mammaires (Devillers, 2007).

Le rôle de la relaxine dans la lactogénèse n'est pas clairement défini. Le taux de relaxine plasmatique augmente pendant la gestation puis il diminue après la mise-bas. D'après Verstegen-Onclin et Verstegen (2008), la relaxine pourrait influencer la sécrétion de progestérone par le corps jaune ou avoir une action directement sur l'augmentation de la sécrétion de prolactine.

II. Composition analytique du colostrum

Macroscopiquement, le colostrum est jaunâtre et plus épais et visqueux que le lait. (Abdou et al, 2012).

D'un point de vue nutritionnel, le colostrum contient tous les éléments nutritifs nécessaires à la survie du jeune, il se différencie du lait essentiellement par sa haute concentration en protéines, notamment en immunoglobulines.

1. protéines

a. Taux protéique

Le taux protéique correspond à la teneur en protéines exprimée en gramme contenue dans un litre de lait ou en gramme par 100 mL de lait.

Chez la chienne, le taux protéique dans le colostrum est très variable selon les études (Tableau 2).

Tableau 2 : Taux protéique du colostrum canin en g/L, Synthèse bibliographique

Etude	Schäfer-Somi et al, (2004)**	Adkins et al, (2001)*
Nombre de chiennes (race)	6 (Rottweiler)	10 (Beagle)
24h après le mise-bas	80,7±31,8	143±19,2
48h après le mise-bas	70,3±11,2	ND
72h après le mise-bas	72,0±27,1	102,3±13,2

* Données sous la forme X±SEM (SEM représentant l'erreur type)

**Données sous la forme X±SD (SD représentant l'écart type)

ND= non déterminé

Peu après la mise-bas, le taux protéique du colostrum diminue rapidement (Adkins et al, 2001). On observe une chute de 28,5% du taux protéique entre la mise-bas et le 3^{ème} jour, puis une chute de 20,1% entre le 3^{ème} et le 7^{ème} jour suivant la mise-bas.

Les variations du taux protéique dans le colostrum canin observées dans le tableau 2 peuvent être expliquées par le fait que ces 2 études emploient des techniques différentes pour déterminer le taux protéique : dans l'étude d'Adkins et al, (2001) le taux protéique est calculé en multipliant la différence entre l'azote total et l'azote non protéique par 6,25, les taux d'azote ayant été déterminés par la méthode de Kjeldahl. Dans l'étude de Schäfer-Somi et al (2004), le taux protéique est mesuré par des analyseurs. De plus, le statut vaccinal des animaux de l'étude d'Adkins et al (2001) n'est pas précisé tandis que dans l'étude de Schäfer-Somi et al (2004), les chiennes sont vaccinées contre la maladie de Carré, l'hépatite de Rubarth, la parvovirose et la leptospirose. Dans l'étude d'Adkins et al, (2001) les mamelles prélevées ne sont pas précisées tandis que dans l'étude de Schäfer-Somi et al (2004), les analyses ont été effectuées sur un mélange des échantillons de chaque mamelle.

b. Immunoglobulines

D'après Schäfer-Somi et al, (2004), les immunoglobulines représentent environ 37% des protéines totales du colostrum 24h après la mise-bas, puis leur proportion diminue au cours du temps : elle est de 28% 48h après la mise-bas.

Selon les études, la concentration en immunoglobulines totale dans le colostrum canin 24h après la mise-bas varie entre 20 et 45 g/L (tableau 3). Ces variations sont probablement dues au protocole de dosage des immunoglobulines qui varie entre chaque étude, au faible nombre de chiennes testées, et au délai de prélèvement après la mise-bas qui n'est pas exactement identique entre les différentes études. En effet, La concentration en immunoglobulines totale dans le colostrum diminue rapidement après la mise-bas, ce qui signe la transition progressive de la production colostrale vers la production lactée (figure 4).

De plus le nombre de chiennes et leur statut vaccinal de l'étude de Norcross et al. (1982) est inconnu.

Tableau 3 : Composition du colostrum en Ig 24h après la mise-bas, synthèse bibliographique

Etude		Norcross et al. (1982)	Schäfer-Somi et al. (2004)**	Bertieri (2012)*
Nombre de chiennes (race)		ND	6 (Rottweiler)	10 (Beagle)
Concentration en Ig (g/L)	IgA	3,31	9,9±4,3	17,7±3,8
	IgG	14,53	19,3±20,9	26,5±6,8
	IgM	2,17	0,6±0,2	0,6±0,1
	Ig Total	20,01	29,8	44,9
Proportion (%)	IgA	16	33	39,5
	IgG	73	65	59,1
	IgM	11	2	1,4

* Données sous la forme X±SEM (SEM représentant l'erreur type)

**Données sous la forme X±SD (SD représentant l'écart type)

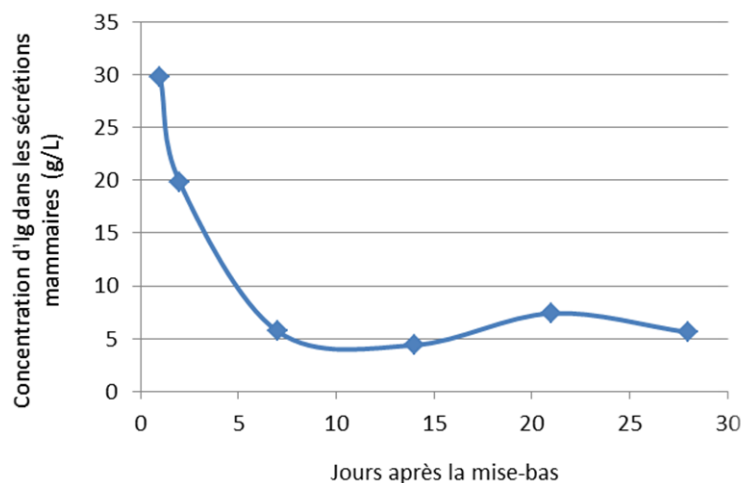


Figure 4 : Evolution de la concentration en Ig totale dans les sécrétions mammaires de la chienne d'après Schäfer et al. (2004)

Les proportions des différentes classes d'immunoglobulines dans le colostrum canin sont à peu près semblables selon les études : 24h après la mise-bas on retrouve une majorité d'IgG (60 à 73%), puis en moindre proportion des IgA (16 à 40%) et des IgM (1,4 à 11%) (Tableau 3). Selon Heddle et Rowley (1975), ces proportions évoluent rapidement dans les

heures suivant la mise-bas, avec une décroissance de la proportion d'IgG qui passe de 80% lors de la mise-bas à moins de 40% à 3 jours après la mise-bas et une augmentation de la proportion d'IgA qui passe de moins de 20% à la mise-bas à plus de 70% à 5 jours après la mise-bas (figure 5).

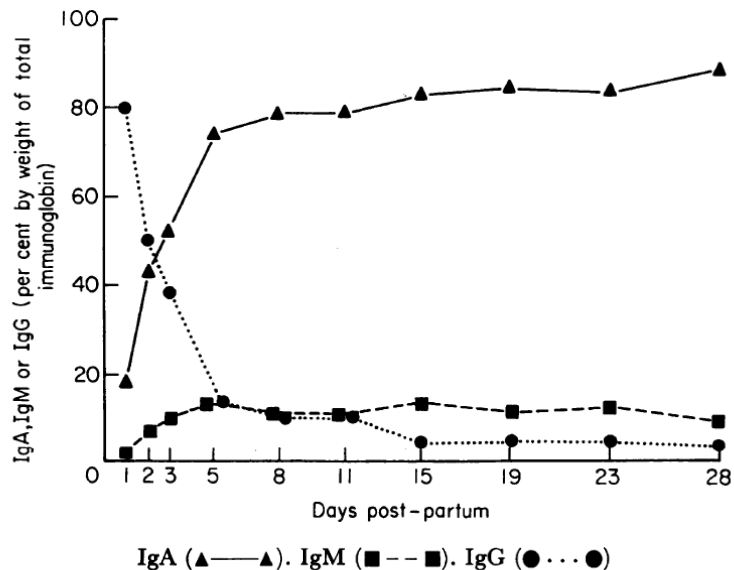


Figure 5 : Evolution des proportions des différentes classes d'Ig dans les sécrétions mammaires de chienne selon Heddle et Rowley (1975) (n=14 ; chaque point représente la moyenne de 2 ou 4 chiennes de race croisée)

c. Acides aminés

Le colostrum de chienne contient les 20 acides aminés communément retrouvés chez tous les êtres vivants. Leur concentration dans le colostrum est faible, elle varie selon les acides aminés entre 0,007 mmol/L pour le tryptophane et 0,426 mmol/L pour la glutamine et l'acide glutamique (Adkins et al, 2001). Ces concentrations diminuent rapidement au cours des 3 premiers jours suivant la mise-bas lors de la transition vers la production lactée (figure 6).

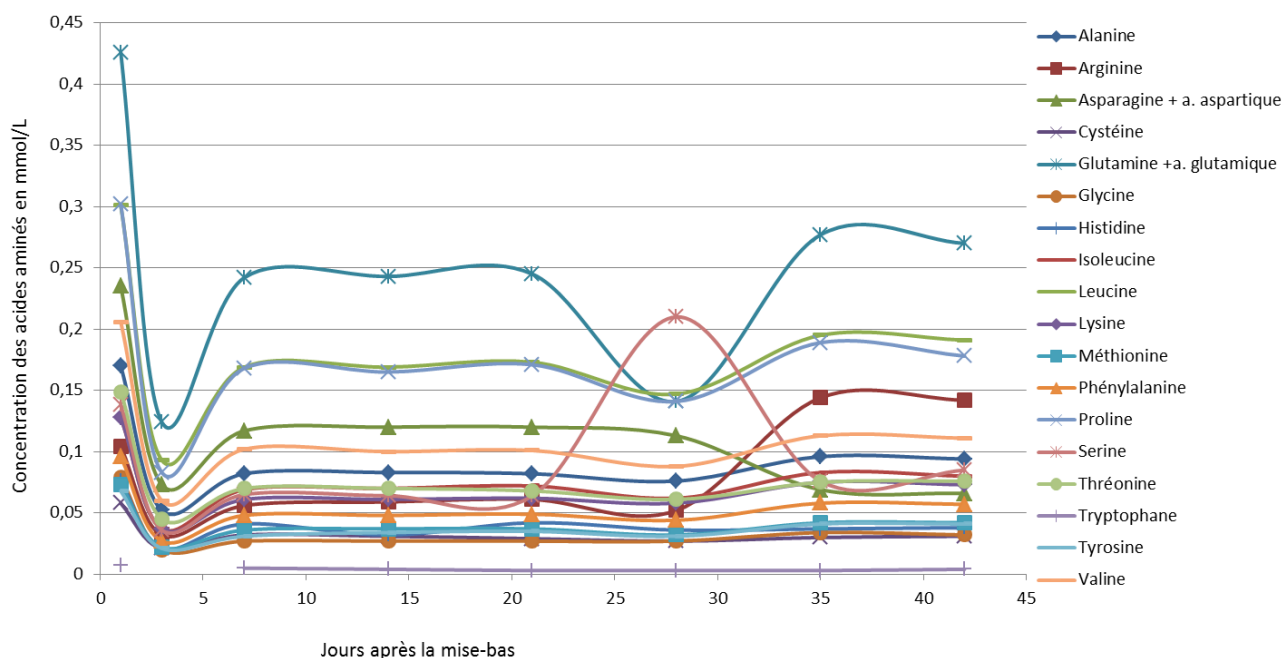


Figure 6 : Evolution des concentrations moyennes en acides aminés dans les sécrétions mammaires de chienne d'après Adkins et al, 2001 (n= 10 chiennes)

d. Caséine et albumine

L'albumine est une protéine importante dans le colostrum puisqu'elle représente environ 25% des protéines (Schäfer-Somi et al, 2004).

En revanche, la caséine représente environ 60% des protéines totales dans le colostrum 24h après la mise-bas puis 75,4% à 72h après la mise-bas (Adkins et al, 2001). En revanche, les concentrations en caséine dans le lait diminuent pendant les 3 premières semaines de lactation de 86,8 g/L à 45,8 g/L puis elles augmentent jusqu'à la 6^{ème} semaine pour atteindre 66 g/L. Nous avons vu précédemment que le taux protéique suit la même tendance au cours du temps.

2. Lipides

Le taux de lipides dans le colostrum est de 132,2 g/L (Adkins et al, 2001), il a tendance à augmenter dans les 72h premières heures suivant la mise-bas : d'après Bebiak et al, (1987), le taux lipidique passe de 2,4% entre 0 et 2 jours à 5,2% dans le lait pour diminuer à 2,7% au sevrage. Il croit au début de la lactation puis varie différemment selon les auteurs au cours du reste de la lactation.

3. Lactose

Le colostrum canin contient 16,6 g/L de lactose. Cette concentration augmente dans le lait jusqu'au 28^{ème} jour où elle atteint 40,2 g/L, puis elle diminue et se stabilise vers 35 g/L (Adkins et al, 2001).

4. Minéraux

Le colostrum est très riche en matières minérales notamment en calcium (1363 mg/L), en phosphore (935 mg/L) et en magnésium (128,5 mg/L). Il contient en plus faible quantité du zinc (5 mg/L), du fer (3,7 mg/L) et du cuivre (1,3 mg/L) (Adkins et al, 2001).

Le lait contient les mêmes minéraux que ceux présents dans le colostrum, les résultats sont assez variables. On peut noter une augmentation des taux de calcium et de phosphore dans le lait (respectivement 1929 mg/L et 1359 mg/L à 3 semaines de lactation) et une diminution de la teneur en magnésium à 93,6mg/L (Adkins et al, 2001). Le rapport phosphocalcique reste stable durant la lactation (1,5 dans le colostrum et 1,4 à 3 semaines de lactation d'après Adkins et al, 2001).

5. Autres constituants du colostrum

Le colostrum est aussi riche en vitamines (A, B1, B2, C), il contient également des cellules phagocytaires ayant un rôle dans le relargage des immunoglobulines de classe A (IgA) mais aussi dans l'immunité locale du chiot. D'autre part le colostrum contient des enzymes telles que les antitrypsines permettant aux immunoglobulines d'échapper au processus de digestion par les trypsines, des phosphatases alcalines ou encore l'alpha glutamyl transférase. Le colostrum contient aussi des facteurs de croissance (Insulin-like Growth Factors) et l'hormone de croissance (GH) (Carpenter G, 1980 ; Crawford et al, 2003).

6. Valeur énergétique du colostrum

Selon Adkins et al, (2001), la valeur énergétique du colostrum (calculée à partir de ses concentrations en nutriments) est de 1831 kcal/L 24h après la mise-bas (figure 7). Les variations observées au cours de la lactation ne sont pas significatives.

Le tableau 4 présente la composition du colostrum et du lait chez le chien d'après Adkins et al (2001).

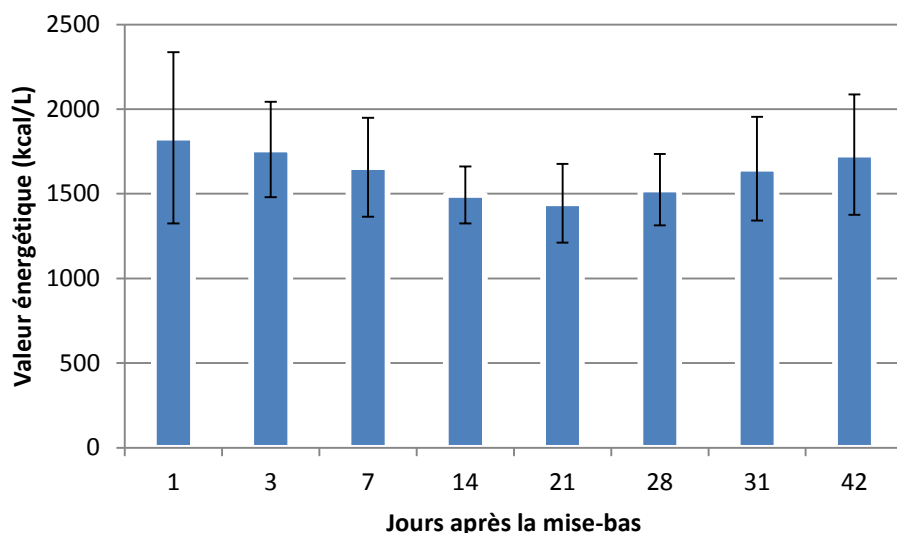


Figure 7 : Valeur énergétique des sécrétions lactées de la chienne selon Adkins et al, 2001 (n= 10 chiennes)

Tableau 4 : Comparaison de la composition du colostrum et du lait chez le chien d'après Adkins et al, 2001 (n= 10 chiennes)

	Colostrum (24h après la mise-bas)	Lait (3 semaines après la mise-bas)	Tendance au cours de la lactation
Taux protéique	143 g/L	81,7 g/L	Diminution (p<0,001)
Caséïne	86,8 g/L	45,9 g/L	Stable
Lactose	16,6 g/L	39,4 g/L	Augmentation (p<0,001)
Lipides	132,2 g/L	112,5 g/L	Stable
Calcium	1363 mg/L	1929 mg/L	Augmentation (p<0,001)
Phosphore	935 mg/L	1359 mg/L	Stable
Ca/P	1,5	1,4	Stable
Valeur énergétique	1831 kcal/L	1444 kcal/L	Stable

III. Rôles du colostrum

Chez les mammifères, le conceptus est relié physiquement et biologiquement à la paroi utérine de la mère par un organe : le placenta. C'est un tissu fœto-maternel puisqu'il est constitué d'un tissu maternel provenant de l'endomètre appelé decidua, et d'un tissu fœtal appelé trophoblaste ou encore chorion.

La présence d'interdigitations entre le trophoblaste et l'endomètre permet d'augmenter la surface d'échange entre la mère et le fœtus. La distribution de ces interdigitations varie selon les espèces. Chez les carnivores, les villosités forment une sorte de bande entourant les enveloppes, la placentation est dite « zonaire » (figure 8).



