ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 2008 - Thèse n° ….

EVALUATION PAR LA TECHNIQUE D'IMMUNODIFFUSION RADIALE DE LA QUALITE DU COLOSTRUM ET DU TRANSFERT COLOSTRAL CHEZ LES BOVINS.

THESE

Présentée à l'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON
et soutenue publiquement le 28 Novembre 2008
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Hugues ALLEMAND
Né le 25 Décembre 1982
à Lyon (Rhône)

Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, membre de UNIVERSITÉ DE LYON

DEPARTEMENT ET CORPS ENSEIGNANT DE L'ENVL

Directeur : Stéphane MARTINOT

Mise à jour : 20/03/2008

	PR EX	PR 1	PR 2	ISPV,MC, MC(HC)	Contractuel, Associé, IPAC	Praticiens hospitaliers
DEPARTEMENT SANTE PUBLIQUE VETERINAIRE						
Microbiologie, Immunologie, Pathologie Générale	Y. RICHARD		A. KODJO	V. GUERIN-FAUBLEE (HC) D. GREZEL		
Pathologie infectieuse		M. ARTOIS	A. LACHERETZ	J. VIALARD (HC)		
Parasitologie et Maladies Parasitaires	MC. CHAUVE	G. BOURDOISEAU		MP. CALLAIT-CARDINAL L. ZENNER		
Qualité et Sécurité des Aliments			P. DEMONT C. VERNOZY	A. GONTHIER S. COLARDELLE (ISPV) D. SERGENTET (stagiaire)		
Législation et Jurisprudence			A. LACHERETZ			
Bio-informatique - Bio-statistique			ML. DELIGNETTE	P. SABATIER (HC) K. CHALVET-MONERAY		
DEPARTEMENT ANIMAUX DE COMPAGNIE						
Anatomie			T. ROGER	S. SAWAYA	C. BOULOCHER	
Chirurgie et Anesthésiologie		JP. GENEVOIS	D. FAU E.VIGUIER D. REMY	C.CAROZZO K. PORTIER (stagiaire)	S. JUNOT	
Anatomie-pathologique/Dermatologie-Cancérologie			C. FLEURY	T. MARCHAL D. PIN	P. BELLI	
Hématologie		C. FOURNEL			D. WATRELOT-VIRIEUX	
Médecine interne		JL. CADORE	L. CHABANNE	F. PONCE M. HUGONNARD C.ESCRIOU	I. BUBLOT M. PASTOR C. POUZOT (siamu)	
Imagerie Médicale					F. RIGOUT-PAULIK	
DEPARTEMENT PRODUCTIONS ANIMALES						
Zootechnie, Ethologie et Economie Rurale		M. FRANCK		L. MOUNIER	L. COMMUN	
Nutrition et Alimentation				D. GRANCHER (HC) L. ALVES DE OLIVEIRA G. EGRON		
Biologie et Pathologie de Reproduction		F. BADINAND	M. RACHAIL-BRETIN P. GUERIN	S. BUFF	A. C. LEFRANC	
Pathologie Animaux de Production	P. BEZILLE	T. ALOGNINOUWA		R. FRIKHA M.A. ARCANGIOLI D. LE GRAND		G. LESOBRE P. DEBARNOT P. OTZ
DEPARTEMENT SCIENCES BIOLOGIQUES						
Physiologie/Thérapeutique			JM. BONNET-GARIN	J.J. THIEBAULT (HC)		
Biophysique/Biochimie		E. BENOIT F. GARNIER		T. BURONFOSSE		
Génétique et Biologie moléculaire			F. GRAIN	V. LAMBERT		
Pharmacie/Toxicologie Législation du Médicament		G. KECK	P. JAUSSAUD P. BERNY	C. PROUILLAC (stagiaire)		
Langues					T. AVISON (IPAC) G. MARTIN (IPAC)	
DEPARTEMENT HIPPIQUE						
Pathologie équine		JL. CADORE		A. BENAMOU-SMITH		
Clinique équine		O. LEPAGE		A. LEBLOND	M. GANGL	

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Michel BERLAND

de la Faculté de Médecine de Lyon,

Qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommages respectueux.

A Madame le Docteur Jacquemine VIALARD

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon,

Qui a proposé puis encadré ce travail et nous a fait confiance lors de sa réalisation, avec gentillesse et pertinence.

Qu'elle trouve ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.

A Monsieur le Docteur Laurent ALVES DE OLIVEIRA

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon,

Qui nous a fait l'honneur de s'intéresser à ce travail et d'accepter de participer à notre jury de thèse.

Sincères remerciements.

A toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail par leur aide physique, logistique ou intellectuelle :

Aux professionnels qui ont pris de leur temps pour réaliser, conserver et acheminer les prélèvements, parfois au péril de leur vie :

- **Sylvain GONDAT** et les membres de la **Station de l'Union de Testage Charolais** d'Agonges,
- les membres du **Centre d'Elevage Lucien Biset** de Poisy
- **l'EARL BELLOT** ainsi que **Laurent BRULLE** et **Chloé RABBIA**,
- **l'EARL COLLAS** et **Louis COLLAS** pour la Top Liste sans maïs,
- **Bernard ALLEMAND**,
- **Jacques GAGNE**,
- le **GAEC de la VERSONNE**,

Au **LVD69** : le **Dr Jacquemine VIALARD**, **Brigitte CHATAIGNER** pour tout le travail technique qu'elle a réalisé, le **Secrétariat** pour la réception des échantillons,

A la société **Schering-Plough** pour son soutien logistique et financier et en particulier au **Dr Frédéric LEBOEUF et à Robert CHEVALIER** pour leur collaboration,

Au **Dr Didier LEVIEUX** pour ses précieuses données,

A **Marie-Laure DELIGNETTE-MULLER** pour son aide lors des analyses statistiques,

Au **Dr Coralie REVERSAT** pour son soutien moral, sa présence et ses précieux conseils, merci aussi **à la famille REVERSAT,**

A **Laurent BRULLE**, **Chloé RABBIA**, le **Dr Marie FAGES**, **Elsa MOULIN**, le **Dr Aurore LAMBERT,** au **Cabinet Vétérinaire du Grand Chemin** à Epinac, aux **Drs Frederik JANSSENS et Christel VANHOOF** de Ste Sévère-sur-Indre, pour leur soutien logistique,

A **Mariam GODDE** pour sa paisible rigueur linguistique,

A **Florent BIZARD** pour l'impression du manuscrit.

A **ma mère**, **mon père**, **mon frère** et **ma sœur** pour leur présence et leur proximité si rassurantes depuis bientôt 26 ans

A **ma Mamie** et aux autres membres de **la famille,** à Chacornac et ailleurs

A mon **tonton Bernard** (et son cheptel) sans qui, (avec mes parents), je serais surement ailleurs aujourd'hui

A **Coralie**, pour ces moments en ta compagnie. Grogros bibis ma chérie.

C'est vrai le bonheur ne se cherche pas : c'est lui qui nous trouve.

H.Allemand

Voici à présent la page la moins scientifique de cette thèse, mais néanmoins une des plus attendue, que je nommerais volontiers « la page de l'amitié ».

A tous les individus et organismes ayant complété ma formation universitaire :

Le Cabinet vétérinaire GEORGII-JULIEN, B. GOUJAT, Raoul ALLEMAND et Codelia 43, la famille JOLY, E. DE VEYRAC, les vétos de Montrevel, Fred et Christel de Ste Sévère, David et Fred de La Châtre, Jean Philippe et ses associés de Chateaumeillant, le SIAMU, les internes carnivores 2006-2007, la Clinique Vétérinaire de la Rade et son millésime 2007-2008, l'UCRA (hip hip hip), le salon de coiffure MORIZOT et son commis Philippe LOVERY, Jocelyn AMIOT et tous les membres de la Clinique Vétérinaire du Grand Chemin à Epinac, l'AS CAYRES pour mes futures prothèses de hanche, la SNGTV, la LGVE, l'Académie des Sosies, la Black List.

Aux personnels et enseignants côtoyés avec plaisir à l'ENVL : Dr GOY-THOLLOT, Dr BELLI, Véronique LAMBERT, Bernard ABELOUS, Dr ARCANGIOLI, Gérard CROZIER, Pr BADINAND, Dr ALVES DE OLIVEIRA, tous les employés du SIAMU, du LVD69, les secrétaires de la clinique carnivore, Jean-Pierre, Marie-No, les dames sympas du BDF, de la bibli, HENRI, Danièle et Gilbert (aucun lien) du RU et j'en oublie certainement

A **Louis**, dit Le professionnel, des conf' GTV à la cabine du 6420, merci de ton soutien inconditionnel pour l'OL et merci aussi d'avoir choisi ton camp, n'en déplaise à Piwi,

Piwi justement, mon partenaire de loose et de Fifa style, mon faire-valoir auprès des éleveurs (chacun le sien), la tora Mel Gibson,

Fanny, qui m'a supporté en clinique et ailleurs, du car pour les Interécoles à la balancelle qui aurait du craquer, t'es une chouette fille ta Fistule te souhaite bon vent,

Marjo, de Chantelle au quai de la gare de Hyères, je ne t'oublierai jamais rassure toi,

Marie, le B&B 5 étoiles, les engueulades bidon, promis un jour je t'appelle pas au volant,

Monsieur Nouye, sa gentillesse, sa classe et son clapping avec Gregory,

Jamy, maître académicien (Aulas et Laurent Boyer tu valides?),

le Groupe 9 : **Myriam** et son rire, **Elise** et son sourire, **Aurélie** et sa nouvelle passion,

Aurore, merci pour ton accueil à Hyères et d'avoir voulu sortir avec moi en P2 (si si),

Laurent, **Ségo, Elsa**, **Mariam, Emilie, Tiflette, Lolo, Garga, Miko, Chloé, Fifi, Papaye, Mel, Aymeric, Pi7, Adrien, Lob, Domie, Nanou, Tony, Pierrick, Clém, Thiéb, Ophélie, Snoopy, RoG, Guillaume, Loul, Alice, Sandra, Yoko, Anne, Tigrou, Doumé, Blandine, Aurélie, Fanny, Cécilia, Florian, Grég, Dédé, Pof, Fred, Lio** et tous ceux que j'oublie…,

les colloc' : **Joris** (tioutiou**), **Alex** le parrain de Vovo, **David** (Urbane à ta place), **Camille** et sa cuisine à l'eau, **Laurianne** et son sex-appeal,

Christine et les **Morues** pour l'Accueil, mes poulottes ravissantes **Camille et Camille,**

JM Aulas grâce à qui je bombe le torse depuis 7 ans

Table des matières

Liste des figures……..……17
Liste des tableaux…….…….21

Introduction……...23

I. Le colostrum des Bovins 25
A. Caractéristiques de la gestation chez les Bovins..... 25
1. Une placentation épithéliochoriale..... 25
2. Le développement d'un système immunitaire complet mais peu actif 26
3. Une hyporéactivité des défenses à la mise-bas. 27
B. Le colostrum : présentation..... 28
1. Définition 28
2. Composition du premier colostrum..... 28
a) Composition générale 28
b) Protéines majeures..... 29
c) Minéraux et vitamines 30
d) Cellules 30
e) Autres éléments 30
3. Evolution de la composition..... 31
C. Les rôles du colostrum pour le nouveau-né 32
1. Rôles dans le métabolisme du nouveau-né 32
a) Le rôle majeur : fourniture de substrats énergétiques..... 32
b) Rôle dans la régulation du métabolisme..... 32
2. Rôles dans les défenses du nouveau-né..... 33
a) Le rôle majeur : transmission d'une immunité passive 33
b) Les fonctions des cellules transférées..... 35
c) La modulation du développement de l'immunité active 36
D. Les caractéristiques du colostrum et leurs variations..... 37
1. Caractéristiques principales..... 37
a) Le volume produit 37
b) La concentration en immunoglobulines..... 37
2. Caractéristiques secondaires 42
a) La densité..... 42
b) La contamination microbienne 43

II. Le transfert d'immunité passive chez les bovins 45
A. Problématique..... 45
1. Rappel : nécessité d'un tel transfert 45
2. Définitions..... 45
a) Transfert d'immunité passive 45
b) Défaut ou déficit de transfert..... 45
3. Influence sur la santé et les performances futures du veau 46

a) A court terme : Morbidité et mortalité néonatales 46
b) A moyen et long terme 47
B. Physiologie du transfert d'immunité passive 48
1. Origine des Immunoglobulines colostrales 48
a) Transfert d'éléments sériques maternels 48
b) Synthèse locale d'immunoglobulines 50
c) Dilution du colostrum 50
2. Ingestion de colostrum par le veau nouveau-né 51
3. Absorption des immunoglobulines dans le tractus digestif du veau nouveau-né 51
a) Les molécules transférées 51
b) Localisation et mécanismes cellulaires mis en jeu 52
c) Un processus limité 52
4. Devenir des immunoglobulines absorbées 53
C. Variations de la quantité d'immunoglobulines transférées 54
1. Variations lors de l'ingestion de colostrum 54
a) Méthode de distribution 54
b) Méthode de conservation 56
2. Variations lors de l'absorption intestinale 57
a) Facteurs liés à l'ingestion 57
b) Facteurs liés au veau 59

III. Gestion pratique du transfert colostral chez les bovins 62
A. Evaluation du transfert colostral 62
1. Evaluation des caractéristiques du colostrum produit par la mère 62
a) Evaluation épidémio-clinique 62
b) Evaluation paraclinique : concentration en immunoglobulines 63
2. Evaluation de la consommation de colostrum par le veau 69
a) Evaluation épidémio-clinique 69
b) Evaluation paraclinique 70
3. Evaluation de l'efficacité de l'absorption des immunoglobulines 72
B. Optimisation du transfert colostral 73
1. Amélioration de la qualité du colostrum produit par la mère 73
a) Etat sanitaire de la mère 73
b) Vaccination de la mère 74
2. Optimisation de l'ingestion du colostrum 74
a) Produit effectivement ingéré par le veau 74
b) Délais et fréquence 76
c) Quantités 77
d) Mode de distribution 77
3. Optimisation de l'efficacité de l'absorption 78
a) Précocité de l'ingestion 78
b) Immunoglobulines fonctionnelles 78
c) Déroulement de la parturition 78

IV. Matériel et méthodes 81
A. Bovins concernés 81
B. Prélèvements et conditionnement 82
1. Vache : prélèvement de colostrum 82
2. Veau : prélèvement sanguin 82
C. Recueil des commémoratifs 83
1. Elevage Agonges 83
2. Elevage P. 83
3. 5 autres élevages 83
D. Analyses de laboratoire 84
1. Immunodiffusion radiale 84
a) Description des kits d'immunodiffusion radiale et de la gamme étalon 84
b) Remplissage des puits 84
c) Lecture des résultats 85
2. Evaluation de la densité du colostrum 87
a) Par utilisation du pèse-colostrum 87
b) Par mesure de la densité volumétrique 87

V. Résultats 88
A. Etude des caractéristiques du colostrum 88
1. Teneur en immunoglobulines G du colostrum 88
a) Concentration colostrale en IgG chez les vaches allaitantes 88
b) Concentration colostrale en IgG chez les vaches laitières 89
2. Quantité de colostrum produite 90
a) En cheptel allaitant 90
b) En cheptel laitier 91
3. Evaluation de la densité du colostrum 92
a) En cheptel allaitant 92
b) En cheptel laitier 92
4. Couleur du colostrum 93
5. Evolution de la teneur en IgG lors des 6 premières traites chez les vaches laitières 94
B. Etude du transfert colostral 95
1. Concentration sérique en IgG 95
a) En cheptel allaitant 95
b) En cheptel laitier 96
2. Concentration plasmatique en IgG 97
3. Délai d'ingestion du 1er repas 98

VI. Discussion des résultats expérimentaux 100
A. Etude des caractéristiques du colostrum 100
1. Teneur colostrale en IgG en élevage allaitant et en élevage laitier 100
2. Appréciation des autres caractéristiques du colostrum 101
a) Relation entre couleur et teneur en IgG 101
b) Relation entre densité et teneur en IgG 103

c) Intérêt du pèse-colostrum pour l'évaluation de la concentration en IgG 104
3. Evaluation de la quantité d'IgG produite 104
4. Evolution de la concentration en IgG après le vêlage 107
5. Etude des facteurs de variation potentiels de la qualité du colostrum 109
a) Influence du rang de vêlage 109
b) Influence de la durée de gestation 110
c) Influence des pertes précoces de colostrum 112
d) Influence du délai entre le vêlage et le prélèvement 112
e) Etude d'autres facteurs éventuels de variation 114
B. Etude du transfert colostral 115
1. Qualité du transfert d'IgG en cheptel allaitant et en cheptel laitier 115
2. Relation entre le colostrum de la mère et les IgG sériques du veau 116
a) Influence de la concentration du colostrum en IgG 116
b) Influence du volume de colostrum ingéré 118
c) Influence de la précocité d'ingestion du 1er repas 119
3. Méthodologie d'évaluation des IgG sanguines du veau 121
a) Influence de la nature de la matrice utilisée (sérum ou plasma) 121
b) Influence du délai entre vêlage, ingestion colostrale et réalisation du prélèvement sanguin 121
4. Relation entre la qualité du transfert passif d'immunité et les pathologies néonatales ultérieures 123

VII. Bilan et perspectives 124

Conclusion…….….127

Références bibliographiques……..….129

Annexes……..139

Liste des figures

Figure 1 : Ontogenèse du système immunitaire chez le fœtus ovin ……26

Figure 2 : Transfert d'IgG colostrales et synthèse endogène chez le porcelet…….35

Figure 3 : Histogramme de répartition des concentrations en immunoglobulines de 915 colostrums de vaches Prim'Holstein…….39

Figure 4 : Histogramme de répartition des concentrations en IgG1 de 397 colostrums de vaches allaitantes……...……40

Figure 5a : Histogramme de répartition des concentrations en IgG de 110 colostrums de vaches Charolaises……40

Figure 5b : Répartition des concentrations en IgG de 110 colostrums de vaches Charolaises en fonction de la saison de vêlage…….……40

Figure 6 : Evolution des IgG1 dans le sérum et les sécrétions lactées dans les semaines qui précèdent et qui suivent la mise-bas…….49

Figure 7 : Mécanisme du transfert sélectif des IgG1 à travers l'épithélium sécrétoire de la glande mammaire……..50

Figure 8 : Principaux facteurs responsables d'un défaut de prise du colostrum chez le veau.55

Figure 9a : Evolution de l'efficacité de l'absorption des IgG1 chez le veau, dans les heures qui suivent la mise-bas…….…….57

Figure 9b : Relation entre l'efficacité d'absorption des IgG et l'âge du veau au premier repas……..58

Figure 10 : Schéma de principe de l'immunodiffusion radiale, d'après LEVIEUX……64

Figure 11 : Schéma de principe du test de migration latérale, d'après LEVIEUX…….65

Figure 12 : Nuages de points, droites de régression linéaire et intervalles de confiance à 95% concernant la relation entre les protéines colostrales et la densité (a) et les IgG1 colostrales et la densité (b) pour 40 colostrums de vaches Holstein multipares…….…67

Figure 13 : Nuages de points et droites de régression linéaire concernant la relation entre la densité et les protéines totales colostrales (a) et la densité et les γ-globulines (b) pour 14 colostrums de vaches Holstein……..68

Figure 14: Histogramme de répartition des vaches (hors troupeau d'Agonges) par rapport au rang de vêlage……...……82

Figure 15 : Formation des halos de précipitation…….…...85

Figure 16 : Photographie numérique d'une boite d'immunodiffusion radiale…….86

Figure 17 : Histogramme de répartition des concentrations en IgG de 76 colostrums de vaches Charolaises……...…….88

Figure 18 : Histogramme de répartition des concentrations colostrales en IgG de 50 vaches laitières……..89

Figure 19 : Histogramme de répartition des quantités de colostrum produites chez 10 vaches charolaises…….90

Figure 20a : Représentation graphique des estimations par les éleveurs de la quantité de colostrum (L) produite lors des 6 premières traites……..91

Figure 20b : Histogramme de répartition des quantités de colostrum produites chez 31 vaches laitières……..91

Figure 21 : Histogramme de répartition des densités volumétriques de 71 colostrums de vaches allaitantes……..92

Figure 22 : Histogramme de répartition des concentrations de 19 colostrums de vache laitières d'après la mesure de leur densité au pèse-colostrum……..93

Figure 23 : Représentation schématique de la proportion d'échantillons de couleur «anormale»……93

Figure 24 : Photographie de 11 échantillons de colostrum de 1ère traite…….94

Figure 25 : Histogramme de répartition des concentrations sériques en IgG de 67 veaux en cheptel allaitant…….95

Figure 26 : Représentation schématique de la proportion de veaux pouvant être considérés en défaut de transfert passif……..…….96

Figure 27 : Histogramme de répartition des concentrations sériques en IgG de 24 veaux de cheptel laitier…….96

Figure 28: Représentation schématique de la proportion de veaux pouvant être considérés en défaut de transfert passif……..…….97

Figure 29 : Histogramme de répartition des concentrations plasmatiques en IgG chez 45 veaux…….97

Figure 30 : Représentation schématique des délais d'ingestion du 1er repas……..98

Figure 31 : Délais de prise du 1er repas colostrale chez 68 veaux allaitants exprimés en fréquences cumulées…….99

Figure 32 : Représentation graphique des concentrations colostrales en IgG chez 76 vaches allaitantes et 50 vaches laitières……..100

Figure 33 : Représentation graphique des concentrations en IgG selon la couleur du colostrum…….102

Figure 34 : Relation entre densité du colostrum et concentration en IgG dosée par immunodiffusion radiale…….103

Figure 35 : Relation entre densité du colostrum et concentration en IgG dosée par immunodiffusion radiale (IDR)……..104

Figure 36 : Concentration en IgG du colostrum en fonction du volume de la 1ère traite…...105

Figure 37 : Quantité brute d'IgG produite en 1ère traite en fonction du rang de vêlage…..…106

Figure 38 : Représentation graphique de la quantité d'IgG produite en 1ère traite chez 19 primipares et 20 multipares, toutes races confondues ……107

Figure 39 : Représentation graphique de la concentration colostrale en IgG lors des 6 premières traites après le vêlage chez 31 vaches laitières……..108

Figure 40 : Concentrations colostrales en IgG de 3 vaches laitières lors des 6 premières traites après le vêlage…….108

Figure 41 : Représentation graphique des concentrations colostrales en IgG selon le rang de vêlage chez 50 vaches laitières……...110

Figure 42 : Concentration colostrale en IgG en fonction de la durée de gestation chez 24 vaches laitières……111

Figure 43 : Concentration colostrale en IgG en fonction de la durée de gestation chez 68 vaches allaitantes…….111

Figure 44 : Représentation schématique des concentrations colostrales moyennes en IgG selon le rang de traite et les pertes précoces de colostrum……..112

Figure 45 : Concentration colostrale en IgG en fonction du moment de prélèvement par rapport au vêlage…….113

Figure 46: Distribution des 72 concentrations colostrales en IgG selon le jour de l'étude...114

Figure 47 : Représentation graphique des concentrations sériques en IgG chez 67 veaux allaitants et 24 veaux laitiers……..115

Figure 48: Répartition des concentrations colostrales et sériques de 24 couples mère/veau en cheptel laitier……..116

Figure 49 : Répartition des concentrations colostrales et sériques de 66 couples mère/veau en cheptel allaitant……...……117

Figure 50 : Répartition des concentrations sériques en IgG par rapport à la quantité d'IgG ingérée chez 13 veaux…….118

Figure 51: Relation entre plasma et sérum pour le dosage des IgG du veau…….120

Figure 52 : Relation entre la concentration sérique en IgG et le délai entre le prélèvement et le vêlage……..121

Figure 53 : Relation entre la concentration sérique en IgG et le délai entre le prélèvement et le 1er repas…….……..122

Figure 54 : Utilisation du graphique « IgG sériques = f (IgG colostrales) » dans l'analyse du transfert immunitaire colostrale d'un troupeau……...125

Liste des tableaux

Tableau I : Relations entre le type de placentation et le transfert d'immunoglobulines de la mère au jeune……25

Tableau II : Composition du colostrum et du lait……29

Tableau III : Concentrations en immunoglobulines du sérum, du lait et du colostrum de vache…….29

Tableau IV : Minéraux et vitamines dans le colostrum et le lait de vache……..29

Tableau V : Concentrations en IgG obtenues lors d'études menées sur le colostrum lors des 30 dernières années……...38

Tableau VI : Concentrations colostrales moyennes en immunoglobulines selon le rang de lactation (obtenues par immunodiffusion radiale)……41

Tableau VII : Contamination bactérienne du colostrum : objectifs et exemples…….43

Tableau VIII : Comparaison du pèse-colostrum et de l'immunodiffusion radiale pour le dosage de 915 colostrums de vaches laitières Prim'Holstein……...66

Tableau IX : Caractéristiques du pèse-colostrum lorsque le seuil de bonne concentration en IgG1 est augmenté……67

Tableau X : Ordre de grandeur des apports à préconiser pour une vache gestante pendant la période de tarissement (/animal/jour)……...73

Tableau XI : Présentation des bovins ayant fait l'objet de prélèvements……81

Tableau XII : Coefficients de dilution des échantillons……..84

Tableau XIII : Répartition des IgG colostrales dans les 2 échantillons de vaches allaitantes……..89

Tableau XIV : Répartition des IgG colostrales dans les 5 échantillons de vaches laitières……..90

Tableau XV : Paramètres descriptifs de la concentration (g/L) en IgG du colostrum (sens large) des 6 premières traites de 31 vaches laitières……94

Tableau XVI : Délais séparant le vêlage du 1er repas…….98

Tableau XVII : Comparaison des concentrations en IgG (g/L) entre les colostrums de couleurs normale et anormale…….101

Tableau XVIII : Quantité de colostrum produite en première traite après le vêlage……105

Tableau XIX : Paramètres descriptifs des concentrations colostrales en IgG selon le rang de vêlage chez 50 vaches laitières……...109

Tableau XX : Comparaison du transfert passif entre cheptel laitier et allaitant……115

Tableau XXI : Volume de colostrum proposé au veau après une traite manuelle, concentrations colostrale et sérique en IgG pour 8 couples mère/veau de l'élevage Agonges……..118

Tableau XXII : Relation entre la qualité du colostrum, la précocité d'ingestion du 1er repas et le transfert passif d'immunité chez 66 veaux en cheptel allaitant, par le Dr Didier LEVIEUX……...119

Tableau XXIII : Relation entre le transfert passif et les pathologies néonatales……123

Introduction

Chez tous les Mammifères, le colostrum est le premier produit de sécrétion de la mamelle, disponible immédiatement après la parturition pour le nouveau-né. Tout comme le lait, il constitue l'aliment complet indispensable à la survie du Mammifère nouveau-né.

Plus qu'un aliment, le colostrum constitue en outre chez les bovins un moyen de transmission entre la vache et son veau d'éléments particuliers, intervenants dans les défenses biologiques du jeune.

En premier lieu, notre thèse comprend une étude bibliographique sur le colostrum et le transfert colostral chez les bovins, à partir de données de la littérature publiées depuis 30 ans. Les caractéristiques du colostrum des bovins sont présentées dans la première partie. La seconde partie définit le transfert colostral et explique son déroulement. La troisième partie concerne les aspects zootechniques permettant d'améliorer la qualité du transfert colostral, afin de replacer le sujet dans le contexte actuel de l'élevage bovin.

En second lieu, une étude expérimentale sur ce thème est exposée. Cette étude concerne l'immunodiffusion radiale, une méthode d'analyse de laboratoire applicable à la qualité immunologique du colostrum et à l'intensité du transfert colostral. Cette démarche expérimentale possède deux objectifs. Le premier est d'évaluer la qualité du colostrum et du transfert colostral ainsi que certains de leurs facteurs de variation, parmi des vaches élevées en France. Le second est de proposer des modalités d'utilisation de l'immunodiffusion radiale dans la pratique vétérinaire courante en élevage bovin.

1ère partie : Colostrum et transfert colostral chez les bovins : étude bibliographique

I. Le colostrum des Bovins

Le colostrum des bovins est la première sécrétion mammaire qui suit la mise-bas. Son importance nutritive est la même chez tous les Mammifères mais son importance immunologique chez les Bovins est liée aux particularités de la gestation dans cette espèce.

A. Caractéristiques de la gestation chez les Bovins

1. Une placentation épithéliochoriale

Le placenta des Bovins est de type histologique épithéliochorial. Les sangs de la mère et du fœtus sont séparés par les 6 structures tissulaires placentaires initiales dans l'ontogenèse des Mammifères :

- endothélium, conjonctif et épithélium endométrial du coté de la mère (d'où le terme « épithélio »)
- épithélium, conjonctif et endothélium chorionique du coté du fœtus (56).

Ce type de placenta protège le fœtus d'une grande partie des agressions virales et bactériennes. Cependant, cette barrière filtrante empêche également le passage de molécules de grande taille (poids moléculaire > 150KDa) comme les protéines sériques, notamment les immunoglobulines G (47).

Le tableau I situe les bovins par rapport aux autres Mammifères concernant le type de placentation et les modalités de transfert d'immunoglobulines.

Tableau I : Relations entre le type de placentation et le transfert d'immunoglobulines de la mère au jeune (56)

Espèces	Placentation	Nombre de barrières anatomiques entre circulations maternelle et fœtale	Transfert trans-placentaire	Transfert colostral
Porc, cheval, bovins	Epithéliochoriale	6*	0	+ + +
Petits ruminants	Syndesmochoriale	5	0	+ + +
Carnivores	Endothéliochoriale	4	+	+ + +
Primates (Homme)	Hémochoriale	3	+ + +	+
Rongeurs	Hémendothéliale	1	+ + +	+

* Endothélium maternel, conjonctif maternel, épithélium utérin, trophoblaste, conjonctif fœtal, endothélium fœtal.

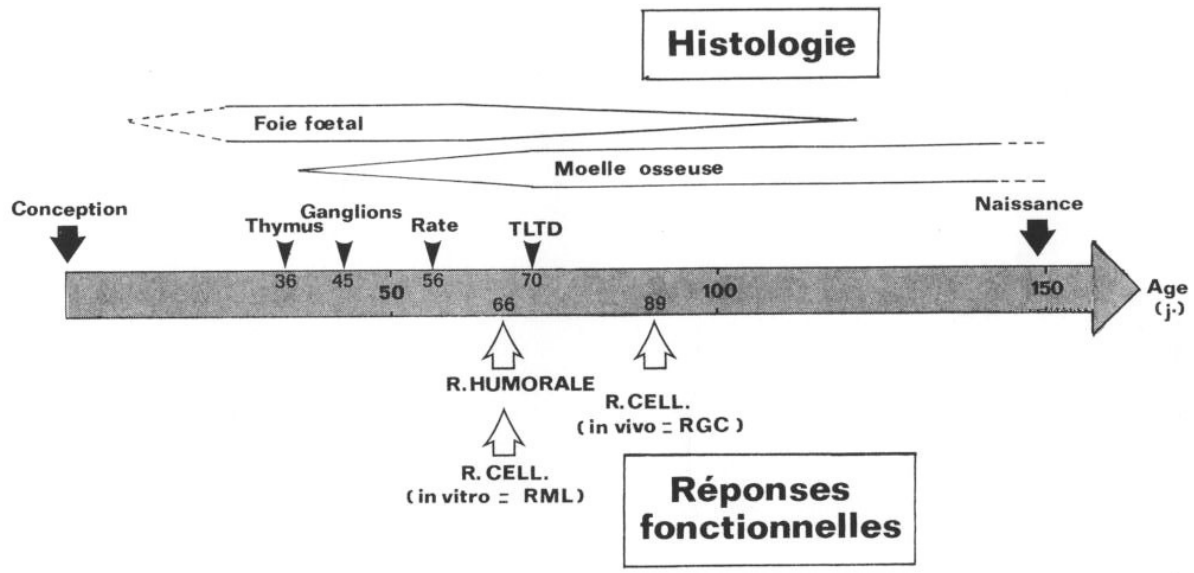
Ainsi à la naissance, le sérum du veau nouveau né est très pauvre en immunoglobulines circulantes (moins de 0.29g/L contre 20 à 25 g/L chez l'adulte), contrairement à d'autres espèces à placentation différente qui autorise un transfert placentaire d'immunoglobulines conséquent (Primates, Rongeurs). On dit que le veau naît agammaglobulinémique (37, 39).

2. Le développement d'un système immunitaire complet mais peu actif

Le placenta garantit normalement au fœtus un environnement étanche aux antigènes. Son système immunitaire reste alors quiescent, car non stimulé, donc inexpérimenté.

Pourtant, les Ruminants sont des espèces dites à gestation physiologiquement longue. La naissance intervient tard dans le calendrier de développement ontogénique. L'organe lymphopoïétique originel est le foie fœtal. Il produit des cellules à morphologie lymphocytaire très tôt dans le développement embryonnaire. Il est relayé vers la mi-gestation par la moelle osseuse. Très rapidement, les organes lymphoïdes majeurs sont colonisés par des lymphocytes morphologiquement mûrs : les premiers lymphocytes sont observés vers 42 jours de gestation dans le thymus fœtal (56).

La figure 1 illustre la chronologie de l'ontogenèse du système immunitaire chez les Ovins. Cette chronologie est la même chez les Bovins mais les dates diffèrent proportionnellement à la durée de la gestation.