Figure 8 : Fœtus et ses annexes embryonnaires ; Utérus (1), Allantoïde (2), Placenta (3)

L'histologie du placenta varie également selon les espèces (Gayrard, 2009). Chez les carnivores domestiques, les villosités placentaires traversent l'épithélium de l'endomètre utérin jusqu'à l'endothélium et ils s'accolent aux vaisseaux sanguins maternels sans y pénétrer : cette placentation est dite endothélio-choriale. Chez les ruminants, les villosités ne traversent pas l'épithélium de l'endomètre utérin, elles sont simplement en contact avec l'épithélium, la placentation est dite épithélio-choriale, les vaisseaux sanguins maternels et fœtaux sont donc plus éloignés et les échanges plus restreints. Au contraire chez les primates, la placentation est hémochoriale : les villosités placentaires pénètrent jusqu'aux vaisseaux sanguins maternels et sont directement en contact avec le sang, permettant des échanges importants (figure 9).

Le placenta joue un rôle primordial puisqu'il permet les échanges entre le fœtus et la mère. Il a une fonction nutritive (apport de nutriments, d'eau), une fonction respiratoire (apport de dioxygène et élimination du dioxyde de carbone), une fonction endocrine (synthèse d'hormones) mais aussi une fonction de barrière sélective face à certains agents pathogènes, certains toxiques et macromolécules (dont les immunoglobulines).

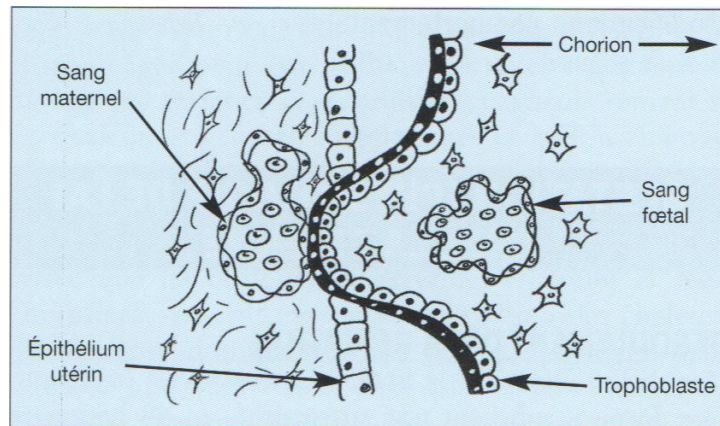


Figure 9 : Placentation des carnivores type endothélio-chorial, d'après Fontbonne et al, (2007)

1. Nutrition du chiot

L'espèce canine est une espèce dite nidicole, c'est-à-dire que les petits naissent incapables de se nourrir et de se déplacer seuls. De plus, à la naissance les chiots ont peu de réserves énergétiques, ils sont totalement dépendants de leur mère.

La nutrition des chiots par leur mère est assurée grâce au colostrum. En effet le colostrum présente une valeur énergétique importante 24h après la mise-bas atteignant 1800 kcal/L contre 1440 kcal/L 3 semaines après la mise-bas, ainsi qu'un fort taux protéique atteignant 143 g/L soit 2 fois plus élevé que dans le lait à 3 semaines de lactation (70 g/L ; Adkins et al, 2001). Le colostrum est donc une source énergétique et immunologique primordiale permettant la survie du nouveau-né.

2. Transfert de l'immunité systémique

Le type de placentation définit une transmission placentaire de l'immunité maternelle au cours de la gestation plus ou moins importante selon les espèces. Ainsi chez les carnivores domestiques, 4 couches tissulaires séparent la mère du fœtus, la transmission placentaire est donc faible et la majorité de l'immunité maternelle sera transmise au fœtus grâce à l'ingestion du colostrum par le jeune dans les premières heures suivant sa naissance. Comme nous l'avons vu précédemment, le chiot naît avec un système immunitaire compétent mais naïf, de plus la placentation qui sépare le fœtus de sa mère durant la gestation limite le transfert de l'immunité maternelle : la concentration sérique en IgG du chiot à sa naissance correspond à 5% de celle d'un adulte (Day, 2007). A la naissance, le chiot est donc particulièrement vulnérable à tout agent pathogène présent dans l'environnement puisqu'il lui faudra au minimum deux semaines avant que la réponse immunitaire qu'il met en place ne soit efficace pour répondre à une agression. L'immunité systémique du chiot va être acquise grâce au colostrum et va dépendre de l'ingestion de celui-ci dans les premières heures suivant la naissance : à la naissance, la concentration sérique en IgG du chiot est de

0,3 mg/mL et atteint 20 mg/ mL 48h après l'ingestion du colostrum (Chastant-Maillard et al, 2012).

La qualité du transfert de l'immunité au chiot dépend de la quantité de colostrum ingérée, de la qualité immunologique de celui-ci et du taux d'absorption intestinale des immunoglobulines. Le délai d'ingestion du colostrum par le chiot va avoir une importance primordiale dans le transfert de l'immunité de par son interférence avec les deux derniers points (Gonnier et Rossig, 2013). D'une part la concentration en immunoglobulines diminue rapidement dans le colostrum au cours des premières heures suivant la mise-bas (Heddle et Rowley, 1974) : il passe de 15 mg/mL le jour de la mise-bas à 2-3 mg/mL 48h après la mise-bas. Chez la truie Quesnel et al, (2011) ont montré que le taux d'IgG dans le colostrum diminue en moyenne de 71% dans les premières 24h suivant la mise-bas. D'autre part, la perméabilité de la barrière intestinale du chiot face aux immunoglobulines colostrales diminue rapidement au cours des 12 premières heures suivant la mise-bas : à la naissance, le chiot absorbe en moyenne 39% des IgG colostrales contre 20% 4h après la mise-bas et 8,7% 12h après la mise-bas. A partir de 24h après la mise-bas, l'absorption est nulle (Chastant-Maillard et al, 2012).

3. Immunité locale

Les immunoglobulines présentes dans le colostrum jouent un rôle important dans l'immunité locale du tube digestif du jeune. Besser et al, (1988) et Salmon et al, (2009) ont montré que chez le veau, les IgG et les IgA injectées dans la circulation sanguine étaient retrouvées dans la lumière digestive. Les immunoglobulines colostrales absorbées dans les premières heures suivant la mise-bas peuvent donc être relarguées par la suite dans la lumière digestive et contribuer à la lutte locale contre les affections digestives.

D'autre part, nous avons vu précédemment que le taux d'IgG diminue rapidement dans le colostrum tandis que le taux d'IgA, immunoglobulines de l'immunité locale, augmente et reste élevé durant toute la lactation. Ces immunoglobulines présentes dans la lumière digestive vont protéger le jeune en captant directement certains agents pathogènes.

4. Maturation du tube digestif

Le colostrum semble également jouer un rôle important par l'apport de facteurs de croissance favorisant le développement et l'équipement enzymatique de la muqueuse intestinale. Si on compare 24 h après la naissance, des chiots ayant reçu du colostrum avec des chiots qui n'en ont pas eu, seule la muqueuse des chiots ayant pris le colostrum s'est développée, à la fois par hyperplasie et par hypertrophie cellulaires : accroissement de 75 % de la masse mucosale, de 56 % de la quantité totale d'ADN nucléaire, et de 93 % de la quantité de protéines. Les chiots n'ayant pas eu de colostrum ont la même croissance corporelle que les autres, mais leur muqueuse intestinale reste la même qu'à leur naissance.

Ce retard de croissance de la muqueuse est rattrapé après 5 jours où il n'existe plus de différence entre les deux lots (Grandjean et al, 1989 ; Paris, 1996).

IV. Facteurs de variation de la composition du colostrum

1. L'âge de la mère

D'après Gonnier et Rossig (2013), l'âge des mères n'a pas d'influence sur la concentration en IgG dans le colostrum des chiennes. Chez les vaches, il semble que les mères plus âgées produisent un colostrum plus riche en IgG que les jeunes (Norman et al, 1981).

2. La taille et race de la mère

Chez les bovins, la race influence la richesse du colostrum en IgG : les races allaitantes produisent moins de colostrum mais celui-ci est beaucoup plus concentré en IgG que celui des vaches laitières (Weaver et al, 2000), il y a donc certainement un effet dilution. Selon Tyler et al, (1999) les vaches de race Guernsey produisent un colostrum ayant une concentration en IgG supérieur de 36g/L par rapport au colostrum des vaches de race Holstein qui ont une concentration en IgG moyenne comprise entre 80 et 110 g/L (Kehoe et al, 2011).

Chez la truie, les résultats diffèrent selon les études : Quesnel (2011) montre que les truies Large White produisent un colostrum plus riche que les croisées Landrace x Large White (71 g/L contre 60 g/L) tandis que Inoue et al, (1980) ne mettent pas en évidence de variation en fonction de la race des truies.

Il existe une grande variabilité de taille entre les différentes races canines : en effet, un chien de race Chihuahua pèse 1 à 2 kg tandis qu'un chien de race Dogue Allemand pèse 80 kg, on a donc un rapport pouvant atteindre 80 entre différentes races canines. On peut se demander si la composition du colostrum est influencée par le format de l'animal. Aucune association entre le format racial des chiennes et la concentration colostrale en IgG n'a pas été démontrée (Gonnier et Rossig, 2013).

3. La taille de portée

L'étude de la concentration sérique en IgG chez les chiots en fonction du nombre de chiots nés vivants dans la portée n'a pas montré de différence significative d'après Gonnier et Rossig (2013).

De même, chez les porcins, ni la taille de la portée ni le poids total de la portée ne semblent influencer la qualité de colostrum produite (Devillers et al, 2007 ; Quesnel, 2011).

En revanche, l'effet du poids de la portée sur la quantité de colostrum produite est controversé : Devillers et al, (2005) ont montré que les truies les plus productives en colostrum étaient celles qui possédaient les portées les plus lourdes. Cette production accrue de colostrum n'est pas uniquement corrélée au poids global de la portée, mais aussi au poids moyen individuel de naissance. L'hypothèse avancée est que des porcelets de poids supérieur possédant une vitalité accrue, ils exerceraient une stimulation accrue de la mamelle par une succion plus vigoureuse. Cependant, l'augmentation de la production de colostrum dépasse largement l'augmentation de poids de la portée, ce qui laisse supposer qu'un autre facteur intervient dans cette modification de la production colostrale. Ceci expliquerait pourquoi Quesnel et al, (2011) trouvent que le poids de la portée n'a pas d'influence sur la production colostrale de la truie.

4. La position de la mamelle

Peu de données sont disponibles chez le chien sur l'influence du numéro de la mamelle sur la composition du lait et du colostrum. En revanche, Wu et al, (2010) ont montré chez la truie que la concentration en IgG dans le colostrum est plus élevée dans les 2 paires de mamelles antérieures.

Gonnier et Rossig (2013) ont montré que la concentration colostrale en IgG varie entre paire de mamelle pour une chienne donnée. Mais le numéro de mamelle produisant le colostrum de meilleure qualité est différent d'une chienne à l'autre.

5. Le numéro de lactation (parité)

Selon Abdou et al, (2012), chez la vache les taux de protéines et de lipides ont tendance à augmenter avec le numéro de lactation. En revanche les concentrations en IgG dans le colostrum sont plus élevées lors de la seconde lactation et lors des suivantes que lors de la première lactation (Kruse, 1970).

Chez la truie, différentes études ont montré que les concentrations en IgG colostrales sont plus élevées chez les multipares que chez les primipares (Quesnell 2011 ; Cabrera et al, 2012 ; figure 10).

Aucune donnée pour l'espèce canine n'est disponible dans la littérature à ce sujet.

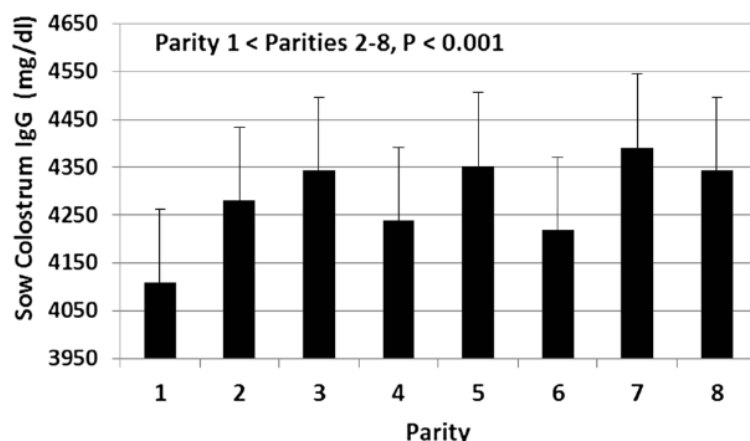


Figure 10 : Effet de la parité sur la concentration colostrale en IgG chez la truie (n=82) d'après Cabrera et al, 2012

6. L'alimentation

Actuellement dans la littérature très peu de données sont disponibles quant à l'influence de l'alimentation sur la composition du lait et du colostrum dans l'espèce canine. En 1931, Dags a étudié l'effet de différentes sources de protéines sur la production de lait chez le chien entre la 3^{ème} et la 5^{ème} semaine post-partum. Il a mis en évidence un effet sur la composition du lait produit : la teneur en matière grasse du lait et la courbe de croissance des chiots sont influencées par la source protéique de la ration.

En revanche, les études à ce sujet sont nombreuses chez les animaux de rente.

➤ Apport énergétique de la ration

Chez la brebis, l'apport énergétique de la ration pendant la gestation influence le développement du tissu et des sécrétions mammaires (Mellor et al, 1987 ; Banchemo et al, 2006). Cette influence est sans doute expliquée par le fait que l'apport énergétique de la ration entraîne des variations hormonales qui, elles, influencent le développement et les sécrétions mammaires. En effet, les brebis sous alimentées présentent une concentration sérique en progestérone plus élevée autour de la mise-bas que celles nourries avec une ration correspondant à leurs besoins. Comme nous l'avons vu précédemment, la progestérone a un effet négatif sur la production colostrale : elle limite l'augmentation du nombre de récepteurs à la prolactine au niveau des cellules mammaires, limitant ainsi l'effet lactogène de la prolactine. Les brebis ayant un apport énergétique insuffisant pendant la gestation ont donc un taux de progestérone sérique plus élevé autour de la mise-bas et en parallèle, une production colostrale moindre que les brebis recevant un apport énergétique adapté à leurs besoins (Banchemo et al, 2006). De même, les brebis sous alimentées

présentent des concentrations sériques en IGF plus faibles que celles ayant une alimentation adaptée à leurs besoins ; or nous avons vu précédemment que cette hormone est également impliquée dans le développement du tissu mammaire.

Dans l'espèce bovine, la diminution de l'apport énergétique durant le dernier tiers de gestation diminue le taux d'IgG circulant chez le veau, ce qui laisse supposer que cette diminution influence la composition colostrale (Burton et al, 1984 ; Houg et al, 1990). Chez la jument, l'apport excessif d'énergie au cours de la gestation semble diminuer la concentration en IgG dans le colostrum : un apport énergétique de 120% des recommandations pendant le dernier tiers de gestation entraîne une baisse significative de la teneur en IgG du colostrum par rapport aux juments nourries selon les recommandations (Thorson et al, 2010).

Chez la brebis, une ration trop riche en énergie provoque une diminution de la teneur totale en IgG du colostrum, mais aussi une diminution du volume de colostrum produit. Donc chez la brebis, contrairement à la jument, il n'y a pas de répercussion sur la concentration colostrale en IgG du colostrum (Swanson et al, 2008).

➤ Oligo-éléments et vitamines

La supplémentation en vitamines anti-oxydantes a un effet sur la composition en Ig dans le colostrum chez certaines espèces.

Dans l'espèce porcine, Pinelli-Saavedra et al, (2008) ont montré que la supplémentation de la truie en fin de gestation avec des vitamines anti-oxydantes n'augmente pas significativement la teneur en Ig du colostrum, mais selon Bland et al, (2001), elle augmente le taux sérique en IgG des porcelets à 24h d'âge. Les vitamines anti-oxydantes semblent donc faciliter l'absorption intestinale des IgG. Chez les bovins, la complémentation en vitamine E en fin de gestation n'a aucune influence sur les concentrations en IgG dans le colostrum et dans le sérum des veaux (Horn et al, 2010). Au contraire, chez la jument une telle supplémentation entraîne une légère augmentation du taux d'IgG dans les sécrétions mammaires, mais aucune augmentation significative du taux d'IgG n'a été montrée chez les poulains dans leurs 3 premiers jours de vie (Bondo et Jensen, 2011).

7. L'état de santé

Aucune donnée n'est disponible dans la littérature quant à l'influence de l'état de santé des mères sur leur colostrum, en revanche des études ont été réalisées sur le lait.

Zhao et Lacasse, (2008) ont montré que les affections de la mamelle chez les vaches laitières ont une forte influence négative sur la production laitière en termes de qualité et de quantité, mais une affection touchant un autre organe que la mamelle peut également avoir

des conséquences sur la lactation. Par exemple Lona et Romero (2001) ont montré que la rétention placentaire chez la vache peut entraîner une diminution de la teneur en IgG dans le lait, en revanche il n'y a aucune conséquence sur la teneur en matière grasse et en protéines (Abdou et al, 2012). On peut donc penser que l'état de santé est susceptible d'influencer la production de colostrum comme c'est le cas pour la production laitière.

8. La concentration sérique en IgG de la mère

Comme vu précédemment, les IgG colostrales ont pour origine le sérum de la mère. Néanmoins, Gonnier et Rossig (2013) n'ont mis en évidence aucune corrélation entre la concentration sérique en IgG des mères et la teneur en IgG colostrale dans l'espèce canine. Uetake et al, (2014) ont observé la même absence de relation chez les bovins.

Dans l'espèce porcine les résultats sont controversés : Devilliers et al, (2007) montrent un lien entre la concentration sérique en IgG des truies et celle de leur colostrum. Au contraire Arey et al, (2000) ont montré que les teneurs totales en IgG dans le colostrum de truie sont identiques que les truies soient vaccinées ou non. Cependant la vaccination induit une augmentation des titres en anticorps spécifiques contre l'agent pathogène concerné. La vaccination est donc efficace pour favoriser l'immunité passive vis-à-vis d'un pathogène mais elle n'augmente en aucun cas la teneur totale en immunoglobulines dans le colostrum. (Garrier, 2012).

Chez le chat il semblerait que la concentration en IgG dans le colostrum soit liée à la concentration en IgG sérique (Claus et al, 2006) : la concentration en IgG dans le colostrum est en moyenne 4,5 fois plus élevée que dans le sérum des mères. Ce n'est pas le cas pour les IgA pour lesquelles aucune corrélation n'a été mise en évidence dans cette étude.