En haut : âges de peuplement des organes lymphoïdes primaires et secondaires par les cellules à morphologie lymphocytaire, originaires des organes lymphopoïétiques (foie fœtal puis moelle osseuse). TLTD = tissu lymphoïde associé au tube digestif (Plaques de Peyer,…)

En bas : âges de détection des réponses fonctionnelles précoces : réponses humorales et cellulaires. RML = réaction lymphocytaire mixte = prolifération des lymphocytes thymiques en présence de cellules d'origine génétique différente in vitro. RGC = rejet de greffe cutanée in vivo

Figure 1 : Ontogenèse du système immunitaire chez le fœtus ovin (56)

L'aptitude aux réponses fonctionnelles commence donc assez tôt dans le développement. Des réactions d'immunité cellulaire sont observées, de même que des réactions d'immunité humorale. Ces dernières apparaissent de manière bien séquencée au

cours de la gestation en fonction de l'antigène responsable, mais dans l'ensemble les titres en anticorps obtenus sont faibles et les réponses de courte durée.

D'autres effecteurs immunitaires non spécifiques, comme le complément, sont synthétisés dès le milieu de la vie fœtale mais la concentration de protéines constitutives reste faible.

Ainsi, le système immunitaire du fœtus avancé et du veau nouveau-né est capable d'induire certaines réponses immunes fonctionnelles, mais celles-ci restent d'ordre primaire, sans l'intensité ni la cinétique d'apparition de celles de l'adulte (5, 46, 56, 67).

3. Une hyporéactivité des défenses à la mise-bas.

A la mise-bas, le taux de lymphocytes B circulants chez le veau représente moins d'un tiers du taux de l'adulte (5). En outre, le veau est quasiment dépourvu d'immunoglobulines circulantes. L'immunité à médiation cellulaire aussi est déficiente à la mise-bas, de même que l'immunité locale du tube digestif.

Outre la faible stimulation, le système immunitaire fœtal subit pendant la gestation l'influence de molécules à activité immunosuppressive, comme la fétuine chez les Bovins. Entre autres, le placenta serait une source de certaines de ces molécules qui pourraient favoriser la tolérance des antigènes du fœtus par le système immunitaire maternel et ainsi éviter son rejet (46, 56, 67).

La mise-bas elle-même est un événement potentiellement immunodépresseur. Son induction, par l'axe hypothalamo-hypophysaire fœtal, se traduit par une décharge importante par les surrénales fœtales de corticostéroïdes, dont les effets sont globalement immunodépresseurs (46, 56, 67). Par exemple, on pense que l'activité phagocytaire et bactéricide des polynucléaires neutrophiles fœtaux connaît une baisse d'intensité lors de la mise-bas en raison de l'augmentation de cortisol fœtal (5).

Ainsi, le veau naît immunocompétent mais immature pour les raisons citées précédemment. Pourtant, il passe à la naissance d'un milieu quasi stérile à un milieu hautement contaminé. Sa fonction immunitaire ne peut s'opposer à l'agression microbienne immédiate et massive des surfaces cutanéo-muqueuses. Le colostrum maternel prend alors toute son importance par plusieurs mécanismes pour permettre l'adaptation du veau à la période néonatale et a fortiori sa survie.

B. Le colostrum : présentation

1. Définition

Le colostrum sensu stricto représente les sécrétions accumulées dans la mamelle durant les 6 dernières semaines de la gestation (sous réserve d'une durée de tarissement suffisante), enrichies des protéines qui ont transsudé du sang sous l'influence des œstrogènes et de la progestérone. Il peut être récolté juste avant ou juste après la parturition lors de la première traite. Le colostrum sans anomalie est un liquide jaunâtre épais et visqueux (22, 39, 45).

Le produit des premières traites et tétées est couramment considéré comme du colostrum. Il s'agit en fait du produit de transition entre le colostrum et le lait, qui devient rapidement beaucoup plus pauvre (hormis en lactose) que le colostrum produit lors de la première traite. Au bout de 6 traites environ, il n'est plus possible d'y mettre en évidence une activité biologique spécifique, alors que l'aptitude à la transformation en produits laitiers est encore réduite (85).

La réglementation française, pour plusieurs raisons concernant la technologie fromagère, définit le colostrum comme le produit de la traite des 6 premiers jours après le vêlage. Elle considère ce produit impropre à la consommation humaine et en interdit son mélange avec du lait collecté (85).

2. Composition du premier colostrum

a) Composition générale

La composition du colostrum est d'une très grande variabilité d'une étude à l'autre. On peut toutefois le caractériser par les constituants chimiques qui le diffèrent le plus nettement du lait.

Le colostrum reste une sécrétion biologique de la mamelle, tout comme le lait. Il est composé d'eau à 75%. Les 25% de matière sèche restants se divisent en 5% de matière grasse (50g/Kg), 16% de matière protéique (160g/Kg), 3% de glucides sous forme de lactose (30g/Kg) et environ 1% de sels minéraux. Ainsi seule la teneur en lactose est plus faible par rapport au lait, le reste des constituants biologiques majeurs étant en concentration plus élevée. Cette composition confère au colostrum une densité d'environ 1,060 (85).

Le tableau II ci-après résume ces chiffres et permet de constater leur évolution vers les valeurs du lait.

Tableau II : Composition du colostrum et du lait (85)

	Densité	Extrait sec (g/Kg)	Matières grasses (g/Kg)	Matières azotées (g/Kg)	Lactose (g/Kg)	Matière minérale (g/Kg)
1ère traite après la mise-bas = **Colostrum**	**1,060**	**252**	**50**	**160**	**30**	**12**
Après 1 jour	1,040	176	46	85	35	10
Après 2 jours	1,034	158	43	65	41	9
Après 3 jours	1,032	136	40	45	43	8
Lait	**1,032**	**131**	**39**	**35**	**49**	**8**

b) Protéines majeures

Sur 160g de matières azotées par Kg de colostrum, 140g sont des protéines, parmi lesquelles la caséine représente 48g, l'albumine 9g et les immunoglobulines 60g (22). Cette richesse en protéines confère au colostrum un pH de l'ordre de 6,4 (6.5 pour le lait), et un pouvoir tampon très élevé.

La part de protéines solubles par rapport à la caséine est très importante : celles-ci sont essentiellement des immunoglobulines (Ig), plus particulièrement des IgG1 d'origine sanguine qui représentent plus de 85% des immunoglobulines colostrales. Les autres immunoglobulines sont des IgG2, IgA et IgM (37, 85).

Le tableau III illustre la répartition des immunoglobulines colostrales et montre la forte prédominance des IgG1.

Tableau III : Concentrations en immunoglobulines du sérum, du lait et du colostrum de vache (37)

	IgG1	IgG2	IgM	IgA
Sérum	10 g/L	8 g/L	2,5 g/L	0,5 g/L
Colostrum	60 g/L (20 à 100)	2 g/L	5 g/L	4,5 g/L
Lait	< 1 g/L	0,03 g/L	0,05 g/L	0,05 g/L

Cette concentration en immunoglobulines est une spécificité des Ongulés, chez lesquels le transfert transplacentaire est réduit. (cf. tableau I p25)

c) Minéraux et vitamines

A l'exception du potassium, les teneurs en minéraux, oligo-éléments et vitamines du colostrum sont plus élevées que celles du lait, avec des coefficients multiplicateurs compris pour la plupart entre 2 et 10 (85).

Le tableau IV ci-dessous donne un ordre de grandeur des concentrations en minéraux et vitamines dans le colostrum et dans le lait.

Tableau IV : Minéraux et vitamines dans le colostrum et le lait de vache (85)

	Colostrum	**Lait**		**Colostrum**	**Lait**
Calcium (g/Kg)	2,6	1,3	Al (µg/Kg)	1 200	600
Phosphore (g/Kg)	1,8	1,0	Se (µg/Kg)	50	20
Potassium (g/Kg)	1,4	1,5			
Magnésium (g/Kg)	0,40	0,12	Vitamine A (U/L)	10 000	1 000
Sodium (g/Kg)	0,70	0,45	Vitamine D (U/L)	10	5
Chlore (g/Kg)	1,2	1,0	Vitamine E (µg/L)	10 000	1 000
Zinc (µg/Kg)	12 000	3 600	Vitamine B1 (µg/L)	800	450
Mn (µg/Kg)	100	50	Vitamine B2 (µg/L)	6 000	1500
Fe (µg/Kg)	1 000	500	Vitamine B12 (µg/L)	6	3
Cu (µg/Kg)	300	120	Acide folique (µg/L)	8	2
Co (µg/Kg)	75	1	Vitamine C (µg/L)	4	2
Si (µg/Kg)	20 000	2 600			

d) Cellules

Le colostrum de vache contient des cellules somatiques, de l'ordre de 10^6 par millilitre en absence d'infection mammaire. Outre des cellules épithéliales, on y trouve des leucocytes répartis d'après les dernières études en 40 à 50% de macrophages, 22 à 25% de neutrophiles et 22 à 25% de lymphocytes. Les lymphocytes sont principalement des cellules T (88-89%), NK (5-15%) et des cellules B (2,5-3,5%) (73).

e) Autres éléments

(1) Facteurs anti-microbiens non spécifiques

Toute une gamme de protéines ayant des activités anti-bactériennes non spécifiques est présente dans le colostrum. On peut citer des enzymes comme le lysozyme et les protéines du complément, la lactoferrine, le système lactopéroxydase-thiocyanate-péroxyde d'hydrogène. D'autres protéines sont présentes (bombésine, neurotensine,…) mais pour certaines l'activité précise in vivo n'est pas élucidée (properdine, …) (85).

(2) Hormones et cytokines

Le colostrum est riche en prolactine, progestérone et oestrogènes. Cortisol et thyroxine sont également présents. Il contient aussi de l'insuline et des facteurs de croissance insulin-like (IGF-I), en concentrations 100 fois plus élevées que dans le sérum. D'autres cytokines ont été mises en évidence (ex : Transforming Growth Factor TGF) (45, 85).

3. Evolution de la composition

Au fur et à mesure du temps, les particularités biologiques du colostrum évoluent, de sorte qu'après 6 à 8 traites, la nature de la production mammaire est très proche de celle du lait. La densité passe progressivement de 1.060 à 1.032, le pH remonte. De même la matière sèche passe de 25% à 13% répartis en 40g/Kg de matière grasse, 50g/Kg de lactose, 8g/Kg de sels minéraux et 35g/Kg de matière azotée (chiffres moyens). Parmi ces protides, les protéines totales représentent environ 31g/Kg. Alors que dans le colostrum la part de caséine parmi les protéines totales était de 34.2%, celle-ci est de 80.6% dans le lait malgré la chute de la teneur en caséine (de 48g/Kg à 25g/Kg). (85)

Ceci est du à la forte chute de la concentration en protéines solubles, en particulier les immunoglobulines. En 48h, les concentrations initiales sont divisées par 10 par rapport au colostrum. En 5-6 jours les concentrations du lait sont atteintes, soit environ 1/100 de la concentration initiale pour chaque classe d'immunoglobuline (45, 85).

Tous ces changements sont illustrés dans les tableaux II, III et IV. On constate aisément la différence de composition entre le colostrum et le lait « consommable ».

C. Les rôles du colostrum pour le nouveau-né

L'importance du colostrum est double : il constitue un apport énergétique à court terme et un apport immédiat d'immunoglobulines fonctionnelles. La richesse du colostrum laisse supposer de nombreuses autres fonctions de ce produit pour l'adaptation du veau à son nouveau milieu.

1. Rôles dans le métabolisme du nouveau-né

a) Le rôle majeur : fourniture de substrats énergétiques

Avec une teneur en matière sèche élevée (25%), et une digestibilité supérieure à 90%, le colostrum fournit des agents nutritifs en quantité importante. Cette énergie sert notamment à la thermorégulation du veau né dans un environnement froid.

L'excellente valeur alimentaire du colostrum garantit un apport énergétique suffisant, même avec environ 1 litre par jour. A volume égal, le colostrum de 1ère traite apporte 2 fois plus d'énergie que le lait, malgré une concentration en lactose inférieure. L'évolution progressive de sa composition assure normalement une transition alimentaire assez longue (22, 39, 85).

b) Rôle dans la régulation du métabolisme

Outre les rôles nutritifs et immunitaires du colostrum, d'autres fonctions sont rapportées dans la littérature (45):

- Métabolisme lipidique : régulation de la concentration plasmatique post-partum en acides gras non estérifiés, en leptine, régulation du métabolisme des triglycérides, des phospholipides et du cholestérol (26, 75)
- Métabolisme glucidique : régulation de la glycémie, de la néoglucogenèse hépatique, de l'insulinémie, de la concentration des IGF 1 et 2 et de leurs récepteurs dans l'intestin (26, 28, 29, 75)
- Métabolisme protidique : régulation du catabolisme protéique, de l'albuminémie et de la concentration plasmatique en protéines totales (26, 42, 75)
- Participation à la synthèse des hormones thyroïdiennes (9, 26)
- Atténuation des effets des glucocorticoïdes endogènes et exogènes post-partum. (10, 62)

2. Rôles dans les défenses du nouveau-né

a) Le rôle majeur : transmission d'une immunité passive

(1) Locale

(a) Protection spécifique

Une étude a montré que l'administration de colostrum à des veaux d'une semaine, donc ayant perdu toute capacité d'absorption intestinale des macromolécules, réduisait l'incidence et la gravité des gastro-entérites (12). Cela démontre l'importance de la protection locale conférée par le colostrum vis-à-vis des agents infectieux à tropisme digestif. Les IgG1, IgA et IgM n'ayant pas été absorbées agissent localement à 3 niveaux (85).

- Elles agissent directement dans la lumière du tube digestif mais aussi à la surface de la muqueuse intestinale du veau en tapissant celle-ci efficacement pendant au moins 5 jours. Elles empêchent notamment la fixation des bactéries sur les bordures en brosse des entérocytes (85). Leur activité agglutinante (IgM et IgA) importante favorise l'élimination des germes entéropathogènes par le péristaltisme intestinal (79). La vaccination des mères avec des antigènes d'attachement comme l'antigène F5 (K99) d'*E. coli* renforce cette protection (15). Les IgA et IgM peuvent aussi avoir une activité bactéricide, mais seulement en présence de complément et de lysozyme.

- Les immunoglobulines agissent en outre à l'intérieur de la muqueuse. Ces macromolécules saturent les systèmes de transport des entérocytes immatures et empêchent ainsi les bactéries intactes de profiter de ces systèmes pour traverser l'épithélium digestif (16).

- Des immunoglobulines ayant été absorbées agissent même localement par la suite. Ainsi, certains anticorps comme les anticorps antirotavirus circulants, sont éliminés par la bile à la faveur du cycle entéro-hépatique, tout en conservant leurs propriétés immunologiques. Les titres du jus intestinal en anticorps antiviraux peuvent ainsi rester élevés entre 5 à 10 jours post-partum, avec prédominance d'IgG1 (83). Ce processus de sécrétion d'IgG1 du pool circulant est par contre évidemment conditionné par une bonne absorption préalable de ces anticorps.

Par ailleurs, il a été démontré qu'un mécanisme particulier d'endocytose reverse pourrait permettre de pourvoir les muqueuses bronchiques et conjonctivales en IgA colostrales (79).

(b) Protection non spécifique

Des immunoglobulines seules administrées par voie orale sont moins efficaces que le colostrum dont elles sont issues pour prévenir les diarrhées néonatales (44). Ainsi les différents composants du colostrum, hors immunoglobulines, participent à la défense de l'organisme au niveau de cette porte d'entrée aux germes que constitue le tube digestif.

❖ Matière sèche, minéraux et vitamines

On peut citer le rôle protecteur des épithéliums de la vitamine A, et l'intervention de la vitamine E et du sélénium dans la phagocytose. De plus, en raison de sa teneur élevée en matière sèche et en minéraux, le colostrum possède une activité laxative et stimulante de la motricité intestinale, sans doute déterminante pour empêcher l'attachement des bactéries pathogènes et favoriser leur élimination dans les fèces (15, 85).

❖ Facteurs anti-microbiens non spécifiques

Leur activité semble favorisée dans le tractus digestif. Ainsi, l'absorption du citrate dans la partie antérieure du duodénum, puis la sécrétion de bicarbonate et l'élévation de pH l'accompagnant restaureraient l'activité bactériostatique de la lactoferrine vis-à-vis d'*E. coli*. Par ailleurs, le développement très précoce de bactéries acidophiles sans catalase, de type lactobacilles et streptocoques notamment, apporterait du péroxyde d'hydrogène indispensable au fonctionnement de la lactopéroxydase dans le tube digestif. Celle-ci rend non mobiles les souches flagellées d'*E. coli* et, in vitro, empêche leur fixation sur la bordure en brosse des entérocytes (76, 85).

❖ Facteurs de croissance

Ceux-ci favoriseraient l'implantation d'une flore commensale banale constituant une véritable « barrière microbienne » *(Lactobacillus acidophilus, Enterococcus faecium et bovis, Bifidobacterium brevium…)* (15, 85).

(2) Systémique

Les premiers anticorps synthétisés par le veau ne sont mesurables dans le sérum qu'après au moins une semaine de vie (46). Pendant ce temps, à la faveur d'une bonne absorption, l'immunité systémique passive est assurée par les immunoglobulines colostrales qui ont franchi la barrière digestive.

L'immunité systémique empêche une dissémination dans l'organisme des agents pathogènes ayant franchi les défenses locales. Elle assure aussi éventuellement la neutralisation de leurs toxines (85). Les taux d'immunoglobulines sériques de veaux morts de septicémie colibacillaire sont beaucoup plus faibles que ceux de veaux ayant survécu, tandis que les taux sériques des veaux morts de gastro-entérite sont intermédiaires (65, 85). Il semble que les bactéries soient agglutinées par les IgM et opsonisées par les IgG avant d'être phagocytées (16).

A partir du pic d'absorption d'immunoglobulines colostrales, la concentration sérique en anticorps colostraux diminue et la concentration sérique en anticorps endogènes augmente de sorte qu'après 3 semaines, la résultante des deux origines est minimale, ce qui explique un certain « trou immunitaire » à cette période (56), qui peut durer 3 à 4 semaines. La figure 2 illustre cette baisse d'immunité chez le porcelet. Les courbes ont la même allure chez le veau.

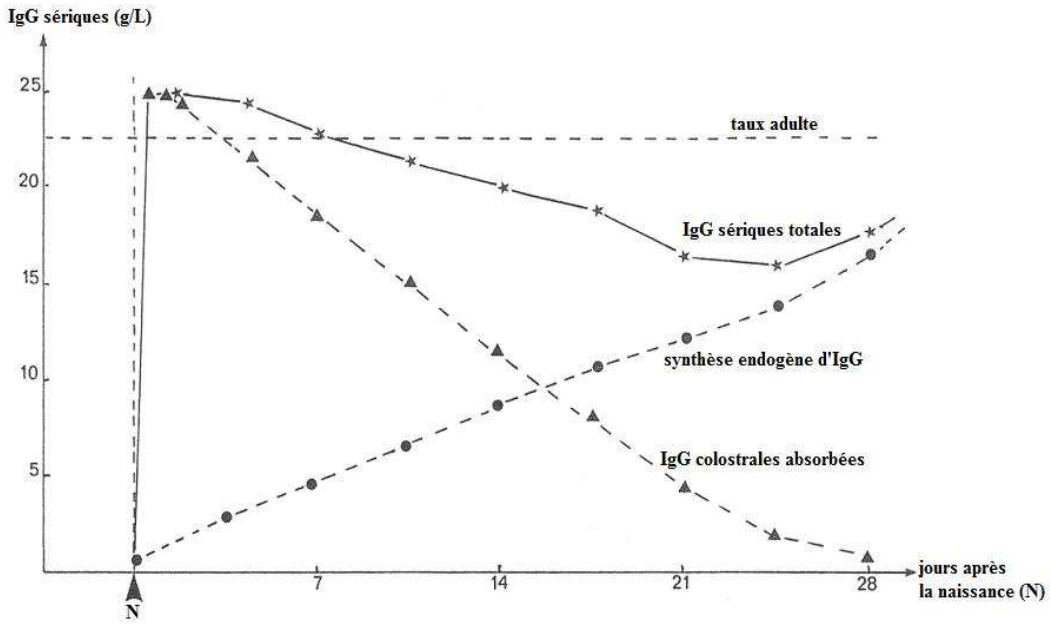


Figure 2 : Transfert d'IgG colostrales et synthèse endogène chez le porcelet (56)

b) Les fonctions des cellules transférées

Le rôle des leucocytes dans la protection locale, bien que ne faisant aucun doute, n'est pas clairement élucidé. Lors d'infections expérimentales, des veaux ayant reçu du colostrum avec leucocytes excrètent des quantités moindres d'E. *coli* entéropathogènes que des veaux ayant reçu du colostrum débarrassé de leucocytes. L'excrétion fécale dure aussi moins longtemps.

Les leucocytes pourraient exercer une action bactéricide par phagocytose dans la lumière de l'intestin. De plus, les concentrations sériques en anticorps spécifiques d'E coli sont supérieures chez les veaux qui ont reçu le colostrum « cellulaire » (77, 85).

On sait par ailleurs que les lymphocytes provenant du colostrum d'une vache immunisée par du rotavirus sont à même de protéger le veau qui les a ingérés.

Des études récentes ont montré qu'une fraction des cellules colostrales passe dans le sang du veau (39, 54). Des récepteurs cellulaires sont impliqués dans le passage trans-épithélial. Un des rôles de ces cellules transférées semble élucidé : les cellules d'origine colostrales sont reconnues par les lymphocytes du veau et induisent leur multiplication (73).

Il est également possible que le colostrum permette un transfert d'immunité spécifique à médiation cellulaire, grâce au passage dans la muqueuse digestive de lymphocytes T sensibilisés. D'autres substances immunomodulatrices apportées par le colostrum, comme les cytokines, semblent jouer un rôle dans la mise en place de l'immunité à médiation cellulaire en stimulant notamment le recrutement cellulaire et la phagocytose. Même si les cellules sont peu nombreuses et ne jouent peut être pas un rôle direct, le colostrum contient toutes les composantes immunes permettant le transfert passif d'immunité spécifique cellulaire (79).

c) La modulation du développement de l'immunité active

En dépit du rôle bénéfique du transfert des immunoglobulines maternelles, ces dernières semblent exercer un effet inhibiteur sur la mise en route de la réponse immunitaire spécifique locale et systémique propre au jeune veau (79). De nombreuses études ont mis en évidence cette propriété, même si les mécanismes cellulaires d'action ne sont pas connus.

Lors d'une expérience, les veaux ayant reçu un colostrum enrichi en anticorps anti-*E. coli* développent tardivement (au moins 8 jours) leurs propres anticorps anti-*E. coli*, tandis que les veaux n'ayant pas reçu de colostrum ont sécrété dans leur intestin les trois classes d'immunoglobulines à 48 heures (44, 79). De même, dans une autre étude sur des veaux immunisés par voie orale et nasale par du coronavirus, la production endogène des anticorps anti-coronavirus est plus tardive chez les veaux ayant reçu un colostrum riche en anticorps anti-coronavirus bovin que chez ceux n'ayant rien reçu. Cependant chez les premiers, les titres des mêmes anticorps dans les fèces et les sécrétions bronchiques sont élevés (31, 79).

D'autres substances colostrales possèdent aussi des propriétés immunomodulatrices inhibitrices. Le colostrum bovin contient par exemple un facteur inhibant la production d'interleukine 2 (79, 80).

L'expression de l'immunité active lors de stimulation directe de son propre système immunitaire du veau est ainsi retardée, mais la protection colostrale reste beaucoup plus efficace contre les infections intestinales se développant dans les premières heures de vie (colibacilles). La réponse endogène du veau est trop faible et trop lente (85).

Le colostrum consommé entraîne en fait une stimulation antigénique très progressive du système immunitaire du nouveau-né. Ceci permet de parfaire la maturation histologique des organes lymphoïdes : augmentation de la taille des plaques de Peyer, différenciation entre cortex et medulla des ganglions lymphatiques, apparition des centres germinatifs. On peut parler d'une véritable éducation du système immunitaire le préparant à réagir face aux agressions microbiennes lorsque la protection colostrale s'affaiblit (85).

D. Les caractéristiques du colostrum et leurs variations

1. Caractéristiques principales

a) Le volume produit

Cette caractéristique quantitative est très variable d'une vache à l'autre. Une étude sur 75 multipares Prim'Holstein montre des volumes allant de 2,8L à 26,5L ; la moyenne est de 11,2L pour un écart-type de 5,3L (58).

De nombreux facteurs ont été reliés significativement à une variation du volume de colostrum produit par la mère.

- La race

D'une manière générale, chez les races laitières, la quantité de colostrum produite est supérieure à celle des vaches de race allaitante (45). Des études nord-américaines sur des vaches allaitantes font état de volumes colostraux moyens de 2.4L, 2.9L et 3.1L (66). Une production moyenne de 0.6Kg a même été observée sur des vaches à viande conduites dans des conditions très extensives (43, 85).

- Le rang de vêlage

La quantité de colostrum produite par les primipares est plus faible d'environ 1/3 par rapport aux multipares (22, 85).

- Les conditions de vêlage

En cas de naissance par césarienne, la production est souvent affaiblie, parfois même nulle. De même en cas de prématurité de la mise-bas. Les pertes de lait avant la traite ou la tétée entraînent aussi forcément une baisse de la quantité disponible pour le veau (82, 85).

- L'état sanitaire et l'alimentation

Un mauvais état sanitaire diminue la quantité de colostrum produite. Le parasitisme, en particulier la grande douve, semble aussi affecter cette quantité. De fortes restrictions protéiques et/ou énergétiques entraînent également une baisse, d'autant plus si cela intervient avant la 1ère mise-bas (6, 8, 85).

Localement, une mammite d'un quartier affecte le volume de colostrum issu de celui-ci (50).

b) La concentration en immunoglobulines

La teneur en immunoglobulines du colostrum traduit son potentiel de transfert d'immunité passive. Celle-ci est extrêmement variable au vu des résultats des nombreuses études consacrées à ce sujet. De même la variabilité au sein d'un même troupeau est très importante. Cette concentration, toutes immunoglobulines confondues, peut aller de moins de 5g/L à plus de 200g/L. On rappelle que les IgG1 représentent la majeure partie des immunoglobulines totales.

(1) Résultats d'études

Les concentrations en immunoglobulines sont très variables. De plus, les résultats expérimentaux dépendent de la précision de la technique de dosage employée(20). Les valeurs présentées ci-dessous sont donc à interpréter comme des ordres de grandeur.

(a) Vaches laitières

De nombreuses études ont été réalisées ces 30 dernières années. Quelques résultats sont présentés dans le tableau V ci-dessous.

Tableau V : Concentrations en IgG obtenues lors d'études menées sur le colostrum lors des 30 dernières années.

Auteur, année de publication, pays	Echantillon (taille, race des vaches)	Méthode de dosage	Concentration moyenne, écart-type	Intervalle
Foley, 1978, USA (22)	Holstein		32g/L d'IgG	
Fleenor, 1980, USA (19)	14, Holstein	Kjeldhal	57g/L d'IgG, ±37g/L	
Muller, 1981 USA (60)	19, Ayrshire 17, Brune Suisse 12, Guernsey 19, Holstein	IDR*	59,9 g/L d'IgG 51,6 g/L d'IgG 50,2 g/L d'IgG 41,2 g/L d'IgG	
Pritchett, 1991, USA (69)	919, Holstein	IDR*	48.2g/L d'IgG1, ±21.9g/L	20g/L - >100g/L
Mechor, 1992, USA (53)	39, Holstein	IDR*	37g/L d'IgG, ±13g/L	
Quigley, 1994, USA(72)	88, Jersey	IDR*	65.8g/L d'IgG	28.4g/L - 114.7g/L
Morin, 2001, USA (58)	55, Holstein	IDR*	69g/L d'IgG1, ±13g/L	30g/L - 96g/L
Kehoe,2007, USA (35)	Holstein	IDR*	40.9g/L d'IgG dont 34.9g/L d'IgG1 ±12.2g/L	
Gulliksen, 2007, Norvège (25)	1250, Rouge Norvégienne	IDR*	51.7g/L d'IgG	5g/L – 235g/L

* IDR = immunodiffusion radiale

On constate des moyennes autour de 50g/L ainsi que des écarts-type importants. Les distributions sont toujours très larges. La figure 3 illustre la répartition en courbe de Gauss des concentrations de 915 colostrums obtenues par IDR dans l'étude de PRITCHETT (70).

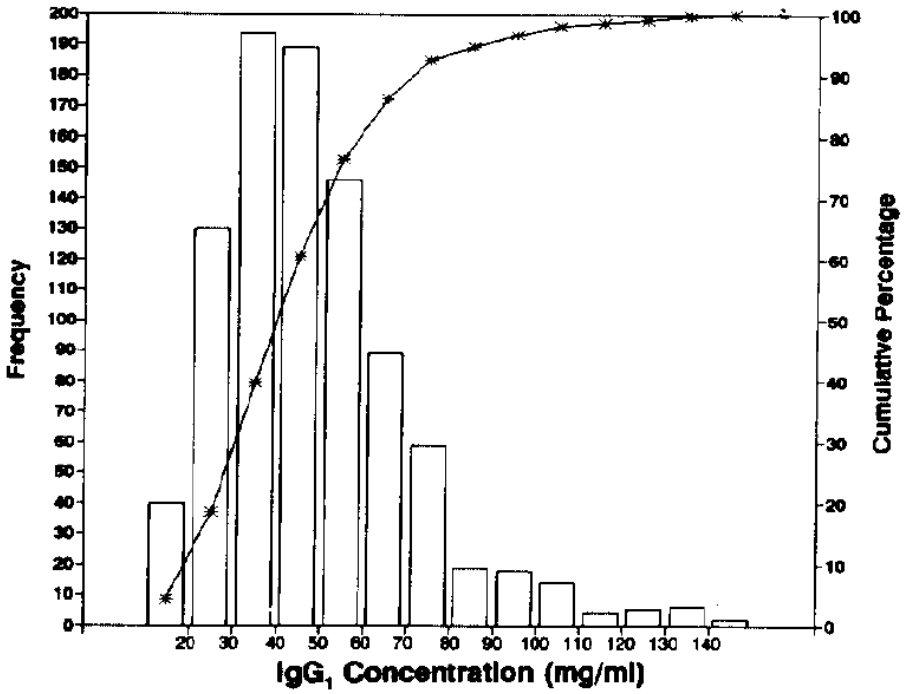


Figure 3 : Histogramme de répartition des concentrations en immunoglobulines de 915 colostrums de vaches Prim'Holstein (70)

La courbe de cumul des pourcentages montre qu'environ 90% des colostrums de cette étude ont moins de 70g/L d'IgG1.

(b) Vaches allaitantes

Concernant les vaches allaitantes, les recherches ont été moins nombreuses. Une étude nord-américaine fait état de 109g/L d'immunoglobulines totales, une autre de 108g/L d'IgG et une dernière de 75g/L d'IgG1 (66).

Une étude réalisé par GARTIOUX (23) en 2004 en France sur 110 colostrums de vaches Charolaises d'une ferme expérimentale a révélé une moyenne de 119g/L d'IgG avec un écart type de ±41g/L (dosage par la méthode ELISA). Les valeurs se distribuent entre 36,7 et plus de 200g/L d'IgG (23).

Les concentrations sont donc supérieures aux vaches laitières puisque chez ces dernières les moyennes sont d'environ 50g/L alors qu'elles sont de 100g/L chez les vaches allaitantes. La variabilité individuelle au sein d'un lot reste identique, comme le montrent la figure 4 et les figures 5a et 5b.

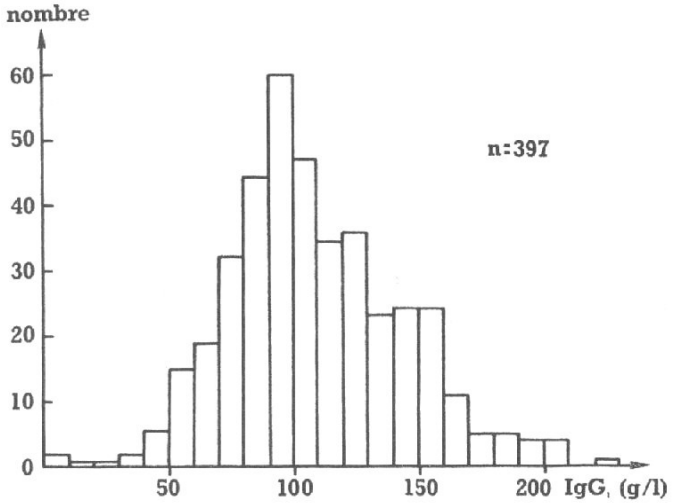


Figure 4 : Histogramme de répartition des concentrations en IgG1 de 397 colostrums de vaches allaitantes (39)

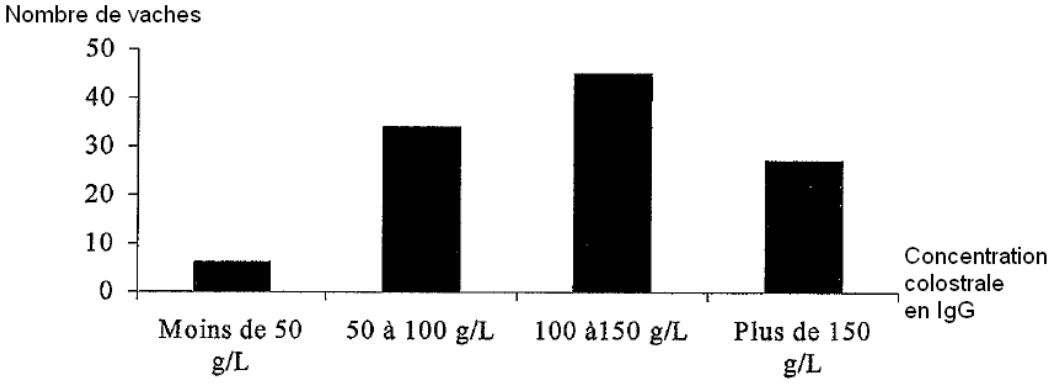


Figure 5a : Histogramme de répartition des concentrations en IgG de 110 colostrums de vaches Charolaises (23)

Figure 5b : Répartition des concentrations en IgG de 110 colostrums de vaches Charolaises en fonction de la saison de vêlage (23)

(2) Relation entre concentration, masse d'immunoglobulines et volume de colostrum

La concentration en immunoglobulines est égale au rapport entre la masse d'immunoglobulines accumulées dans la mamelle et le volume réel du colostrum une fois dilué lors de la phase sécrétoire. L'étude précédemment citée sur 919 vaches Holstein aux USA a révélé un coefficient de corrélation élevé de -0,29 entre le volume de colostrum et sa concentration en immunoglobulines. La teneur est donc est inversement liée au volume de colostrum produit. Elle diminue lorsque le volume de colostrum augmente, au delà d'un certain seuil fixé selon cette étude à 8,5Kg (69).

Les facteurs précédemment cités faisant augmenter le volume de colostrum produit font donc baisser la concentration en immunoglobulines par dilution. C'est pourquoi les vaches laitières ont des colostrums moins concentrés que les vaches allaitantes.

Cependant, les facteurs réduisant le volume produit entraînent aussi généralement une baisse de la masse totale d'immunoglobulines. Quelques uns restent encore contestés.

(3) Facteurs réduisant la charge en immunoglobulines de la mamelle

- Le rang de vêlage

D'une manière générale, la concentration en immunoglobulines du colostrum augmente avec la parité, au moins jusqu'au 5ème veau.

Cependant, dans les diverses études réalisées, seules quelques variations de teneurs en immunoglobulines observées entre les vaches de parités différentes sont significatives.

Par exemple dans l'étude de MULLER (60), seule la valeur des vaches en 3ème lactation est significativement supérieure aux autres. Dans l'étude de PRITCHETT (69), il n'y a pas de différence significative entre les valeurs des 3 premières lactations. L'étude de TYLER (89) n'a pas permis de montrer de différence significative selon la parité des vaches.

Le tableau VI récapitule les concentrations moyennes obtenues lors de ces études.

Tableau VI : Concentrations colostrales moyennes en immunoglobulines selon le rang de lactation (obtenues par immunodiffusion radiale)

Auteur, année de publication	1ère lactation	2ème lactation	3ème lactation	4ème lactation	5ème lactation et plus
Muller, 1981 (60)	59,1 g/L d'Ig	62,6 g/L d'Ig	81,5 g/L d'Ig	74,9 g/L d'Ig	
Pritchett, 1991 (69)	42,8 g/L d'IgG1	42,8 g/L d'IgG1	50,8 g/L d'IgG1	56,6 g/L d'IgG1	55,5 g/L d'IgG1
Tyler, 1999 (89) - Holstein - Guernsey	 66 g/L d'IgG 119 g/L d'IgG	 75 g/L d'IgG 113 g/L d'IgG	97 g/L d'IgG 115 g/L d'IgG		

- Le déroulement de la gestation

De même que le volume, la quantité d'immunoglobulines est affectée par un tarissement très long (>90jours), ou très court (<25 jours ou <40 jours selon les auteurs). Un régime alimentaire insuffisant ou trop déséquilibré affecte aussi la masse d'immunoglobulines, mais de façon moins significative que la quantité de colostrum. Par ailleurs, le colostrum est moins riche lors d'une gestation gémellaire et lors d'une mise-bas avant le terme de la gestation (85).

Les mammites (50) ainsi que la fasciolose pénalisent aussi la masse totale d'immunoglobulines produite. D'autres recherches ont montré que la canicule réduisait la masse d'immunoglobulines accumulées dans la mamelle, de même qu'une carence en sélénium.

A contrario, la vaccination permet d'augmenter la masse totale d'immunoglobulines synthétisées. En effet, elle entraine une immunisation de la mère sans les conséquences possibles d'une infection naturelle.

La vaccination lors des 2 derniers mois de gestation aboutit à une synthèse d'immunoglobulines spécifiques à l'agent pathogène considéré, pouvant se retrouver dans le colostrum.

De plus, toute immunisation, qu'elle soit d'origine infectieuse ou vaccinale, augmente le taux sérique maternel d'immunoglobulines, donc est susceptible d'augmenter la quantité transférée dans la mamelle lors de la colostrogénèse (56, 66, 67, 84).

- La perte précoce de lait

La perte de lait avant le vêlage, ou même avant la 1ère traite ou la 1ère tétée, réduit considérablement la masse d'immunoglobulines du colostrum disponible. Ce phénomène est favorisé par les variations hormonales de la parturition et accentué par l'œdème mammaire (85).

- L'intervalle entre le vêlage et la 1ère traite ou tétée

Plus ce délai augmente, plus la masse d'immunoglobulines actives présentes dans la mamelle est diluée. Ainsi la concentration en immunoglobulines diminue.

La composition du colostrum est quasiment la même pour un animal donné d'une année sur l'autre (à conditions identiques). Il semble aussi qu'elle soit relativement héritable (héritabilités maternelle et paternelle comprises entre 0.18 et 0.50 en race Charolais) (39).

2. Caractéristiques secondaires

a) La densité

La richesse du colostrum lui confère une certaine densité, plus ou moins corrélée à la concentration en gammaglobulines, dont beaucoup sont des IgG1.

Cette caractéristique est utilisée dans la technique de dosage rapide du colostrum au chevet de la vache, appelé pèse-colostrum ou colostromètre (développé sur vaches

Prim'Holstein), qui permet une appréciation qualitative de la valeur immunologique du colostrum. On caractérise ainsi le colostrum de « pauvre » (d < 1.035 et [gammaglobulines] < 22g/L), « moyen » (1.035 < d < 1.046 et 22g/L < [γG] < 50g/L), et « excellent » (d > 1.046 et [γG] > 50g/L) (19, 58).

Des études plus récentes ont démontré que la densité du colostrum était plus corrélée à sa teneur en protéines totales qu'à sa teneur en IgG1. Par ailleurs elles ont montré que la température ambiante était à prendre en compte dans la mesure de la densité et sa relation avec la concentration en immunoglobulines. L'équation retenue pour une température ambiante de 20°C est la suivante : [IgG](g/L) = 958 × densité - 969. Pour une température différente, elle devient : [IgG](g/L) = 853 × densité + 0.4 × T(°C) - 866 (53).

b) La contamination microbienne

Le colostrum peut être contaminé par des germes, soit à la suite d'un transfert mammaire de germes de la mère (ex : *Mycobacterium paratuberculosis*), soit par des germes de la mère ou de l'environnement présents sur la mamelle ou le matériel de récolte de colostrum.

Ainsi, certains programmes américains de gestion des infections prévoient que les mères donneuses de colostrum soient déclarées (par les tests adéquats) négatives en paratuberculose, salmonellose, mammite à *Mycoplasma bovis* et à *Staphylococcus aureus*, diarrhée virale bovine et leucose bovine enzootique.

Une étude américaine sur 150 échantillons de colostrum a montré que 85% d'entre eux contenaient plus de10^6 UFC/mL de bactéries totales avec plus de10^4 UFC/mL de coliformes fécaux (51). Le tableau VII présente les objectifs à atteindre pour la contamination bactérienne du colostrum ainsi que les résultats dans 3 troupeaux.

Tableau VII : Contamination bactérienne du colostrum : objectifs et exemples (51)

	Objectifs (UFC/mL)	Troupeau 1 (UFC/mL)	Troupeau 2 (UFC/mL)	Troupeau 3 (UFC/mL)
Bactéries totales	< 100 000	150 000	32 000 000	4 100 000
Coliformes fécaux	< 10 000	10 000	500 000	2 400 000
Autres Gram –	< 50 000	125 000	350 000	0
Streptocoques	< 50 000	0	31 400 000	170 000
Staphylocoques à coagulase –	< 50 000	1 000	0	0
Autres	< 5000	0	0	*Salmonella uganda*

Dans cette 1ère partie de l'étude bibliographique, nous avons pu constater plusieurs points importants concernant la quantité et la qualité du colostrum produit par la mère.

Les volumes produits sont très variables. Schématiquement, 3 situations se présentent :
- soit ce volume est insuffisant
- soit il est juste suffisant pour le veau
- soit il y a un surplus potentiellement utilisable.

La qualité immunologique aussi est très variable. Nous remarquons d'ailleurs que la majorité des études qui y sont dédiées ne concerne que les immunoglobulines G voire même G1, malgré sa richesse en composants divers potentiellement protecteurs.

Enfin, il faut s'intéresser à la contamination microbienne, notamment en cas de conservation de colostrum.

Le but est de fournir au veau un produit lui permettant d'optimiser ses chances de survie lors de la période post-natale. Cela passe entre autres par un transfert suffisant d'immunité passive.

II. Le transfert d'immunité passive chez les bovins

A. Problématique

1. Rappel : nécessité d'un tel transfert

Suite à son développement dans un milieu quasi stérile et à des échanges foeto-maternels à travers un placenta épithéliochorial, donc limités, le veau naît avec un système immunitaire complet mais son sérum contient très peu d'immunoglobulines. Ses moyens de défense sont très faibles face aux multiples agressions dans un milieu aux conditions difficiles (contamination microbienne massive, basses températures).

L'imperméabilité du placenta aux grosses molécules empêche un transfert efficace d'immunité passive maternelle lors de la gestation. Ce transfert doit donc être réalisé le plus tôt possible après la naissance.

2. Définitions

a) Transfert d'immunité passive

Le transfert d'immunité passive consiste en l'acquisition d'une immunité par le colostrum. Cette immunité passive d'origine maternelle est à la fois locale au niveau du tube digestif, mais aussi systémique. Elle permet au veau de se défendre pendant la mise en place optimale de sa propre immunité endogène.

Les principaux acteurs de cette immunité étant les immunoglobulines, les auteurs définissent le transfert d'immunité passive comme le transfert d'immunoglobulines de la mère au veau via le colostrum.

Le rôle des immunoglobulines ne fait aucun doute et la majorité des études a porté jusqu'ici sur ces molécules. Il faut cependant garder à l'esprit que la composition du colostrum ne se limite pas aux seules immunoglobulines et de nombreux autres éléments colostraux interviennent dans la transmission de l'immunité de la vache au veau.

b) Défaut ou déficit de transfert

Il y a défaut ou déficit de transfert lorsque la quantité finale d'immunoglobulines colostrales présentes dans le sérum du veau nouveau-né est trop basse avant une synthèse endogène suffisante de ses propres anticorps.

Les scientifiques ont donc tenté de fixer des seuils de concentrations sériques en immunoglobulines en dessous desquels on parle de défaut ou de déficit de transfert, à un instant donné. Ainsi, un défaut de transfert est suspecté si à 48 heures de vie, les concentrations sériques en IgG sont inférieures à 10 ou 15g/L. Pour les IgM et les IgA, les limites sont respectivement de 0.8g/L et 0.22g/L. Les seuils dépendent en fait de multiples facteurs qu'il faut prendre en compte pour chaque groupe de veau considéré (un lot, un troupeau,…) (46).

Cette notion reste quantitative et ne prend pas en compte la qualité des immunoglobulines, à savoir leur spécificité concernant les germes pathogènes majeurs présents dans le lot ou l'élevage concerné.

3. Influence sur la santé et les performances futures du veau

a) A court terme : Morbidité et mortalité néonatales

(1) Résultats d'études

Le transfert de l'immunité passive par le colostrum apparaît dans certaines études associé à l'incidence et la gravité des gastro-entérites néonatales alors que dans d'autres études aucune relation n'est observée.

Ainsi, une augmentation significative de morbidité et mortalité néonatales est signalée dans un certain nombre de travaux lors de taux sériques d'immunoglobulines bas. Mais d'autres résultats ne sont pas aussi significatifs, de nombreux veaux non malades ayant des performances de croissance tout à fait normales malgré des taux sériques bas.

Lors d'une étude sur 1000 veaux femelles Holstein, la mortalité jusqu'à 180 jours est significativement plus élevée chez les veaux dits hypogammaglobulinémiques, soit dans cette étude avec des taux sériques d'immunoglobulines entre 24 et 48h de vie inférieurs à 12g/L (dosage par immunodiffusion radiale IDR) (78).

Une étude américaine portant sur 263 veaux croisés a montré des risques de mortalité et morbidité pré-sevrage plus élevés (odd ratio respectivement de 5.4 et 3.2), ainsi qu'un risque de morbidité néonatale plus élevé (odd ratio de 6.4), chez des veaux avec des concentrations sériques en IgG à 24h inférieures à 8g/L par rapport à ceux qui avaient des concentrations supérieures à 16g/L (résultats obtenus par IDR) (93).

(2) Interprétation

Malgré les résultats expérimentaux très disparates, des conclusions peuvent être tirées.

Le statut immunitaire du veau, a fortiori son taux sérique d'immunoglobulines, n'est qu'un des nombreux facteurs intervenants dans la pathogénie des affections néonatales qui implique les agressions extérieures et son aptitude à lutter contre ces agressions (5).

Il semble que le lien entre les taux sériques et l'incidence des pathologies néonatales soit plus significatif dans les troupeaux à forte incidence (5).

Lorsque les résultats expérimentaux montrent que la consommation précoce de colostrum réduit globalement la morbidité et la mortalité néonatales, on observe une diminution de l'incidence, de la durée et de la gravité des gastro-entérites dues à *E. coli*, Rotavirus, Coronavirus, BVD, *Salmonella*, *Cryptosporidium*, mais aussi d'autres pathologies infectieuses notamment respiratoires (RSV) (85).

De plus, la vaccination des mères aux agents spécifiques des gastro-entérites néonatales entraîne une diminution de l'excrétion fécale des germes en question par leurs veaux, à condition qu'ils aient bien absorbé le colostrum (85).

b) A moyen et long terme

(1) Croissance

Une liaison positive entre le taux d'immunoglobulines sériques des veaux entre 24 et 48h après leur naissance et leur vitesse de croissance au cours des 6 premiers mois a été mise en évidence sur un effectif de 1000 génisses Holstein. L'effet était le plus marqué pour la croissance entre 70 et 105 jours (78).

Aucune différence significative de concentration sérique en IgG à 24h entre les veaux malades et les veaux non malades après le sevrage a été constatée lors de l'expérience portant sur 263 veaux croisés (93). En revanche, la morbidité durant les 28 premiers jours de vie est associée à une baisse de poids au sevrage de 16Kg (93).

Le statut immunitaire à 24h mesuré par le taux sérique d'IgG est donc indirectement associé à la vitesse de croissance du veau pendant les 6 premiers mois de sa vie. En effet, la moindre affection néonatale cause un retard de croissance qui n'est jamais compensé par la suite.

(2) Production laitière

La production laitière de 641 primipares Holstein est significativement corrélée ($p<0.05$) à la teneur en immunoglobulines de leur sérum 24 à 48h après leur naissance. La régression donne 8.5Kg de lait pour 1g/L d'immunoglobulines (17).

Il n'y a certainement pas de lien direct, mais on peut s'attendre à ce qu'une génisse qui se développe bien, sans retard de croissance, puisse pleinement exprimer son potentiel génétique laitier au vêlage. En effet, la croissance compensatrice des jeunes bovins ne permet pas de rattraper entièrement les retards de croissance ayant lieu lors des 2 premiers mois de vie, voire des 6 premiers mois.

B. Physiologie du transfert d'immunité passive

1. Origine des Immunoglobulines colostrales

a) Transfert d'éléments sériques maternels

La totalité des IgG1 est transférée du sang maternel dans la glande mammaire, ainsi qu'une partie des IgG2.

(1) Transfert des immunoglobulines G1

Les IgG1 sériques de la mère sont concentrées dans la glande mammaire. Alors que les concentrations sériques maternelles en IgG1 et IgG2 sont équivalentes, le ratio est de 7 pour 1 dans la glande mammaire en faveur des IgG1 à l'issu du transfert. Au final, elles représentent 80 à 85% des immunoglobulines colostrales.

(a) Durée

Le transfert débute lors du tarissement, de manière très progressive, probablement sous l'influence des œstrogènes et de la progestérone. Il s'accélère dans les jours qui précèdent le vêlage, plutôt sous l'influence de la prolactine. Des quantités considérables d'IgG1 sont ainsi accumulées dans la mamelle: une étude sur vaches laitières a montré qu'en moyenne 500g d'IgG1 par semaine étaient transférés dans les 3 dernières semaines précédant le vêlage (81).

Les mécanismes ralentissent ensuite dès les modifications hormonales de déclenchement de la mise-bas (chute de la progestérone, pics des œstrogènes, prolactine et cortisol), de manière très rapide. En outre, la concentration dans la mamelle commence à diminuer légèrement avant la mise-bas en raison de la phase sécrétoire qui dilue les composants colostraux (85).

La figure 6 illustre cette chronologie en comparant les concentrations sériques et mammaires de la vache en fin de gestation.

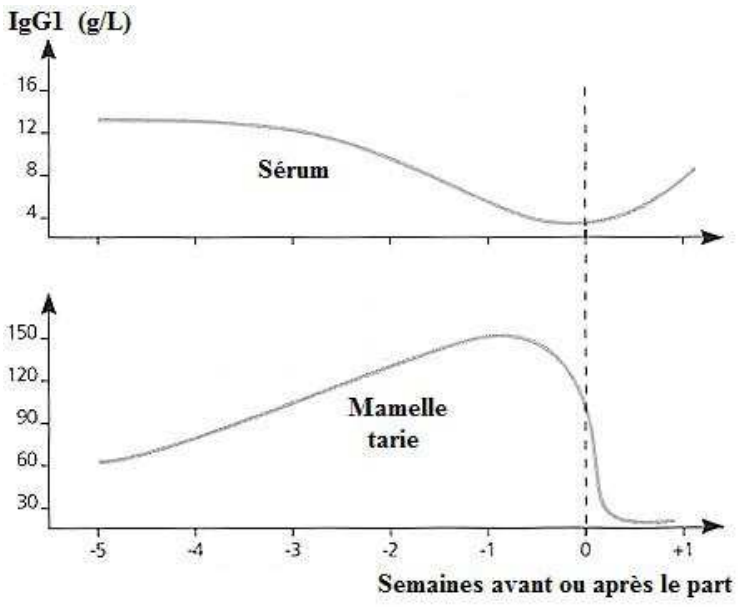


Figure 6 : Evolution des IgG1 dans le sérum et les sécrétions lactées dans les semaines qui précèdent et qui suivent la mise-bas (11, 85)

(b) Mécanismes cellulaires

Le transfert des IgG1 est sélectif et fait intervenir des récepteurs moléculaires spécifiques des IgG1. Ceux-ci apparaissent après l'involution normale de la mamelle, sur la membrane plasmique basale des nouvelles cellules acineuses de l'épithélium glandulaire mammaire (11, 85).

Il semble que l'œstradiol 17β, dont la concentration varie de la même façon que l'intensité du transfert d'IgG1, joue un rôle prépondérant dans la mise en place de ces récepteurs spécifiques, à condition que le tarissement ait lieu pour permettre le renouvellement de l'épithélium sécrétoire (85).

Les IgG1 sont fixées à la surface de la membrane basale par un fragment spécifique constant (Fc) des récepteurs. Celles-ci sont ensuite endocytées et traversent la cellule acineuse dans une vacuole, avant d'être relarguées au pôle apical dans la lumière de l'acinus. Ces mécanismes cellulaires actifs autorisent un transfert contre le gradient de concentration d'IgG1 entre le sérum maternel et la lumière de l'acinus, en échange d'une dépense énergétique.

La figure 7 (p50) illustre ce transfert actif par endocytose, grâce auquel des IgG2 sont aussi transportées (79).

(2) Autres immunoglobulines

Les autres immunoglobulines transférées du sérum dans la glande mammaire le sont de manière passive entre le liquide interstitiel et la lumière glandulaire.

Certaines IgG2 sont même englobées dans les vacuoles transportant les IgG1. En effet, des récepteurs spécifiques des IgG2 sont aussi présents sur la membrane plasmique basale, mais en quantité moindre par rapport aux récepteurs des IgG1 (38, 79).

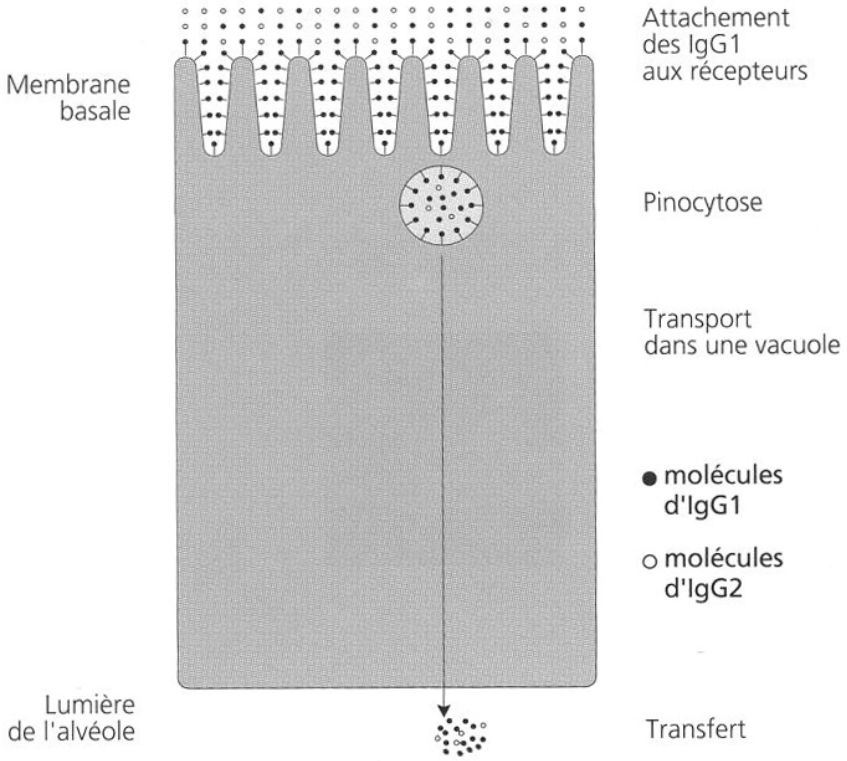


Figure 7 : Mécanisme du transfert sélectif des IgG1 à travers l'épithélium sécrétoire de la glande mammaire (85)

b) Synthèse locale d'immunoglobulines

Une partie des IgG2, des IgM (30-50%) et des IgA (50%) sont synthétisées localement dans la mamelle par des plasmocytes situés dans le parenchyme mammaire (38).

c) Dilution du colostrum

Quelques jours avant la mise-bas, la synthèse de lactose, accompagnée du transfert des minéraux, entraîne un afflux passif d'eau dans le colostrum qui suit le gradient de pression osmotique. La quantité d'eau transférée lors de cette phase sécrétoire conditionne donc la dilution des constituants accumulés préalablement dans la mamelle lors de la colostrogénèse.

Cette dilution cause la baisse de concentration en immunoglobulines du colostrum observée lors de l'augmentation du délai entre la mise-bas et la première traite ou tétée (85).

2. Ingestion de colostrum par le veau nouveau-né

La quantité de colostrum ingérée durant les 24 premières heures est le facteur limitant majeur du transfert d'immunoglobulines. L'ingestion très précoce d'au moins 100-120g d'immunoglobulines est nécessaire pour atteindre des concentrations sériques efficaces de l'ordre de 15g/L.

Dans les conditions naturelles, le veau se lève dans les premières heures suivant la mise-bas, souvent même avant la fin de la 1ère heure. Il recherche rapidement les trayons de sa mère pour téter. Ce comportement est encore volontairement conservé en élevage allaitant lorsque l'accouchement ne nécessite pas d'intervention humaine.

Par contre, dans les pratiques d'élevage laitier actuelles, les veaux sont souvent séparés le plus tôt possible de leur mère en n'ayant pas ou peu eu le temps de téter. Le colostrum leur est apporté au biberon à l'issue de la première traite qui a lieu entre 0 et 12h après la naissance.

3. Absorption des immunoglobulines dans le tractus digestif du veau nouveau-né

a) Les molécules transférées

(1) Condition intrinsèque nécessaire au transfert

L'absorption des immunoglobulines se produit exclusivement si elles sont intactes et fonctionnelles. Le colostrum yaourtisé, congelé ou lyophilisé peut remplacer le colostrum frais, les quantités d'immunoglobulines intactes et fonctionnelles étant légèrement inférieures.

Une partie des immunoglobulines ingérées répond à cette condition car elles échappent à la dégradation enzymatique et chimique dans le tractus digestif du veau (46, 85).

(2) Mécanismes associés à cette condition

Dans les premières heures post-partum, l'acidité de la caillette du veau n'a pas atteint son niveau normal. Le transit des immunoglobulines dans la caillette est rapide. De plus, le fort pouvoir tampon du colostrum minimise la dénaturation des protéines.

Les IgA et IgG du colostrum de vache possèdent peu de liaisons peptidiques sensibles à l'action de la pepsine, de la trypsine et de la chymotrypsine. Le colostrum contient par ailleurs en grande quantité (1g/L) un inhibiteur de la trypsine qui diminue dans l'intestin la protéolyse, entre autres des immunoglobulines.

Enfin, il semblerait que des carbohydrates forment une enveloppe protectrice autour des immunoglobulines (56, 85).

b) Localisation et mécanismes cellulaires mis en jeu

L'absorption a lieu dans l'intestin grêle, surtout dans le jéjunum et à un moindre degré dans l'iléon.

Les macromolécules, dont les immunoglobulines, sont transportées dans des vésicules de pinocytose vers la membrane basale de l'épithélium, d'où elles rejoignent la circulation lymphatique, puis veineuse via le canal thoracique. Certaines traversent aussi directement la membrane plasmique apicale des cellules épithéliales si celles-ci sont encore immatures, puis migrent au pôle basal. Le transport des vésicules ou des macromolécules directement utilise un réseau de microtubules en continuité avec ceux formant la structure rigide de base des microvillosités (14).

Cette absorption se fait sans sélection isotypique, contrairement au transfert des immunoglobulines du sérum maternel dans la glande mammaire étudié précédemment. Ainsi dans le sérum du veau, la majorité d'immunoglobulines colostrales reste représentée par les IgG1 (80%) (46, 85).

c) Un processus limité

(1) Causes

Le remplacement progressif et rapide des cellules immatures de l'intestin grêle du veau par de nouvelles cellules dépourvues de capacité de pinocytose met un terme définitif à l'absorption des macromolécules (85). De plus, l'activité des enzymes digestives dénaturant les protéines augmente progressivement avec le temps (71). Mais préalablement, le transport des macromolécules à travers les cellules épithéliales immatures cesse progressivement en raison d'un autre mécanisme.

L'ingestion des premiers repas de colostrum semble en effet provoquer une saturation des capacités d'absorption de l'intestin. Ce processus, appelé « fermeture » ou « closure » (anglicisme), commence par l'arrêt de l'évacuation des macromolécules à travers la membrane basale de l'épithélium intestinal, entraînant leur accumulation à l'intérieur des cellules, la saturation du système tubulaire de transport intracellulaire, et finalement l'arrêt des prélèvements dans la lumière intestinale (38, 85).

D'ailleurs, des expériences ont montré que lorsque l'on distribue des quantités de colostrum suffisamment faibles pour éviter la saturation physiologique, le taux de transfert des immunoglobulines reste élevé pendant plus de 24h après la naissance (55, 85).

Le déterminisme de cette fermeture reste imprécis. Des facteurs comme le cortisol, la thyroxine plasmatique ou la température ambiante ont été évoqués, de même qu'un facteur colostral de bas poids moléculaire encore indéterminé.

(2) Conséquence sur la durée du processus

L'absorption des immunoglobulines diminue rapidement pour s'arrêter avant 36h de vie voire avant 24h de vie pour certains veaux. Une étude a montré un arrêt d'absorption des IgG vers la 27ème heure de vie. Celle des IgA s'arrête vers la 22ème heure et celle des IgM vers la 16ème heure (65).

(3) Conséquence sur l'intensité du processus

Le taux d'immunoglobulines absorbées augmente avec la quantité ingérée mais cette corrélation n'est pas infinie. Une trop grande quantité d'immunoglobulines ingérée entraîne une baisse d'efficacité de l'absorption due à la saturation physiologique des systèmes de transports transmembranaires.

Le rendement du transfert des immunoglobulines peut atteindre les 50% d'immunoglobulines absorbées par rapport aux immunoglobulines ingérées, mais il est plus souvent de l'ordre de 10 à 30% (46, 56).

La concentration sérique en immunoglobulines du veau peut malgré tout, dans les meilleures conditions de transfert, être supérieure à celle de sa mère au bout de 24 heures de vie (14).

4. Devenir des immunoglobulines absorbées

Les immunoglobulines transférées vont subir un catabolisme normal et disparaître du sang au rythme de leur demi-vie qui est d'environ 15 jours pour les IgG, 4 jours pour les IgM et 2 jours pour les IgA (85). Certaines, à la faveur d'un cycle entéro-hépatique, sont réexcrétées avec la bile dans le contenu intestinal dans lequel elles sont encore fonctionnelles (83). Il semble aussi que des IgA transsudent dans les sécrétions bronchiques et conjonctivales (79).

Pendant ce temps, la synthèse endogène d'immunoglobulines se met progressivement en place.

La résultante de ces 2 phénomènes peut se traduire, aux alentours de la 3ème ou 4ème semaine de vie chez le veau (de même chez le porcelet), par un taux global d'immunoglobulines sériques inférieur au seuil normal. Ceci explique en partie l'existence d'une recrudescence des pathologies néonatales dans cette période où la couverture immunitaire humorale peut être insuffisante (56). (cf. figure 2 p35)

C. Variations de la quantité d'immunoglobulines transférées

La quantité d'immunoglobulines transférées varie tout au long des étapes du transfert. Lors de la première étape, c'est-à-dire la synthèse de colostrum, les variations dépendent de nombreux paramètres étudiés précédemment. (cf. I D. p37) Ainsi interviennent notamment le statut propre de la vache (race, âge, rang de vêlage, génétique), l'état sanitaire, le statut vaccinal, mais aussi les pertes précoces de colostrum et le délai séparant le vêlage de la 1ère traite ou tétée.

1. Variations lors de l'ingestion de colostrum

La capacité d'ingestion volontaire du veau nouveau-né est limitée par le volume de sa caillette inférieur à 2 litres. La capacité totale d'ingestion en 24h correspond à environ 10% de son poids vif. Ainsi à volume égal, la quantité d'immunoglobulines ingérées augmente proportionnellement à leur concentration dans le colostrum. Cependant, le déroulement de l'ingestion est une source majeure de variation d'immunoglobulines transférées.

a) Méthode de distribution

(1) Tétée spontanée

Lors d'un déroulement normal de mise-bas, le veau est capable de téter rapidement une quantité suffisante de colostrum au pis de sa mère (1.5L dans les 2 premières heures, 4.5L sur les premières 24 heures) (85). Cette situation est la règle en élevage allaitant. Dans de nombreux grands troupeaux laitiers, les veaux sont aussi laissés avec leur mère jusqu'à la première traite (12).

Cependant de nombreux éléments peuvent entraver la tétée spontanée et aboutir à une prise colostrale trop tardive et/ou insuffisante en quantité.

(a) Eléments dépendants du veau

Il arrive que le veau ne puisse pas se lever rapidement, condition nécessaire pour une tétée naturelle. Ainsi, les veaux en hypoxie ou avec un œdème de la langue suite à un vêlage trop long, les veaux blessés (écrasement,…) ou malformés (arqûre-bouleture,…) ne tètent pas précocement, voire pas du tout, les quantités de colostrum requises. Un sol glissant retarde aussi le lever du veau (18).

Même si le veau se lève et marche normalement, d'autres malformations gênent la succion et la déglutition du colostrum. C'est le cas des fentes palatines et de la macroglossie des veaux culards (51, 66).

(b) Eléments dépendants de la mère

La vache doit elle aussi être en mesure de se lever après le vêlage, même si selon la conformation de la mamelle les veaux peuvent arriver à téter un voire deux trayons sur une vache couchée.

Une douleur, notamment dans la zone mammaire (blessures des trayons, œdème, mammite…) ou un manque d'instinct maternel peuvent amener la mère à ne pas se laisser téter voire même à attaquer son veau.

La conformation de la mamelle et des trayons est également très importante. Un veau ne tète pas de manière optimale une mamelle trop basse, trop dure, des trayons trop volumineux ou trop courts (13, 85).

La figure 8 résume l'ensemble des facteurs pouvant causer une insuffisance d'ingestion de colostrum maternel lors de tétée naturelle.