9. Le statut hormonal

Les concentrations hormonales plasmatiques de la mère semblent influencer la quantité de colostrum produite chez la truie, mais aucun effet sur la composition du colostrum n'a pas été rapporté (Farmer et Quesnel, 2008). Aucune donnée n'a été trouvée dans la littérature pour l'espèce canine à ce sujet.

Comme nous l'avons vu tout au long de cette synthèse bibliographique, peu de données sont disponibles quant à la qualité nutritionnelle et immunologique du colostrum dans l'espèce canine. Notre étude a donc pour objectifs de définir la composition du colostrum canin ainsi que ses répercussions sur sa valeur énergétique puis de voir l'influence de divers facteurs sur ces deux paramètres.

ETUDE EXPERIMENTALE

I. Matériel et méthodes

Les prélèvements ont été effectués dans le cadre d'une étude portant sur la mortalité des chiots en élevage. Ils ont été réalisés entre août et décembre 2013 dans un élevage canin de grande taille (environ 300 femelles reproductrices de races variées) situé dans le Pas-de-Calais.

1. Population

La population de cette étude est composée de 21 chiennes de 10 races différentes. Les chiennes sont classées en 2 catégories selon leur poids à l'âge adulte : petit format (<25kg), et grand format (>25kg) et selon leur âge : jeunes (≤ 6 ans) et plus âgées (>6ans). Les chiennes sont logées en boxes collectifs pendant la gestation puis placées en boxes individuels en maternité environ 1 semaine avant la mise-bas jusqu'au sevrage des chiots. Elles sont toutes nourries avec des croquettes à volonté à partir de l'entrée en maternité puis tout au long de la lactation (Starter, Royal Canin, Aimargues, France). En dehors des périodes de reproduction, les chiennes sont toutes nourries avec des croquettes physiologiques avec une ration adaptée à leur gabarit (Royal Canin breeding dogs).

2. Prélèvements

Les prélèvements de lait ont été effectués manuellement dans les 24h suivant la mise-bas. Environ 1mL par paire de mamelle a été prélevé directement dans des tubes Eppendorf après une injection d'ocytocine (1-2 UI ; Ocytovem®, CEVA, Libourne, France). Les échantillons ont directement été congelés et conservés à -20°C. Les mamelles ont été numérotées de M1 à M5 (M1 paire de mamelle thoracique crâniale jusqu'à M5 paire de mamelle inguinale). Seules les chiennes pour lesquelles plus de 3 prélèvements ont été obtenus ont été incluses dans l'étude.

3. Dosage des immunoglobulines

Le dosage des immunoglobulines a été effectué par une méthode ELISA (Dog IgG-Quantitation Kit, BethylLab, Montgomery, USA) validée pour le colostrum canin (Schäfer-Somi et al, 2004).

La concentration colostrale en IgG moyenne par chienne est obtenue en divisant la somme des valeurs d'IgG des différentes mamelles par le nombre de valeurs disponibles par chienne.

4. Dosage des nutriments

Les dosages du taux protéique, du taux de glucides et du taux de lipides ont été réalisés en collaboration avec le Département de Nutrition du Smithsonian Institute de Washington. Les techniques détaillées sont présentées dans l'article de Petzinger et al, (2014). Les résultats sont exprimés en pourcentages, c'est-à-dire en gramme de nutriment pour 100 mL de colostrum.

a. Taux protéique

Dans un premier temps l'azote total est déterminé par analyse des gaz de combustion à 950°C de l'échantillon séché. La méthode utilisée a été validée en comparaison avec la méthode de Kjeldahl. La valeur de l'azote total ainsi obtenue a été multipliée par 6,38 pour déterminer la quantité de protéines brutes dans l'échantillon de lait. Les résultats sont présentés en pourcentages.

b. Taux de glucides

Le taux de glucides a été dosé par colorimétrie par la méthode au phénol sulfurique. L'absorbance a été lue à 490 nm. Les teneurs en glucides sont déterminées en référence à une gamme étalon de monohydrate de lactose.

c. Taux de lipides

Le taux de lipides a été mesuré en utilisant une variante de la méthode de Roes-Gottlieb qui consiste à doser les lipides par pesée après extraction éthero-ammoniacale. Dans un premier temps, les globules gras du lait sont détruits avec de l'hydroxyde d'ammonium et de l'éthanol. Puis les lipides sont extraits avec de l'éther diéthylique et de l'éther de pétrole.

5. Calcul de la valeur énergétique

La valeur énergétique du colostrum a été calculée à partir des valeurs du taux protéique, du taux de glucides et du taux de lipides selon la formule :

Valeur énergétique (kcal/g) = 5,86 x taux protéique (%) + 3,95 x taux de glucides (%) + 9,11 x taux de lipides (%)

Ce calcul est susceptible de surestimer la valeur énergétique car il ne prend pas en compte l'azote non protéique. Cependant, les résultats obtenus avec cette formule sont identiques avec ceux obtenus par mesure calorimétrique (Michael Power, communication personnelle).

6. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel Tanagra® (Tanagra 1.4, Lyon, France) et le logiciel R (R Foundation for Statistical Computing, University of Auckland, New Zealand).

Pour tester la normalité de chacun des paramètres, nous avons utilisé le test de Shapiro-Wilk. Les tests paramétriques ont été réalisés grâce au test T ou au test ANOVA et les tests non paramétriques avec le test Kruskal Wallis et Mann Whitney.

La corrélation entre les différents paramètres a été testée avec le test rho de Spearman et le coefficient de corrélation de Pearson.

L'analyse multivariée a également été réalisée avec le logiciel R.

Les effets du numéro de mamelle, de l'âge des chiennes, du format racial et de la taille de portée (nombre de chiots nés total) sur les différents paramètres ont été testés avec une régression linéaire mixte (LMER test avec le logiciel R).

Nous avons considéré deux valeurs significativement différentes si $p < 0,05$.

Les moyennes sont indiquées sous la forme moyenne \pm SD avec SD correspondant à l'écart-type de la moyenne.

II. Résultats

1. Description de la population

La population étudiée est composée de 12 chiennes de petit format et de 9 chiennes de grand format. Les races représentées et le nombre d'échantillons pour chaque format sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Effectifs et nombres d'échantillons selon le format racial

Format racial	Races	Nombre de chiennes	Nombre d'échantillons
Petit	Bichon Caniche Cocker Jack Russel Lhasa apso Shi-tzu West-Highland-White-Terrier	N=12	N=40
Grand	Berger Allemand Golden Retriever Labrador	N=9	N=37

Les 21 chiennes de l'étude étaient âgées de 2 à 8 ans. La moyenne d'âge des chiennes est de 5 ans et demi. L'âge d'une mère est inconnu de l'éleveur. Treize chiennes avaient moins de 6 ans ou 6 ans (« jeunes chiennes » ; 47 échantillons) et 7 chiennes avaient plus de 6 ans (« chiennes âgées » ; 26 échantillons).

Les portées ont été classées en 3 groupes selon leur taille (tableau 6). Puisque la taille moyenne de portée varie selon le format racial dans l'espèce canine, les bornes définissant les petites, moyennes et grandes portées varient selon le format racial.

Tableau 6 : Répartition des effectifs selon les tailles de portée

	Portée de petite taille		Portée de taille moyenne		Portée de grande taille		Nombre total de portées
	<4 chiots	N=5	4-6 chiots	N=5	>6 chiots	N=2	
Format racial S	<4 chiots	N=5	4-6 chiots	N=5	>6 chiots	N=2	N=12
Format racial L	<6 chiots	N=3	6-9 chiots	N=5	>9 chiots	N=1	N=9
Nombre total de portées	N=8		N=10		N=3		N=21

Parmi les 21 chiennes prélevées, 4 chiennes possédaient 4 paires de mamelles et 17 chiennes possédaient 5 paires de mamelles.

Au final, les analyses ont été effectuées sur 21 chiennes de 10 races différentes. Pour chaque chienne, nous avons en moyenne 3,67 ($\pm 0,66$) échantillons provenant de paires de mamelles différentes, soit un total de 87 échantillons pour les IgG et de 77 échantillons pour les autres paramètres.

2. Immunoglobulines

La concentration en IgG dans les 87 échantillons analysés varie entre 0,45 et 86,2 g/L. La concentration moyenne est de 29,8 g/L ($\pm 16,7$ g/L).

Les concentrations en IgG moyennes par chienne varient entre 7,8 et 68,8 g/L. La concentration moyenne est de 29,5 g/L ($\pm 15,4$ g/L).

a. Variation selon le numéro de mamelle

Les concentrations en IgG moyennes des différentes paires de mamelles varient entre 27,5 à 32,6 g/L avec un écart-type respectivement de 15,2 et 18,9 g/L (figure 11). Il n'y a pas de différence significative entre les concentrations moyennes en IgG des différents numéros de mamelles.

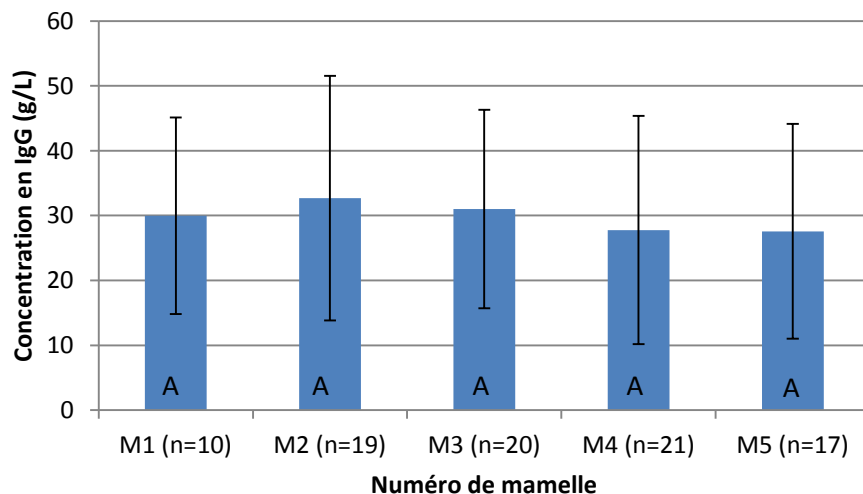


Figure 11 : Concentration colostrale en IgG (g/L) (moyenne \pm SD) en fonction du numéro de mamelle

(Les lettres identiques signifient que les concentrations colostrales en IgG ne sont pas significativement différentes selon le numéro de mamelle ; les effectifs en nombre d'échantillons sont indiqués pour chaque mamelle)

Si l'on étudie la variabilité entre paires de mamelles pour une chienne donnée, on observe une grande variabilité de la concentration en IgG colostrale (figure 12). Le coefficient de

variation moyen par chienne est de 27,9 g/L ($\pm 27,8$ g/L). Il existe donc une grande variabilité du taux d'IgG dans le colostrum entre les différentes mamelles d'une même chienne. Ces résultats sont confirmés par l'analyse multivariée ($p < 0,001$).

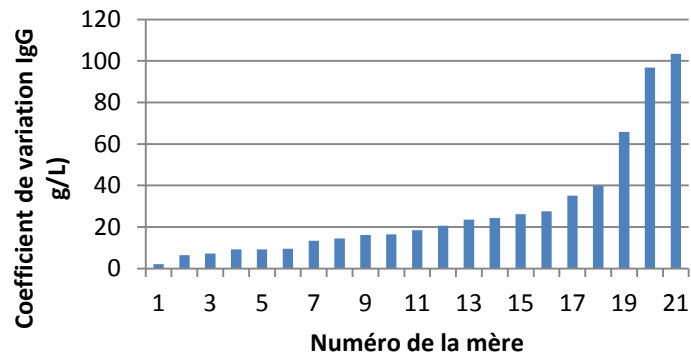


Figure 12 : Coefficient de variation de la concentration moyenne en IgG colostrale entre paires de mamelle pour une même chienne

b. Age des mères

La figure 13 représente la concentration moyenne en IgG dans les 2 groupes d'âge définis précédemment.

Pour les jeunes chiennes, la concentration en IgG moyenne est de 24,3 g/L ($\pm 12,9$ g/L) et varie entre 7,8 et 55,25 g/L. Pour les chiennes plus âgées, la concentration en IgG moyenne est de 39,9 g/L ($\pm 16,5$ g/L) et varie entre 16 et 68,8 g/L.

On note une différence significative de la concentration moyenne en IgG dans le colostrum des jeunes chiennes par rapport à celui des chiennes plus âgées ($p = 0,03$), cette concentration étant plus élevée chez les chiennes âgées. L'analyse multivariée confirme que la concentration en IgG dans le colostrum est influencée par l'âge ($p = 0,011$).

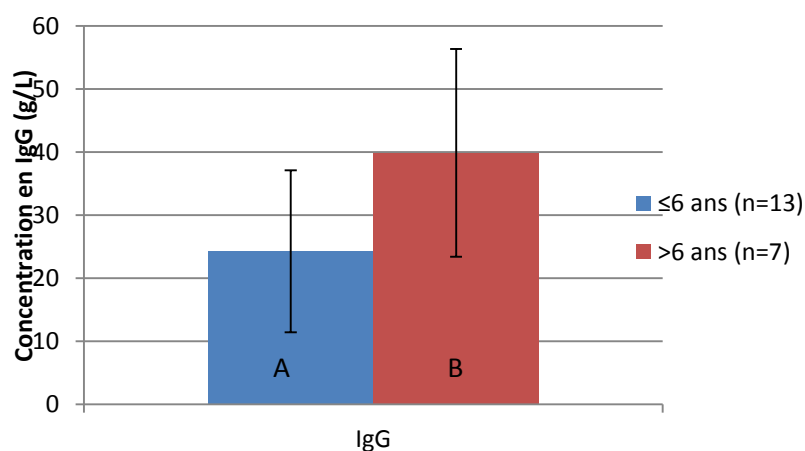


Figure 13 : Concentration colostrale moyenne en IgG selon l'âge des mères
(Les lettres A et B signifient que les concentrations colostrales moyennes en IgG sont significativement différentes pour les 2 classes d'âge étudiées ; $p = 0,011$)

c. Format racial

Pour les chiennes de grand format, la concentration en IgG moyenne est de 34,9 g/L ($\pm 16,7$ g/L) et varie entre 16 et 68,8 g/L. Pour les chiennes de petit format, elle est de 25,5 g/L ($\pm 13,7$ g/L) et varie entre 7,8 et 48 g/L. Aucun lien n'a été mis en évidence entre le format racial de la mère et la concentration en IgG de son colostrum ($p > 0,05$).

d. Taille de portée

Aucun lien n'a été mis en évidence entre la taille de portée et la concentration en IgG colostrale ($p > 0,05$; figure 14).

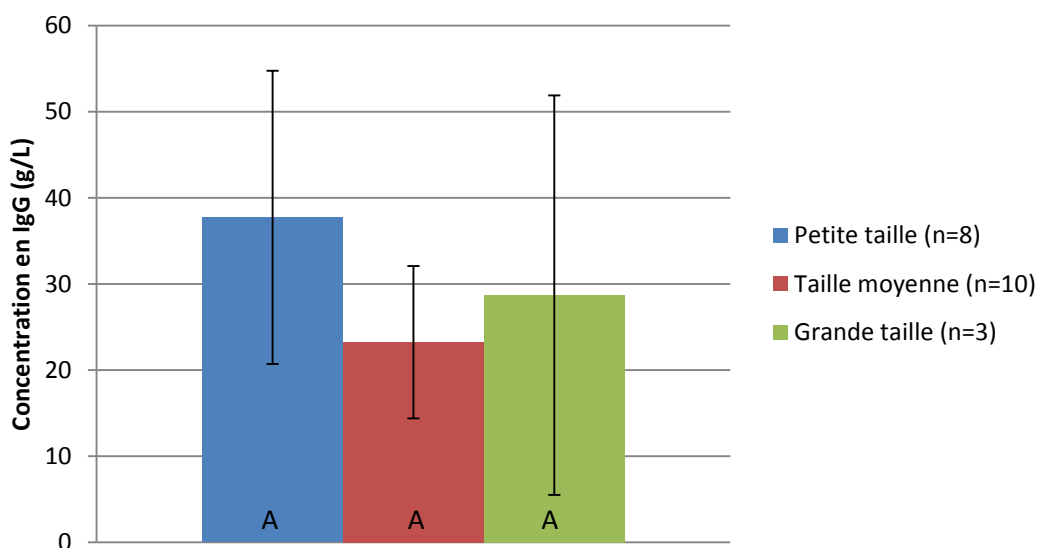


Figure 14 : Concentration colostrale moyenne en IgG selon la taille de portée (moyenne \pm SD)

(La lettre A signifie qu'il n'y a pas de différence significative de la concentration colostrale moyenne en IgG selon la taille de portée)

3. Composition nutritionnelle

La composition nutritionnelle moyenne du colostrum par échantillon et par chienne est présentée dans le tableau 7.

Tableau 7 : Composition nutritionnelle moyenne du colostrum par échantillon et par chienne

	Nombre d'échantillons	Moyenne par échantillon (\pm SD)	Valeur minimale	Valeur maximale	Nombre de chiennes	Moyenne par chienne (\pm SD)	Valeur minimale	Valeur maximale
Taux protéique (%)	77	11,8 (\pm 2,6)	5,0	17,5	21	11,8 (\pm 2,4)	6,7	16,3
Taux de glucides (%)	77	2,26 (\pm 0,4)	1,6	3,2	21	2,3 (\pm 0,3)	1,7	3,1
Taux de lipides (%)	77	5,8 (\pm 3,0)	1,3	17,0	21	5,8 (\pm 2,7)	1,4	13,5

a. Variation selon le numéro de mamelle

Les taux protéiques glucidiques et lipides moyens par numéro de paire de mamelle sont présentés dans les figures 15 à 17.

L'analyse multivariée montre qu'il y a un effet du numéro de mamelle sur les taux protéiques et glucidiques ($p=0,041$ pour le taux protéique et $p=0,035$ pour le taux glucidique), mais pas pour le taux de lipides.