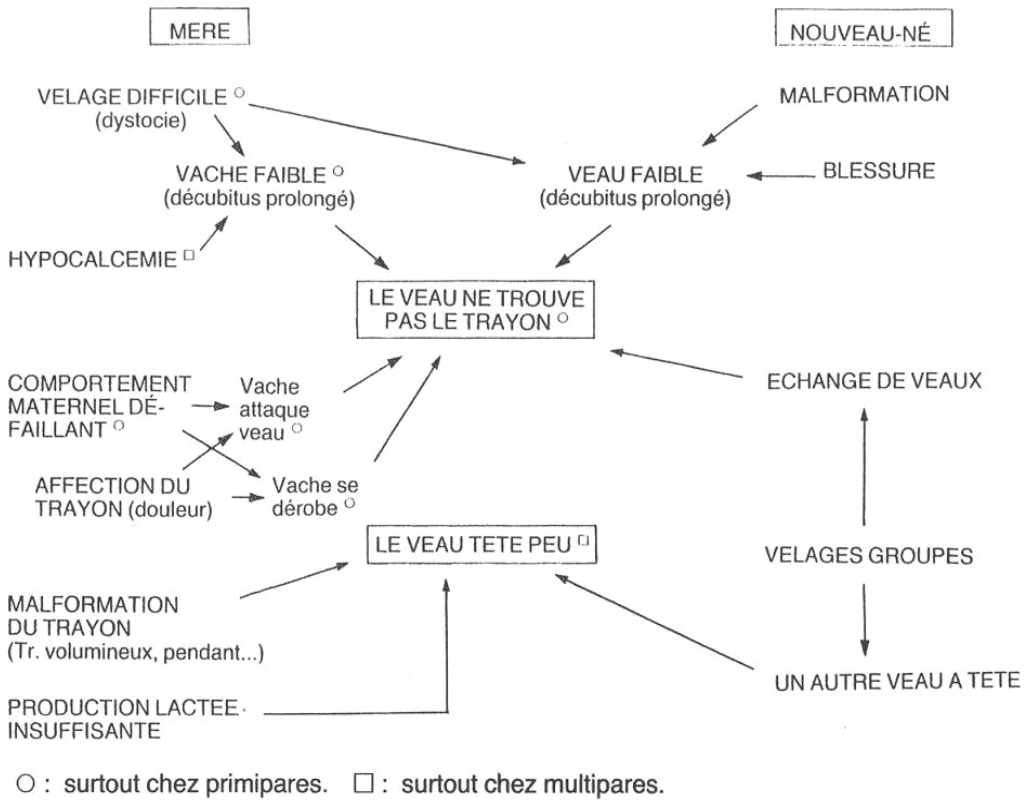


Figure 8 : Principaux facteurs responsables d'un défaut de prise du colostrum chez le veau (13)

(2) Distribution artificielle

Ces modes de distribution évitent les problèmes possibles exposés dans le paragraphe précédent, dans la mesure où ils sont utilisés précocement et avec des quantités suffisantes de colostrum de bonne qualité.

(a) Au biberon et au seau

Quasiment systématiquement utilisées en élevage laitier, ces 2 méthodes sont aussi utilisées en élevage allaitant lorsque l'éleveur suspecte une prise insuffisante de colostrum. De

manière générale, il semble que les veaux laitiers de race pure apprennent plus rapidement ces méthodes que les veaux croisés ou allaitants de race pure (7, 85).

(b) Par ingestion forcée

Lorsque le veau est réticent à téter ou si l'éleveur veut gagner du temps, le sondage œsophagien est de plus en plus couramment utilisé. Bien qu'une partie du colostrum administré arrive dans le rumen, cette méthode n'entrave pas la digestion ultérieure dans la mesure où elle est réservée aux 2 voire 3 premiers repas (1, 7).

b) Méthode de conservation

(1) Température ambiante

Le colostrum conserve ses qualités immunologiques pendant moins de 3 jours à température ambiante (22).

(2) Réfrigération

Jusqu'à 7 jours de réfrigération à 4°C, la qualité du colostrum ne varie quasiment pas. De plus les cellules ne sont pas détruites (45, 51).

(3) Yaourtisation

Ce procédé reposant sur l'acidification autorise une conservation d'au moins une semaine sans altérer la quantité d'immunoglobulines. Leur absorption dans le tractus digestif est légèrement diminuée. La yaourtisation peut être réalisée par l'acidification lactique naturelle à température ambiante, mais aussi par ajout d'acide propionique, de mélange commercial d'acides acétique et propionique (10mL/L), ou de formaldéhyde, ou par ajout de 4 à 6 yaourts natures pour 10L de colostrum (45, 51, 61).

(4) Congélation

La congélation du colostrum ne réduit que très faiblement sa quantité d'immunoglobulines fonctionnelles. Il s'agit d'un moyen très pratique de conservation domestique (-18°C) de colostrum pendant environ un an, d'autant plus que l'alternance de cycles de congélation et de décongélation n'a quasiment pas d'effet délétère sur les immunoglobulines.

Cependant, la décongélation à une température supérieure à 55°C dénature les protéines, en particulier les immunoglobulines très sensibles à la dénaturation thermique. Une étude a montré une perte d'activité des immunoglobulines de 90% après 152 secondes à 81°C.

Par ailleurs, l'utilisation du four à micro-ondes permet de gagner du temps mais entraîne une légère baisse de la teneur en immunoglobulines, notamment en IgA (8, 27, 38).

(5) Lyophilisation

La lyophilisation permet aussi une conservation des immunoglobulines et des éléments nutritifs à long terme (36). Cependant, de même que lors de yaourtisation et de congélation/décongélation, les cellules immunitaires sont détruites par ce moyen de conservation (45, 51).

2. Variations lors de l'absorption intestinale

a) Facteurs liés à l'ingestion

(1) Facteurs principaux

Qu'il soit spontané ou reçu artificiellement, le premier repas doit intervenir le plus tôt possible après la mise-bas. A partir de celui-ci, le nombre de repas suivants dans les 24 premières heures ne change que très faiblement l'efficacité de l'absorption des immunoglobulines, dans la mesure où le veau en ingère une masse suffisante.

(a) Délai entre la mise-bas et la 1ère prise de colostrum

L'absorption intestinale des immunoglobulines diminue fortement lorsque l'intervalle qui sépare la naissance de la 1ère prise colostrale augmente.

Selon les différentes études, par rapport au taux initial d'absorption, le coefficient d'absorption des IgG est de 66 à 75% pour un délai de 6h. Il est de 50% entre la 12ème et la 20ème heure. Il n'est plus que de 0 à 7% pour un délai de 24h et à 36h il est de 0% (14, 39, 49).

Cette diminution de perméabilité de la barrière digestive aux immunoglobulines est illustrée par les figure 9a et 9b.

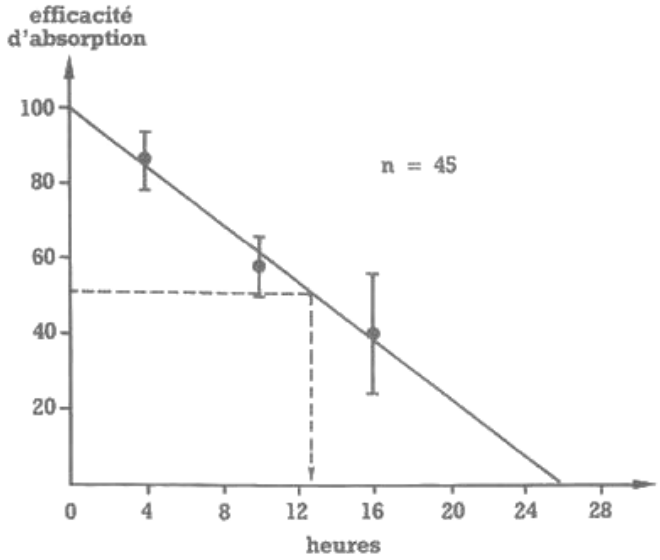


Figure 9a : Evolution de l'efficacité de l'absorption des IgG1 chez le veau, dans les heures qui suivent la mise-bas (39)

Les figures 9a et 9b partent d'une efficacité d'absorption initiale de 100%, mais il faut garder à l'esprit que le rendement entre les immunoglobulines absorbées et celles ingérées est de 20 à 30% à son maximum et ne fait que diminuer par la suite.

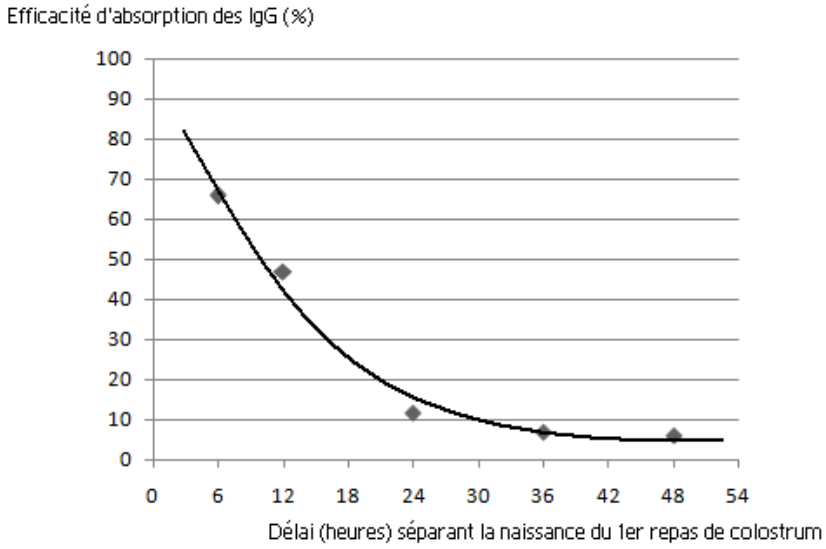


Figure 9b : Relation entre l'efficacité d'absorption des IgG et l'âge du veau au premier repas (49)

(b) Quantité d'immunoglobulines ingérées

La quantité d'immunoglobulines absorbées augmente lorsque la masse d'immunoglobulines ingérées lors du premier repas augmente, ceci jusqu'à un certain seuil comme il a été vu précédemment (saturation physiologique des mécanismes d'absorption).

Une étude a montré des concentrations sériques en IgG1 maximales pour des quantités d'IgG1 colostrales ingérées immédiatement après la mise-bas, dans 2,84L de colostrum distribué par sondage œsophagien (3 pintes américaines soit 3 fois 0,94L), autour de 200-250g (7).

(c) Produit utilisé

L'absorption maximale des immunoglobulines est obtenue avec le colostrum frais de la propre mère du veau, le plus concentré possible en immunoglobulines (21).

Pour quasiment tout autre produit, qu'il s'agisse du colostrum maternel dilué, du colostrum frais d'une autre vache, ou de succédané de colostrum (autre espèce, artificiel,…), l'absorption digestive des immunoglobulines sera réduite (2, 3, 33). Ceci peut en partie s'expliquer par l'absence ou la moindre présence des nombreux constituants colostraux qui interviennent dans les mécanismes d'absorption.

En effet, de récentes études font état d'une efficacité d'absorption similaire au colostrum frais pour 2 types de produits :

❖ En premier lieu, les protéines sériques maternelles extraites, concentrées et lyophilisées semblent être autant absorbées que celles du colostrum frais (2).

❖ En second lieu, un traitement thermique du colostrum frais à 60°C pendant 60 minutes n'affecte pas la quantité d'immunoglobulines et celles–ci sont aussi bien absorbées que sans la pasteurisation. Ce procédé, réalisable à la ferme avec un pasteuriseur à lait (paramètres différents), permet une réduction significative de la charge microbienne du colostrum, en particulier des germes pathogènes tels que *Mycobacterium paratuberculosis*, *Echerichia coli* et *Salmonella spp* (24, 34, 52, 68).

(2) Facteurs secondaires

(a) Présence de la mère

La présence de la mère à coté de son veau au moment de la distribution du colostrum augmente l'absorption intestinale des immunoglobulines (85). Cette affirmation n'a cependant pas fait l'objet d'une expérimentation très rigoureuse.

(b) Méthode de conservation du colostrum

La conservation par fermentation (yaourtisation) réduit l'absorption intestinale des immunoglobulines, probablement en raison des variations de structure moléculaire entraînées par les variations de pH. Un réajustement du pH par addition de bicarbonate ne supprime pas totalement le phénomène (14, 21, 22).

En revanche, la congélation ne diminue pas significativement la qualité des immunoglobulines, dans la mesure où la décongélation est réalisée à faible température. (50°C). Le colostrum congelé constitue donc une source d'immunoglobulines adéquate et la gestion de ce procédé est relativement peu compliquée (32). Il en est de même pour la lyophilisation mais ce procédé n'est pas applicable en pratique courante (36).

b) Facteurs liés au veau

(1) Facteurs principaux

(a) Conditions de mise-bas

L'absorption des immunoglobulines est diminuée chez les veaux ayant souffert d'hypoxie lors d'un part languissant et/ou difficile.

L'acidose métabolique ou respiratoire qui suit l'hypoxie réduit aussi les rendements instantanés d'absorption des constituants du colostrum. Cependant, elle semble retarder le mécanisme de closure, ce qui autorise une absorption de macromolécules pendant un temps significativement plus long (86).

(b) Prématurité de la parturition

Les durées moyennes de gestation sont différentes selon les races mais dans l'ensemble, chez les veaux nés avant 260 jours de gestation, l'absorption des immunoglobulines colostrales est ralentie et son rendement est diminué (85).

(2) Facteurs secondaires

(a) Taux de thyroxine plasmatique du veau

La durée de la période d'absorption est négativement corrélée au taux de thyroxine plasmatique du veau à la naissance (85).

(b) Température extérieure et hygrométrie

Il semble qu'une température ambiante élevée au moment de la mise bas soit liée à une accélération de la fermeture de l'intestin. A l'inverse, des températures froides et une forte hygrométrie amélioreraient le rendement d'absorption. Par contre l'absorption est réduite lors d'exposition à un froid sévère (39, 84).

Pour conclure cette 2nde partie de l'étude bibliographique, nous rappellerons que les immunoglobulines représentent une part importante des constituants colostraux : une part quantitative (certaines vaches allaitantes produisent des colostrums de concentration supérieure à 300g/L d'IgG) mais aussi qualitative, en raison de leurs rôles dans les défenses du veau contre les germes présents dans son environnement.

Cependant il ne faut pas oublier les nombreux autres composants du colostrum. Certains sont aussi absorbés dans la circulation générale du veau (même des cellules immunitaires) et n'ont pas encore fait l'objet d'études très poussées.

Le transfert d'immunoglobulines reste malgré tout très représentatif du transfert colostral en général, et constitue certainement, avec l'apport énergétique, un des piliers de la santé néonatale.

Nous avons vu que le transfert d'immunité passive dépend de très nombreux facteurs que nous pouvons catégoriser :

- Des facteurs biologiques à part entière, génétiques ou aléatoires : race, conformation de la mamelle, gestation gémellaire, …
- Des facteurs biologiques d'origine zootechnique, soit des interventions de l'homme sur la santé du couple mère-veau : état sanitaire de la vache, assistance au veau après le vêlage, …
- Des facteurs zootechniques à part entière, c'est à dire des interventions humaines influençant directement sur la prise de colostrum : distribution artificielle du colostrum, lieu du vêlage, …

Ces facteurs de variations sont nombreux. Il est possible d'intervenir sur certains d'entre eux pour optimiser les capacités de transfert d'immunoglobulines de la vache à son veau. Une évaluation quantitative est aussi très utile en pratique dans la gestion des différentes étapes du transfert colostral.

III. Gestion pratique du transfert colostral chez les bovins

Cette gestion passe par un contrôle de l'efficacité des différentes étapes du transfert d'immunité passive. Il nécessite une évaluation des quantités d'immunoglobulines qui transitent du sang maternel au sang du nouveau-né. A l'issue de cette évaluation, les constatations peuvent s'avérer très utiles pour justifier les mesures à mettre en œuvre pour optimiser l'efficacité globale du transfert.

A. Evaluation du transfert colostral

1. Evaluation des caractéristiques du colostrum produit par la mère

a) Evaluation épidémio-clinique

(1) Statut de la mère du veau

D'une manière générale, le colostrum des primipares laitières peut être très insuffisant en qualité, celui des primipares allaitantes peut être très insuffisant en quantité. Cependant, ces règles ne sont pas systématiquement respectées. Il arrive que dans les deux cas le colostrum soit tout à fait acceptable. De même des colostrums de vaches multipares peuvent être de mauvaise qualité.

(2) Déroulement de la gestation et du vêlage

Une période de tarissement trop courte (inférieure à 3-4 semaines), une mammite pendant celui-ci ainsi qu'un mauvais état général de la mère laissent supposer un colostrum de mauvaise qualité.

Par ailleurs, l'observation directe de pertes de colostrum avant la première traite ou tétée, voire même avant le vêlage, permet de conclure avec certitude à une faible concentration du colostrum en immunoglobulines. Une flaque de colostrum est aussi parfois présente sur le lieu de la mise-bas, mais celle-ci peut avoir été léchée par la mère avec les eaux fœtales et d'autres éléments organiques expulsés.

(3) Observation directe du colostrum

Des couleurs et aspects inhabituels font aussi suspecter une mauvaise qualité du colostrum. Un bon colostrum est visqueux, collant, propre, de couleur jaune à orange.

Des grumeaux, une couleur de bière, une hémolactation (colostrum rose à rouge) sont très en défaveur d'une bonne qualité et doivent conduire à l'éviction de ces produits de l'alimentation du veau. Un colostrum de la couleur du lait laisse penser à des pertes de colostrum avant la première traite ou tétée.

Le volume produit est facilement évaluable avec un pot trayeur. Il arrive cependant que la sécrétion soit inhibée en l'absence du veau, ou que seule la quantité nécessaire à la buvée du veau soit traite. Dans tous les cas, un volume important (supérieur à 10L environ) laisse suspecter une concentration en immunoglobulines plutôt basse par dilution (69).

b) Evaluation paraclinique : concentration en immunoglobulines

(1) Mesures spécifiques

Ces méthodes ont des résultats précis mais elles ne peuvent pas être réalisées à coté de la vache.

(a) Méthode de référence : l'immunodiffusion radiale

L'immunodiffusion radiale (IDR) repose sur une précipitation en milieu gélosé entre des anticorps et des antigènes. Elle permet de distinguer les différentes immunoglobulines. Il s'agit de la méthode de référence pour le dosage d'immunoglobulines dans le cadre de l'immunité colostrale (40).

Une classe ou sous-classe d'anticorps anti-Ig bovines est incorporée dans une gélose coulée dans une boite et creusée de puits, dans lesquels les échantillons de colostrum entier (20) et dilué sont distribués. Les immunoglobulines diffusent dans la gélose puis les immunoglobulines spécifiques précipitent avec les anticorps anti-immunoglobulines bovines correspondants. Ceci résulte en l'apparition d'un halo, idéalement circulaire et centré sur le puits, dont la surface est linéairement proportionnelle à la concentration en immunoglobulines du colostrum testé. Le principe est illustré par la figure 10.

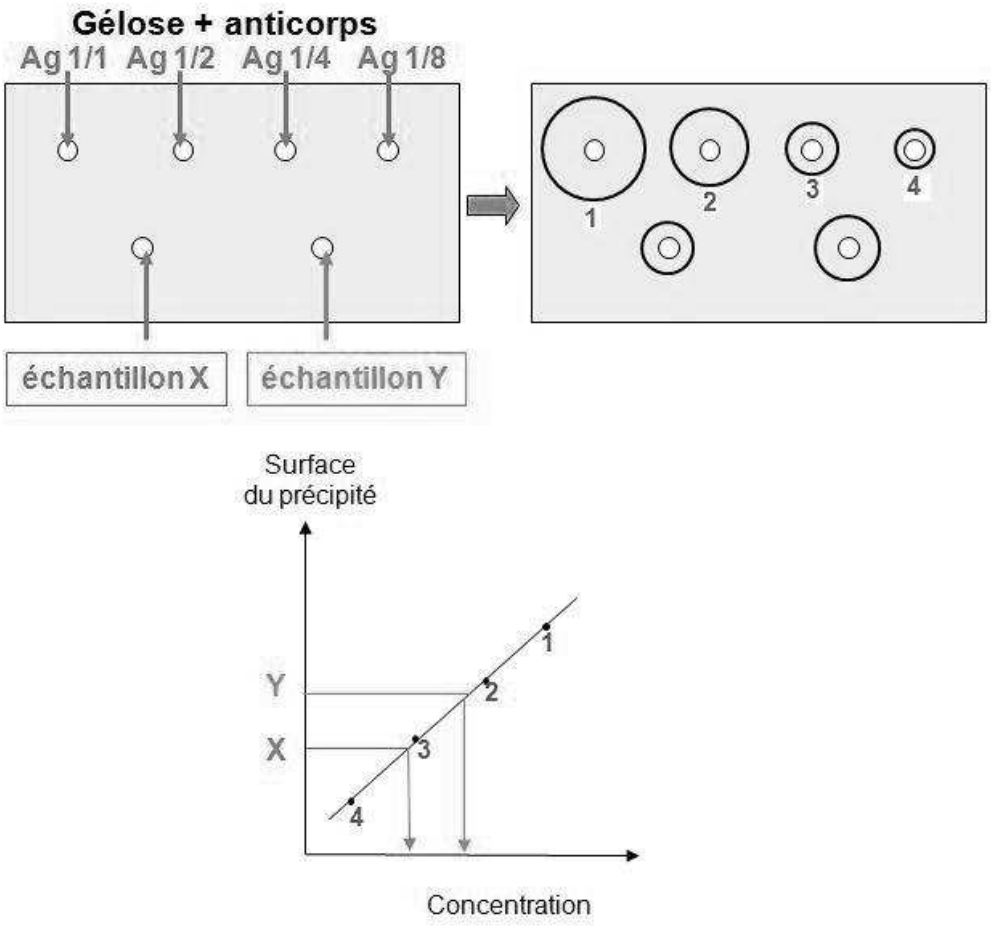


Figure 10 : Schéma de principe de l'immunodiffusion radiale, d'après LEVIEUX (40)

L'IDR ne servait presque pas jusqu'à maintenant en pratique courante pour le dosage d'immunoglobulines colostrales et sériques. Elle a été surtout utilisée dans la recherche et pour l'étalonnage des méthodes semi-quantitatives ou même qualitatives de dosage. Son utilisation est dorénavant courante dans certains laboratoires d'analyses. Il s'agit en effet d'une méthode simple, robuste et relativement rapide. Les résultats peuvent être lus 24h après la distribution des échantillons (40).

(b) ELISA

La méthode ELISA pour Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay est une autre méthode de dosage direct reposant sur la liaison antigène-anticorps qui permet de doser spécifiquement les IgG (23).

(c) Test rapide de migration latérale

Des kits de test rapide par immunochromatographie sont maintenant commercialisés. Le principe repose sur la migration des composants du colostrum et la capture spécifique des anticorps. Le test distingue des concentrations inférieures ou supérieures à 50g/L d'IgG. La faible sensibilité de ce test et le caractère approximativement semi-quantitatif restreignent ses avantages au coté simple et réalisable directement au chevet de l'animal (4).

La figure 11 ci après illustre le principe de cette méthode.

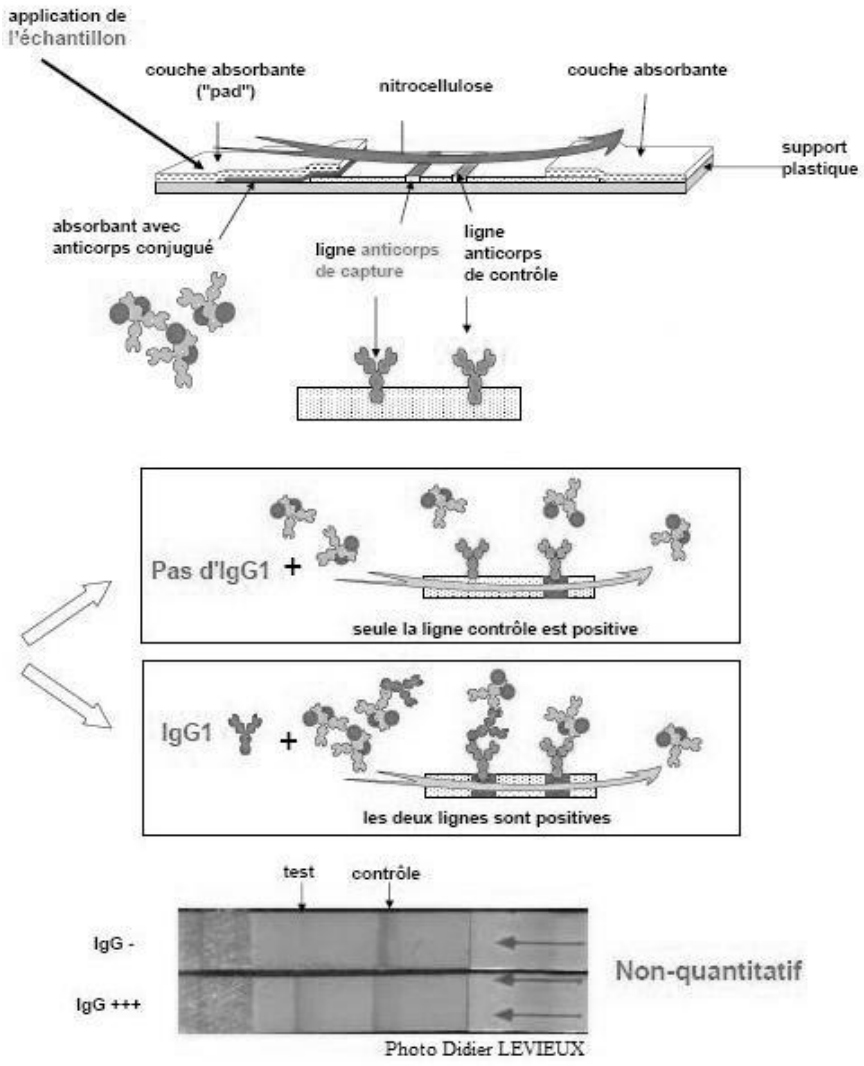


Figure 11 : Schéma de principe du test de migration latérale, d'après LEVIEUX (40)

(d) Chromatographie HPLC d'affinité sur protéine G

Les protéines sont séparées après leur fixation à des ligands spécifiques. Le ligand spécifique des anticorps est la protéine G. Le matériel d'HPLC (High Performance Liquid Chromatography) est très coûteux et très fragile.

(2) Mesures non spécifiques

Les mesures indirectes sont moins précises mais certaines sont rapides à mettre en œuvre et réalisables en exploitation.

(a) Mesure de la densité du colostrum : le pèse-colostrum

Le pèse-colostrum ou colostromètre traduit qualitativement la densité du colostrum en concentration en immunoglobulines. Le seuil de définition d'un « bon » colostrum est fixé à 50g/L d'immunoglobulines. Cette technique simple, dont la lecture est directe et rapide, peut être utilisée en routine par l'éleveur.

Le colostromètre a été développé à partir d'une certaine population de vaches Holstein. Hors on connaît la variabilité considérable des teneurs en IgG qu'il existe au sein même d'une population, entre différentes populations et a fortiori entre différentes races (58). Par exemple, on imagine 2 vaches charolaises dont l'une à un colostrum à 100g/L d'IgG, l'autre à 300g/L. Si 1L de colostrum est distribué à leur veau, l'un ingère 3 fois plus d'IgG (300g vs 100g) malgré 2 colostrums « excellents » selon le pèse-colostrum.

Cette technique présente donc certaines limites qui obligent à rester prudent sur l'interprétation des résultats :

❖ La concordance entre le pèse-colostrum et la méthode de référence, c'est-à-dire l'immunodiffusion radiale, est de 70% d'après une étude sur 915 colostrums de vaches Prim'Holstein. Les résultats sont présentés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Comparaison du pèse-colostrum et de l'immunodiffusion radiale pour le dosage de 915 colostrums de vaches laitières Prim'Holstein (d'après (70)).

		IDR		
		Colostrum jugé mauvais	Colostrum jugé bon	Total
Pèse-colostrum	Colostrum jugé mauvais	95 [a]	12 [c]	107
	Colostrum jugé bon	269 [b]	539 [d]	808
	Total	364	551	915

Concordance entre les deux tests : (95 + 539) / 915 : 70%
Erreurs par excès du pèse colostrum : 269/364 = 73 %
Erreurs par défaut du pèse colostrum : 12/551 = 2%

Les seuils de qualité retenus dans cette étude sont de 40g/L d'IgG1 pour l'IDR, et 50g/L pour le pèse-colostrum.

Avec le pèse-colostrum, il y a donc peu de « faux mauvais » colostrums, mais par contre il y a trop de « faux bons » colostrums. La valeur donnée par le pèse-colostrum surestime la valeur de l'immunodiffusion radiale (méthode de référence), de sorte qu'il vaut

mieux augmenter la valeur seuil à 85 voire 100g/L (70) pour augmenter la sensibilité du test et déclarer un colostrum « bon » avec moins d'erreurs.

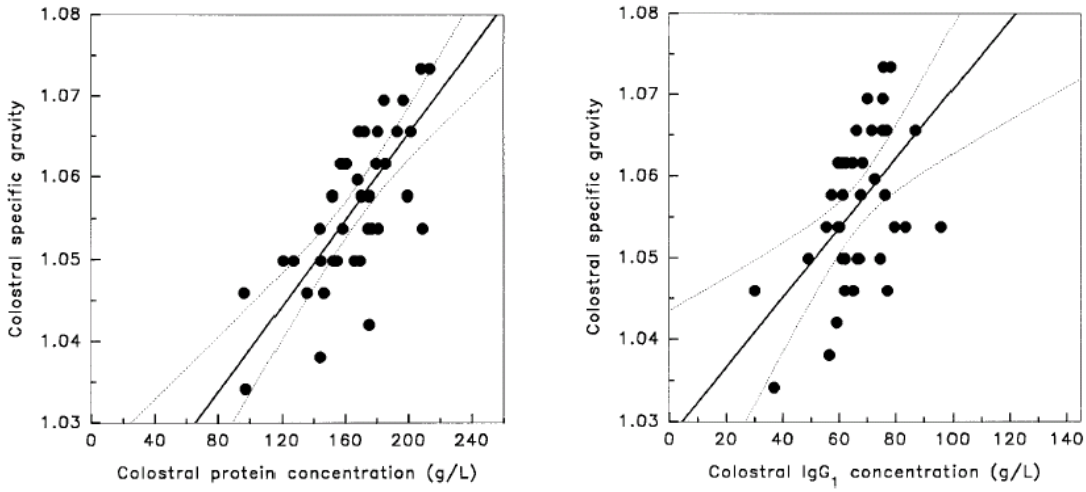
Le tableau IX présente les caractéristiques du pèse-colostrum avec des seuils de qualité différents lors de l'étude précédemment citée.

Tableau IX : Caractéristiques du pèse-colostrum lorsque le seuil de bonne concentration en IgG1 est augmenté (70)

Seuil de qualité	50 g/L	60 g/L	70 g/L	85 g/L
Sensibilité	32 %	47 %	63 %	86 %
Spécificité	97 %	92 %	85 %	63 %

La « sensibilité » est obtenue par le calcul a/(a+b)*100, la « spécificité » est obtenue par le calcul d/(b+d)*100 , d'après le tableau précédent.

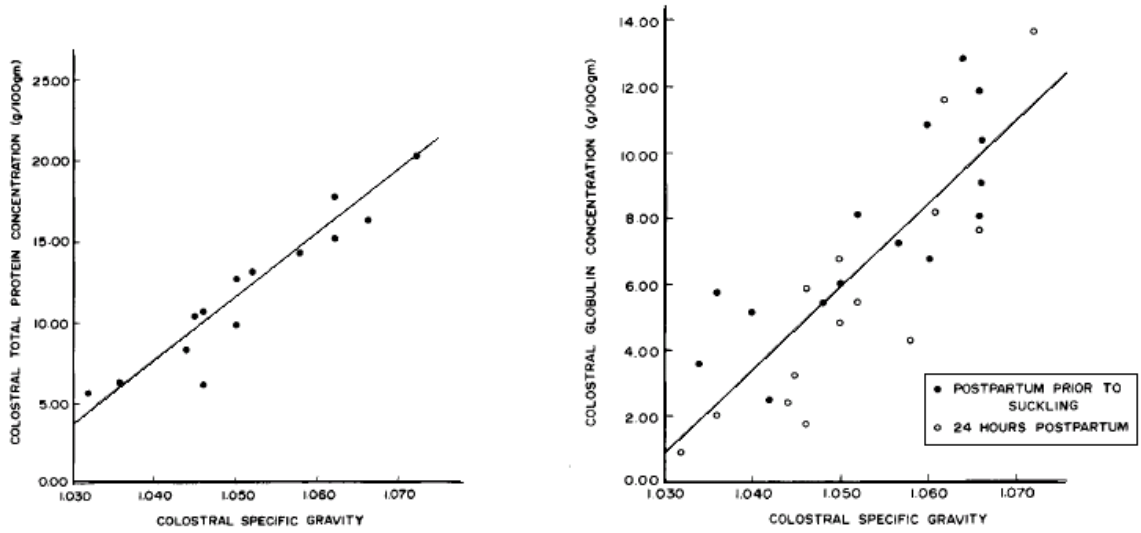
❖ La densité du colostrum est plus corrélée à sa teneur en protéines totales qu'à sa teneur en IgG1, ce qui rajoute un degré de plus d'incertitude par rapport à la mesure directe des protéines totales (19, 58). Les figures 12 et 13 illustrent deux études qui témoignent de cette situation, ayant comparé les corrélations entre la densité du colostrum et sa teneur en globulines d'une part et sa teneur en protéines totales d'autre part.