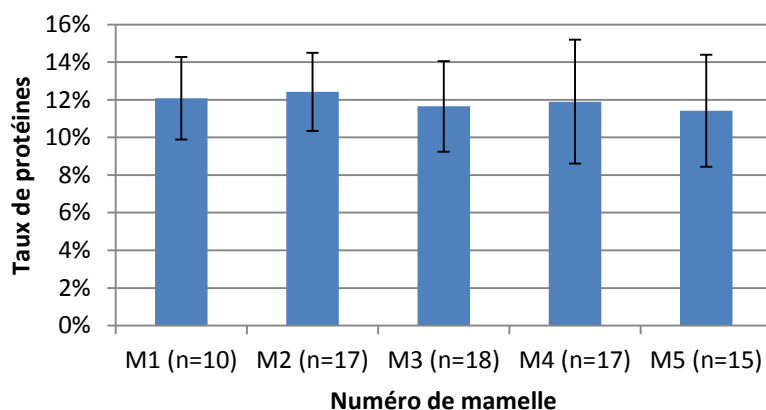


Figure 15 : Taux protéique moyen (en % ; moyenne \pm SD) selon le numéro de mamelle ($p=0,041$)

(Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'échantillons pour chaque numéro de mamelle)

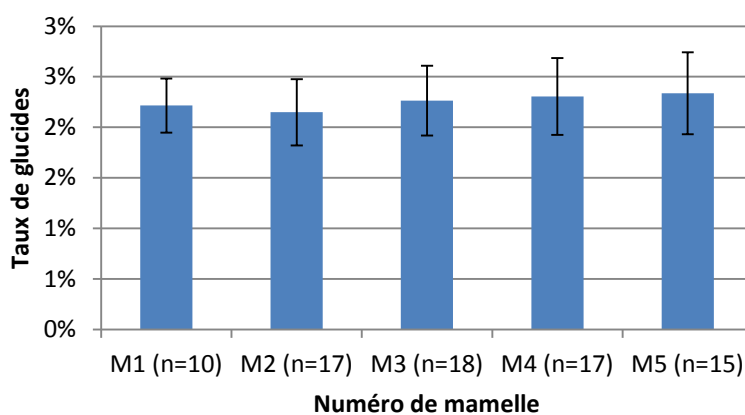


Figure 16 : Taux glucidique moyen (en % ; moyenne \pm SD) selon le numéro de mamelle ($p=0,035$)

(Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'échantillons pour chaque numéro de mamelle)

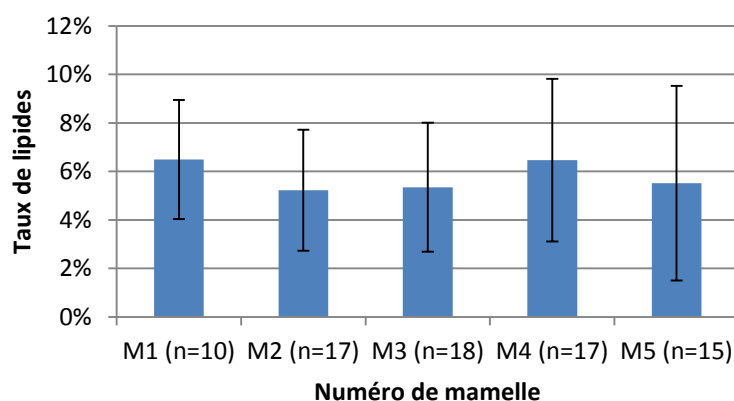


Figure 17 : Taux lipidique moyen (en % ; moyenne \pm SD) selon le numéro de mamelle ($p=0,47$)

(Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'échantillons pour chaque numéro de mamelle)

Les taux protéique et glucidique varient peu entre les paires de mamelles intra chienne (figures 18 et 19). Le coefficient de variation moyen du taux protéique est de 10,4% ($\pm 8,8\%$). En ce qui concerne le taux glucidique, le coefficient de variation moyen est de 5,8% ($\pm 3,9\%$).

A l'opposé, les variations du taux de lipides entre les paires de mamelles pour une même chienne sont plus importantes : le coefficient de variation moyen est de 26% ($\pm 12,8\%$) (figure 20).

L'analyse multivariée montre qu'il y a une différence significative des taux protéique glucidique et lipidique entre les différentes chiennes.

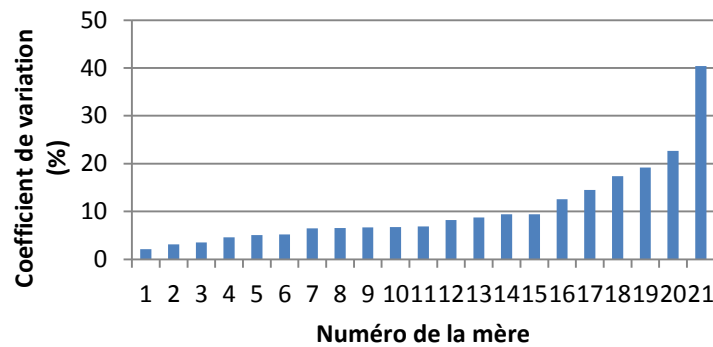


Figure 18 : Coefficient de variation du taux protéique moyen dans le colostrum entre paires de mamelles intra chienne

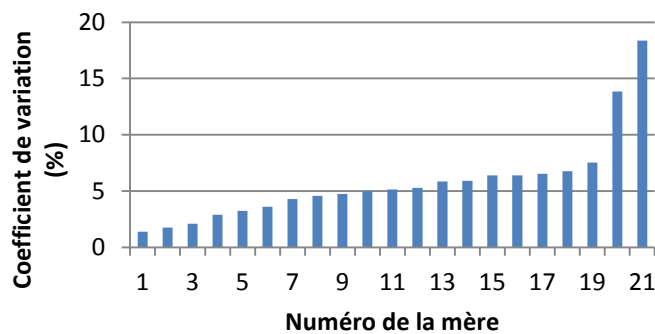


Figure 19 : Coefficient de variation du taux de glucides moyen dans le colostrum entre paires de mamelles intra chienne

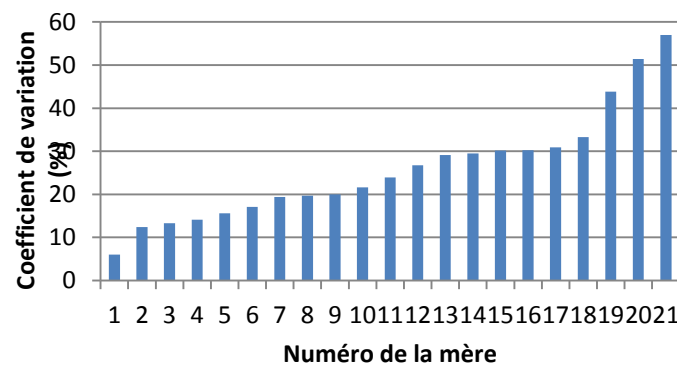


Figure 20 : Coefficient de variation du taux de lipides moyen dans le colostrum entre paires de mamelles intra chienne

b. Âge de la mère

L'analyse multivariée montre un effet de l'âge maternel sur le taux protéique, le taux de glucides et le taux de lipides : le taux protéique est plus élevé chez les chiennes âgées ($p=0,022$; $11,1\pm 2,3\%$ chez les chiennes jeunes vs $13,2\pm 2,4\%$ chez les chiennes âgées), les taux de glucides et de lipides sont plus faibles chez les chiennes plus âgées ($p=0,035$ avec $2,3\pm 0,4\%$ chez les chiennes jeunes vs $2,1\pm 0,3\%$ chez les chiennes âgées pour le taux de glucides et $p=0,011$ avec $6,6\pm 2,9\%$ chez les chiennes jeunes vs $4,2\pm 2,0\%$ chez les chiennes âgées pour le taux de lipides) (figure 21).

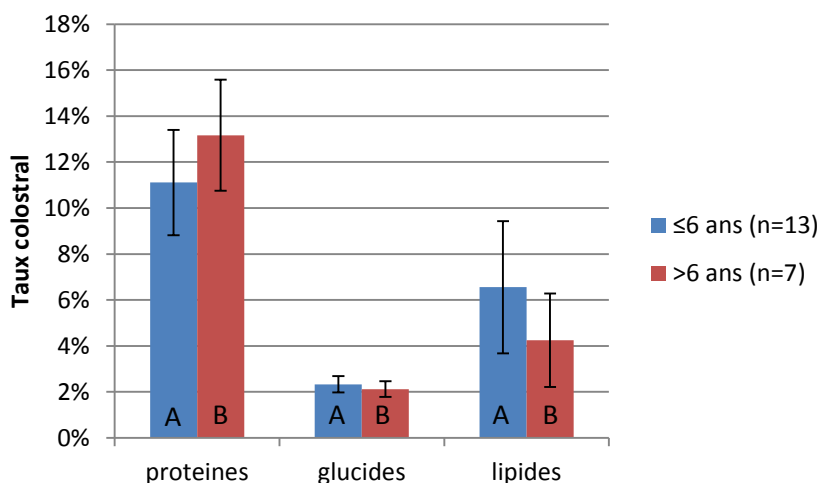


Figure 21 : Taux protéique, taux en glucides et en lipides moyens dans le colostrum selon la classe d'âge des chiennes

(Les lettres A et B signifient qu'il y a une différence significative selon l'âge pour chacun des 3 paramètres étudiés)

c. Format racial

Le taux de protéines moyen chez les petites races est de $11,6\%$ ($\pm 2,8\%$) contre $12,1\%$ ($\pm 1,8\%$) dans les grandes races, le taux de glucides moyen chez les petites races est de $2,2\%$ ($\pm 0,4\%$) contre $2,3\%$ ($\pm 0,2\%$) chez les grandes races et le taux de lipides moyen est de $6,5\%$ ($\pm 3,3\%$) chez les petites races contre $4,8\%$ ($\pm 1,5\%$) chez les grandes races (figure 22). Le format de la mère n'a pas d'influence significative sur les taux protéique, glucidique et lipidique du colostrum ($p>0,05$).

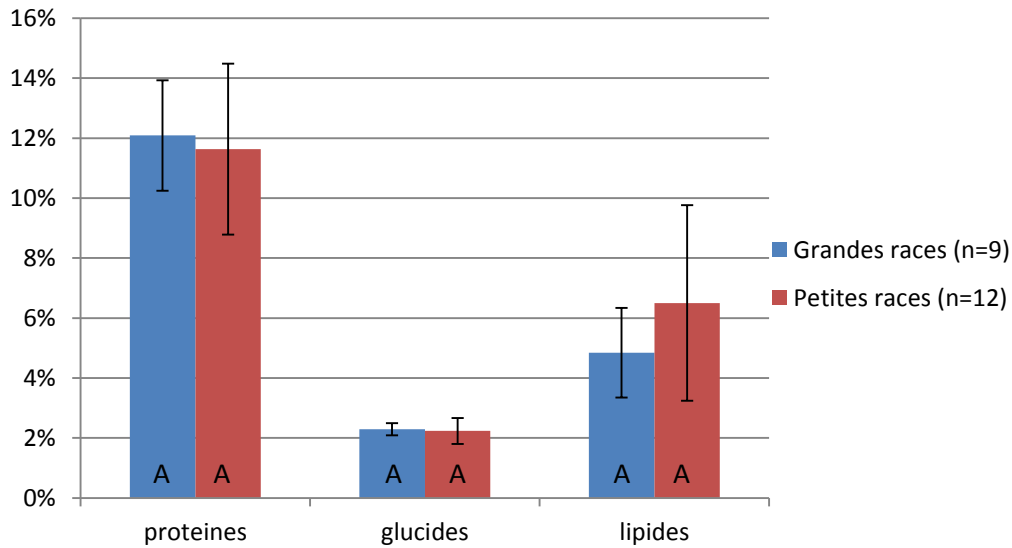


Figure 22 : Taux protéique, taux de glucides et de lipides moyens dans le colostrum selon le format racial des chiennes

(Les lettres A signifient qu'il n'y a pas de différence significative selon le format racial pour chacun des 3 paramètres étudiés)

d. Taille de portée

Le taux protéique moyen est de 13,3% ($\pm 2,2\%$) chez les chiennes ayant eu une portée de petite taille, il est de 10,9% ($\pm 2,4\%$) chez les chiennes ayant eu une portée de taille moyenne et il est de 11,1% ($\pm 1,5\%$) chez les chiennes ayant eu une grande portée. La taille de la portée a une influence significative sur le taux protéique du colostrum ($p=0,04$). En analysant le taux protéique des 3 tailles de portée deux par deux, nous mettons en évidence une différence significative uniquement entre les petites et les moyennes portées, le taux protéique étant plus élevé dans le colostrum des mères ayant eu une petite portée (figure 23).

Les taux de glucides sont respectivement de 2,1% ($\pm 0,3\%$), 2,4% ($\pm 0,4\%$) et 2,2% ($\pm 0,3\%$) chez les mères de portées de petite, moyenne et grande taille. La taille de portée n'a pas d'influence significative sur le taux de glucides dans le colostrum des mères ($p>0,05$).

De même le taux de lipides dans le colostrum des mères ne varie pas en fonction de la taille de la portée ($p>0,05$). Il est respectivement de 4,7% ($\pm 2,5\%$), 6,4% ($\pm 3,1\%$) et 6,5% ($\pm 1,2\%$) dans le colostrum des chiennes ayant eu une petite, une moyenne et une grande portée.

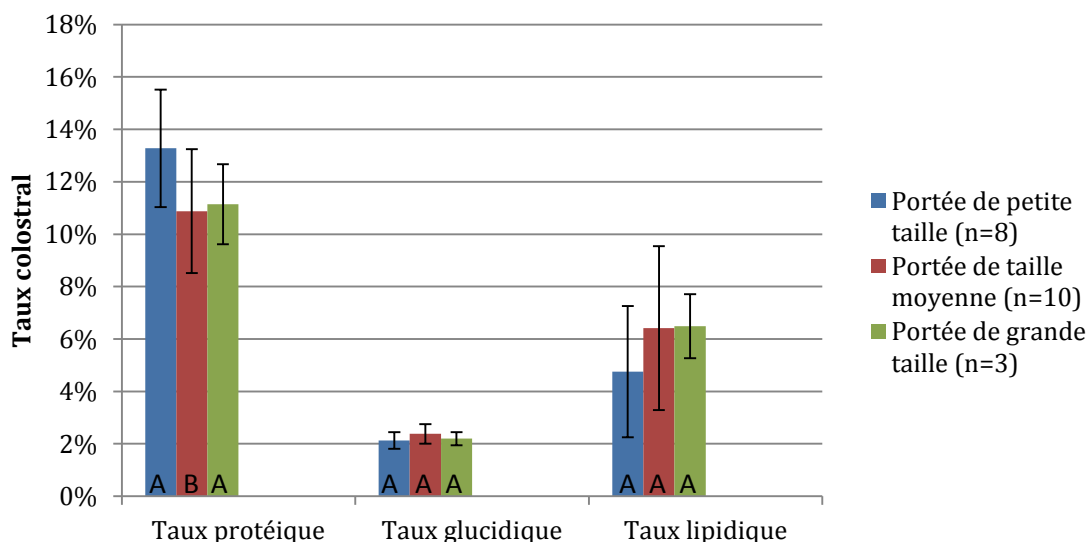


Figure 23 : Taux protéique, taux de glucides et de lipides moyens dans le colostrum selon la taille de portée

(Les lettres A et B signifient qu'il y a une différence significative du taux protéique entre les petites et moyennes portées, les lettres identiques signifient qu'il n'y a pas de différences significatives selon la taille de portée)

4. Valeur énergétique du colostrum

La valeur énergétique moyenne dans les 77 échantillons analysés varie entre 0,88 kcal/g et 1,84 kcal/g. La valeur énergétique moyenne est de 1,31 kcal/g ($\pm 0,21$ kcal/g).

La valeur énergétique moyenne par chienne varie entre 1,0 et 1,79 kcal/g. La valeur énergétique moyenne par chienne est de 1,31 kcal/g ($\pm 0,20$ kcal/g).

a. Numéro de mamelles

La valeur énergétique moyenne du colostrum varie entre 1,26 à 1,39 kcal/g selon le numéro de mamelle (figure 24).

L'analyse multivariée met en évidence une différence significative de la valeur énergétique du colostrum uniquement pour la mamelle M5 ($p=0,029$), qui délivre un colostrum de moindre valeur énergétique que les autres paires.

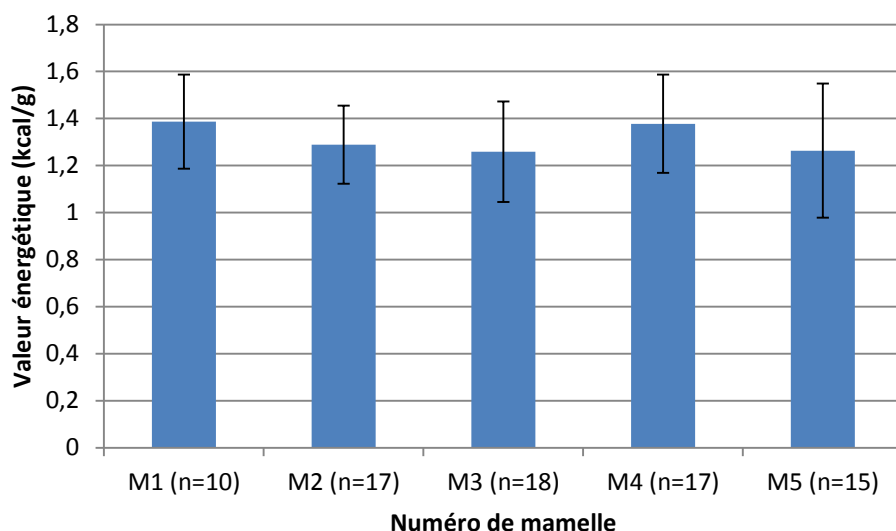


Figure 24 : Valeur énergétique moyenne du colostrum en fonction du numéro de mamelle

(Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'échantillons par numéro de mamelle)

L'analyse multivariée montre une différence significative de la valeur énergétique du colostrum entre les différentes chiennes ($p < 0,001$; figure 25), alors qu'elle est assez constante entre les différentes paires de mamelles pour une même chienne (figure 26, coefficient de variation moyen de $7,6\% \pm 3,7\%$).