Equations des droites de régression linéaire :

(a) d = 0.00026 [protéines, g/L] + 1.013, R^2 = 0.58 (b) d = 0.00043 [IgG1, g/L] + 1.028, R^2 = 0.28

Figure 12 : Nuages de points, droites de régression linéaire et intervalles de confiance à 95% concernant la relation entre les protéines colostrales et la densité (a) et les IgG1 colostrales et la densité (b) pour 40 colostrums de vaches Holstein multipares (58)



Equations des droites de régression linéaire :

(a) [PT] = 391,810 *d -399,926; R^2 = 0.900 (b) [γG] = 254,716 *d -261,451; R^2 = 0.699

Figure 13 : Nuages de points et droites de régression linéaire concernant la relation entre la densité et les protéines totales colostrales (a) et la densité et les γ-globulines (b) pour 14 colostrums de vaches Holstein (19)

La densité du colostrum dépend aussi de sa teneur en lipides, paramètre aussi relativement variable.

❖ La densité du colostrum varie en fonction de sa température, a fortiori sa mesure aussi, optimale à 20°C. Il convient alors de refroidir l'échantillon à tester, l'autre solution étant de corriger la valeur lue selon l'équation (46, 70):

Valeur réelle = valeur lue – 13.2 + 0.8 * T(°C)

Un autre moyen très simple de calculer la densité du colostrum consiste à peser avec précision un volume connu de colostrum :

densité = poids de l'échantillon (g) / volume de l'échantillon (mL)

La concentration en immunoglobulines est évaluée par l'équation retenue pour une température ambiante de 20°C (53):

[IgG](g/L) = 958 × densité - 969.

Pour une température différente, elle devient :

$$[IgG](g/L) = 853 \times densité + 0.4 \times T(°C) - 866.$$

(b) Mesure de la teneur totale en protéines : le réfractomètre

Le réfractomètre est aussi relativement simple d'utilisation. Il mesure l'indice de réfraction d'une solution, déterminé par la concentration des solutés, dominés par les protéines et les sucres. Il permet ainsi d'évaluer la teneur en protéines totales du colostrum, dont 50 à 70% sont des immunoglobulines.

Il doit être étalonné systématiquement avant chaque mesure et sa fragilité demande une grande précaution de manipulation. Il faut aussi être précis dans la préparation (dilution) de l'échantillon à doser (30, 57), de même que dans l'IDR.

(c) Electrophorèse sur gel de polyacrylamide

Cette méthode permet de séparer les protéines selon leur poids moléculaire. L'électrophorèse du colostrum est considérée comme quantitative (40) puisque dans le colostrum, les immunoglobulines G constituent la majeure partie des γ-globulines. La technique Western-Blot permet d'augmenter la sensibilité de l'électrophorèse en complétant celle-ci de méthodes immunochimiques.

2. Evaluation de la consommation de colostrum par le veau

a) Evaluation épidémio-clinique

Même en l'absence d'observation directe de la tétée, plusieurs indices permettent de savoir si celle-ci a eu ou n'a pas eu lieu.

(1) Au niveau de la mère

Les trayons mouillés, plissés et très propres, de l'écume sur la mamelle, la souplesse d'un ou plusieurs quartiers, tous ces éléments sont en faveur d'une tétée préalable.

Inversement, des trayons sales, secs et une mamelle tendue sont autant d'indicateurs de l'absence de tétée. En outre, une mamelle trop basse, un œdème important, des trayons courts n'autorisent pas une tétée adéquate, de même qu'une parésie post-partum.

Par ailleurs le comportement de la vache donne aussi des renseignements. Si celle-ci n'a pas léché son veau, reste éloignée voire agressive, on peut se douter que la tétée aura lieu tardivement. Il arrive aussi qu'une autre vache dominante et très maternelle chasse la mère du veau et se laisse téter par celui-ci. Dans ce cas le veau aura tété du lait et non du colostrum.

(2) Au niveau du veau

Un veau en hypothermie, mou, qui ne se lève pas ou qui n'a pas de réflexe de succion n'a sûrement pas tété sa mère (74). En outre, la non émission du méconium laisse aussi suspecter une absence de prise colostrale (en dehors de toute malformation anatomique digestive). La succussion de la caillette permet d'objectiver une caillette vide, par contre une caillette pleine ne permet pas de conclure à une prise colostrale (certains veaux ont des liquides dans la caillette à la naissance).

En revanche, un veau qui suit sa mère, ou qui a de l'écume sur les lèvres sont en faveur d'une tétée préalable ou imminente.

b) Evaluation paraclinique

(1) Mesure directe de la concentration sérique en immunoglobulines G

En général, une valeur seuil de 10g/L d'IgG sériques est retenue pour parler ou non de défaut de transfert d'immunité passive.

(a) Méthode de référence : l'immunodiffusion radiale

La même méthode que pour doser spécifiquement les immunoglobulines colostrales est utilisable avec le sérum du veau. Il s'agit la encore de la méthode de référence (40).

Deux autres méthodes reposant sur le même principe (précipitation) sont utilisées. Par contre, il s'agit de précipitation en milieu liquide : l'immunoturbidimétrie et l'immunonéphélémétrie reposent sur la transmission et la déviation d'un rayon lumineux par une solution d'antigènes (IgG) et d'anticorps spécifiques (anti-IgG) (40).

(b) Autres méthodes sérologiques

Parmi les autres méthodes immunochimiques (ELISA, agglutination, fixation du complément, séroneutralisation) qui permettent de détecter la présence d'anticorps spécifiques, la méthode ELISA Sandwich et l'agglutination de microsphères sont utilisées dans la mesure du transfert d'immunité passive. Ces techniques restent délicates et couteuses en main d'œuvre, et nécessitent du matériel bien adapté (40).

Les autres méthodes sont plutôt utilisées dans le diagnostic de pathologies infectieuses précises (6).

De même que pour le colostrum, des tests rapides de migration latérale sont utilisés et reposent sur le même principe présenté précédemment. (cf. figure 11 p65) Le test distingue des concentrations inférieures ou supérieures à 10g/L d'IgG. Les avantages et inconvénients restent aussi les mêmes (4, 40).

(2) Mesures non spécifiques

Ces mesures permettent d'estimer le taux sérique d'immunoglobulines par rapport à des dosages de protéines.

(a) Dosage des protéines totales et de l'albumine

Parmi les techniques de dosage des protéines totales sériques, la réfractométrie est simple et rapide à mettre en œuvre. Elle peut être réalisée à coté de l'animal. (30, 57)

L'électrophorèse des protéines plasmatiques permet de connaître la quantité de protéines totales, d'albumine, d'α-globulines, de β-globulines et surtout de, celles qui nous intéressent, même si elle ne permet pas de quantifier uniquement les immunoglobulines. Cependant chez le veau, la mesure des γ-globulines est très imprécise en raison de leur trop faible proportion parmi les autres protéines ainsi que des éventuelles interférences avec d'autres composants sanguins (40).

On peut aussi doser uniquement l'albumine dont la valeur est retranchée à celle des protéines totales, ce qui donne la quantité de globulines.

Un défaut de transfert passif d'immunité est suspecté pour une valeur inférieure à 52g/L de protéines totales chez un veau sain et correctement hydraté, pour une valeur inférieure à 55g/L chez un veau cliniquement malade (51).

Le dosage des protéines totales est validé au Etats-Unis pour un test de transfert d'immunité passive à l'échelle du troupeau. Au moins 12 veaux de moins d'une semaine doivent être testés quelque soit la taille du troupeau. Le seuil retenu est de 55g/L de protéines totales et le transfert d'immunité passive est considéré comme un problème d'élevage si plus de 20% des résultats sont inférieurs à 55g/L (51).

(b) Méthodes semi-quantitatives

Les 3 premières méthodes présentées sont de moins en moins utilisées et doivent être plutôt considérées comme non-quantitatives (40).

- Coagulation par le glutaraldéhyde

Cette technique utilise une solution de glutaraldéhyde ajoutée au sérum, qui coagule avec les γ-globulines. La coagulation a lieu si le taux d'immunoglobulines sériques est supérieur à 6g /L, et aucune coagulation n'a lieu pour un taux inférieur à 4g/L.

Un test identique sur sang total a aussi été développé (6).

- Tests de turbidité au sulfate de zinc et de précipitation au sulfite de sodium

Ces tests reposent sur la capacité de ces sels à précipiter les protéines de haut poids moléculaire, en particulier les immunoglobulines.

Avec le test au sulfate de zinc, la turbidité observée est corrélée à la concentration en immunoglobulines.

Avec le test au sulfite de sodium, 3 solutions de réactif de plus en plus concentrées (14%, 16% et 18%) sont ajoutées au sérum. On conclut à un défaut de transfert d'immunité

passive lorsque aucune précipitation n'a lieu avec la concentration de réactif la plus élevée (6, 87).

(3) Dosage de la gamma-glutamyl-transférase (GGT)

Cette enzyme est présente dans le colostrum et le dosage de son activité sérique permet d'objectiver la consommation de colostrum pur. En effet, une augmentation significative de la valeur est notée si une prise colostrale a eu lieu. Il n'y a pas d'augmentation si le veau n'a rien consommé ou s'il a bu un produit de substitution.

Des recommandations sur l'interprétation des valeurs existent. Pour objectiver une ingestion suffisante de colostrum, l'activité GGT sérique doit être supérieure à 200UI/L à 1 jour, supérieure à 100UI/ à 4 jours et supérieure à 75UI/L à une semaine. Une activité sérique inférieure à 50UI/L à 2 semaines traduit un défaut de transfert d'immunité passive, même si une autre étude limite l'utilisation de cette méthode à des veaux de moins de 8 jours (92).

Ce test semble surtout intéressant pour confirmer un défaut de transfert d'immunité chez un veau déjà cliniquement malade (64, 88).

3. Evaluation de l'efficacité de l'absorption des immunoglobulines

Cette évaluation repose sur un rapport impliquant certaines mesures abordées dans les 2 paragraphes précédents. Ce pourcentage, appelé « efficacité apparente de l'absorption (EAA)» est donné par le calcul suivant :

EAA (%) = masse d'IgG dans le sérum (g) / masse d'IgG ingérée * 100

La masse d'IgG ingérée est donnée par la concentration sérique en IgG mesurée par les méthodes précédemment décrites, multipliée par le volume total sérique estimé en général à 7% du poids vif (71).

B. Optimisation du transfert colostral

Le but est de faire ingérer un maximum d'immunoglobulines à un veau capable de les assimiler. Il faut donc jouer sur la qualité et le volume de produit proposé au veau, puis considérer le déroulement de son ingestion, et enfin faire en sorte que l'assimilation soit optimale.

La précocité du premier repas et la quantité d'immunoglobulines ingérées sont les deux conditions majeures nécessaires à un bon transfert d'immunité passive. Il est inutile de penser optimiser le transfert d'immunité en considérant différents facteurs si ces deux conditions ne sont pas remplies.

1. Amélioration de la qualité du colostrum produit par la mère

a) Etat sanitaire de la mère

L'état sanitaire de la mère lors de la période sèche est primordial. Les recommandations classiques sur la durée de tarissement, l'état d'engraissement et la composition de la ration valent aussi pour la synthèse du colostrum. Le tableau X propose des valeurs indicatives qui doivent être adaptées à la situation des vaches gestantes considérées.

Tableau X : Ordre de grandeur des apports à préconiser pour une vache gestante pendant la période de tarissement (animal/jour) (91)

Eléments	Niveau d'apport
UFL	6 à 8
PDIN	550 à 700
Calcium (g)	55 à 75
Phosphore (g)	35 à 45
Magnésium (g)	22 à 25
Sodium	40 à 45g de chlorure de sodium
Cuivre	100 à 120mg
Zinc	260 à 300mg
Vitamine A	30 000 à 50 000 UI

L'infestation parasitaire générale doit aussi être maîtrisée, en particulier la fasciolose à *Fasciola hepatica* pour laquelle un effet néfaste sur la production de colostrum a été démontré.

Une attention doit aussi être portée sur les mammites lors de la période sèche. Ceci est déjà une préoccupation majeure en élevage laitier mais beaucoup moins en élevage allaitant. Les lésions causées sur le parenchyme mammaire sont souvent irréversibles, voire même systématiquement chez les génisses. La surveillance, la qualité des lieux de couchage (litières et pâtures) et la lutte contre les mouches doivent rester incontournables. Les dernières

recommandations en matière d'antibiothérapie intramammaire à longue action et d'obturateurs de trayons sont encourageantes en matière de prévention.

b) Vaccination de la mère

La spécificité de la synthèse d'immunoglobulines, en particulier lors de la colostrogénèse, dépend des germes présents dans l'élevage et la quantité d'anticorps circulants dépend du degré d'immunisation contre ces germes (82).

Les protocoles de vaccination contre les entérites néonatales les plus courants ont pour but d'augmenter ce degré d'immunisation au moment du transfert des immunoglobulines du sang maternel dans la mamelle. Celles-ci, en particulier les anticorps dirigés contre le germe concerné par la ou les souches vaccinales, se retrouveront en quantités supérieures dans l'intestin voire le sérum du veau (84).

La prise correcte de colostrum est donc incontournable lors de la vaccination contre les entérites néonatales. La vaccination présente en outre des limites d'efficacité et des contraintes d'utilisation qu'il faut toujours garder à l'esprit (48):

- Les souches vaccinales utilisées doivent correspondre aux germes en cause dans l'affection visée dans l'élevage. Le niveau d'immunité croisée entre souches est très variable et pas forcément prévisible. Le diagnostic étiologique précis doit être établi avant de mettre en place un plan de vaccination.
- Les rythmes d'injection doivent être compatibles avec la conduite des vêlages et les dates de vêlage doivent être connues.
- Les capacités de réponse immunitaire des gestantes peuvent aussi être altérées par le parasitisme, l'alimentation ou des infections virales immunosuppressives.
- Les vaccins sont fragiles. Leur conservation ainsi que les modalités d'injection (asepsie du matériel, sites d'injection,…) doivent être rigoureusement maitrisées.

Même en l'absence de vaccination, il est toujours judicieux de rentrer les vaches à l'étable au moins un mois avant la date du part, de façon à ce qu'elles synthétisent des anticorps contre la flore microbienne environnante (85).

2. Optimisation de l'ingestion du colostrum

a) Produit effectivement ingéré par le veau

Il arrive que le colostrum de la mère ne soit pas disponible (mort par hémorragie, incapacité à se lever par atteinte nerveuse, …) ou que celui-ci soit en quantité insuffisante (primipares, quartiers secs, …). Dans ces cas il est évident de pouvoir disposer d'une autre source de colostrum de qualité, ce qui implique la possibilité d'écarter un colostrum de qualité insuffisante ou d'améliorer la qualité du colostrum distribué.

(1) Eliminer un mauvais colostrum

Effectivement, il arrive aussi que le colostrum soit tout à fait disponible et en quantité suffisante, mais de mauvaise qualité du point de vue immunologique. Il faut savoir le distinguer et prendre la décision de l'éliminer. En traite mécanique et manuelle, il est possible de n'éliminer la production que d'un seul quartier.

C'est dans ces cas qu'interviennent l'évaluation épidémio-clinique (pertes de lait avant la 1ère traite, mammite, couleur, naissance prématurée, …), puis éventuellement les examens paracliniques semi-quantitatifs réalisables rapidement (pèse-colostrum, kits rapides) peuvent aider l'éleveur. Le pèse-colostrum apparaît comme un bon outil pour éliminer un colostrum pauvre en immunoglobulines. Il est beaucoup moins fiable pour sélectionner un colostrum de très bonne qualité. (cf paragraphe correspondant)

Dans les cas ou le colostrum est acceptable mais de concentration pauvre ou moyenne en immunoglobulines, il est possible de l'enrichir avec du colostrum de haute concentration en immunoglobulines, ou avec un complément artificiel de bonne qualité (voir plus loin) (3).

(2) Disposer de bon colostrum

Il faut toujours privilégier le colostrum de la mère du veau si celui-ci est bon. Les surplus de bon colostrum doivent être conservés. L'utilisation de compléments ou de suppléments artificiels est plus coûteuse mais peut s'avérer utile avec certaines limites.

(a) Cas de vêlages espacés

Du colostrum congelé de bonne qualité doit toujours être disponible. L'idéal est de le stocker en petites quantités (0,5L, 1L, 1,5L voire 2L) dans des bouteilles en plastique ou des sachets à congélation, et de connaître précisément les teneurs en immunoglobulines pour adapter les quantités à distribuer au veau. La décongélation dans un bain-marie à une température inférieure à 50°C est à privilégier par rapport au four à micro-ondes mais celui-ci est beaucoup plus rapide (8).

(b) Cas de vêlages groupés

Si l'utilisation de colostrum congelé n'est pas possible, du bon colostrum fermenté est aussi utilisable. L'addition de 7g de bicarbonate de sodium par Kg de colostrum fermenté distribué semble améliorer son absorption par le veau (21).

Par ailleurs, il semble que le traitement thermique (1 à 2heures à 60°C) soit un très bon moyen de diminuer la contamination microbienne du colostrum. Ce procédé n'est pour l'instant utilisé que dans quelques grands troupeaux laitiers mais il mériterait sûrement d'être développé dans plus d'élevages où les quantités de colostrum et les infrastructures le permettent (35, 51).

(c) Utilisation de compléments ou de suppléments artificiels

(i) Etude expérimentale

Lors d'une expérience conduite en 2000, la supplémentation artificielle de colostrum pauvre et moyen (sur le plan immunologique) par du sérum bovin concentré par dessiccation s'est révélée relativement efficace pour augmenter la quantité d'immunoglobulines transférées au veau. D'après les auteurs, la répartition plus équilibrée des immunoglobulines G dans le sérum par rapport au colostrum (prédominance des IgG1) peut expliquer l'efficacité de leur absorption dans la muqueuse digestive (3).

(ii) Présentation des produits artificiels

Il existe actuellement sur le marché des produits artificiels dits de supplémentation et d'autres dits de remplacement, dérivés de colostrum naturel, de lait, de sérums bovins ou d'œufs de poule. La distinction entre colostro-supplément et colostro-remplaceur repose sur la quantité d'IgG présente dans une dose. C'est pourquoi on ne dispose en France que de produits utilisables en supplément d'une prise colostrale (entre 6 et 26 g d'IgG par dose). Les apports d'IgG restent donc limités (54).

Les substituts de colostrum ont l'avantage d'être très faciles à utiliser (à condition de les administrer précocement comme le colostrum) et bénéficient d'une gestion plus souple qu'une réserve de colostrum congelé. Ils ne doivent cependant rester qu'une solution ponctuelle, surtout d'un point de vue économique. De plus, ils peuvent potentiellement transmettre au veau des anticorps vis-à-vis des affections dont l'élevage est indemne ou certifié indemne (ex: IBR), ainsi que des agents infectieux tels que *Mycobacterium avium paratuberculosis, Coxiella burnetti* et le BVD (54).

(iii) Choix judicieux d'un produit et utilisation

Le choix d'un colostro-supplément repose en premier lieu sur la quantité brute d'IgG d'une dose. L'immunodiffusion radiale est la méthode la plus fiable pour doser les IgG d'un produit ayant subi un traitement thermique. La méthode HPLC a aussi été proposée mais celle-ci surestime la quantité d'IgG fonctionnelle en raison de la présence d'immunoglobulines dénaturées par la chaleur et agrégées que l'IDR ne dose pas (41).

Il convient également de prendre en compte le rapport IgG/protéines totales. L'efficacité apparente d'absorption (EAA) des IgG augmente lorsque ce rapport augmente, en raison de la compétition des IgG avec les autres protéines dans les mécanismes d'absorption intestinale des macromolécules.

Les apports en énergie et en oligo-éléments doivent aussi être connus.

Il faut reconstituer ce produit de substitution avec de l'eau, et le distribuer séparément du premier repas de colostrum naturel, si possible ultérieurement à ce repas (51, 54).

b) Délais et fréquence

La précocité de l'ingestion conditionne une bonne utilisation du colostrum ingéré. On recommande dans l'idéal le premier repas dans les 2 premières heures de vie et le second 4 à 8 heures après le premier (4). Quoi qu'il arrive, le premier repas doit intervenir dans les 6 heures après la naissance.

Si la main d'œuvre ne permet pas d'assurer plusieurs repas le premier jour, un seul repas précoce de 4L de colostrum, si possible distribué dans les deux premières heures de vie, par sondage œsophagien, est envisageable et couramment pratiqué au Etats-Unis (11, 59).

c) Quantités

L'ingestion d'au moins 100g d'immunoglobulines voire 120g si possible lors du premier repas et d'au moins 200g jusqu'à 400g lors des 24 premières heures est recommandée.

Il faut idéalement donner les volumes correspondants de colostrum, en fonction de sa concentration.

Pour simplifier, on recommande 1 à 2L lors du premier repas et 1 à 2L lors du second (4), à condition d'avoir un colostrum de bonne qualité (>80g/L d'immunoglobulines). La quantité totale ingérée lors des 24 premières heures doit correspondre à au moins 10% du poids du veau (4) et peut aller jusqu'à 15%.

Si uniquement du colostrum de qualité pauvre ou moyenne est disponible, il est préférable d'augmenter le nombre de repas (ex : 3 repas lors des 12 premières heures) plutôt que le volume du premier repas (59).

d) Mode de distribution

Tous les modes de distribution sont bons dans la mesure où ils permettent une ingestion précoce de colostrum. Il faut ensuite adapter le mode de distribution à la situation.

(1) Elevage allaitant

(a) Vêlage sans assistance

La tétée naturelle est à privilégier après un examen de la mère pour détecter les anomalies de colostrum et de mamelle, et de son veau pour détecter une hypoxie ou des malformations congénitales. Il faut ensuite surveiller l'évolution du couple dans les premières heures pour objectiver notamment le lever du veau, l'adoption de celui-ci par sa mère et si possible la première tétée (6, 66).

La stabulation entravée gêne souvent le rapprochement du couple mère/veau puisque celle-ci est attachée et ne peut pas guider son veau à la mamelle. En outre, celui-ci doit souvent se sortir et/ou franchir une chaîne à curage glissante et souillée (18). Cette constatation concerne évidemment aussi les élevages laitiers.

(b) Vêlage avec assistance

En absence d'anomalie, si le veau n'a pas eu besoin de réanimation, est vigoureux et rapidement adopté par sa mère, la tétée naturelle peut être envisagée avec toutefois une surveillance particulière pour l'objectiver (6).

Dans toute autre situation, une ingestion de colostrum au biberon, ou à la sonde oesophagienne si le veau n'a pas encore de réflexe de succion, est préférable pour être sûr des quantités ingérées et de la précocité de l'ingestion (66).

(2) Elevage laitier

En élevage laitier, la conformation des mamelles et les faibles teneurs du colostrum en immunoglobulines n'autorisent que très rarement une prise suffisante d'immunoglobulines par tétée naturelle. Les méthodes de distribution artificielle sont donc à privilégier dans tous les cas de figure (6, 12, 59).

Lorsque la faible teneur en immunoglobulines impose l'ingestion d'un volume de colostrum important (supérieur à 2-3L par repas selon la taille du veau), l'ingestion forcée par sondage oesophagien est préférable au biberon pour la rapidité. De plus, un veau tête rarement volontairement au biberon un volume supérieur à 2-3L dans les premières heures de vie (6).

3. Optimisation de l'efficacité de l'absorption

Pour optimiser l'absorption des immunoglobulines, il faut faire consommer avant la fermeture de la barrière intestinale des immunoglobulines fonctionnelles, à un veau ayant souffert le moins possible lors du part.

a) Précocité de l'ingestion

La perméabilité de la barrière intestinale aux immunoglobulines diminue progressivement mais rapidement. En considérant qu'elle est maximale à la naissance, le colostrum doit être consommé le plus tôt possible, dans la mesure où le veau est normotherme et stable du point de vue métabolique.

b) Immunoglobulines fonctionnelles

Le conditionnement du colostrum altère irrémédiablement la qualité des immunoglobulines. L'objectif est donc de minimiser cette altération en respectant les recommandations en matière de conservation, de décongélation, de reconstitution et de distribution.

c) Déroulement de la parturition

Le veau doit être le plus stable possible au point de vue métabolique pour bien absorber les composants colostraux. Les mesures de réanimation lors de part difficile visent

entre autre à corriger l'acidose respiratoire et métabolique qui suit systématiquement l'hypoxie ayant lieu au moment de la naissance.

En favorisant l'adaptation du veau à la vie extra-utérine, on optimise entre autre l'absorption des constituants du colostrum. Les mesures suivantes doivent être envisagées dès la moindre suspicion de vêlage difficile : dégagement des voies respiratoires supérieures associé à une aide à la ventilation, nursing (réchauffement, suspension par les postérieurs, position sternale, eau froide sur la nuque,…), voire administration de vasodilatateurs et de solutés alcalinisants (90).

L'hypothermie prolongée affecte directement l'efficacité de l'absorption intestinale, mais aussi le premier relevé et la tétée volontaire (63). Le réchauffement du veau n'est donc pas à négliger. D'ailleurs, dans le Massif Central, les anciens éleveurs avaient pour habitude de « ne pas faire boire un veau mouillé ». Ils ont remarqué que ceux-ci récupéraient moins vite de la mise-bas s'ils buvaient le colostrum en étant mouillés, donc sûrement en hypothermie.

Enfin et pour conclure cette 3ème partie de l'étude bibliographique, il existe des traitements individuels proposés lors de défaut (ou de suspicion de défaut) de transfert passif d'immunité visant globalement à shunter toutes les étapes entre le sang de la mère et le sang du veau. Ainsi une transfusion de sérum, de plasma ou plus simplement de sang total de la mère à son veau peut être réalisée, sans risque d'incompatibilité si elle est effectuée une seule fois. Une administration de sérum par voie orale ou sous cutanée a aussi été proposée. Les données manquent cependant pour connaitre précisément l'efficacité de ces traitements, qui de toute façon ne peuvent rester que des traitements curatifs ponctuels.

Le transfert passif d'immunité est un des paramètres à maitriser dans l'amélioration des performances des veaux et surtout dans la lutte contre les pathologies néonatales. Ce point est à considérer tout autant que l'hygiène générale du vêlage, du matériel d'élevage, des locaux, l'ambiance des bâtiments et l'alimentation des mères et des veaux.

L'optimisation de ce transfert repose sur la qualité du colostrum, le volume ingéré et la précocité de l'ingestion. Ces paramètres s'inscrivent dans une gestion rigoureuse des vaches gestantes puis du couple mère/veau, qui se résume simplement à obtenir des vaches gestantes en bonne santé puis faire en sorte que le veau consomme un bon colostrum le plus tôt possible.

Les IgG ne sont pas les seuls composants immunitaires colostraux. Elles représentent cependant une part quantitativement très importante et leurs rôles sont connus. Leur dosage est représentatif de la situation de chaque étape de la transmission d'immunité passive de la mère au veau via le colostrum. Ce dosage constitue un outil indispensable pour contrôler la gestion de la période néonatale. Le dosage des IgG par immunodiffusion radiale, méthode de référence, apparaît comme une technique simple, applicable sur le colostrum et le sérum du veau, tout à fait réalisable en routine au laboratoire et d'un prix abordable pour la clientèle rurale. Pour autant, elle n'est pas pratiquée à l'heure actuelle et c'est pourquoi nous avons mis en place une étude expérimentale visant à tester sa faisabilité.

2ème partie :

Etude expérimentale : dosages d'immunoglobulines G par immunodiffusion radiale

Les objectifs de cette étude reposant sur des dosages d'IgG par immunodiffusion radiale (IDR) sont multiples. Il s'agit en premier lieu d'étudier la qualité du colostrum et du transfert d'immunité passive chez des vaches allaitantes et des vaches laitières, ainsi que d'évaluer l'importance de certains facteurs de variation, puis de comparer les observations aux données de la littérature. Par ailleurs, des points sur la méthode de dosage sont abordés, tels que la comparaison avec la mesure de densité du colostrum, l'application de l'IDR sur le sérum ou le plasma du veau, et le délai de prélèvement sanguin par rapport à la mise-bas. Enfin, les perspectives de recherche mais aussi d'utilisation sur le terrain de l'IDR sont discutées.

IV. Matériel et méthodes

A. Bovins concernés

Le tableau IX ci-dessous récapitule entre autres le nombre et l'origine des animaux concernés par les analyses de colostrum ou de sérum. Les animaux ont été prélevés entre le mois d'octobre 2007 et le mois d'avril 2008.

Tableau XI: Présentation des bovins ayant fait l'objet de prélèvements

Nom utilisé dans l'étude		*Agonges*	*Elevage B.*	*Elevage A.*	*Elevage C.*	*Elevage G.*	*Elevage P.*	*Elevage V.*
Département		*Allier*	*Vosges*	*Haute-Loire*	*Haute - Saône*	*Haute - Loire*	*Haute - Savoie*	*Haute - Loire*
Race des mères *		**38**	**38**	**66**	**66**	**46-66**	**12-46-66**	**46**
Nb de vêlages / an		300	60	25	70	25	78	60
Nb de vaches prélevées	1er veau	66		3	3	6	4	1
	2è veau	6	4	1	2	2	6	
	3è veau et +			7	5		9	1
	total	**72**	**4**	**11**	**10**	**8**	**19**	**2**
Nb de veaux prélevés		**67**		**5**			**19**	
Type de stabulation (**L**ibre ou **E**ntravée)		L	E & L **	L	L	E	L	L
Date 1er vêlage étudié		07/02/08	14/12/07	14/10/07	07/11/07	18/11/07	01/10/07	08/01/08
Date dernier vêlage étudié		09/03/08	06/01/08	15/04/08	06/04/08	01/03/08	25/03/08	09/01/08

* code race : 38 = Charolaise, 66 = Prim'Holstein, 46 = Montbéliarde, 12 = Abondance
** **E** en péri-partum puis **L** après 3 semaines post-partum

Les rangs de vêlage des vaches, à l'exception de l'élevage d'Agonges, sont illustrés dans la figure 14. En effet, cet élevage est particulier puisqu'il s'agit d'une station de testage en charolais, qui permet entre autre d'évaluer les qualités maternelles, les facilités de vêlage et la croissance des veaux essentiellement issus de vaches primipares.

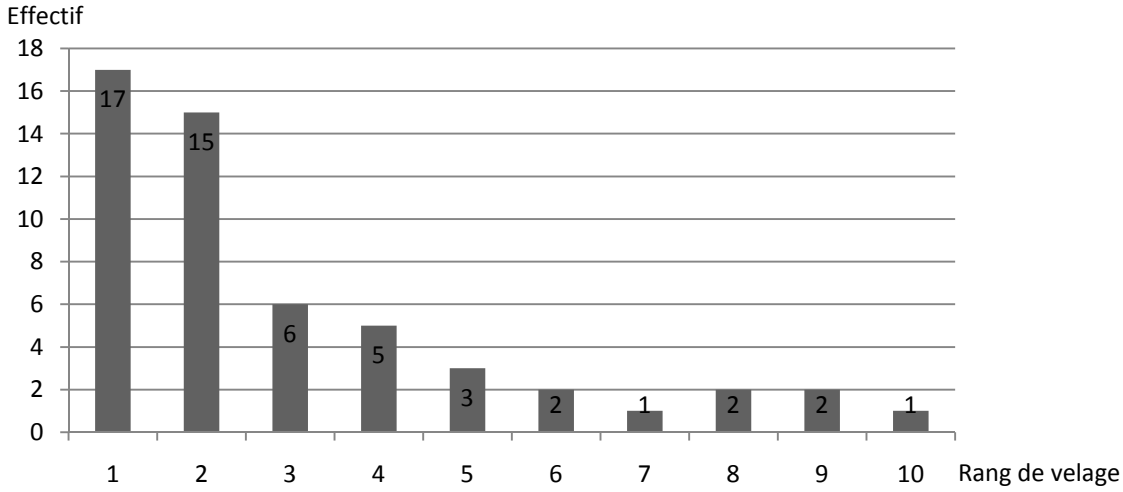


Figure 14 : Histogramme de répartition des vaches (hors troupeau d'Agonges) par rapport au rang de vêlage.

Nous pouvons remarquer la prédominance de primipares et de vaches en 2ème veau. Cette répartition pourrait tout à fait illustrer les classes d'âge dans un seul et même troupeau de 54 vaches ayant un taux de renouvellement de 31%.

B. Prélèvements et conditionnement

1. Vache : prélèvement de colostrum

La mamelle et les mains du manipulateur doivent être propres mais pas aussi rigoureusement que pour une identification bactérienne lors de mammite.

Les 2-3 premiers jets de chaque quartier sont éliminés, puis 4 à 5 jets de chaque quartier sont tirés dans un pot à prélèvement aseptique, la stérilité du contenant n'étant pas nécessaire dans ce cas. Les prélèvements sont ensuite identifiés et placés au congélateur à -18°C en attendant l'acheminement au laboratoire.

Ce dernier peut être effectué à température ambiante, en évitant si possible la décongélation. En cas de température extérieure trop élevée d'une part ou de transport excédant 24 heures, les échantillons sont placés dans un sac isotherme avec des packs réfrigérants.