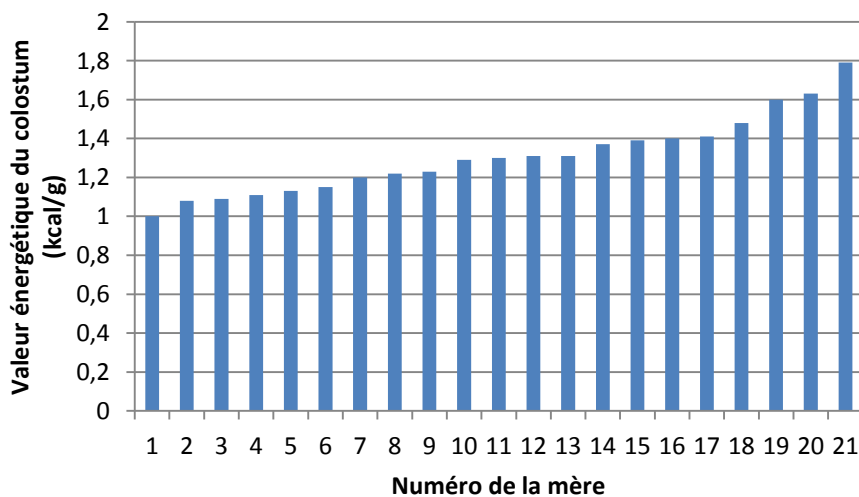


Figure 25 : Distribution de la valeur énergétique moyenne du colostrum par chienne selon les femelles

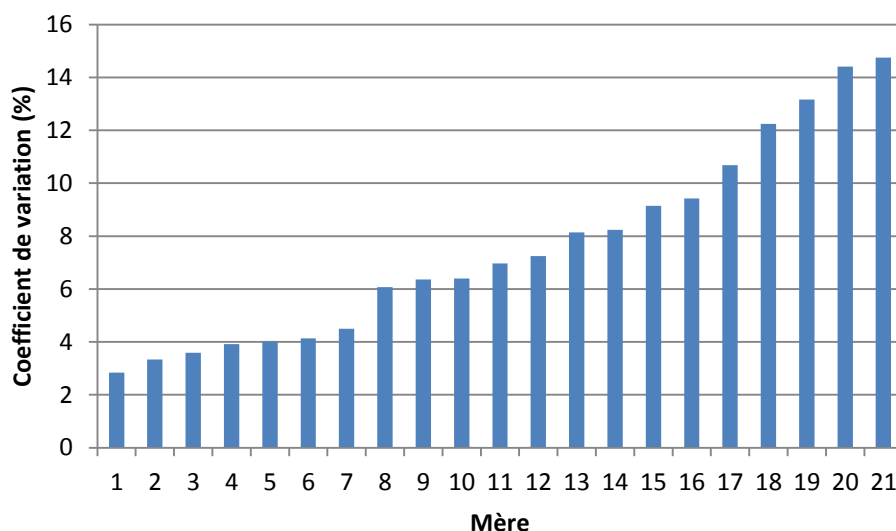


Figure 26 : Coefficient de variation de la valeur énergétique moyenne dans le colostrum des différentes paires de mamelles intra-chienne

b. Âge des chiennes

La valeur énergétique moyenne du colostrum des jeunes chiennes est de 1,34 kcal/g ($\pm 0,21$ kcal/g) et de 1,24 kcal/g ($\pm 0,18$ kcal/g) chez les plus âgées, sans différence significative ($p > 0,05$; figure 27).

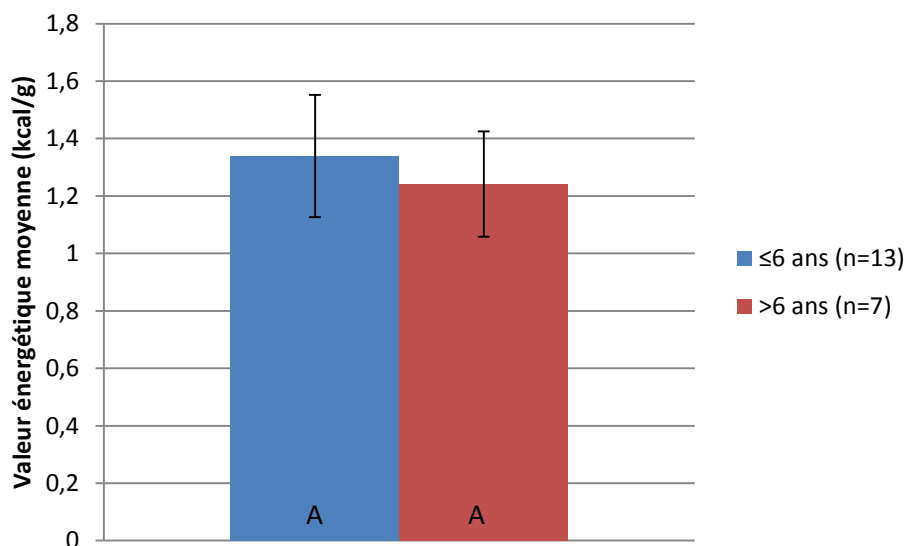


Figure 27 : Valeur énergétique moyenne du colostrum selon l'âge des chiennes
(Les lettres identiques signifient qu'il n'y a pas de différence significative selon l'âge des mères)

c. Format racial des mères

La valeur énergétique moyenne du colostrum est de 1,24 kcal/g ($\pm 0,12$ kcal/g) chez les grandes races et de 1,36 kcal/g ($\pm 0,23$ kcal/g) chez les petites races (figure 28).

Le format de la mère n'a pas d'influence significative sur la valeur énergétique de son colostrum ($p > 0,05$).

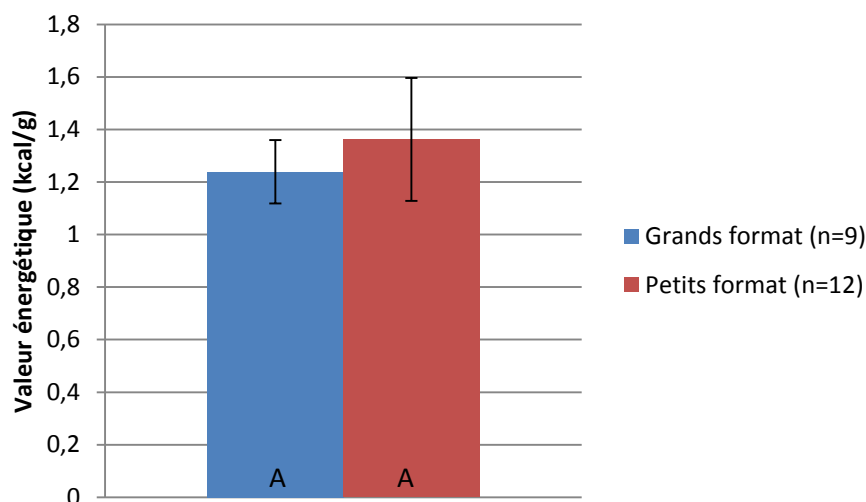


Figure 28 : Valeur énergétique moyenne du colostrum selon le format des mères

(Les lettres identiques signifient qu'il n'y a pas de différences significatives selon le format des mères)

d. Taille de portée

Les valeurs énergétiques moyennes du colostrum sont respectivement de 1,29 kcal/g ($\pm 0,23$ kcal/g), 1,31 kcal/g ($\pm 0,22$ kcal/g) et 1,33 kcal/g ($\pm 0,03$ kcal/g) pour les chiennes ayant mis bas des portées de petite, moyenne, et grande taille respectivement. Elles ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$; figure 29).

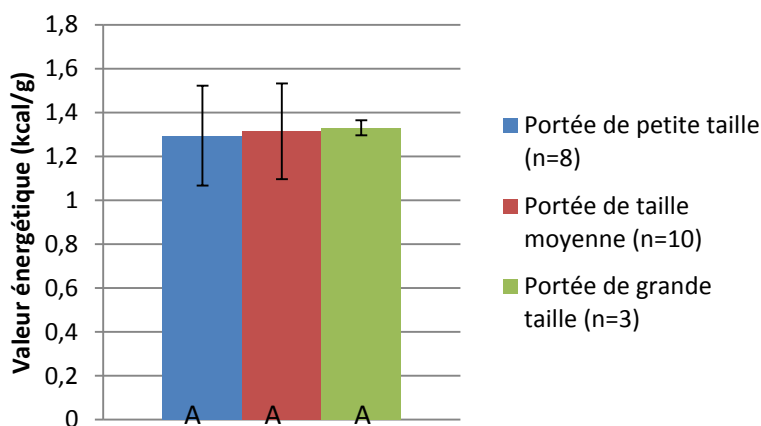


Figure 29 : Valeur énergétique moyenne du colostrum de la mère selon la taille de portée

(Les lettres identiques signifient qu'il n'y a pas de différences significatives selon la taille de portée)

5. Relation entre les concentrations des différents composants du colostrum

a. Analyse par chienne

Le tableau 8 présente les corrélations entre les concentrations des différents composants nutritionnels du colostrum en travaillant en moyenne par chiennes.

Tableau 8 : Corrélation entre les concentrations des composants du colostrum par chienne (n = 21 ; en gras les corrélations statistiquement significatives)

	IgG	Protéines	Glucides	Lipides	Energie
IgG	/	r= 0,78 p<0,001	r=-0,66 p=0,001	r=-0,64 p=0,002	r=-0,2803 p=0,219
Protéines	/	/	r=-0,78 p<0,001	r=-0,41 p=0,066	r=0,0735 p=0,752
Glucides	/	/	/	r=0,474 p=0,030	r=0,148 p=0,523
Lipides	/	/	/	/	r=0,836 p<0,001
Energie	/	/	/	/	/

b. Analyse par échantillon

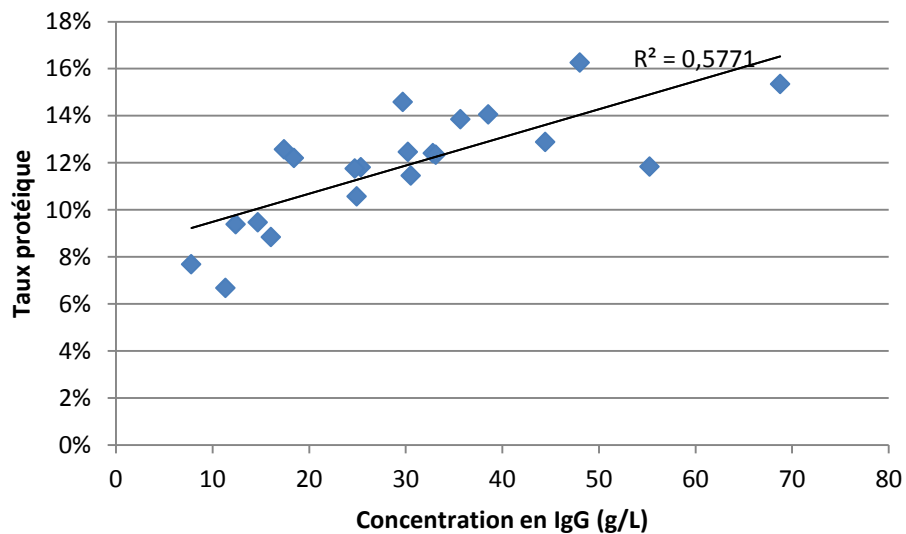
Le tableau 9 présente les corrélations entre les concentrations des différents composants nutritionnels du colostrum en travaillant en moyenne par échantillon.

Tableau 9 : Corrélation entre les concentrations des composants du colostrum par échantillon (n = 77, en gras les corrélations statistiquement significatives)

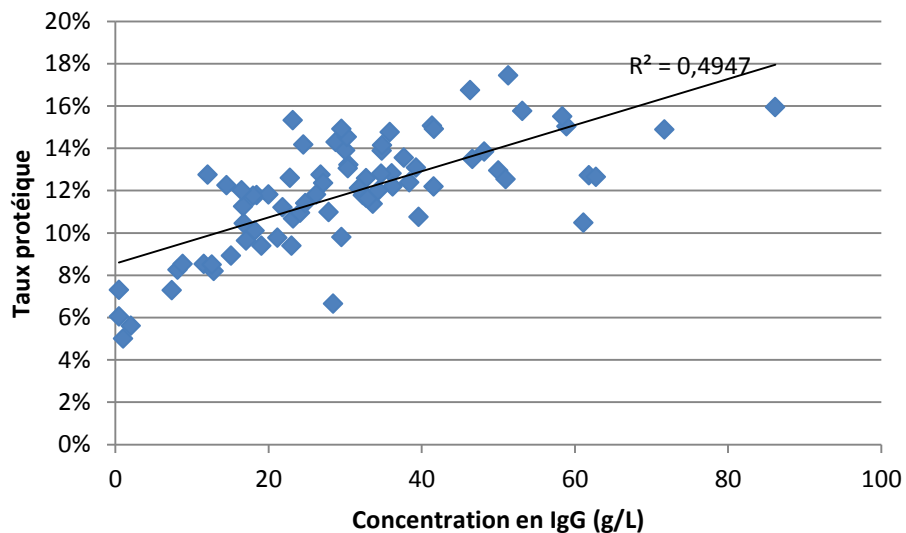
	IgG	Protéines	Glucides	Lipides	Energie
IgG	/	r= 0,71 p<0,001	r=-0,62 p=0,001	r=-0,57 p<0,001	r=-0,26 p=0,02
Protéines	/	/	r=-0,75 p<0,001	r=-0,48 p<0,001	r= 0,01 p=0,91
Glucides	/	/	/	r= 0,39 p<0,001	r= 0,05 p=0,65
Lipides	/	/	/	/	r= 0,84 p<0,001
Energie	/	/	/	/	/

c. Concentration en IgG

Que l'on travaille par échantillon ou en moyenne par chienne, la concentration en IgG dans le colostrum est corrélée positivement avec le taux protéique (figure 30). Par contre, la concentration en IgG dans le colostrum est corrélée négativement avec les taux de glucides et de lipides (figures 31 et 32). Au total, il n'y a aucune corrélation entre la concentration en IgG et la valeur énergétique du colostrum (figure 33).



A)

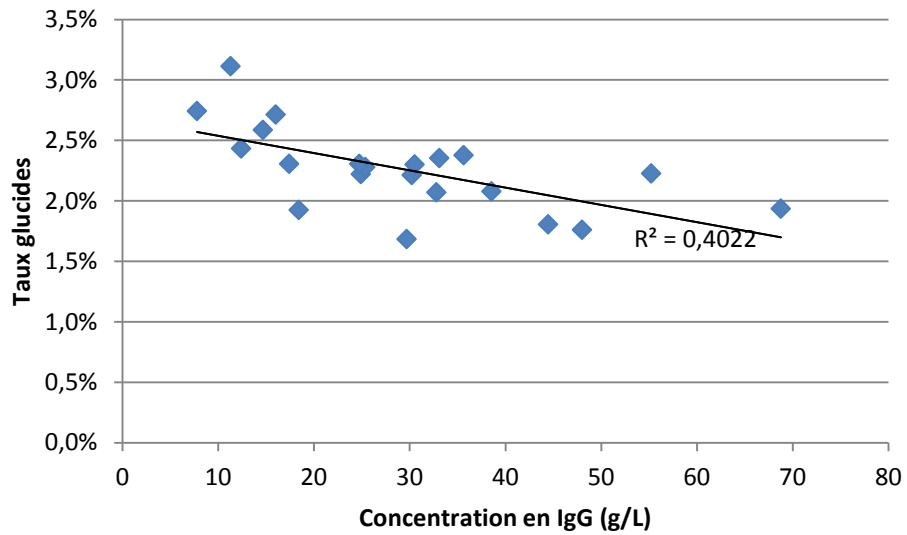


B)

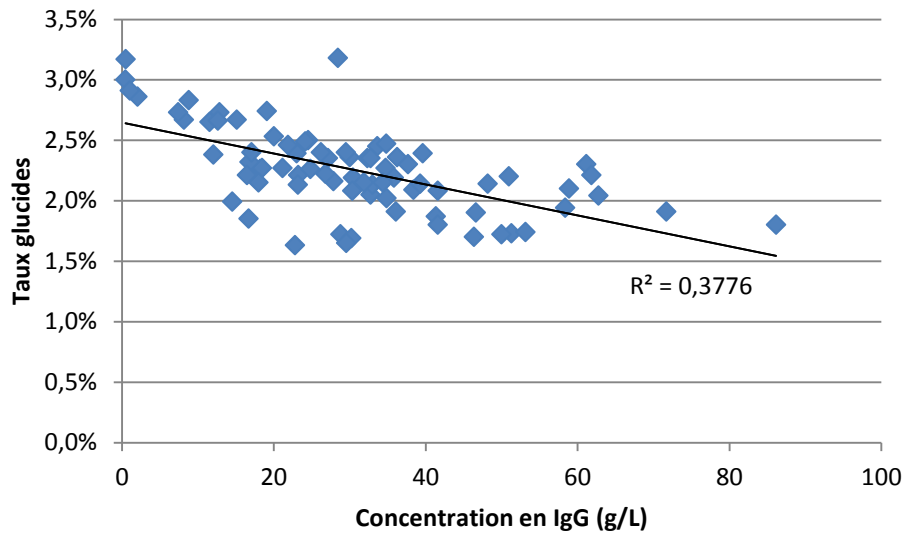
Figure 30 : Corrélation entre le taux protéique et la concentration en IgG dans le colostrum

A) Par chienne ($r = 0,76$; $p < 0,05$; $n = 21$ chiennes)

B) Par échantillon ($r = 0,70$; $p < 0,001$; $n = 77$ échantillons)



A)

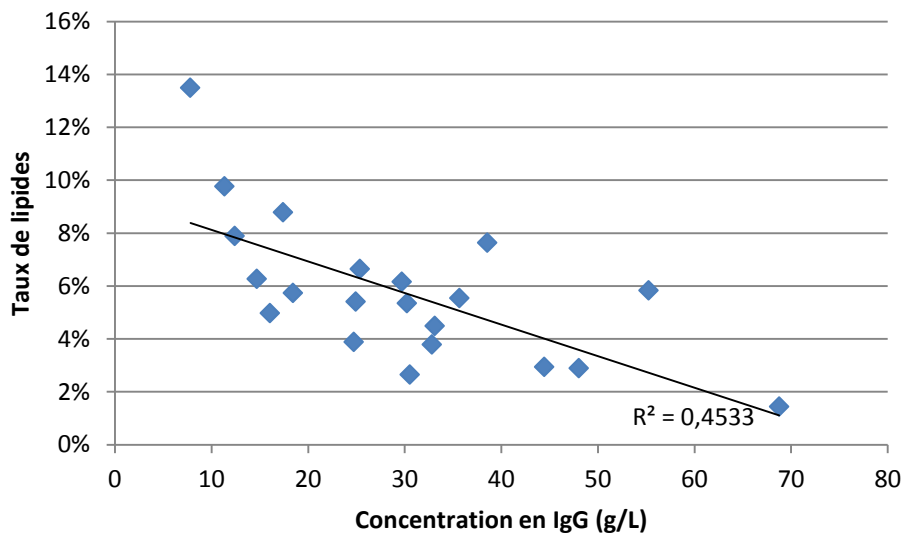


B)

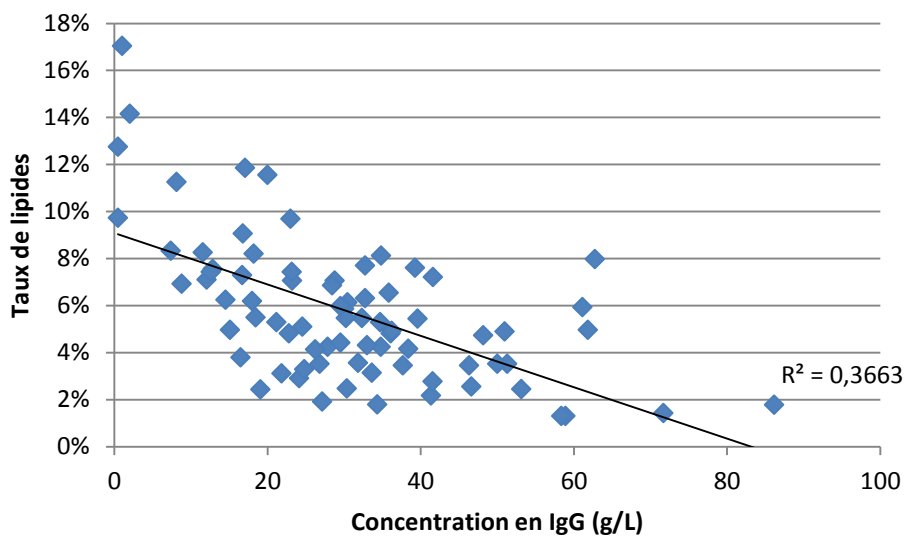
Figure 31 : Corrélation entre le taux de glucides et la concentration en IgG dans le colostrum

A) par chienne ($r=-0,63$; $p<0,05$; $n=21$ chiennes)

B) par échantillon ($r=-0,61$; $p<0,001$; $n=77$ échantillons)



A)

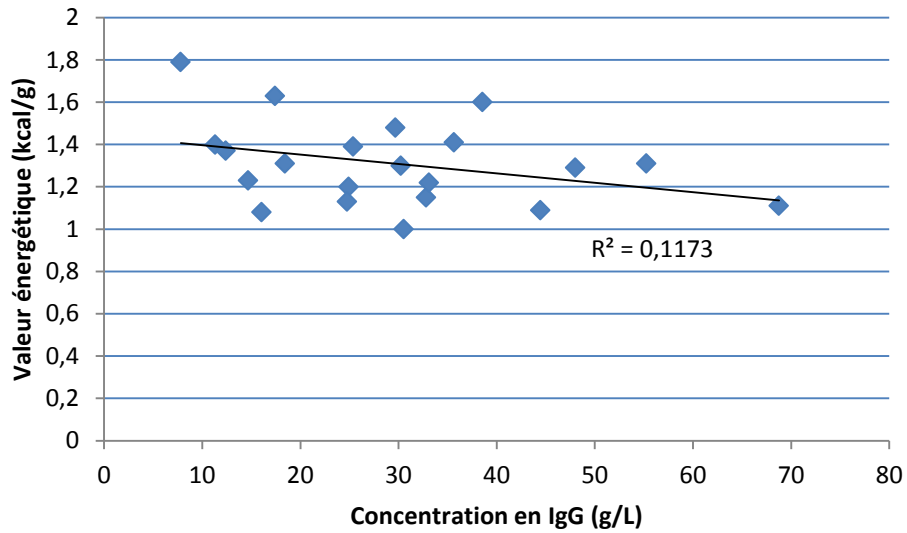


B)

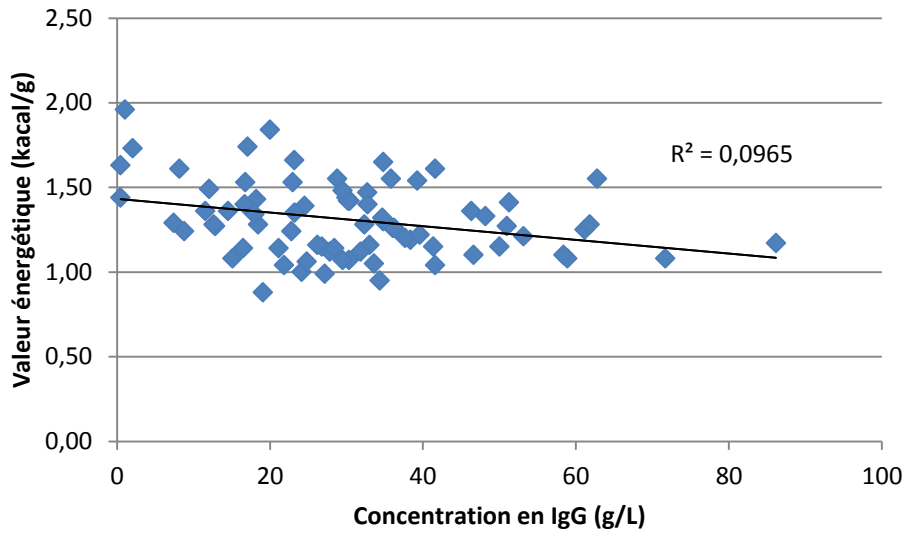
Figure 32 : Corrélation entre le taux de lipides et la concentration en IgG dans le colostrum

Par chienne ($r=-0,67$; $p<0,05$; $n=21$ chiennes)

Par échantillon ($r=-0,61$; $p<0,001$; $n=77$ échantillons)



A)



B)

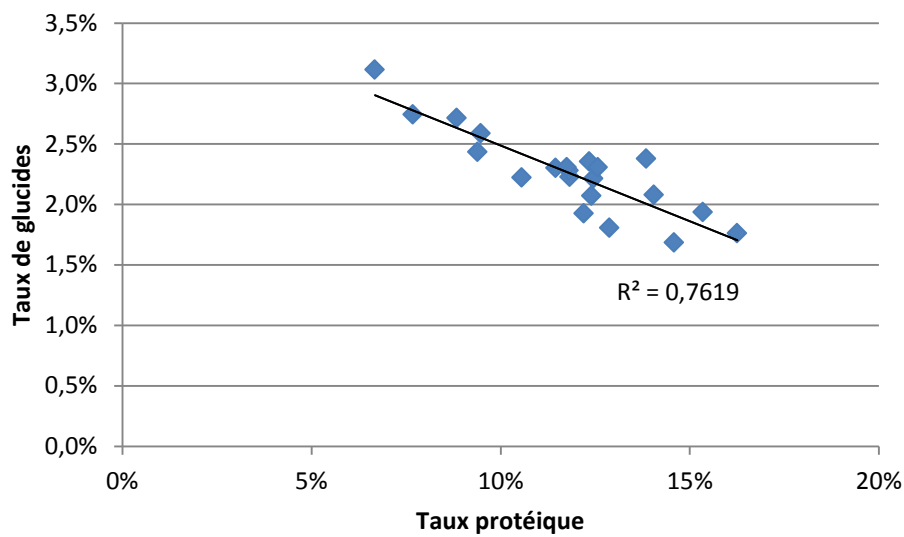
Figure 33 : Corrélation entre la valeur énergétique et la concentration en IgG dans le colostrum

A) Par chienne ($r=-0,34$; $p>0,05$; $n=21$ chiennes)

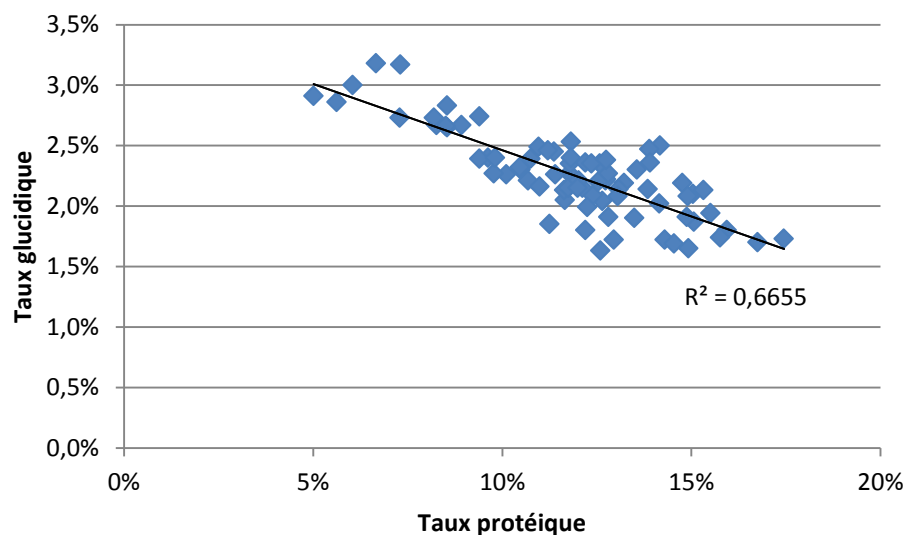
B) Par échantillon ($r=-0,31$; $p>0,05$; $n=77$ échantillons)

d. Relation entre les concentrations des éléments nutritionnels

Le taux protéique diminue lorsque le taux de glucides augmente (figure 34). En travaillant en moyenne par chienne, le taux de lipides augmente avec le taux de glucides dans le colostrum, ce qui n'est pas le cas lorsqu'on analyse les 77 échantillons séparément (figure 35). Aucune corrélation n'a été mise en évidence entre le taux de lipides et le taux protéique en travaillant en moyenne par chienne, par contre en analysant chaque échantillon séparément le taux de lipides diminue lorsque le taux protéique augmente (figure 36).



A)

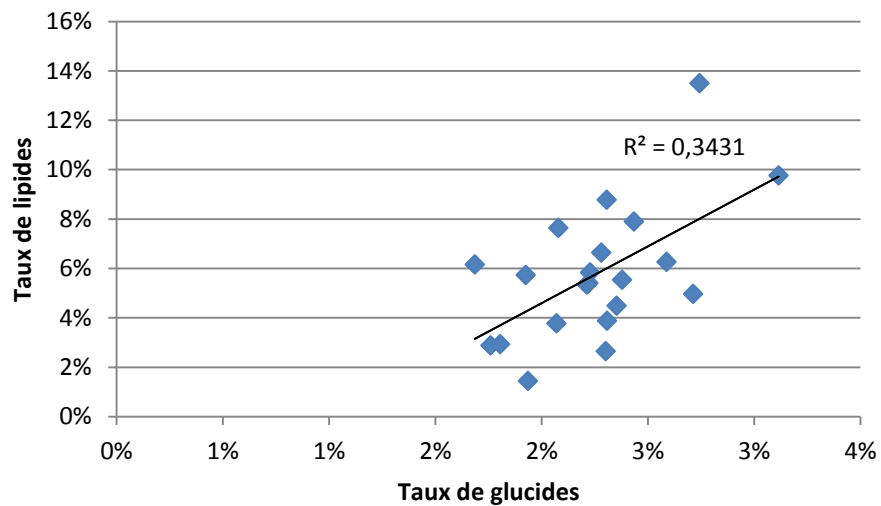


B)

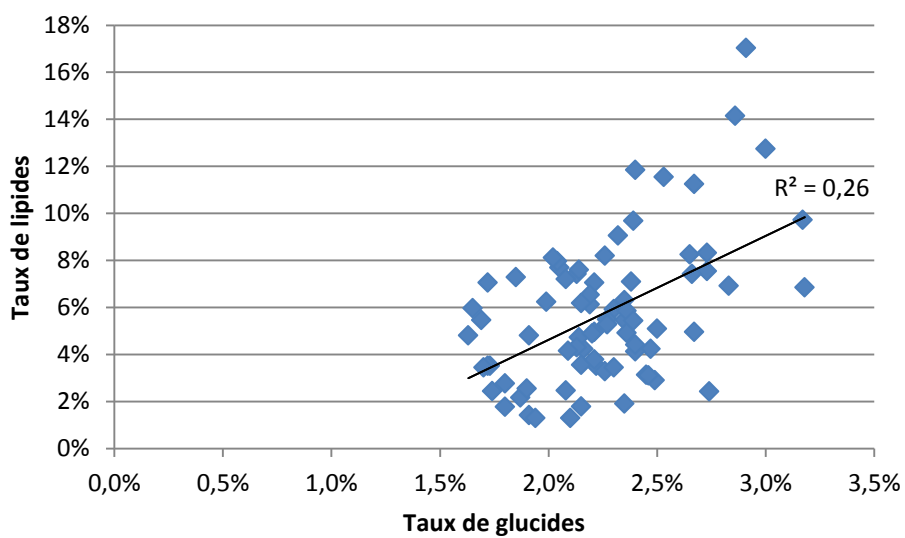
Figure 34 : Corrélation entre le taux glucidique et le taux protéique dans le colostrum

Par chienne ($r=-0,87$; $p<0,05$; $n=21$ chiennes)

Par échantillon ($r=-0,81$; $p<0,05$; $n=77$ échantillons)



A)

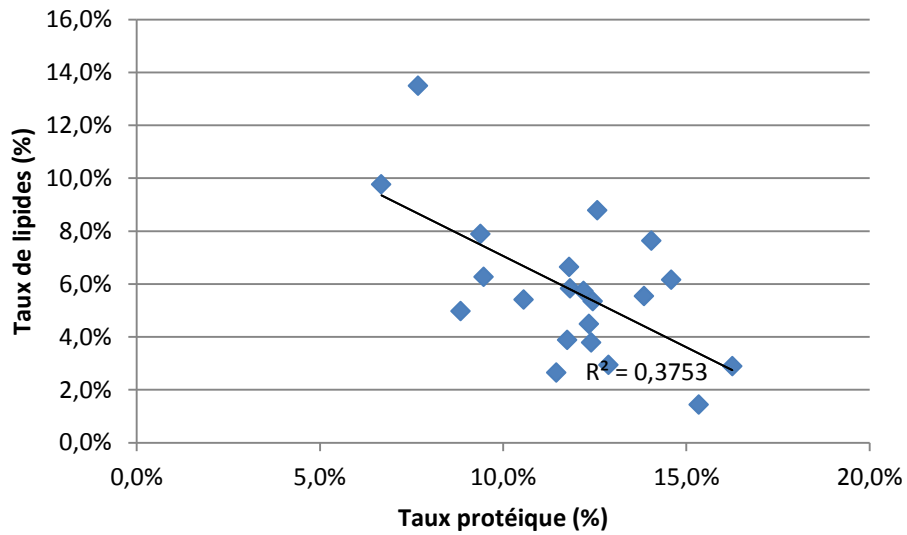


B)

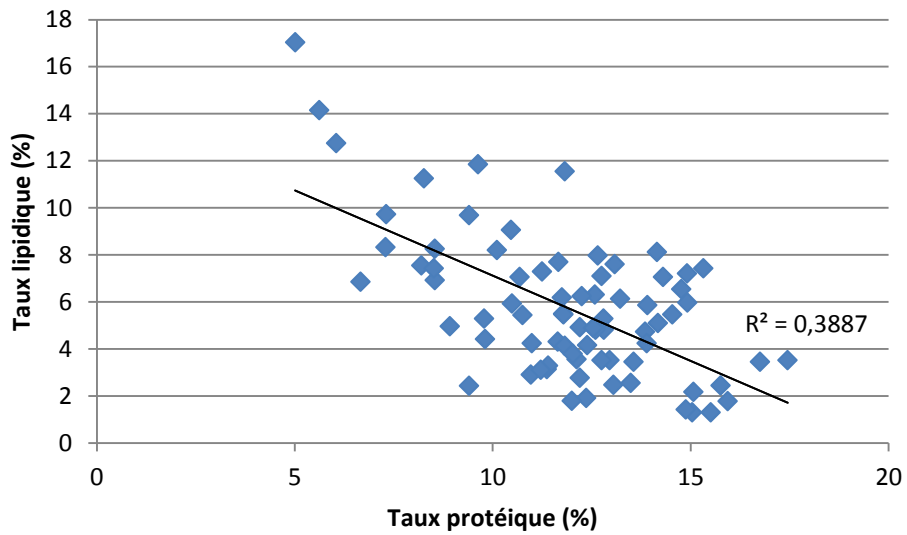
Figure 35 : Corrélation entre le taux glucidique et le taux protéique dans le colostrum

A) Par chienne ($r=0,59$; $p<0,05$; $n=21$ chiennes)

B) Par échantillon ($r=0,51$, $p>0,05$, $n=77$ échantillons)



A)



B)

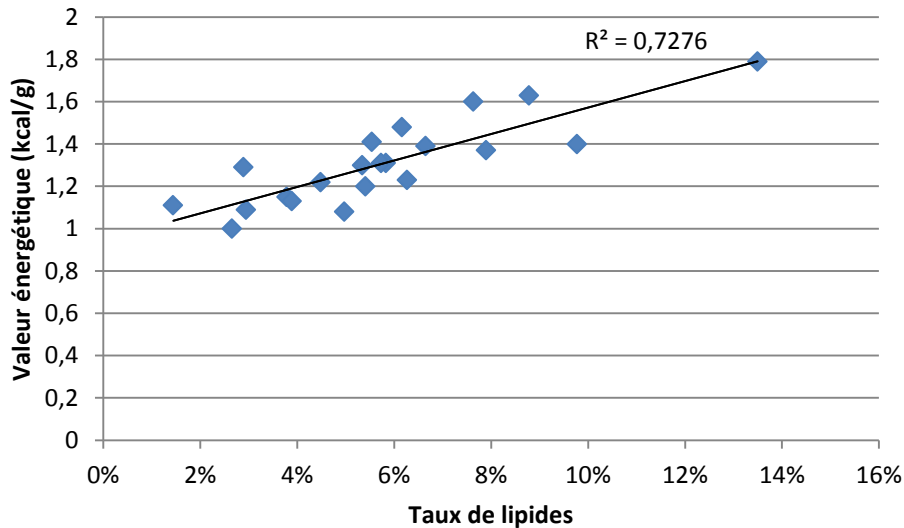
Figure 36 : Corrélation entre le taux de lipides et le taux protéique dans le colostrum

A) Par chienne ($r=-0,41$; $p=0,066$; $n=21$)

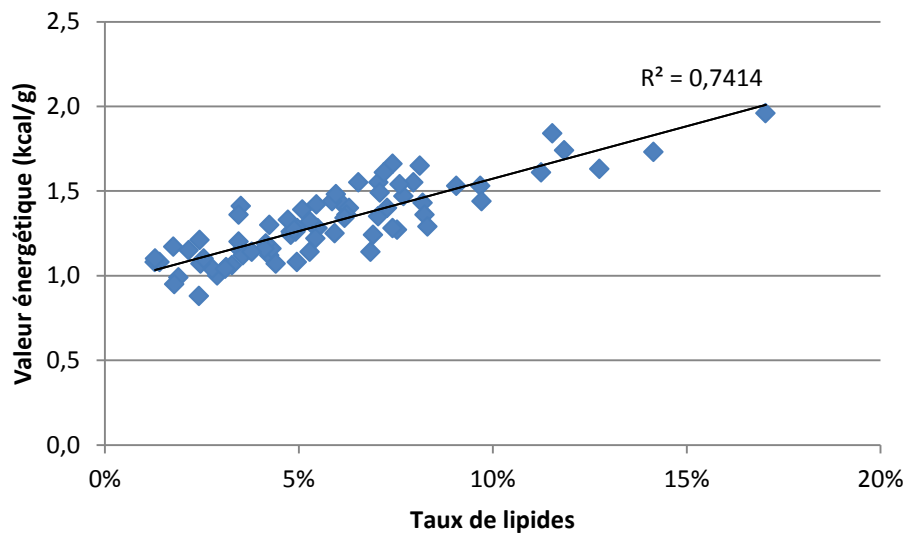
B) Par échantillon ($r=-0,62$, $p<0,001$, $n=77$)

e. Valeur énergétique

La valeur énergétique est très corrélée avec le taux de lipides dans le colostrum (figure 37). En effet la formule employée pour calculer la valeur énergétique (**Valeur énergétique (kcal/g) = 5,86 x taux protéique (%) + 3,95 x taux glucidique (%) + 9,11 x taux lipidique (%)**), le taux lipidique est le facteur ayant le plus de poids. En revanche la valeur énergétique du colostrum n'est pas corrélée avec le taux de glucides et le taux protéique du colostrum.