2. Veau : prélèvement sanguin

Une prise de sang est réalisée sur le veau nouveau-né dans un délai compris entre 24h et 96h après la naissance. Dans le but d'effectuer un comparatif du dosage des IgG dans le sérum et dans le plasma, le sang est recueilli sur un tube sec et sur un tube EDTA. Les tubes sont acheminés sous couvert du froid positif (+4°C) au laboratoire, où le sérum et le plasma sont prélevés après centrifugation puis congelés.

C. Recueil des commémoratifs

L'initiative de collecte d'échantillons ayant été prise indépendamment pour l'élevage Agonges, l'élevage P. et les 5 autres élevages, le recueil des informations n'est pas uniforme pour tous les animaux.

1. Elevage Agonges

Pour chaque vêlage, les éléments suivants sont notés:

- date de la saillie, date et heure du vêlage, date et heure du prélèvement colostral
- heure de la prise colostrale, quantité de colostrum si connue
- date et heure du prélèvement sanguin du veau
- pathologies néonatales éventuelles du veau

2. Elevage P.

Pour chaque vêlage, les éléments suivants sont relevés :

- date du vêlage, rang de vêlage, sexe du veau
- précocité du 1er repas (avant 4h), concentration en IgG selon le pèse colostrum
- date du prélèvement sanguin du veau
- pathologies néonatales éventuelles du veau

3. 5 autres élevages

Les renseignements concernent les divers facteurs de variation de concentration colostrale ou sérique en immunoglobulines. Les feuilles de commémoratifs à remplir par les éleveurs sont détaillées en annexes 6 et 7.

(a) Prélèvement de colostrum de la vache

Les renseignements suivants sont notés par les éleveurs :

- rang de vêlage, date de vêlage, délai par rapport à un terme arbitrairement fixé à 9 mois
- quantité estimée de colostrum perdu ou tété avant la première traite
- quantités de colostrum produites lors de chacune des 6 premières traites
- délai entre la première traite et le vêlage
- délai entre la deuxième traite et la première

(b) Prélèvement de sang du veau

Lorsque du sang du veau est prélevé, les renseignements supplémentaires suivants sont collectés :

- délai entre le premier repas et le vêlage
- quantité, produit distribué au veau (colostrum de la mère, complément, dilution,…)
- idem pour le second repas (délai, quantité, produit)
- délai en heures entre le prélèvement sanguin et le vêlage
- pathologies néonatales éventuelles

D. Analyses de laboratoire

Le colostrum et les prélèvements sanguins sont analysés au Laboratoire Vétérinaire Départemental du Rhône, situé à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon. La technique retenue est l'immunodiffusion radiale. Le colostrum, le sérum et le plasma sont dosés de la même manière. La seule différence est la dilution de l'échantillon.

Les densités colostrales sont mesurées soit par le pèse-colostrum à la ferme, soit par densité volumétrique au LVD69.

1. Immunodiffusion radiale

a) Description des kits d'immunodiffusion radiale et de la gamme étalon

Le kit ID Ring BOV IgG, commercialisé par la société ID Biotech*, est constitué de plaques réactives qui sont en fait de petites boites rectangulaires de 8,5cm sur 3cm, remplies sur une hauteur d'environ 3 mm, d'une gélose contenant des anticorps anti IgG bovines. Dans cette gélose, 10 puits de 2 mm de diamètre (deux lignes de 5) ont été creusés à l'emporte pièce. Le kit comprend également un diluant pour les échantillons de colostrum et de sérum ainsi qu'une gamme étalon constituée de 4 solutions d'immunoglobulines G bovines de concentration connue. Selon les lots utilisés, les gammes étalons employées ont été les suivantes :

- 20 µg/mL, 40 µg/mL, 80 µg/mL et 160 µg/mL
- 25 µg/mL, 50 µg/mL, 100 µg/mL, 200 µg/mL.

Les 4 premiers puits sont réservés à la gamme étalon qui doit être réalisée systématiquement. Six puits sont donc disponibles dans chaque plaque réactive pour tester les échantillons.

b) Remplissage des puits

Le volume distribué par puits est de 15 µL, qu'il s'agisse des solutions de la gamme étalon ou des échantillons préalablement dilués. Le tableau XII présente les dilutions qui ont été retenues pour notre étude. Ces dilutions ont été choisies en fonction des teneurs habituelles en IgG dans les différentes matrices considérées.

Tableau XII : Coefficients de dilution des échantillons

Echantillon dosé	Coefficient de dilution
Colostrum, race laitière	800
Colostrum, race allaitante	1000
Sérum/plasma de veau	150

Pour réaliser la dilution du colostrum ainsi que pour effectuer la distribution dans les puits, on utilise une pipette MICRMAN type M25 à déplacement positif. Elle permet non seulement le pipetage de solution très visqueuse comme le colostrum mais également de s'assurer de la justesse du volume délivré (refoulement par un piston et non par une colonne d'air). Le cône de pipetage n'est pas, comme avec une pipette traditionnelle, à usage unique mais réutilisable. Cependant il convient d'assurer un rinçage rigoureux dans une solution d'eau distillée entre chaque utilisation, afin d'éviter toute contamination inter-échantillon. Il faut également effectuer un essuyage systématique de la partie externe du cône à l'aide d'un papier absorbant et ce, à chaque étape, afin de s'assurer de l'exactitude du volume délivré.

Les boites sont ensuite stockées à l'étuve à 37°C pour une lecture à 24h ou au réfrigérateur à 4°C pour une lecture à 48 – 72h.

c) Lecture des résultats

(1) Principe de l'immunodiffusion radiale

L'immunodiffusion radiale ou Technique de Mancini repose sur la réaction de précipitation. Celle-ci a lieu lors d'une situation d'équilibre entre antigènes et anticorps. Il se forme alors un précipité traduisant le réseau moléculaire formé entre antigènes et anticorps. La figure 15 illustre ce principe et explique la formation des halos visible sur les boites de gélose. La partie supérieure de la figure est extraite du site internet *http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressourc/rescien/immuno/immpreci.htm*.

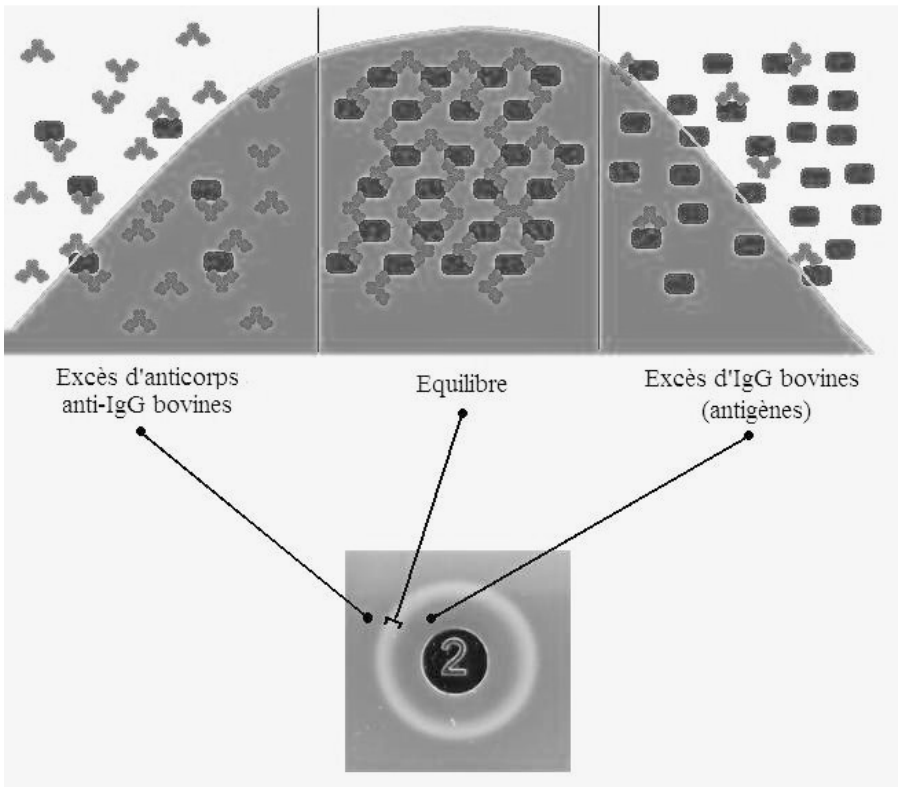


Figure 15: Formation des halos de précipitation

(2) Révélation des halos

Après incubation à l'étuve ou au réfrigérateur, les halos sont révélés en recouvrant totalement la gélose avec une solution fraichement préparée d'acide acétique à 2%. Au bout d'une minute de contact, la solution d'acide est éliminée par renversement et remplacée par de l'eau distillée laissée en contact avec la gélose pendant 10 minutes.

(3) Calcul des concentrations en IgG

Les boites sont placées sur un boitier permettant un éclairage par en dessous de la gélose. Cette méthode permet de bien visualiser les halos de précipitation. La boite est photographiée avec un appareil numérique (cf. figure 16).

Puits 1 2 3 4 = gamme étalon
Puits 5 6 7 8 9 10 = colostrum (dilué 800 fois)

Figure 16 : Photographie numérique d'une boite d'immunodiffusion radiale

Un logiciel informatique spécifique des kits de dosage (ID Ring Viewer* version 2.0) permet de calculer les concentrations en IgG des échantillons, à partir du diamètre des halos, des concentrations de la gamme étalon et des dilutions appliquées aux divers échantillons. Les résultats sont présentés sous forme d'un rapport d'analyses sur lequel figurent la photo de la boite, la courbe de proportionnalité entre la surface des disques et la concentration en IgG établie à partir de la gamme étalon et les taux d'IgG des échantillons testés sous forme de tableau. (Voir en annexe 2)

2. Evaluation de la densité du colostrum

a) Par utilisation du pèse-colostrum

Dans l'élevage P., les concentrations du colostrum en IgG sont directement lues sur le pèse-colostrum à partir de la densité du colostrum mesurée par cet outil.

b) Par mesure de la densité volumétrique

Au LVD69, 3 échantillons de 1mL du colostrum à doser sont pesés à 20°C (pesées successives et cumulatives). La densité est donnée par la moyenne des 3 pesées. La balance utilisée est une balance GENIUS ME215 P Sartorius pesant avec une précision de 10^{-5}g.

V. Résultats

Les résultats concernent en premier lieu la première étape du transfert d'immunité passive, à savoir la production de colostrum par la mère, et en second lieu les deux étapes suivantes, c'est-à-dire l'ingestion de colostrum et l'absorption des immunoglobulines.

A. Etude des caractéristiques du colostrum

1. Teneur en immunoglobulines G du colostrum

a) Concentration colostrale en IgG chez les vaches allaitantes

76 colostrums ont été dosés. Les résultats sont présentés sous forme d'histogramme dans la figure 17.

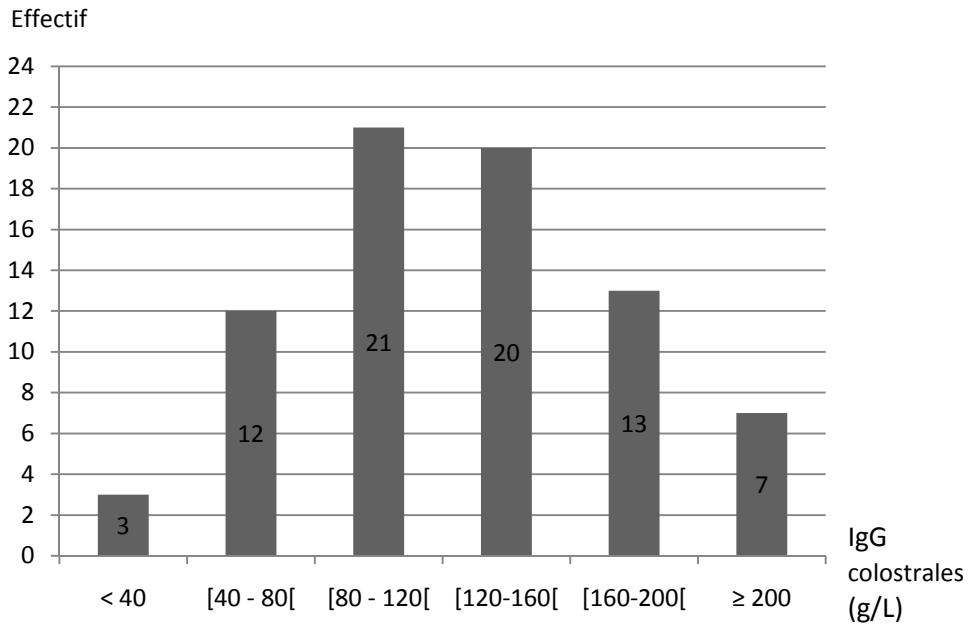


Figure 17 : Histogramme de répartition des concentrations en IgG de 76 colostrums de vaches Charolaises

Quatre vingt pour cent des colostrums dosés avaient des concentrations en IgG supérieures à 80g/L et près d'un tiers dépasse les 150g/L. La valeur la plus basse obtenue est de 17,4 g/L et la plus élevée de 243 g/ L.

Le tableau XIII présente la répartition des résultats dans les 2 élevages concernés.

Tableau XIII: Répartition des IgG colostrales dans les 2 échantillons de vaches allaitantes

IgG colostrales (g/L)	**< 40**	**[40 - 80[**	**[80 - 120[**	**[120-160[**	**[160-200[**	**≥ 200**
Agonges	*3*	*11*	*19*	*19*	*13*	*7*
Elevage B.		*1*	*2*	*1*		

b) Concentration colostrale en IgG chez les vaches laitières

Sur les 5 troupeaux de vaches laitières, 50 colostrums de 1ère traite ont été dosés. Les résultats cumulatifs sont présentés ci-dessous dans la figure 18.

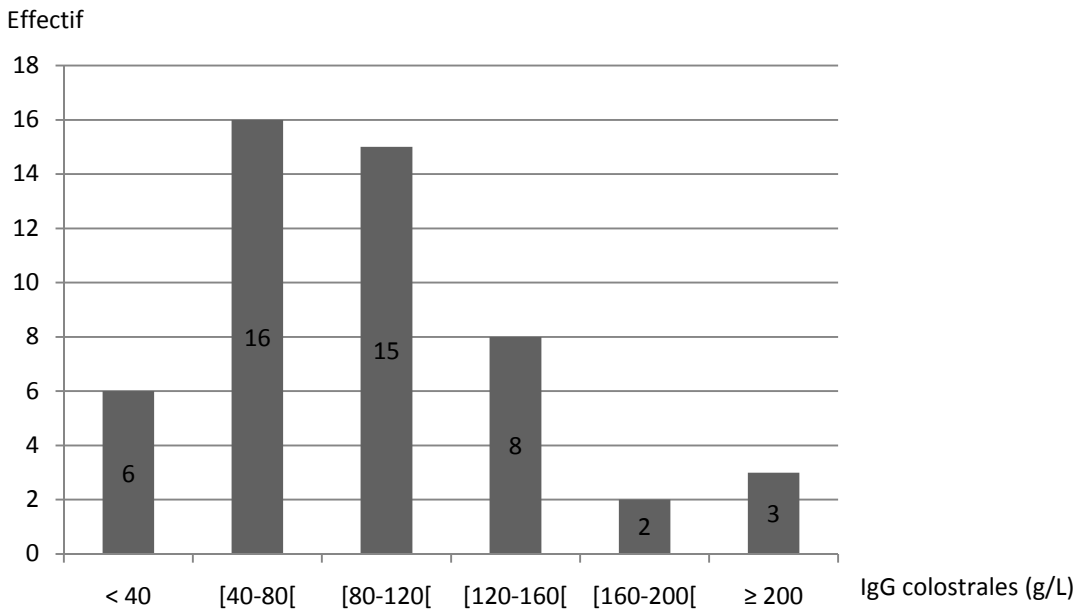


Figure 18 : Histogramme de répartition des concentrations colostrales en IgG de 50 vaches laitières

Cinquante six pour cent des colostrums dosés ont des concentrations en IgG supérieures à 80g/L et seulement 10% ont des teneurs supérieures à 150g/L. Le colostrum le moins dosé et le plus dosé ont des concentrations en IgG respectivement de 21,7 g/L et 264,1g/L. Le tableau XIV présente le détail des résultats selon l'élevage.

Tableau XIV : Répartition des concentrations en IgG colostrales dans les différents troupeaux de vaches laitières

IgG colostrales (g/L)	**< 40**	**[40 - 80[**	**[80 - 120[**	**[120-160[**	**[160-200[**	**≥ 200**
Elevage P.	1	3	7	6	2	
Elevage A.	2	3	4	1		2
Elevage C.	1	3	5	1		
Elevage G.	2	6				
Elevage V.		1			1	

2. Quantité de colostrum produite

a) En cheptel allaitant

Lorsque les veaux étaient incapables de téter seuls, les vaches ont été traites manuellement. La quantité produite au vêlage a ainsi pu être pesée pour 10 vaches. Les pesées vont de 300g à 1,5Kg de colostrum. La figure 19 illustre ces résultats.

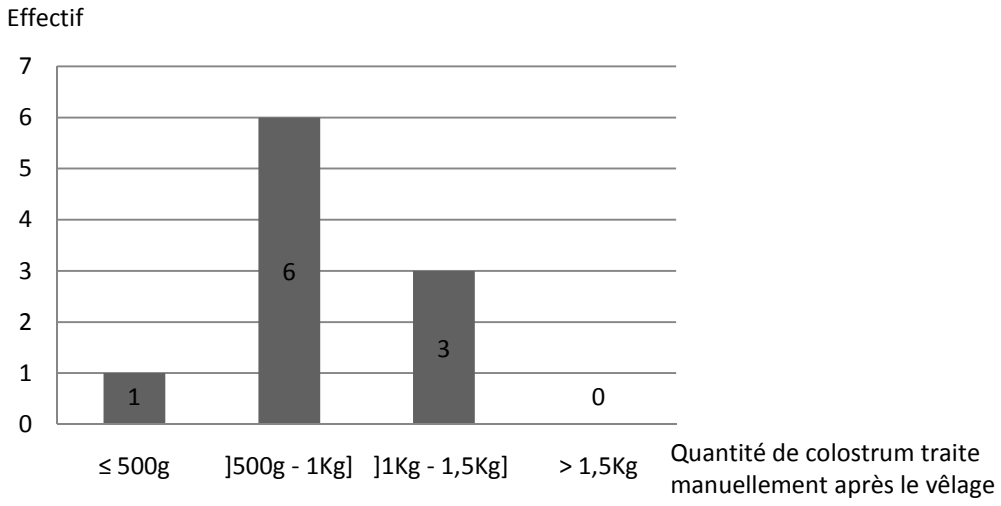


Figure 19 : Histogramme de répartition des quantités de colostrum produites chez 10 vaches charolaises.

b) En cheptel laitier

Le volume produit lors de chacune des 6 premières traites (traite mécanique) a été estimé par les éleveurs au litre près pour 31 vaches laitières. La figure 20a résume les résultats obtenus exprimés en litres de colostrum (sens large).

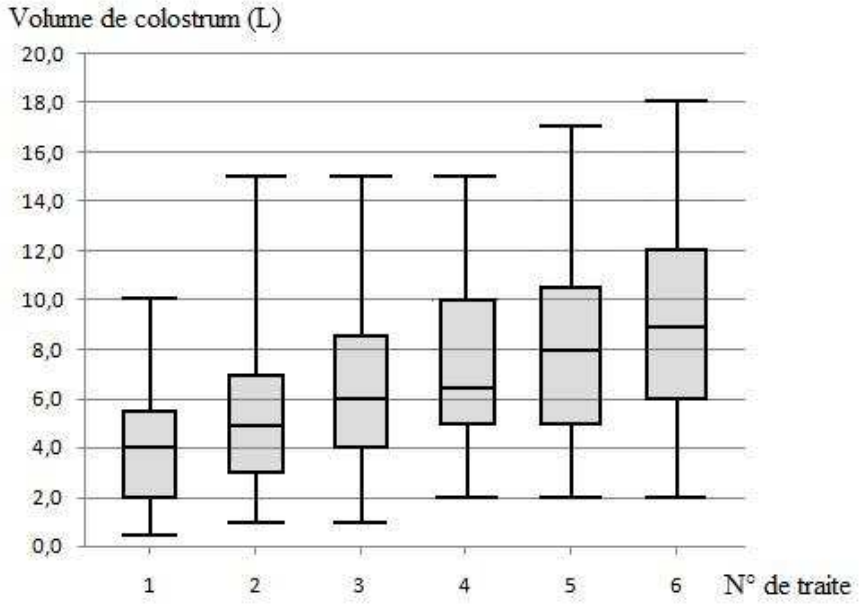


Figure 20a : Représentation graphique des estimations par les éleveurs de la quantité de colostrum (L) produite lors des 6 premières traites

De même que la concentration en IgG, la quantité de colostrum était très variable. La figure 20b illustre les volumes de colostrum de la 1ère traite.

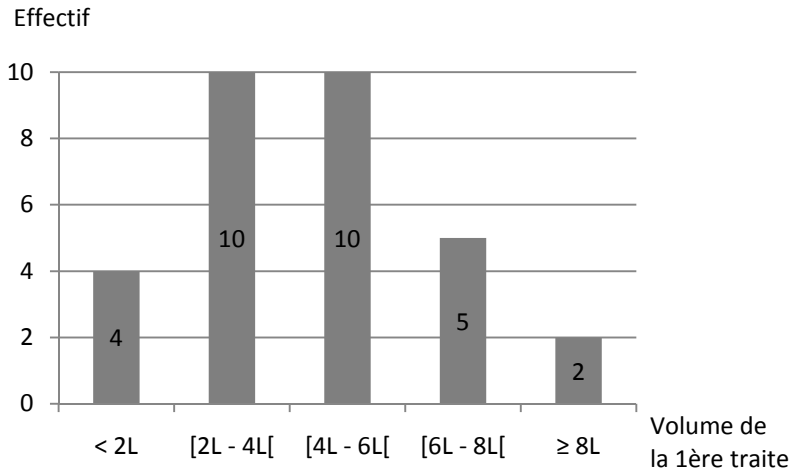


Figure 20b : Histogramme de répartition des quantités de colostrum produites chez 31 vaches laitières

3. Evaluation de la densité du colostrum

a) En cheptel allaitant

Les résultats des densités volumétriques mesurées au LVD69 sur les colostrums de 71 charolaises sont présentés dans la figure 21. Les densités minimum et maximum étaient respectivement de 0,995 et 1,154.

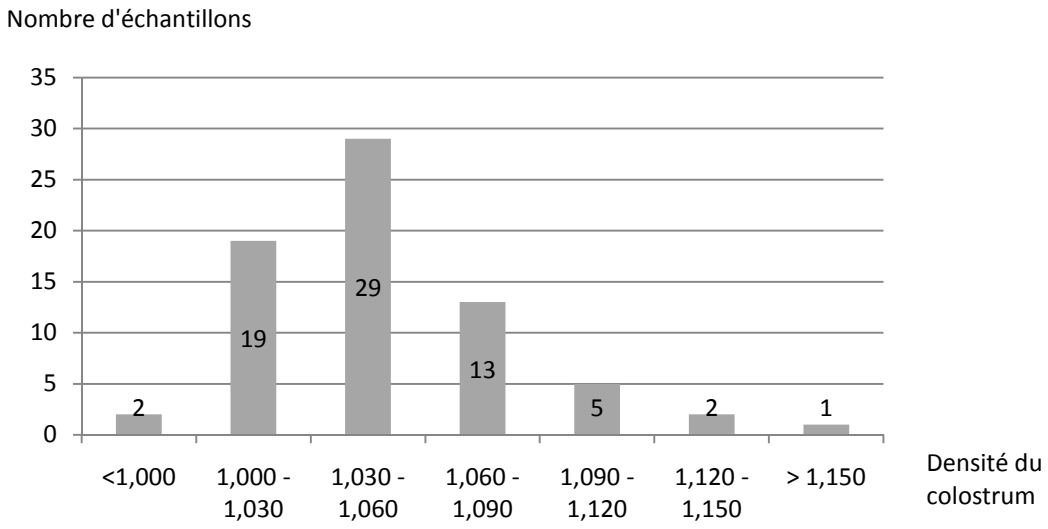


Figure 21 : Histogramme de répartition des densités volumétriques de 71 colostrums de vaches allaitantes

b) En cheptel laitier

La densité de 19 échantillons de colostrum a été mesurée à l'aide d'un pèse-colostrum et traduite directement en concentration en IgG (seules indications disponibles sur l'appareil). Les résultats de cette conversion sont présentés dans la figure 22. Les concentrations minimum et maximum étaient respectivement de 50g/L et 150g/L.

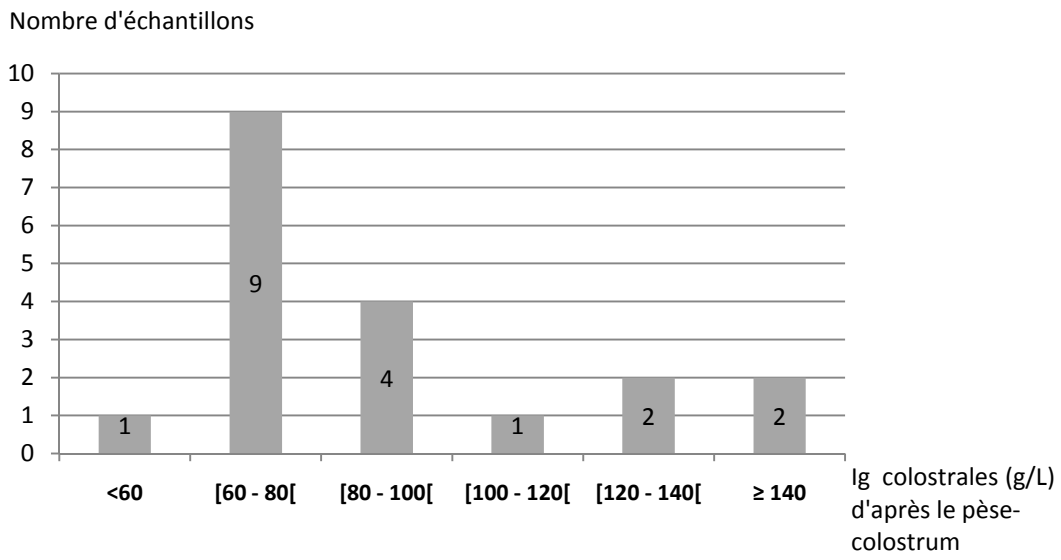


Figure 22 : Histogramme de répartition des concentrations de 19 colostrums de vache laitières d'après la mesure de leur densité au pèse-colostrum

4. Couleur du colostrum

La couleur de 52 échantillons de colostrum a été notée quand ils étaient congelés. En effet, nous avons constaté que la congélation exagère la couleur initiale du colostrum. Les colostrums beige, jaune et orange sont classés dans la catégorie « couleur normale » et les colostrums rouge, violet et rose sont classés dans la catégorie « hémolactation ». Sont aussi classés les colostrums blancs comme du lait, même si cette couleur n'a rien de pathologique. Une classe de « couleur douteuse » regroupe les colostrums légèrement marron. La répartition de couleur est illustrée par la figure 23.

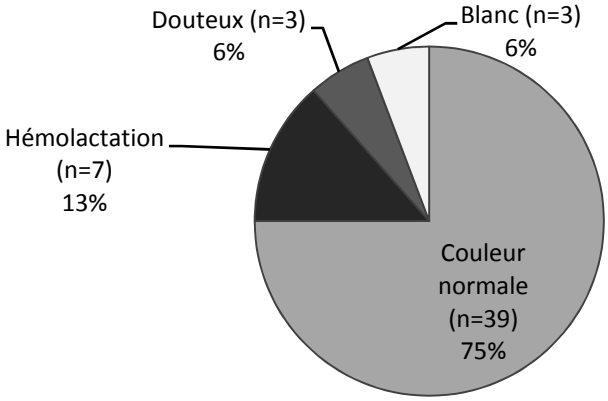


Figure 23 : Représentation schématique de la proportion d'échantillons de couleur « anormale »

La figure 24 ci-dessous illustre la diversité de couleurs des quelques échantillons. Le 5ème à gauche a une couleur typique « d'hémolactation ». Le 1er à droite a une couleur normale. Le 3ème à gauche est douteux.

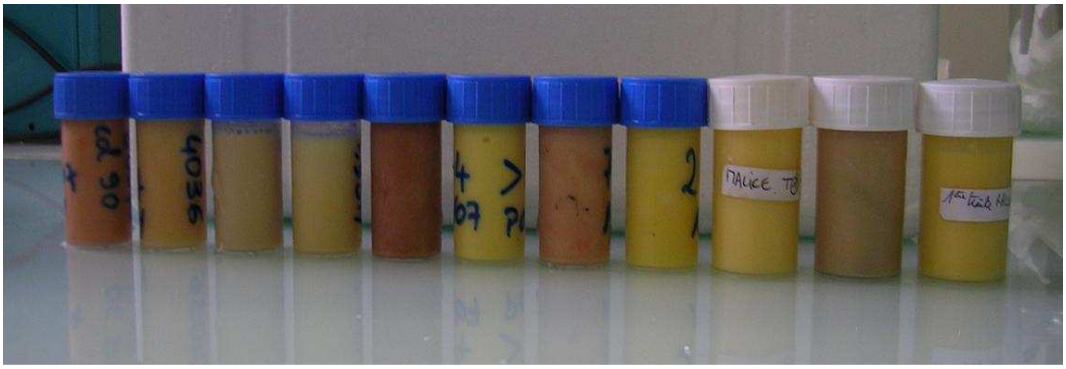


Figure 24 : Photographie de 11 échantillons de colostrum de 1ère traite

5. Evolution de la teneur en IgG lors des 6 premières traites chez les vaches laitières

Les IgG ont été dosées dans le colostrum (au sens large) lors de chacune des 6 premières traites pour 31 vaches laitières. Les principales données sont présentées dans le tableau XV:

Tableau XV : Paramètres descriptifs de la concentration (g/L) en IgG du colostrum (sens large) des 6 premières traites de 31 vaches laitières

	Traite 1	Traite 2	Traite 3	Traite 4	Traite 5	Traite 6
Effectif	*31*	*31*	*31*	*29*	*29*	*26*
Moyenne	83,6	31,3	15,4	8,7	6,7	5,7
Écart-type	54,5	25,3	13,1	5,5	4,5	4,2
Médiane	71,4	23,1	11,8	6,6	5,1	4,7
Minimum	21,7	4,8	3,3	1,5	0,6	0,5
Maximum	264,1	104,8	66,8	23,0	18,1	17,5

B. Etude du transfert colostral

Elle repose sur le dosage des IgG dans le sérum et dans le plasma de veaux allaitants et de veaux laitiers ainsi que sur les délais entre la naissance et la distribution du colostrum. Cette dernière donnée est en effet particulièrement importante pour l'évaluation du transfert colostral.

1. Concentration sérique en IgG

a) En cheptel allaitant

67 sérums ont été dosés. Les résultats sont présentés sous forme d'histogramme dans la figure 25.

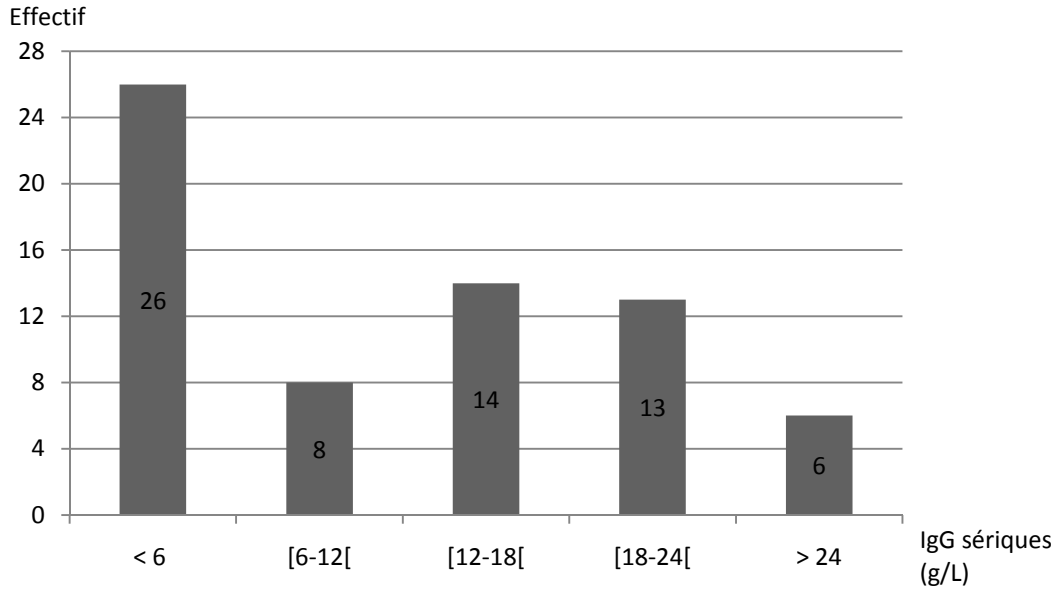


Figure 25 : Histogramme de répartition des concentrations sériques en IgG de 67 veaux en cheptel allaitant

Les concentrations sériques minimales et maximales étaient respectivement de 0,32g/L et 30,9g/L. La proportion de veaux inférieurs à 10g/L, seuil le plus fréquemment utilisé pour parler d'échec ou de réussite du transfert passif d'immunité, est illustrée par la figure 25 ci-après.