A)



B)

Figure 37 : Corrélation entre la valeur énergétique et le taux lipidique dans le colostrum

A) Par chienne ($r=0,85$; $p<0,05$; $n=21$ chiennes)

B) Par échantillon ($r=0,86$; $p<0,001$, $n=77$ échantillons)

III. Discussion

1. Limites de l'étude

a. Population étudiée

La population étudiée est composée de 21 chiennes de 10 races différentes. Les chiennes sont élevées dans le même environnement (alimentation, température, chauffage, luminosité, éclairage, humidité...) et reçoivent les mêmes soins (vaccination, vermifugation...), ce qui nous permet de nous affranchir des éventuels effets de ces paramètres sur la composition du colostrum. Le nombre de chiennes de cette étude est plus élevé que celui dans les études que l'on peut trouver dans la littérature, l'autre avantage de notre étude est la variété des races (tableau 10).

Les chiennes de l'étude appartiennent à diverses races, de formats variés allant des petites races (Lhasa-apso, Shi-tzu) aux plus grandes (Labrador, Berger Allemand) en passant par des races de taille moyenne tel que le Cocker. Le fait d'avoir des races variées nous permet d'espérer représenter au mieux la population canine. Cependant le nombre de chienne de chaque race ne permet pas d'étudier une éventuelle variation de la composition du colostrum en fonction de la race.

Tableau 10 : Nombre de chiennes incluses dans les études portant sur le colostrum canin

Etude	Nombre de chiennes	Races	Paramètres mesurés
Hedde et Rowley, 1975	4	croisés	Concentration en Ig dans le sang, le colostrum, le lait, la salive
Adkins et al, 2001	10	1 (Beagle)	Colostrum : taux protéique, azote protéique et non protéique, caséine, lipides, lactose, citrate, fer, cuivre, zinc, magnésium, calcium, phosphore, valeur énergétique
Schäfer-Somi et al, 2004	6	1 (Rottweiler)	Colostrum : taux protéique, IgG, IgA, IgM, albumine IgG, IgA et IgM dans le sérum et les sécrétions nasales des chiots
Bertieri 2012	10	1 (Beagle)	IgG, IgA et IgM dans le colostrum, le lait et le sérum des chiennes
Gonnier et Rossig 2013	44	13 (variées)	Densité du colostrum, IgG dans le colostrum et dans le sérum des chiots et des mères
Notre étude	21	10 (Cf population)	Colostrum : IgG, taux protéique, taux de glucides, taux de lipides

Pour étudier l'influence du format racial, nous avons classé les 21 chiennes en seulement 2 classes (petit format pour les races de poids adulte inférieur ou égal à 25kg, grand format pour les races de plus de 25kg). Avec un nombre de chiennes supérieur, nous aurions pu affiner cette analyse en créant 3 groupes (< 10kg, 10-25 kg et >25kg), voire 4 groupes en subdivisant le dernier en 25-40kg et supérieur à 40kg (races géantes).

D'autre part nous avons classé les chiennes en 2 groupes selon leur âge (« jeunes » pour les chiennes âgées de 6 ans ou moins et « âgées » pour les chiennes de plus de 6 ans). Avec un nombre de chiennes supérieur, nous aurions pu créer davantage de classes, et séparer en particulier les chiennes très jeunes. La valeur de 6 ans qui limite les 2 groupes pourrait également être critiquée puisque par exemple une chienne de grande race de 7 ans a déjà réalisé une proportion de sa durée de vie supérieure qu'une chienne de petite taille du même âge.

b. Echantillonnage

Nous avons vu précédemment que les différents paramètres étudiés varient selon le numéro de mamelle pour une même chienne. Cet effet a été atténué par l'inclusion uniquement les chiennes pour lesquelles nous avons au moins 3 prélèvements provenant de paires de mamelles différentes. Le volume des échantillons est faible (1mL) pour des raisons pratiques puisqu'ils ont été effectués manuellement mais surtout pour permettre aux chiots une prise de colostrum correcte pendant leurs premières heures de vie car ces derniers n'ont pas été séparés de leur mère dans cette étude. Un volume plus important aurait sans doute permis d'obtenir une valeur mesurée pour la valeur énergétique du colostrum.

c. Délais de prélèvement après la mise-bas

Les prélèvements ont été effectués dans les 24h suivant la mise-bas de chaque chienne. Dans d'autres espèces telles que la truie, il a été montré que le taux d'IgG diminue rapidement durant les premières heures suivant la mise-bas (diminution de 15% dans les 4 premières heures ; Devillers et al, 2007). Dans l'idéal, il faudrait donc réaliser les prélèvements avant la fermeture de la barrière intestinale du chiot, soit dans les 16 premières heures suivant l'expulsion du premier chiot et à heure exacte. Si l'on souhaite évaluer la première prise colostrale il faudrait au préalable analyser le comportement de tétée des chiots pour savoir quand à lieu la première prise colostrale et donc analyser le colostrum à ce moment précis.

d. Pistes alternatives

Dans notre étude la valeur énergétique du colostrum est calculée à partir de sa composition en glucides, lipides et protéines. Il serait intéressant d'avoir des valeurs mesurées de la valeur énergétique du colostrum (mesure par calorimétrie).

D'autre part nous n'avons pas étudié l'effet de la parité ni de la note d'état corporel des mères sur la composition du colostrum. Il serait aussi intéressant de regarder l'effet de l'interaction entre l'âge et la parité des chiennes, c'est-à-dire l'âge à la première mise-bas (par exemple si une chienne est gravide et produit du colostrum à 2 ans pour la première fois, la qualité est-elle la même que si elle met bas pour la première fois à 6 ans ?).

2. Résultats

La concentration moyenne en IgG est de 29,8 g/L ($\pm 16,7$ g/L). Notre moyenne est supérieure à celles rencontrées dans la littérature : Gonnier et Rossig (2013) avaient une moyenne à 20,1g/L, Schäfer-Somi et al, (2004), une moyenne de 19,3g/L, Norcross et al, (1982) une moyenne de 14,53g/L. Par contre une très forte variabilité interindividuelle est relevée dans chaque étude.

Afin de pouvoir comparer nos résultats à ceux de la littérature, nous avons converti la valeur énergétique exprimée dans notre étude en kcal par gramme de colostrum en kcal par litre de colostrum en admettant que la densité du colostrum canin est de 1,060 (Segalini, 2007).

Dans notre étude, le taux protéique moyen du colostrum est de 11,8% ($\pm 2,6$ %) soit 118 g/L (± 26 g/L ;), notre résultat est conforme aux valeurs retrouvées dans la littérature : 80,7 g/L ($\pm 31,8$ g/L ; Schäfer-Somi et al, 2004) et 143g/L ($\pm 19,2$ g/L ; Adkins et al, 2001).

Dans notre étude, le taux de lipides moyen est de 5,8% ($\pm 3,0$ %) soit 58 g/L (± 30 g/L). Dans la littérature, il est plus élevé : 132,2 g/L (Adkins et al, 2001).

Dans notre étude, le taux de glucides moyen est de 2,26% ($\pm 0,4$ %) soit 22,6g/L (± 4 g/L). Le lactose est le principal glucide présent dans le colostrum canin, nos résultats sont en accord avec les données de la littérature : 16,6 g de lactose par litre de colostrum (Adkins et al, 2001).

Notre étude rapporte une valeur énergétique moyenne est de 1,31 kcal/g ($\pm 0,21$ kcal/g) soit 1389 kcal/L (± 223 kcal/L), Adkins et al, (2001), déterminent une valeur plus haute : 1831 kcal/L 24h après la mise-bas.

Ces comparaisons sont à relativiser compte tenu du faible nombre d'études auxquelles nous les comparons.

a. Effet du numéro de mamelle et variations interindividuelles

Dans notre étude, la position de la mamelle influence les taux glucidique et protéique du colostrum et sa valeur énergétique. Chez la truie, les 2 paires de mamelles antérieures produisent un colostrum plus riche en IgG que les autres (Wu et al, 2010).

Cependant, il apparaît dans notre étude comme dans celle de Gonnier et Rossig (2013) que la paire de mamelles ayant la concentration en IgG la plus élevée est différente pour chaque chienne. Ces résultats ne permettent pas d'améliorer les pratiques en élevage : on ne peut pas conseiller aux éleveurs de favoriser la tétée des chiots sur une mamelle plutôt qu'une autre. Par contre, cela devrait conduire à mettre au point une technique d'évaluation de la qualité immunologique du colostrum utilisable au chevet des chiennes, comme la réfractométrie utilisée dans l'espèce bovine (Fleenor and Stott, 1980 montrent que la densité optique est corrélée au taux protéique dans le colostrum bovin ; $p < 0,01$) et dans l'espèce équine. Néanmoins Gonnier et Rossig (2013) ont montré que dans l'espèce canine la densité optique du colostrum et sa concentration en IgG ne sont pas corrélées. Ceci soulève une autre question quant au comportement de tétée des chiots : il serait intéressant de voir si un chiot tète une mamelle exclusivement, préférentiellement ou non. Bien qu'étudiée chez le chat (Hudson et al, 2009), le comportement de tétée n'a pas encore été décrit chez le chien.

D'autre part, la quantité de colostrum produite n'a pas été déterminée ni dans notre étude ni dans la littérature. Il serait intéressant de voir si la quantité produite varie selon le numéro de paire de mamelles. Puis il serait judicieux de confronter ces résultats à ceux du comportement de tétée des chiots afin de voir si la quantité de colostrum produite est un facteur limitant le transfert immunologique ou encore un facteur de risque d'hypoglycémie.

b. Effet de l'âge

Nous mettons en évidence un effet de l'âge des mères uniquement sur la concentration en IgG dans le colostrum. En effet nous observons une différence significative entre la concentration moyenne en IgG dans le colostrum des jeunes chiennes qui est de 24,3g/L contre 39,9g/L pour les chiennes plus âgées. Ce résultat est contradictoire avec celui issu de l'étude de Gonnier et Rossig (2013) portant sur 44 chiennes. Cette étude ne mettait en évidence aucun effet significatif de l'âge des mères sur la concentration en IgG dans le colostrum même après avoir classé les chiennes en 3 groupes d'âge distincts. Plutôt que de diviser les chiennes en 2 groupes uniquement selon leur âge il aurait peut-être été plus judicieux de tenir compte également de l'espérance de vie de chaque race pour qualifier une chienne de jeune ou de plus âgée. Il serait intéressant aussi de suivre pour une même

chienne, les valeurs énergétiques et immunologiques du colostrum après plusieurs mises-bas.

c. Effet du format racial

Dans notre étude, il apparaît que la concentration en IgG du colostrum est indépendante du format racial des mères, ce qui est conforme aux résultats de l'étude de Gonnier et Rossig (2013 ; n=44 chiennes). Cependant notre étude ne porte que sur 21 chiennes de 10 races différentes, nous les avons divisés en 2 groupes selon leur format racial, les effectifs dans chaque groupe sont donc restreints. Les cockers, seule race de format moyen ont été classés dans le groupe des races de petit format comme dans l'étude de Gonnier et Rossig (2013), ce qui peut avoir empêché la mise en évidence d'un effet du format racial.

Dans l'espèce bovine, des différences de concentrations en IgG du colostrum ont été mises en évidence chez les races laitières par rapport aux races allaitantes (Weaver et al, 2000) possiblement liée à un effet dilution liée à une production laitière plus importante. Dans la même idée on pourrait classer les races canines selon leur proximité phylogénétique et selon la production laitière afin de voir s'il existe des différences de composition du colostrum. D'autre part il serait judicieux d'étudier les variations de composition du colostrum entre les différentes races canines mais ceci nécessiterait un grand nombre de chiennes de chaque race.

d. Effet de la taille de portée

L'étude de Gonnier et Rossig (2013), ne rapporte pas de différence significative entre les concentrations en IgG dans le colostrum des mères ayant eu une petite portée par rapport aux mères ayant eu une portée de grande taille, les résultats de notre étude son similaires. Notre étude met en évidence une concentration en protéines plus élevée dans le colostrum des mères ayant eu une petite portée par rapport à celle ayant eu une portée de taille moyenne. Cependant nos résultats ne sont pas totalement superposables à ceux de Gonnier et Rossig puisque nous avons tenu compte du nombre de chiots nés (morts ou vivants) tandis que Gonnier et Rossig n'ont tenu compte que du nombre de chiots nés vivants. Il paraît plus logique de tenir compte aussi des chiots mort-nés car ils étaient présents tout au long de la gestation donc ils ont pu avoir une influence sur la qualité du colostrum produit. Nous pouvons raisonner différemment en excluant les chiots mort-nés puisqu'ils ne participent pas à la stimulation mécanique de la mamelle par la tétée.

D'autre part nous avons défini les tailles de portée en tenant compte du format racial des mères en raison des tailles de portées supérieures chez les chiennes de grandes races. Une autre analyse aurait pu consister à prendre en compte le poids total de la portée par rapport au poids de la mère.

e. Perspectives

Cette étude ouvre de nombreuses perspectives. Tout d'abord du fait de la très grande variabilité des races dans l'espèce canine, il serait sans doute très intéressant de rechercher un effet de la race sur la composition du colostrum en étudiant différentes races canines ce qui nécessiterait un échantillon de grande taille. On pourrait aussi prendre des chiens de catégories variées selon leur utilisation (chasse, sport...) ou de proximité phylogénétique variée.

D'autre part, puisque la concentration en IgG colostrale est corrélée au taux protéique du colostrum et que la qualité immunologique du colostrum varie différemment pour chaque chienne selon le numéro de mamelle, il serait intéressant de mettre au point une technique d'évaluation du taux protéique. Ceci permettrait d'évaluer la qualité immunologique du colostrum directement au chevet de la chienne et éventuellement d'orienter la prise colostrale des chiots vers une paire de mamelle préférentiellement.

Nous n'avons mis en évidence aucune corrélation entre la valeur énergétique du colostrum et sa teneur en IgG. Il serait judicieux de voir si en favorisant les colostrums de haute qualité immunologique c'est-à-dire riches en IgG, on ne voit pas se dégrader leur apport énergétique, puisque les deux éléments ont un impact sur la mortalité des chiots.

Il semble également que dans certaines espèces les jeunes influencent la production colostrale, soit par leur nombre dans la portée, soit par la stimulation sur la mamelle qu'ils exercent en tétant leur mère qui elle dépend directement de leur vivacité et de leur poids à la naissance. Pour s'affranchir de ces variations dues aux jeunes il serait judicieux d'évaluer la quantité de colostrum totale produite par chienne. En pratique cela est très difficile à réaliser car il faut trouver un nombre de chiennes suffisant, leur retirer les chiots dès leur naissance pour les nourrir artificiellement et avoir un dispositif permettant de traire totalement chaque chienne. Ceci permettrait également d'évaluer un éventuel effet dilution c'est-à-dire la variation de la composition du colostrum en fonction du volume de colostrum produit.

D'autres pistes seraient intéressantes à étudier pour améliorer la qualité nutritionnelle du colostrum canin : on pourrait étudier l'influence de la valeur énergétique de la ration de la mère pendant la gestation et la lactation sur la qualité de son colostrum. L'effet de la consommation de certains types de lipides par la mère (notamment les acides omégas 3 et omégas 6) sur les fonctions cognitives des chiots pourrait également être intéressant à étudier.

Notre étude concerne le taux en IgG totales dans le colostrum, il serait judicieux d'étudier les taux des IgG spécifiques des maladies rencontrées fréquemment en élevage (parvovirus canin, herpèsvirus...) et de voir l'éventuel effet de la vaccination des mères sur les taux en IgG spécifiques dans leur colostrum. La vermifugation des mères est également un élément important qui mérite d'être étudié et dont l'influence sur le colostrum reste inconnue.