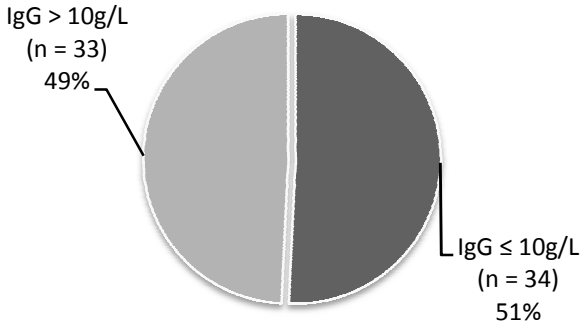


Figure 26: Représentation schématique de la proportion de veaux pouvant être considérés en défaut de transfert passif

b) En cheptel laitier

24 sérums ont été dosés. Les résultats sont présentés sous forme d'histogramme dans la figure 27.

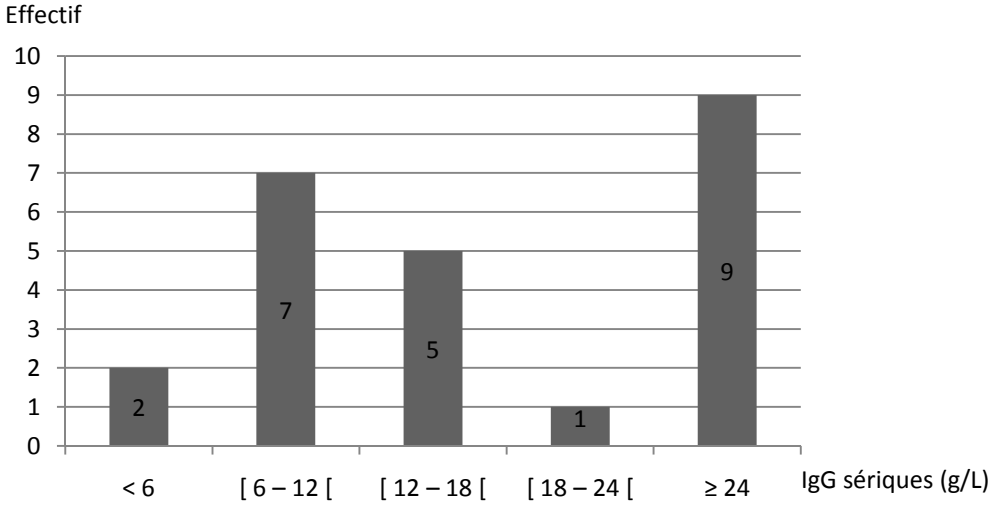


Figure 27 : Histogramme de répartition des concentrations sériques en IgG de 24 veaux de cheptel laitier

Les concentrations sériques minimales et maximales étaient respectivement de 4,2g/L et 38g/L. La proportion de veaux inférieurs à 10g/L est illustrée par la figure 28 ci-après.

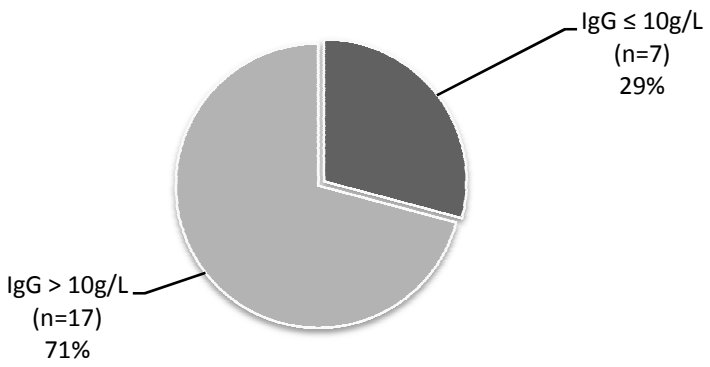


Figure 28 : Représentation schématique de la proportion de veaux pouvant être considérés en défaut de transfert passif

2. Concentration plasmatique en IgG

Pour 40 veaux de cheptel allaitant et 5 veaux de cheptel laitier, la concentration en IgG a été aussi évaluée sur le plasma. Les résultats sont présentés sous forme d'histogramme dans la figure 29.

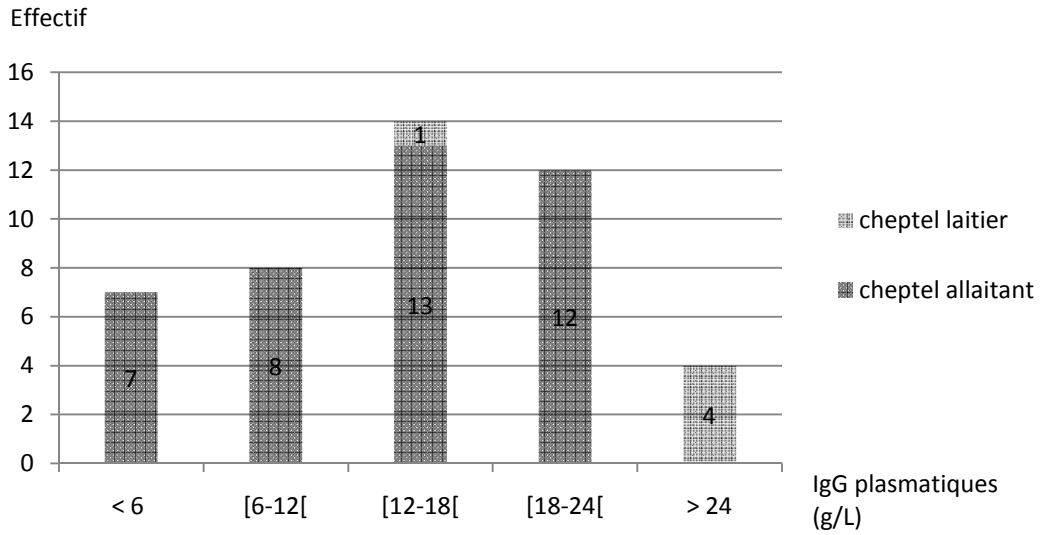


Figure 29 : Histogramme de répartition des concentrations plasmatiques en IgG chez 45 veaux

Les taux plasmatiques minimum et maximum étaient respectivement de 3,1 g/L et 30,1g/L d'IgG.

3. Délai d'ingestion du 1er repas

Pour 70 veaux allaitants et 24 veaux laitiers, le délai d'ingestion du premier repas par rapport au vêlage a été noté, avec plus ou moins de précision (problème des vêlages de nuit). Les délais sont récapitulés dans le tableau XIV, puis illustrés dans la figure 30. Ils varient entre 0 et 12h après la naissance.

Tableau XIV : Délais séparant le vêlage du 1er repas

Délai	Cheptel allaitant	Cheptel laitier	Tous veaux confondus
≤ 4h	42	16	58
] 4h - 8h]	16	2	18
> 8h	2	0	2
non connu précisément	10	6	16
total	70	24	94

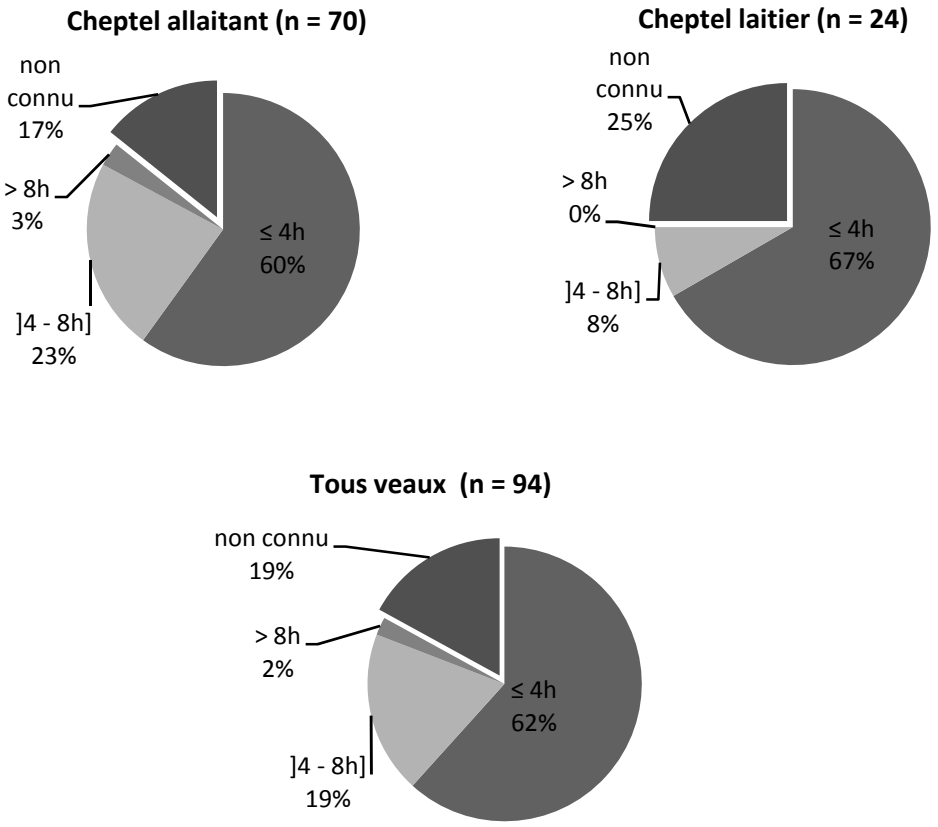


Figure 30 : Représentation schématique des délais d'ingestion du 1er repas

Les délais d'ingestion plus précis parmi 60 des veaux allaitants sont présentés sous forme de fréquences cumulées dans la figure 31 ci-après.

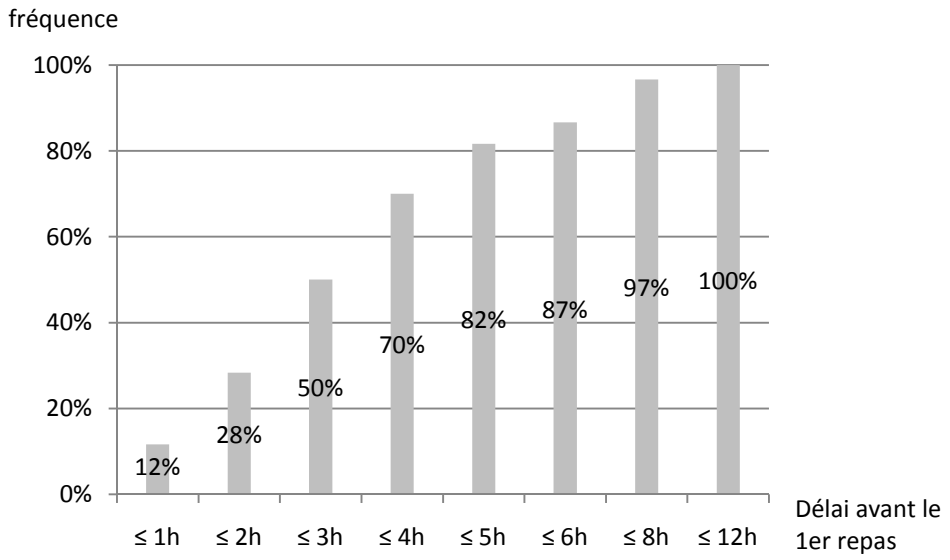


Figure 31 : Délais de prise du 1er repas colostrale chez 68 veaux allaitants exprimés en fréquences cumulées

VI. Discussion des résultats expérimentaux

Les comparaisons de moyennes sont dans l'ensemble réalisées grâce au test non paramétrique de Mann-Witney-Wilcoxon dit « de la somme des rangs », ou par le test de Student si la taille des effectifs le permet. L'analyse de nuages de points a été réalisée par régression linéaire le cas échéant ou par un test non paramétrique de Spearman dit de corrélation de rang.

La précision du dosage des IgG par IDR est garantie dans la mesure où le résultat est compris entre les valeurs basse et haute de la gamme étalon, soit entre 20 µg/mL et 160 µg/mL pour les analyses dans la station d'Agonges et entre 25 µg/mL à 200 µg/mL pour les autres cheptels (selon le numéro de lot du kit utilisé). Toutes les valeurs se trouvant hors de la gamme étalon (telles que calculées par le logiciel d'interprétation IDRing Viewer) ont toutefois été conservées pour l'analyse des résultats, mais ces données doivent être considérées comme des ordres de grandeur et non comme des valeurs précises.

A. Etude des caractéristiques du colostrum

1. Teneur colostrale en IgG en élevage allaitant et en élevage laitier

La figure 32 illustre les 2 distributions obtenues, l'une avec 76 vaches allaitantes et l'autre avec 50 vaches laitières.

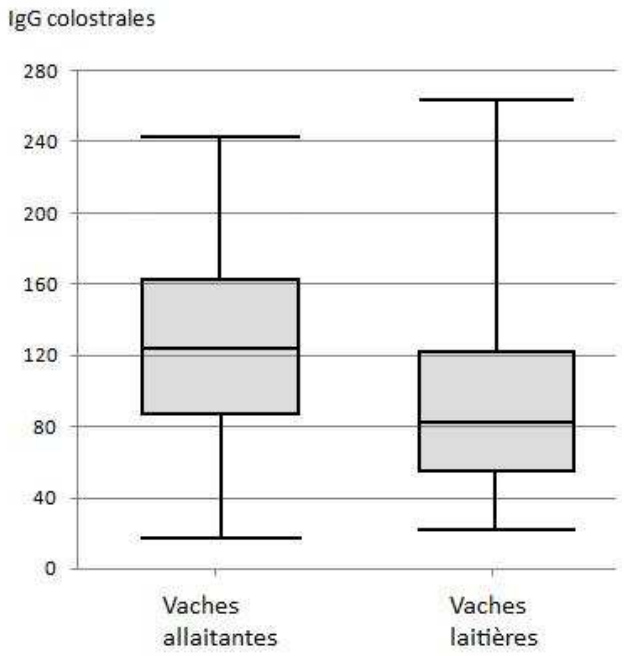


Figure 32 : Représentation graphique des concentrations colostrales en IgG chez 76 vaches allaitantes et 50 vaches laitières

Pour les vaches allaitantes, la médiane est de 124g/L. La moyenne est de 123,2g/L avec un écart-type important de 53,1g/L. Pour les vaches laitières, la médiane est de 82,1g/L. La moyenne est de 91,7g/L avec un écart-type toujours aussi important de 49,1g/L.

Ces valeurs sont classiquement celles obtenues en cheptel allaitant, même si dans ce cas plus de 85% des animaux (66/76) sont des primipares. Elles confirment que le colostrum des primipares n'est pas, contrairement à ce qui est souvent avancé, de moins bonne qualité que celui des multipares en termes de concentration en immunoglobulines. La différence se situe au niveau quantitatif (cf. infra).

De même les valeurs obtenues dans notre étude en cheptel laitier sont conformes à celles rapportées dans la littérature. Elles sont même légèrement supérieures si l'on se réfère aux résultats des différents travaux rapportés dans le tableau V p38. La moyenne de notre échantillon (91,7 g/L) se situe environ 20g/L au dessus du chiffre maximal mentionné dans ces études (69g/L *in* (58)). La présence de 2 vieilles vaches (9ème et 10ème veau) à plus de 220g/L d'IgG issues de l'élevage A explique cette apparente discordance. D'autre part, on ne peut totalement exclure un effet race.

La différence observée entre les 2 moyennes (allaitante/laitière) est très significative (test de Student, $p < 0,001$) et permet de conclure que les vaches allaitantes ont un colostrum plus riche que les vaches laitières, ici avec un rapport de 1,4. Les écart-types soulignent la variabilité de la concentration colostrale en IgG. Leur importance souligne l'intérêt du dosage des immunoglobulines dans le colostrum.

2. Appréciation des autres caractéristiques du colostrum

a) Relation entre couleur et teneur en IgG

L'appréciation de la couleur a été volontairement sévère. Les colostrums douteux et blancs ont été classés « de couleur anormale ». Ainsi, 13 colostrums sont classés « anormaux » et 39 « normaux ». Les paramètres descriptifs des 2 distributions sont présentés dans le tableau XVII.

Tableau XVII : Comparaison des concentrations en IgG (g/L) entre les colostrums de couleurs normale et anormale

	Couleur anormale	Couleur normale
Taille de l'échantillon	*13*	*39*
Moyenne	83,9	102,7
Ecart-type	43	52,2
Médiane	71,6	103,6
Minimum	21,7	23,1
Maximum	168	264,1

Les distributions sont modélisées dans la figure 33 ci-dessous.

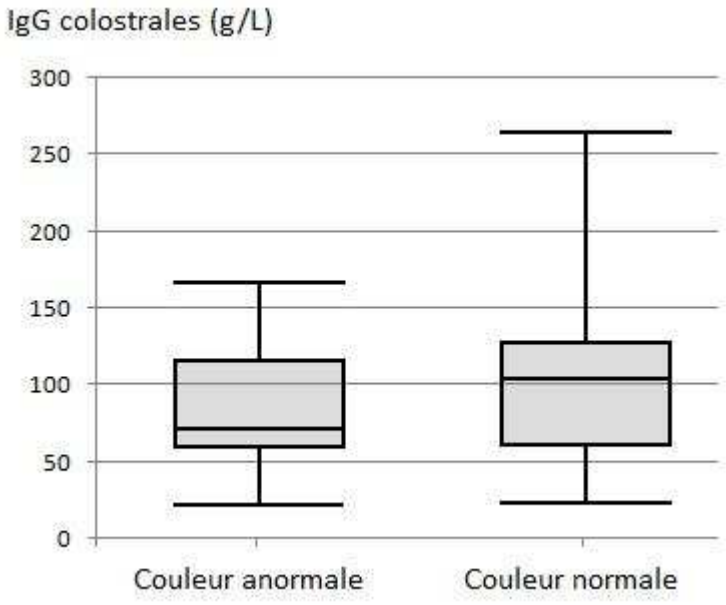


Figure 33 : Représentation graphique des concentrations en IgG selon la couleur du colostrum

Entre les 13 échantillons jugés de couleur anormale et les 39 échantillons jugés de couleur normale, les différences de concentration en IgG ne sont pas significatives. Il ne semble donc pas y avoir de corrélation entre la couleur du colostrum et sa richesse en IgG. Toutefois si l'appréciation de la couleur est sans équivoque pour la plupart des échantillons, elle reste assez subjective pour une part non négligeable d'entre eux. De plus, la couleur naturelle du colostrum, et du lait en général, dépend beaucoup de l'alimentation de la vache, notamment en vitamine A et β-carotène. D'où les différences de couleurs observables par exemple en industrie fromagère entre les produits à base de lait d'été ou d'hiver.

Afin d'évaluer un potentiel effet « quartier », un dosage a été réalisé sur la production de chaque quartier d'une vache multipare charolaise qui présentait une hémolactation flagrante dans un seul quartier. Dans ce quartier, l'analyse a donné une concentration de 59,5g/L. Dans les 3 autres, les concentrations étaient de 104g/L, 189,7g/L et 136,1g/L. On constate au vu de ces résultats que

- d'une part les concentrations peuvent être très différentes d'un quartier à un autre sur une même vache.
- Et que d'autre part, une hémolactation est susceptible de s'accompagner d'une baisse importante de la qualité du colostrum produit.

L'observation de la couleur ne permet pas de catégoriser les colostrums en « bon » ou « mauvais », mais lorsqu'elle parait anormale (exemple hémolactation), il est préférable d'en tenir en compte et de ne pas distribuer ce colostrum au veau.

b) Relation entre densité et teneur en IgG

La mesure de densité est un moyen indirect d'évaluation de la qualité colostrale. Dans notre étude, 71 colostrums ont faits l'objet d'une mesure de densité volumétrique et d'un dosage des IgG par IDR. La corrélation entre densité et concentration en IgG est évidente et significative (cf. figure 33).

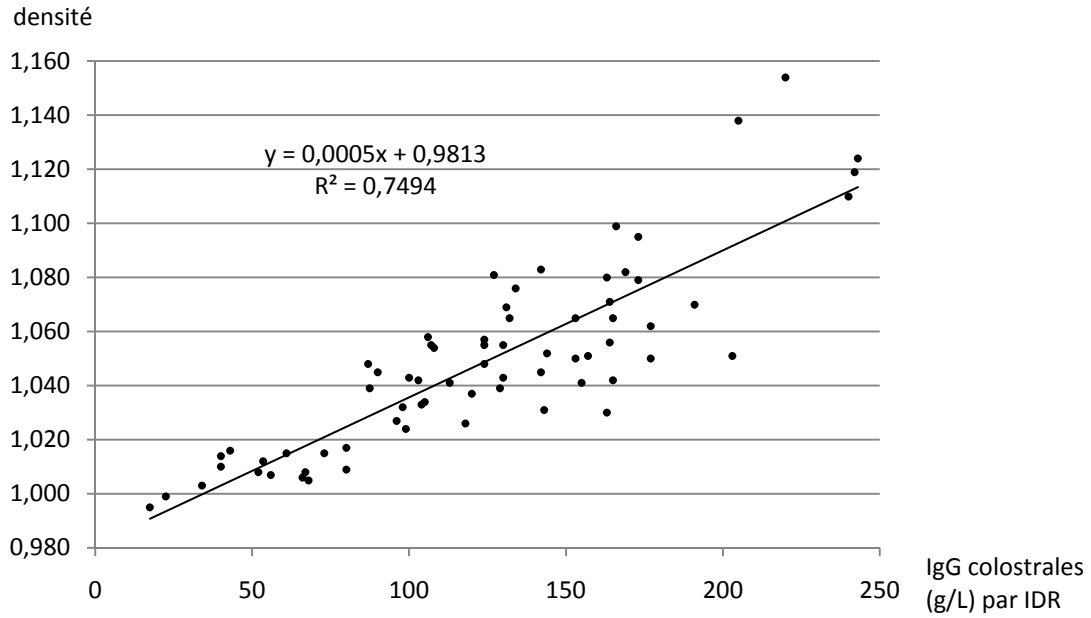


Figure 34 : Relation entre densité du colostrum et concentration en IgG dosée par immunodiffusion radiale

Il est toutefois difficile de parler de proportionnalité rigoureuse entre densité et concentration en IgG. En effet, les points sont de plus en plus éloignés de la droite de régression linéaire lorsque la concentration augmente, ce qui laisse supposer que la pertinence de la corrélation diminue à mesure que la concentration en IgG augmente. Cependant, pour des teneurs en immunoglobulines considérées comme suffisantes pour induire une protection correcte (80 à 100 g d'IgG/L de colostrum), la mesure de densité apparait comme un moyen relativement fiable d'estimation de la concentration en IgG. Dans le cas présent, il convient de préciser que le travail a été réalisé en laboratoire à température constante (20°C) avec du matériel de précision et une méthode rigoureuse (moyenne de 3 mesures). Ces modalités sont loin d'être applicables en routine.

Enfin, la densité du colostrum ne dépend pas que de la teneur en protéines (dont les plus importantes sont les IgG), elle dépend aussi évidemment de la matière grasse, dont la densité est inférieure à celle d'une solution aqueuse pure. Les colostrums qui ont été testés ici proviennent d'un effectif très homogène, constitué de vaches charolaises et primipares. La teneur en matière grasse peut présenter de grandes variations en fonction de la race et de l'alimentation. Il convient donc d'être prudent sur l'extrapolation des conclusions de notre étude, notamment chez les vaches laitières.

c) Intérêt du pèse-colostrum pour l'évaluation de la concentration en IgG

19 échantillons de colostrum de vache laitière, dosés en IgG par IDR, ont été accompagnés d'une estimation de leur concentration en IgG par un pèse-colostrum. Les résultats comparatifs sont présentés dans la figure 35 et font clairement apparaître l'absence de corrélation.

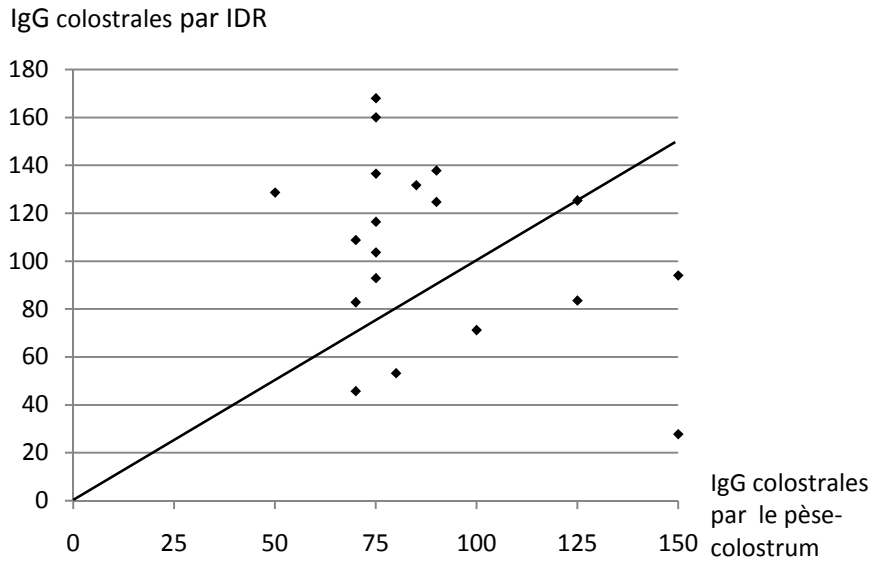


Figure 35 : Relation entre densité du colostrum et concentration en IgG dosée par immunodiffusion radiale (IDR)

La droite tracée est la droite « y = x ». En dessous de cette droite le pèse-colostrum a surestimé la valeur. Inversement au dessus de la droite, le pèse-colostrum a sous-estimé la valeur donné par l'IDR.

La petite taille de l'effectif limite la puissance des interprétations mais a priori, le pèse-colostrum semble donner des concentrations en IgG très différentes de l'IDR. Il peut donc constituer une source d'erreur non négligeable lors de la sélection d'un colostrum à conserver ou à éliminer.

3. Evaluation de la quantité d'IgG produite

La qualité au sens large d'un colostrum dépend à la fois du volume du colostrum produit et donc disponible pour le veau (volume à la première traite) et de la qualité immunologique du colostrum (teneur en IgG). Les informations recueillies dans notre étude montrent clairement (cf. tableau XVIII) que la quantité de colostrum produite en première traite par les vaches allaitantes est très inférieure à celle produite par les vaches laitières.

Tableau XVIII : Quantité de colostrum produite en première traite après le vêlage

	Vaches allaitantes	**Vaches laitières**
Taille de l'échantillon	*8*	*31*
Moyenne	0,830 Kg	3,9 L
Ecart-type	0,380 Kg	2,3L
Médiane	0,870 Kg	4 L
Valeur minimale	0,300 Kg	0,5 L
Valeur maximale	1,500 Kg	10 L

Chez les vaches laitières, près de 90% des vaches concernées pouvaient assurer un repas de 2L de colostrum et plus de 50% pouvaient même assurer 2 repas de 2L de colostrum de première traite. En revanche, chez les vaches allaitantes, le volume disponible est très faible et semble constituer le principal facteur limitant la quantité brute d'IgG transmise au veau lors du 1er repas. Il convient de rappeler toutefois que la traite manuelle d'une vache allaitante n'est pas une pratique aisée et habituelle pour un vacher et qu'on ne peut pas exclure un phénomène de rétention de la part de l'animal, moins habitué à la manipulation mammaire qu'un bovin de race laitière.

Lorsque l'on rapporte le volume produit à la concentration colostrale en IgG, on constate (cf. figure 36) que les vaches allaitantes sont celles qui produisent la quantité la plus faible mais avec les concentrations les plus élevées. Moins d'un litre de colostrum à plus de 200g/L apporte au total plus d'immunoglobulines que 2 litres présentant une concentration aux alentours de 40 g/L.

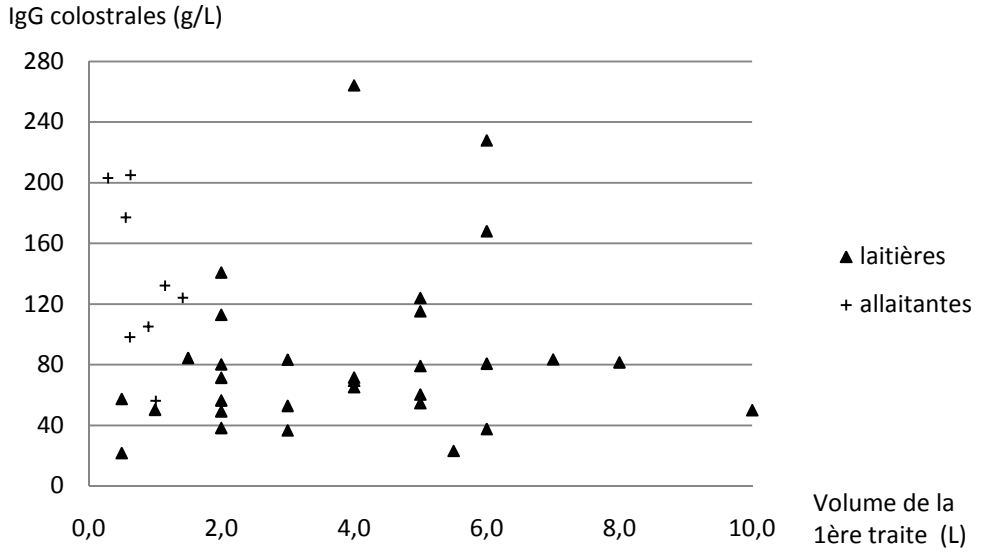


Figure 36 : Concentration en IgG du colostrum en fonction du volume de la 1ère traite

Inversement, l'étude du nuage de point montre clairement que de basses concentrations en IgG peuvent être constatées avec de faibles volumes de colostrum (points situés dans le quartier inférieur gauche) et que des concentrations très acceptables peuvent être obtenues malgré des volumes importants (points situés dans le quartier supérieur droit).

Il apparaît donc assez aléatoire de se fonder sur la quantité de colostrum pour évaluer sa teneur en IgG et il sera probablement difficile d'établir un seuil de volume à partir duquel les concentrations en immunoglobulines ont des chances d'être suffisantes ou des risques d'être insuffisantes.

Enfin, la quantité brute d'IgG produite en 1ère traite a été évaluée en fonction de son rang de vêlage sur un échantillon de 31 vaches laitières et de 8 vaches allaitantes (figures 37 et 38).

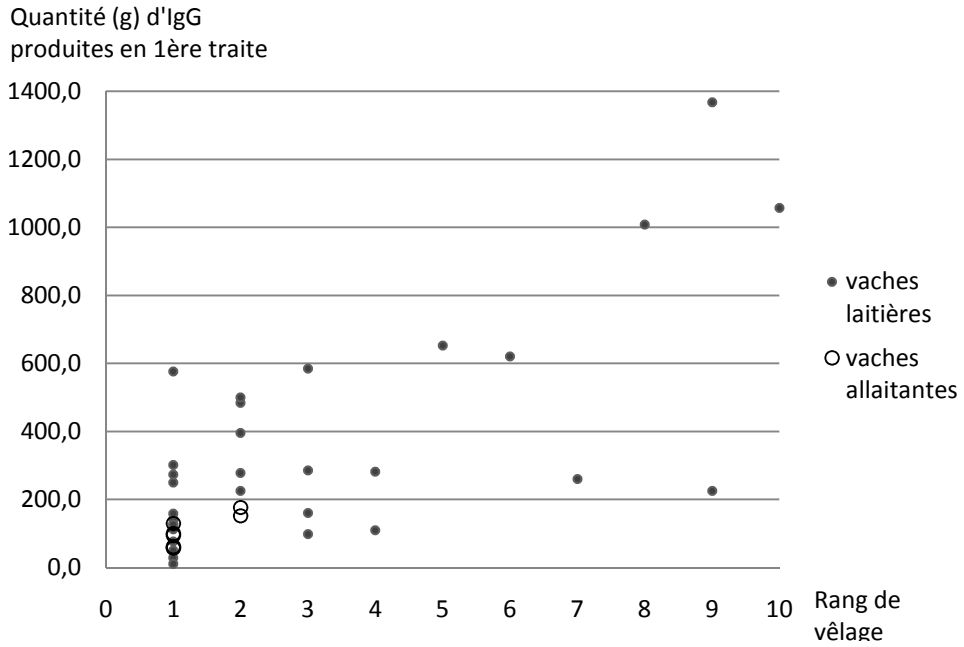


Figure 37 : Quantité brute d'IgG produite en 1ère traite en fonction du rang de vêlage

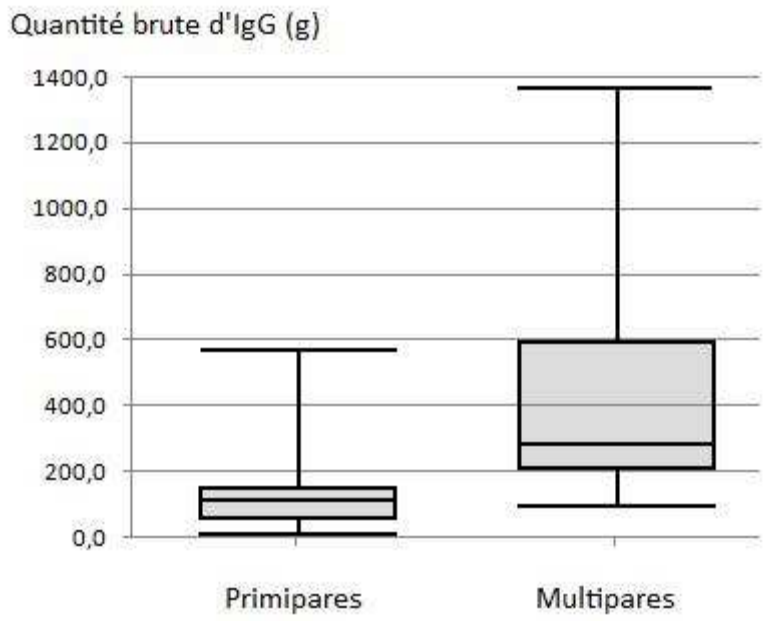


Figure 38 : Représentation graphique de la quantité d'IgG produite en 1ère traite chez 19 primipares et 20 multipares, toutes races confondues

Certaines vaches peuvent produire plus d'1 kilogramme d'IgG lors de la 1ère traite après la mise-bas, mais d'une manière générale, la quantité moyenne d'IgG produites par les génisses est inférieure à celle produite par les multipares (différence significative $p < 0,01$). Dans la mesure où les primipares produisent également les volumes les plus faibles, il convient de porter une attention particulière aux veaux de génisses et ce quelle que soit la race. On retiendra qu'en cheptel allaitant, les faibles volumes prédominent alors qu'en cheptel laitier, on constate le plus fréquemment de faibles concentrations.