Actuellement les substituts de colostrum commercialisés permettent de couvrir les besoins énergétiques des chiots mais ils n'apportent aucune protection immunologique puisqu'ils ne contiennent pas d'anticorps. Cet aspect reste encore à améliorer pour assurer une bonne protection des chiots lors de l'utilisation de colostrum de remplacement.

CONCLUSION

A travers notre étude, nous avons pu montrer que la qualité immunologique du colostrum est influencée par l'âge des mères et qu'elle présente des variations interindividuelles importantes. D'autre part la qualité immunologique et nutritionnelle du colostrum est significativement influencée par la position de la mamelle, sans qu'un numéro de mamelle ne donne systématiquement un colostrum de meilleure qualité.

Notre étude ouvre de nombreuses perspectives notamment des études en prenant en compte la quantité de colostrum produite par mamelle et par chienne, mais aussi le comportement de tétée des chiots : si chaque chiot tète une mamelle préférentiellement ou pas, la quantité de colostrum ingérée par chaque chiot... Pour déterminer ceci il faudrait réaliser une étude vidéo d'observation du comportement des chiots. Par contre la quantité de colostrum ingérée par chiot est très difficile à évaluer. Pour s'affranchir de la quantité de colostrum ingérée par les chiots, on pourrait les nourrir par sondage oro-gastrique et administrer une quantité connue de colostrum avec une concentration en IgG connue. Ceci permettrait également d'étudier l'effet de la quantité de colostrum ingérée sur la survie des chiots et de déterminer une quantité minimale de colostrum nécessaire pour éviter le risque de déficit de l'immunité passive.

Avec les résultats actuels nous ne pouvons pas établir de liens entre la qualité immunologique et la qualité nutritionnelle du colostrum et donc nous ne pouvons pas faire de conclusion quant aux recommandations pratiques en élevage canin. Pour l'instant la seule possibilité est de réaliser une banque de colostrum de bonne qualité (après avoir dosé les concentrations en IgG) et de sonder les chiots pour maîtriser leur consommation colostrale dans les 12 premières heures de vie.

BIBLIOGRAPHIE

ABDOU H, MARICHATOU H, BECKERS JF, DUFRASNE I, HORNICK JL (2012) Physiologie de la production et composition chimique du colostrum des grands mammifères domestiques : Généralités. *Annales de Médecine Vétérinaire*, **156**, 87–98.

ADKINS Y, LEPINE AJ, LONNERDAL B (2001). Changes in protein and nutrient composition of milk throughout lactation in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, **62**, 1266-1272.

ANDERSEN IL, TAJET GM, HAUKVIK IA, KONGSRUD S, BOE KE (2007). Relationship between Postnatal Piglet Mortality, Environmental Factors and Management around Farrowing in Herds with Loose-Housed, Lactating Sows. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, **57**, 38–45.

AREY DS, SINCLAIR A, EDWARDS SA, ROOKE JA (2000). Effects of regrouping on behavior, immune function and production in sows. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 136.

BANCHERO GE, PEREZ CLARIGET R, BENCINI R, LINDSAY DR, MILTON JTB, MARTIN GB (2006). Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. *Reproduction Nutrition Development*, **46**, 447-460.

BEBIAK DM, LAWLER DF, REUTZEL LF (1987). Nutrition and management of the dog. *The Veterinary Clinics of North America, Small animal practice*, **17**, 531-533.

BELIN M (2013). Croissance et mortalité du chiot en élevage. Thèse pour le Doctorat Vétérinaire, Toulouse, 80 pages.

BERTIERI M (2012). Etude de la concentration en immunoglobulines des sécrétions mammaires de la chienne. Thèse pour le Doctorat Vétérinaire, Toulouse, 79 pages.

BESSER TE, MCGUIRE TC, GAY CC, PRITCHETT LC (1988). Transfert of functional immunoglobulin G (IgG) antibody into the gastrointestinal tract accounts for IgG clearance in calves. *Journal of Virology*, **62**, 2234-2237.

BLAND IM, ROOKE JA, SINCLAIR AG, BLAND VC, EDWARDS SA. (2001). Effects of supplementing the maternal diet with vitamins and vaccinating the sow on immunoglobulin G concentration in piglet plasma. *Proceedings of the Nutrition Society*, **60**, p72.

BONDO T, JENSEN SK (2011). Administration of RRR- α -tocopherol to pregnant mares stimulates maternal IgG and IgM production in colostrums and enhances vitamin E and IgM status in foals. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **95**, 214-222.

BURTON JH, HOSEIN AA, MCMILLAN L, GRIEVE DG, WILKIE BN (1984). Immunoglobulin absorption in calves as influenced by dietary protein intakes of their dams. *Canadian Journal of Animal Science*, **64**, 185–186.

CABRERA RA, LIN X, CAMPBELL JM, MOESER AJ, ODLE J (2012). Influence of birth order, birth weight, colostrum and serum immunoglobulin G on neonatal piglet survival. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, **3 (42)**, 1-9.

CARPENTER G (1980). Epithelial growth factor is a major promoting agent in human milk. *Science*, **210**, 198.

CHASTANT-MAILLARD S, FREYBURGER L, MARCHETEAU E, THOUMIRE S, RAVIER JF, REYNAUD K (2012). Timing of the Intestinal Barrier Closure in Puppies. *Reproduction in Domestic Animals*, **47**, suppl.6, 190-193.

CLAUS MA, LEVY JK, MACDONALD K, TUCKER SJ, CRAWFORD PC (2006). Immunoglobulin concentrations in feline colostrum and milk, and the requirement of colostrum for passive transfer of immunity to neonatal kittens. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, **8**, 184-191.

CRAWFORD C, HANEL RM, LEVY JK (2003). Evaluation of treatment of colostrums-deprived kittens with equine IgG. *American Journal of Veterinary Research*, **64**, 969-975.

DAGGS RG (1931). Studies on Lactation I. Production of milk in the dog as influenced by different kinds of food proteins. *The Journal of Nutrition*, **4**, 443–467.

DAY MJ (2007). Immune system Development in the Dog and Cat. *Journal of Comparative Pathology*, **137**, S10–S15.

DELOUIS C, DJIANE J, HOUDEBINE LM, TERQUI M (1980). Relation between hormones and mammary gland function. *Journal of Dairy Science*, **63**, 492-1513.

DEVILLERS N, FARMER C, LE DIVIDICH J, PRUNIER A (2007). Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. *Animal*, **1 (7)**, 1033-1041.

DONOVAN A, DOHOO I, MONTGOMERY DM, BENNETT FL (1998). Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Preventive Veterinary Medicine*, **34**, 31-46.

FARMER C, QUESNEL H (2008). Nutritional, Hormonal, and Environmental Effects on Colostrum in Sows. *Journal of Animal Science*, **87**, 56–64.

FLEENOR WA, STOTT GH (1980). Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, **63**, 973–977.

FONTBONNE A, FONTAINE E, GILSON C, LEVY X (2007). Guide pratique de reproduction clinique canine et féline. Page 20.

GAYRARD V. *Physiologie de la reproduction des mammifères*, cours de première année ENVT (2009).

GARRIER L (2012). Facteurs de variation du transfert passif de l'immunité chez le chiot en élevage. Thèse pour le Doctorat Vétérinaire, Toulouse, 82 pages.

GILL MA (2001), *Perinatal and late neonatal mortality in the dog*. Thèse de doctorat d'Université, University of Sydney, Sydney, NSW, Australie, 190 pages.

GONNIER M et ROSSIG L (2013). Etude du colostrum et du transfert passif de l'immunité dans l'espèce canine. Thèse pour le Doctorat Vétérinaire, Toulouse, 91 pages.

GRANDJEAN D, PARAGON BM, PIBOT P (1989). Alimentation du chiot au sevrage. *Le Point vétérinaire*, **21**, spécial pédiatrie, p 305-309.

HAAS SD, BRISTOL F, CARD CE (1996). Risk Factors Associated with the Incidence of Foal Mortality in an Extensively Managed Mare Herd. *The Canadian Veterinary Journal*, **37**, 91-95.

HEDDLE RJ, ROWLEY D (1975). Dog Immunoglobulins. I. Immunochemical Characterization of Dog Serum, Parotid Saliva, Colostrum, Milk and Small Bowel Fluid. *Immunology*, **29**, 185-195.

HINE C, HUNT PW, BEASLEY AM, WINDON SA, GLOVER SA, COLDITZ IG (2010). Selective transport of IgE into ovine mammary secretions. *Research in Veterinary Science*, **89**, 184-190.

HORN MJ, VAN EMON ML, GUNN PJ, EICHER SD, LEMENAGER RP, BURGESS J, PYATT N, LAKE SL (2010). Effects of maternal natural (*RRR* α -tocopherol acetate) or synthetic (all-*rac* α -tocopherol acetate) vitamin E supplementation on suckling calf performance, colostrum immunoglobulin G, and immune function. *Journal of Animal Science*, **88**, 3128-3135.

HOUGH RL, MCCARTHY FD, THATCHER CD, KENT HD, EVERSOLE DE (1990). Influence of glucocorticoid on macromolecular absorption and passive immunity in neonatal lambs. *Journal of Animal Science*, **68**, 2459-2464.

HUDSON R, RAIHANI G, GONZALEZ D, BAUTISTA A, DISTEL H (2009). Nipple preference and contests in Suckling Kittens of the domestic cat are unrelated to presumed nipple quality. *Developmental Psychobiology*, **51(4)**, 322-332.

INDREBO A, TRANGERUD C, MOE L (2007). Canine neonatal mortality in four large breeds. *Acta Veterinaria Scandinavia*, **49** (Suppl 1): S2

INOUE T, KITANO K, INOUE K (1980). Possible factors influencing the immunoglobulin G concentration in swine colostrums. *American Journal of Veterinarian Research*, **41**, 1134-1136.

KACSKOVICS I (2004). Fc receptor in livestock species. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, **102**, 351-362.

KEHOE SI, HEINRICHS AJ , PAS, MOODY ML, JONES CM , LONG MR (2011). Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum. *The Professional Animal Scientist*, **27**, 176–180.

KRUSE V (1970). Yield of colostrum and immunoglobulins in cattle at the first milking after parturition. *Journal of Animal Production*, **12**, 619-626.

LONA D V, ROMERO R C (2001). Low Levels of Colostral Immunoglobulins in Some Dairy Cows with Placental Retention. *Journal of Dairy Science*, **84**, 389–391.

MELLOR DJ, FLINT DJ, VERNON RG, FORSYTH IA (1987). Relations between plasma hormone concentrations, udder development and the production of early mammary secretions in twin-bearing ewes on different planes of nutrition. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, **72**, 345-356.

MILA H, GRELLET A, CHASTANT MAILLARD S (2012). Prognostic value of birth weight and early weight gain on neonatal and pediatric mortality : a longitudinal study on 984 puppies, 7th Quadrennial International Symposium on Canine and Feline Reproduction, 26-29 juillet 2012 Whistler, BC, Canada, 163.

MILA H, FEUGIER A, GRELLET A, ANNE J, GGONNIER M, MARTIN M, ROSSIG L, CHASTANT-MAILLARD S (2014). Inadequate passive immune transfer in puppies: definition, risk factors and prevention in a large multi-breed kennel. *Preventive Veterinary Medicine*, **116 (1-2)**, 209-213.

NIELEN A L, VAN DER GAAG I, KNOL BW, SCHUKKEN YH (1968). Investigation of mortality and pathological changes in a 14-month birth cohort of boxer puppies. *The Veterinary record*, **142 (22)**, 602-606.

NORCROSS NL (1982). Secretion and composition of colostrum and milk. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **181**, 1057-1060.

NORMAN LM, HOHENBOKEN WD (1981). Genetic differences in concentration of immunoglobulins G1 and M and colostrum of cows and in serum of neonatal calves. *Journal of Animal Science*, **53 (6)**, 1465-1471.

OFTEDAL OT (1984). Lactation in the Dog: Milk Composition and Intake by Puppies. *The Journal of Nutrition*, **114**, 803-812.

PARIS T (1996). Le développement et l'éducation du chiot. Recueil de Médecine Vétérinaire-spécial croissance du chiot.

PETZINGER C, OFTEDAL OT, JACOBSEN K, MURTOUGH KL, IRLBECK NA, POWER ML (2014). Proximate Composition of Milk of the Bongo (*Tragelaphus eurycerus*) in Comparison to Other African Bovids and to Hand-Rearing Formulas. *Zoo Biology*, **33**, 305–313.

PINELLI-SAAVEDRA A, CALDERON DE LA BARCA AM, HERNANDEZ J, VALENZUELA R, SCAIFE JR (2008). Effect of supplementing sows' feed with α -tocopherol acetate and vitamin C on transfer of α -tocopherol to piglet tissues, colostrum, and milk: aspects of immune status of piglets. *Research in Veterinary Science*, **85**, 92-100

POTKAY S, BACHER JD (1977). Morbidity and mortality in a closed Foxhound breeding colony. *Laboratory Animal Science*, **27(1)**, 78-84.

QUESNEL H (2011). Colostrum production by sows : variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. *Animal*, **5-10**, 1546-1553.

SALMON H, BERRI M, GERDTS V, MEURENS F (2009). Humoral and cellular factors of maternal immunity in swine. *Developmental and Comparative Immunology*, **33**, 384-393.

SCHÄFER-SOMI S, BAR SCHADLER S, AURICH JE (2005). Immunoglobulins in nasal secretions of dog puppies from the birth to six weeks of age. *Research Veterinary Science*, **78**, 143-150.

SEGALINI V (2007). *Le colostrum des carnivores domestiques*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Alfort, 119 pages.

SEGALINI V (2008). Les caractéristiques du lait chez le chien et le chat. *Le Point Vétérinaire*, **291**, 29-32.

SWANSON T J, HAMMER CJ, LUTHER JS, CARLSON DB, TAYLOR JB, REDMER DA, NEVILLE TL, REED JJ, REYNOLDS LP, CATON JS, VONNAHME KA (2008). Effects of Gestational Plane of Nutrition and Selenium Supplementation on Mammary Development and Colostrum Quality in Pregnant Ewe Lambs. *Journal of Animal Science*, **86**, 2415-2423.

THORSON JF, KARREN BJ, BAUER ML, CAVINDER CA, COVERDALE JA, HAMMER CJ (2009). Effect of Selenium Supplementation and Plane of Nutrition on Mares and Their Foals: Foaling Data. *Journal of Animal Science*, **88**, 982–990.

TONNENSSSEN R, SVERDRUP BORGE K, NODTVEDT A, INDREBO A (2012). Canine Perinatal Mortality: A Cohort Study of 224 Breeds. *Theriogenology*, **77**, 1788–1801.

TUCKER HA, (2000). Hormones, mammary growth, and lactation: a 41-year perspective. *Journal Dairy Science*, **83**, 874-884.

TYLER JW, STEEVENS BJ, HOSTETLER DE, HOLLE JM, DENBIGH JL (1999). Colostral IgG concentrations in Holstein and Guernsey cows. *American Journal of Veterinary Research*, **60**, 1136–1139.

UETAKE K, AKIYAMA K, TANAKA T (2014). Relationship between stress levels of the antepartum cow and her new born calf. *Animal Science Journal*, **85**, 81–84.

VAN DER BEEK S, NIELEN AL, SCHUKKEN YH, BRASCAMP E W (1999). Evaluation of genetic, common-litter, and within-litter effects on preweaning mortality in a birth cohort of puppies. *American Journal of Veterinary Research*, **60 (9)**, 1106-1110.

VERSTEGEN-ONCLIN K, VERSTEGEN J (2008). Endocrinology of Pregnancy in the Dog: A Review. *Theriogenology*, **70**, 291–299.

WEAVER DM, TYLER JW, VANMETRE D., HOSTETLER DE, BARRINGTON GM (2000). Passive Transfer of Colostral Immunoglobulins in Calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **14**, 569-577.

WU WZ, WANG XQ, WU GY, KIM SW, CHEN F, WANG JJ (2010). Differential composition of proteomes in sow colostrum and milk from anterior and posterior mammary glands. *Journal of Animal Science*, **88**, 2657-2664.

ZHAO X, LACASSE P (2008). Mammary Tissue Damage during Bovine Mastitis: Causes and Control. *Journal of Animal Science*, **86**, 57–65.

NOM: COINUS

Prénom: Stéphanie

Titre: Composition nutritionnelle et immunologique du colostrum canin

Résumé: Dans l'espèce canine, la consommation de colostrum est essentielle à la survie des chiots. Un colostrum de qualité nutritionnelle faible augmente le risque de mortalité néonatale, qui représente une perte économique non négligeable en élevage. Des prélèvements réalisés en 2013 sur 21 chiennes d'un élevage français nous ont permis d'étudier l'influence de divers facteurs physiologiques sur la composition du colostrum canin. Les chiennes âgées de plus de 6 ans produisent un colostrum ayant des concentrations en IgG et en protéines plus élevées mais des concentrations en glucides et en lipides plus faibles que les femelles plus jeunes. La concentration en IgG est corrélée positivement avec le taux protéique et négativement avec les taux de glucides et de lipides du colostrum. Aucune relation entre la qualité immunologique et la qualité nutritionnelle du colostrum n'a été montrée dans cette étude. Enfin, la paire de mamelle produisant un colostrum de meilleure qualité immunologique et nutritionnelle par rapport aux autres varie d'une chienne à l'autre, rendant impossible toute recommandation pour les éleveurs.

Mots clés: colostrum / chien / immunoglobuline G / protéines / glucides / lipides / énergie

Title: Nutritional and immunological composition on canine colostrum

Abstract: In the canine species colostrum intake is essential for the survival of puppies. Low quality colostrum may thus increase the risk of neonatal mortality, leading to important economic loss in breeding kennels. Samples collected in 2013 on 21 bitches leaving within one French breeding kennel allowed the investigation on impact of different physiological factors on the composition of canine colostrum. Bitches above 6 years old were found to produce colostrum of higher immunoglobulin and protein concentrations, but of lower fat and sugar concentrations compared with younger females. Immunoglobulin G concentration was positively correlated with proteins and negatively correlated with sugar and fat concentrations. No relationship between immunological and energetic quality of colostrum was demonstrated in this study. High variability in colostrum quality between different bitches, but also among one bitch was evidenced. However, none of five pairs of mammary gland produced colostrum of systematically better immunological or nutritional quality, making impossible any recommendations for breeders.

Keywords: colostrum / dog / immunoglobulin G / proteins / sugar / fat / energy