4. Evolution de la concentration en IgG après le vêlage

Pour 31 vaches laitières, le colostrum (au sens large) de chacune des 6 premières traites a été dosé. On constate (figure 39) une chute importante de la concentration en IgG entre la 1ère et la deuxième traite.

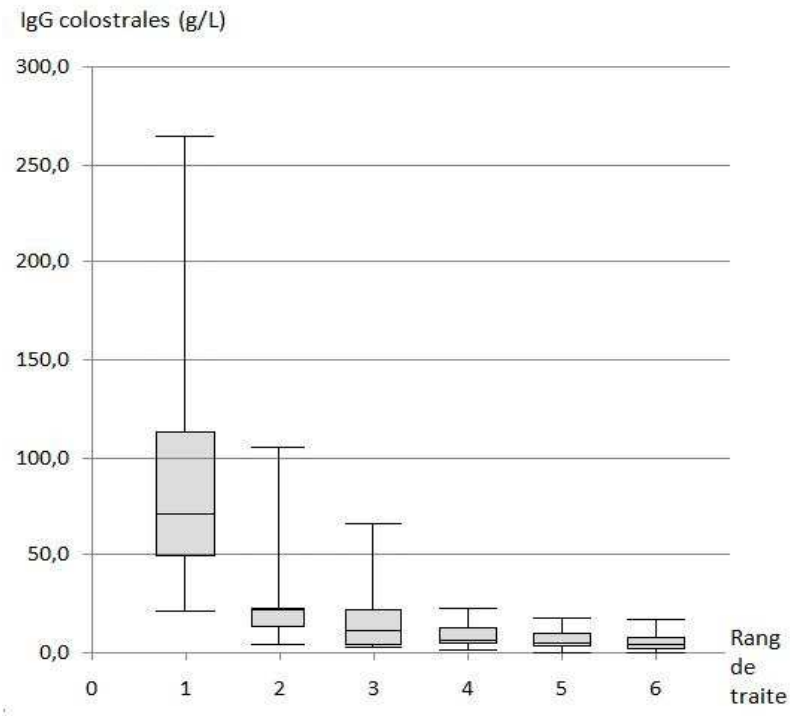


Figure 39 : Représentation graphique de la concentration colostrale en IgG lors des 6 premières traites après le vêlage chez 31 vaches laitières

Globalement, en première traite, 80% des colostrums (25 sur 31) avaient une concentration en IgG supérieure à 50g/L. Ils ne sont plus que 20% à la deuxième traite et une seule vache présente un colostrum à plus de 50g/L à la troisième traite. La figure 40 suivante illustre cette chute de manière plus précise chez 3 vaches laitières.

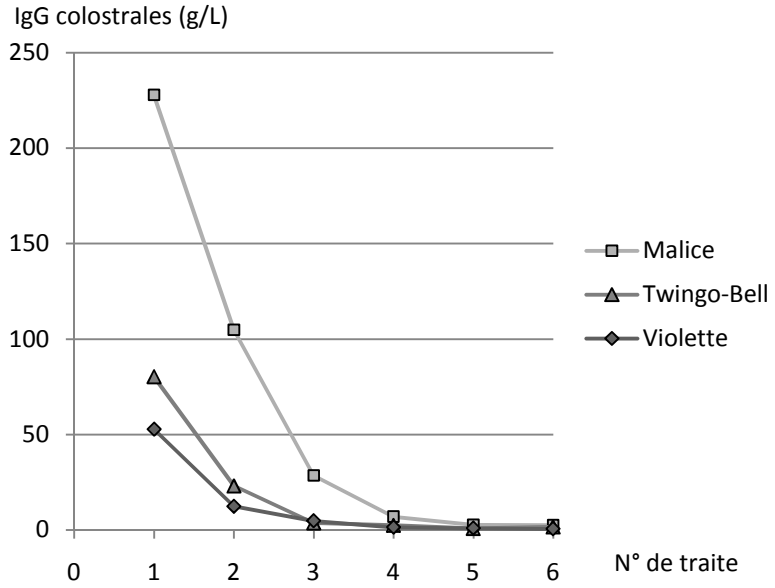


Figure 40 : Concentrations colostrales en IgG de 3 vaches laitières lors des 6 premières traites après le vêlage

Les 3 vaches prises en exemple dans la figure 40 avaient les mêmes profils décroissants malgré des concentrations de 1ère traite différentes. D'une manière générale, toutes les courbes individuelles n'ont cependant pas cette allure régulière mais les pentes sont toujours importantes entre les 2 voire 3 premières traites.

Des mesures complémentaires réalisées en marge de cette étude sur les 4 vaches allaitantes de l'élevage B. laissent supposer que la chute est moins brutale en cheptel allaitant. Une étude rigoureuse pourrait sans aucun doute étayer cette hypothèse, mais la manipulation des vaches allaitantes est moins aisée.

5. Etude des facteurs de variation potentiels de la qualité du colostrum

a) Influence du rang de vêlage

Ce paramètre a pu être évalué sur un effectif de cinquante vaches laitières. On constate une hausse des concentrations moyennes avec le rang de vêlage (cf. tableau XIX et figure 41). La différence est significative entre les vaches en 1er veau et en 5ème veau et plus ($p<0,01$). De même la différence est significative entre les vaches en 2ème veau et en 5ème veau et plus ($p<0,05$). Entre les autres rangs, les différences ne sont pas significatives. L'éleveur souhaitant constituer une banque colostrale a donc intérêt à privilégier un colostrum collecté sur une vache étant au moins au 3ème ou 4ème veau, d'autant que les immunoglobulines présentes dans ce colostrum ont plus de chances de correspondre avec le microbisme de l'exploitation.

Tableau XIX : Paramètres descriptifs des concentrations colostrales en IgG selon le rang de vêlage chez 50 vaches laitières

Rang de vêlage	1	2	3 et 4	5 et plus
Effectif	17	11	11	11
Moyenne	70,3	81,0	93,4	138,8
Médiane	57,4	80,8	83,5	124,0
Écart-type	38,0	30,4	41,3	69,1
Minimum	21,7	37,5	36,5	53,2
Maximum	137,8	128,6	181,5	264,1

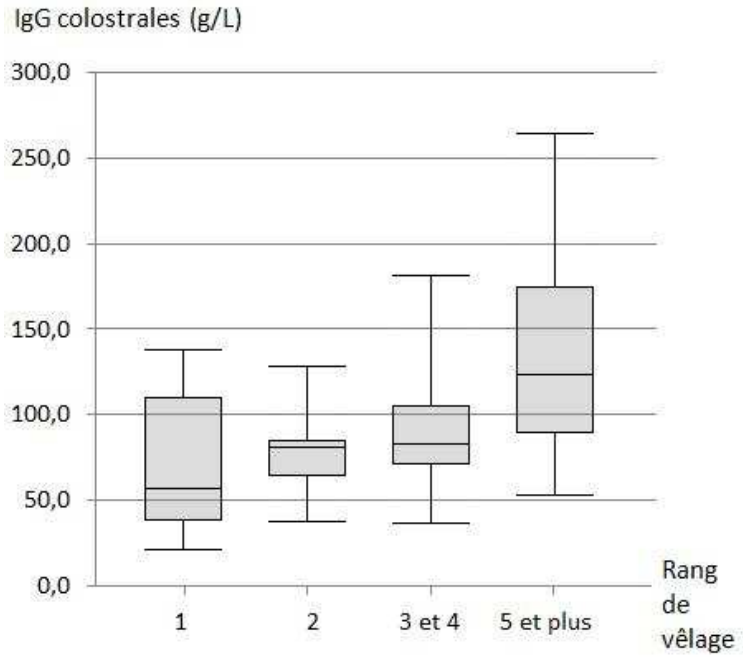


Figure 41 : Représentation graphique des concentrations colostrales en IgG selon le rang de vêlage chez 50 vaches laitières

b) Influence de la durée de gestation

Le jour du vêlage, par rapport à un terme de gestation fixé arbitrairement à 9 mois, a été noté. Pour les vaches laitières (24 animaux), la concentration semble augmenter avec la durée de gestation (cf. figure 42). Cependant, cet effectif est faible et surtout trop hétérogène. La race du taureau d'insémination est très variable et peut influer sur la durée de gestation. De plus dans cette étude, les vieilles vaches ont eu tendance à un allongement de la durée de la gestation, d'où les points se situant dans le quartier supérieur droit qui étirent le nuage.

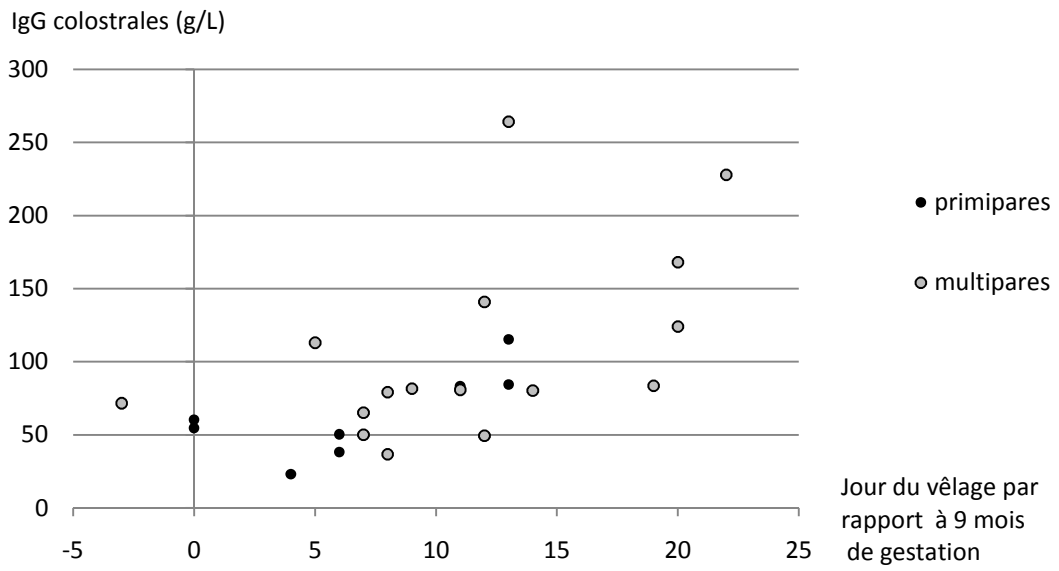


Figure 42: Concentration colostrale en IgG en fonction de la durée de gestation chez 24 vaches laitières

L'effectif des vaches allaitantes (68 animaux) est plus homogène, puisque tous les taureaux sont des Charolais, et que la majeure partie des vaches en était à leur première gestation. Aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre la durée de la gestation et la qualité du colostrum sur cet effectif. (cf. figure 43)

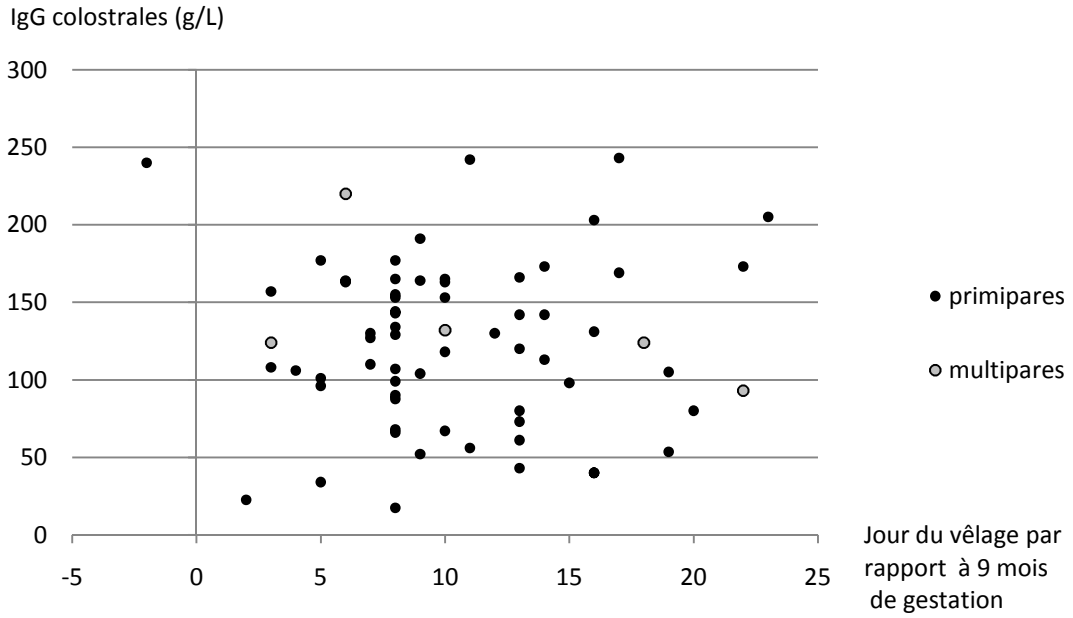


Figure 43: Concentration colostrale en IgG en fonction de la durée de gestation chez 68 vaches allaitantes

c) Influence des pertes précoces de colostrum

Afin d'évaluer l'influence de la perte précoce de colostrum sur sa teneur en immunoglobulines, l'information a été collectée auprès des éleveurs pour 22 vaches laitières dont 55% ont été considérées comme ayant perdu du colostrum avant la première traite soit par écoulement spontané soit par tétée par le veau. La concentration des colostrums « sans pertes précoces » semble être supérieure pour les 3 premières traites mais les différences observées ne sont pas significatives (figure 44). Cependant, notre étude n'a porté que sur un effectif restreint qui ne permet pas de tirer de conclusion générale. En outre, le phénomène de perte colostrale avant vêlage est surtout observé chez les vaches laitières, qui sont celles qui présentent les volumes les plus importants mais aussi les concentrations en immunoglobulines les plus basses.

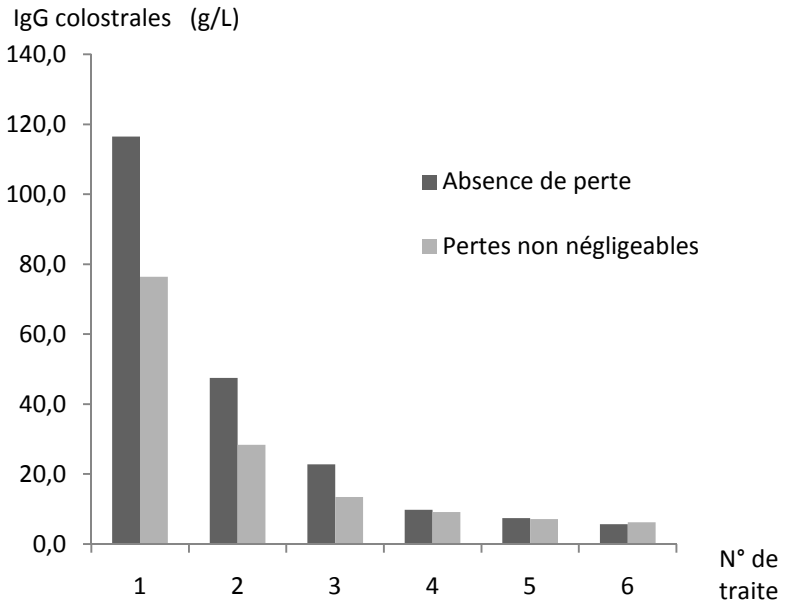


Figure 44 : Représentation schématique des concentrations colostrales moyennes en IgG selon le rang de traite et les pertes précoces de colostrum.

d) Influence du délai entre le vêlage et le prélèvement

Les éleveurs ont noté l'heure à laquelle ils ont réalisé le prélèvement de colostrum. La concentration colostrale en IgG en fonction du délai séparant le vêlage du prélèvement est présentée dans la figure 45 suivante, pour 76 vaches allaitantes et 25 vaches laitières.

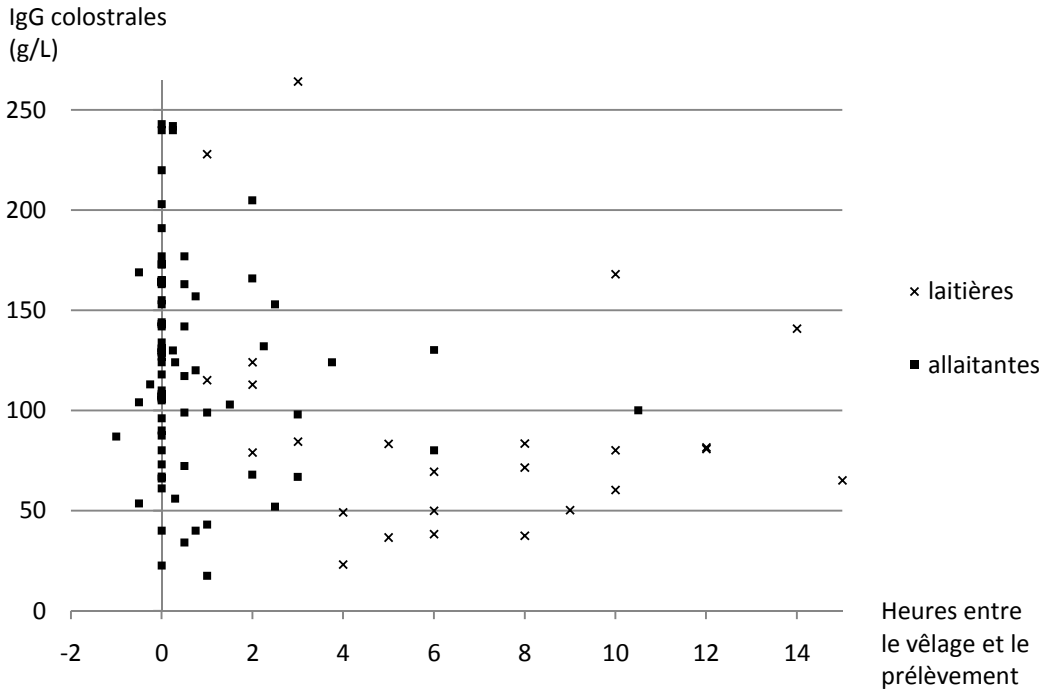


Figure 45 : Concentration colostrale en IgG en fonction du moment de prélèvement par rapport au vêlage

Deux constats peuvent être faits à partir de cette représentation graphique :

- Plus le prélèvement est précoce, plus les concentrations sont élevées. Pourtant, les comparaisons de moyennes n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative entre les « bons » et les « mauvais » colostrums, ni entre les colostrums prélevés « tôt » ou « tard ».

- Du point de vue zootechnique, cette distribution montre bien la différence entre les pratiques en élevage allaitant et en élevage laitier, en ce qui concerne la préoccupation vis-à-vis du colostrum. Les horaires de prélèvements faits par les éleveurs de bovins allaitants sont beaucoup plus précoces, car ils assistent beaucoup plus aux vêlages. En élevage laitier, les éleveurs attendent en général la traite (du troupeau) qui suit le vêlage pour collecter le colostrum.

e) Etude d'autres facteurs éventuels de variation

Dans l'élevage d'Agonges, l'étude a été réalisée du 11/02 au 13/03. Si l'on examine l'évolution de la teneur en IgG des colostrums en fonction de la date de collecte, on constate une tendance à la diminution (cf. figure 46).

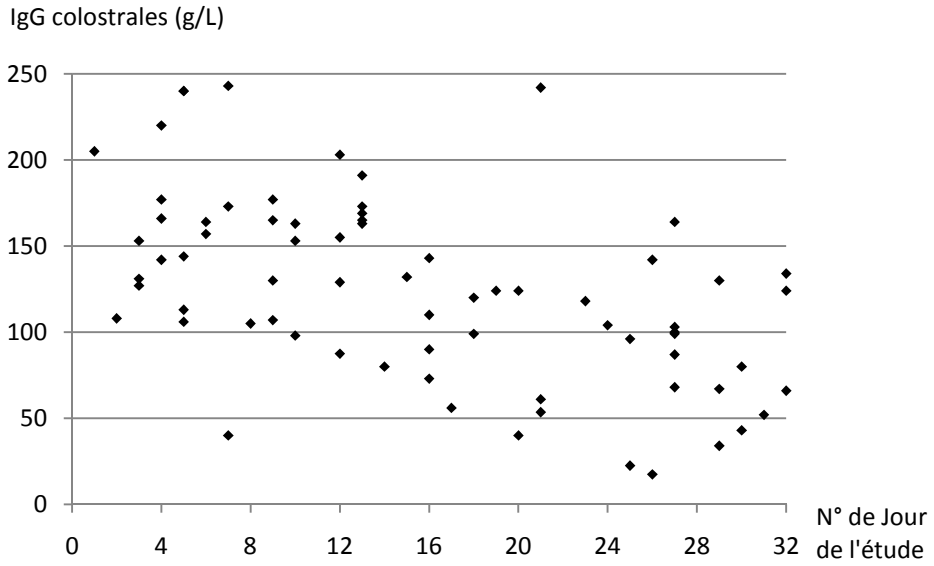


Figure 46: Distribution des 72 concentrations colostrales en IgG selon le jour de l'étude

L'application du test non paramétrique de Spearman dit de corrélation de rang confirme la conclusion qui découle de l'observation globale du nuage de points. Il existe bien une corrélation entre la qualité du colostrum et l'avancée dans la période considérée. Les concentrations moyennes en début d'étude sont significativement supérieures aux concentrations moyennes en fin d'étude ($p<0,001$).

Aucun paramètre ne peut être impliqué de manière précise dans cette variation relative de qualité colostrale, mais cette observation a le mérite de poser des questions sur la nature des facteurs susceptibles d'intervenir. On peut en particulier s'interroger sur l'influence de la ration et de la complémentation minérale et vitaminique, dont on connaît l'importance durant les 3 semaines précédant le vêlage et les fluctuations notamment en fin d'hiver. On peut aussi émettre comme hypothèses une variation de la charge parasitaire des vaches après d'éventuels traitements ou bien l'influence de protocoles de vaccination. Une étude plus approfondie (avec dosage de paramètres nutritionnels) effectuée sur une durée plus longue (débutant dès le début de la saison de vêlage) permettrait certainement d'approfondir cette observation et d'émettre des hypothèses plus pertinentes. Ce premier constat confirme en tout cas les observations de terrain qui mentionnent une fréquence plus élevée des accidents

pathologiques néonataux en fin de saison de vêlage. L'augmentation de la concentration en animaux dans les bâtiments est l'explication classiquement avancée, mais il n'est pas exclu que la moindre qualité du colostrum produit en fin d'hiver soit également un facteur à prendre en compte pour expliquer cette situation.

B. Etude du transfert colostral

1. Qualité du transfert d'IgG en cheptel allaitant et en cheptel laitier

Les caractéristiques du transfert passif et les pourcentages d'individus correspondants dans les 2 effectifs étudiés sont présentés dans le tableau XX et dans la figure 47

Tableau XX : Comparaison du transfert passif entre cheptel laitier et allaitant

transfert passif: concentration sérique en IgG (g/L)	**cheptel allaitant (n=67)**	**cheptel laitier (n=24)**
≤ 3 : échec	22,4%	0,0%
] 3 - 10]: insuffisant	26,9%	29,2%
] 10 - 15]: passable	9,0%	16,7%
] 15 - 20]: bon	19,4%	16,7%
> 20 : excellent	22,4%	37,5%

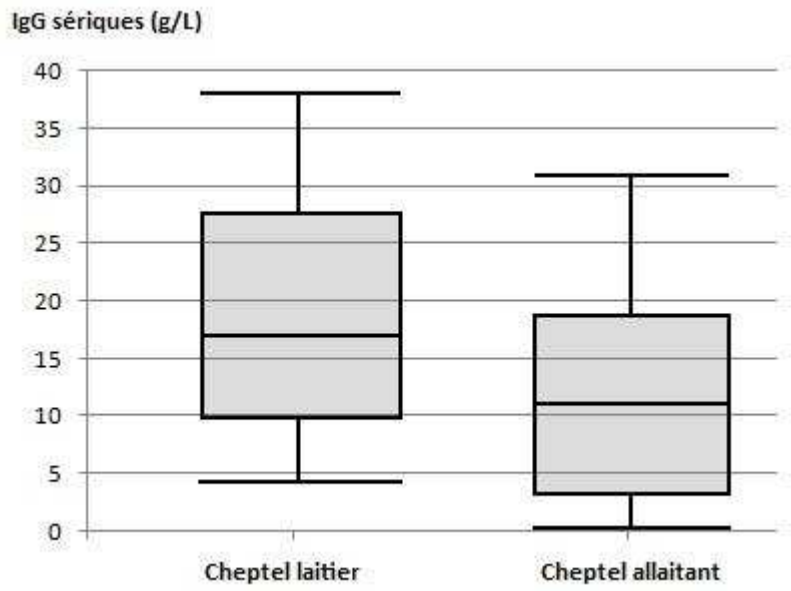


Figure 47 : Représentation graphique des concentrations sériques en IgG chez 67 veaux allaitants et 24 veaux laitiers

Près de la moitié des veaux en cheptel allaitant et 1/3 en cheptel laitier sont en défaut de transfert passif (IgG ≤ 10g/L). La moyenne des taux d'IgG sériques chez les veaux laitiers est significativement supérieure ($p < 0,01$) à celle des veaux allaitants. Dans cette étude, le transfert passif chez les veaux laitiers est meilleur que chez les veaux allaitants, ce qui est l'inverse de ce qui est habituellement décrit dans la littérature. Cette apparente discordance peut avoir plusieurs explications :

- les différences entre la taille des effectifs et le rang de vêlage des mères, qui obligent à rester prudent quant à une conclusion plus générale,
- le fait que les veaux allaitants sont majoritairement issus de primipares dont la valeur du colostrum est plus faible
- le fait que les veaux laitiers testés appartiennent majoritairement à la ferme P. qui est en fait une station d'élevage disposant d'un personnel important, ce qui se traduit par une surveillance plus importante que dans un cheptel laitier classique.

2. Relation entre le colostrum de la mère et les IgG sériques du veau

L'interprétation des résultats implique le croisement des données entre les mères et leurs veaux.

a) Influence de la concentration du colostrum en IgG

Soixante six résultats de couples mère/veau sont disponibles concernant l'élevage allaitant (Agonges) et 24 le sont pour des élevages laitiers. Les concentrations colostrales et sériques en IgG chez les couples mère/veau sont présentées dans les figures 47 et 48. Les valeurs ont été limitées à 30 g/L pour les IgG sériques et à 200 g/L pour les concentrations en IgG colostrales afin d'augmenter l'échelle des axes.

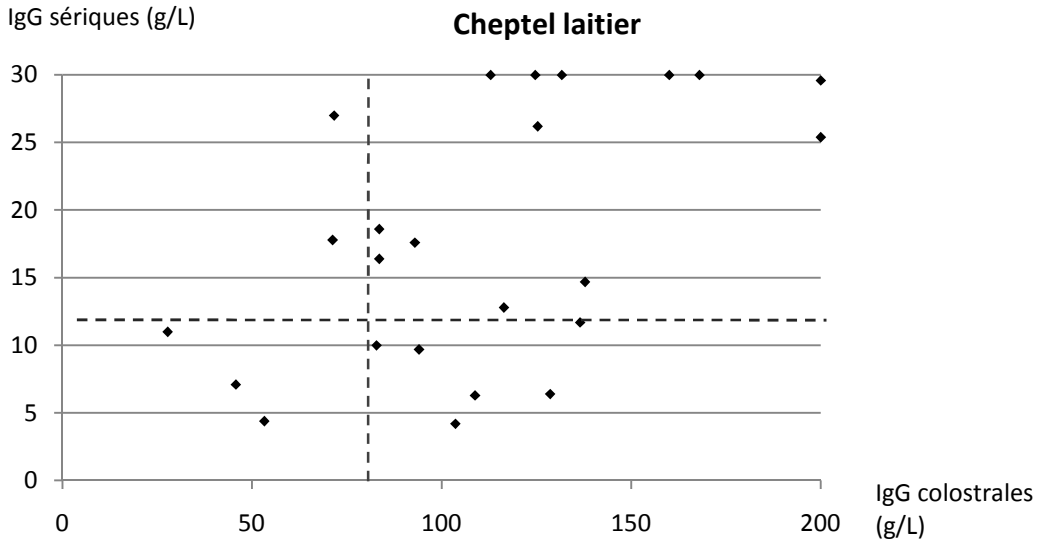


Figure 48: Répartition des concentrations colostrales et sériques de 24 couples mère/veau en cheptel laitier

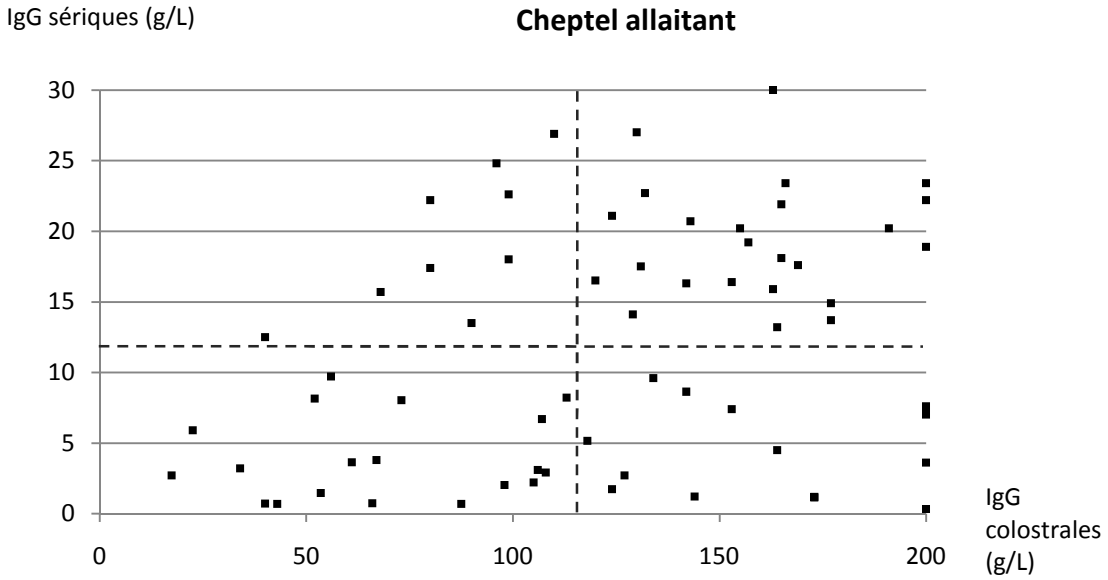


Figure 49 : Répartition des concentrations colostrales et sériques de 66 couples mère/veau en cheptel allaitant

Chaque zone de graphique peut être arbitrairement décomposée en 4 zones de localisation des données, matérialisées par les droites en pointillés placées en fonction des seuils de qualité :

- En bas à gauche : couples mère/veau pour lesquels le colostrum est de mauvaise qualité immunologique et le transfert d'immunité passive est insuffisant
- En haut à gauche : couples pour lesquels le transfert passif est satisfaisant malgré un colostrum peu concentré en IgG.
- En haut à droite : couples pour lesquels le colostrum est de bonne qualité immunologique et le transfert d'immunité passive est satisfaisant.
- En bas à droite : couples pour lesquels le transfert colostral est insuffisant malgré une bonne qualité colostrale.

Pour cette dernière zone, 2 facteurs peuvent expliquer le défaut de transfert d'immunité passive : la précocité de l'ingestion et le volume ingéré.

Ainsi pour les vaches laitières, la prise de colostrum trop tardive semble prépondérante, tandis que pour les vaches allaitantes, le faible volume du 1er repas semble être la cause de cette insuffisance d'IgG sériques.

b) Influence du volume de colostrum ingéré

Pour 8 vaches allaitantes et 5 vaches laitières, la quantité brute d'IgG ingérés par les veaux a pu être estimée à partir du volume de colostrum proposé au veau au 1er repas et de sa teneur en IgG. Les 13 données sont exposées dans la figure 50.

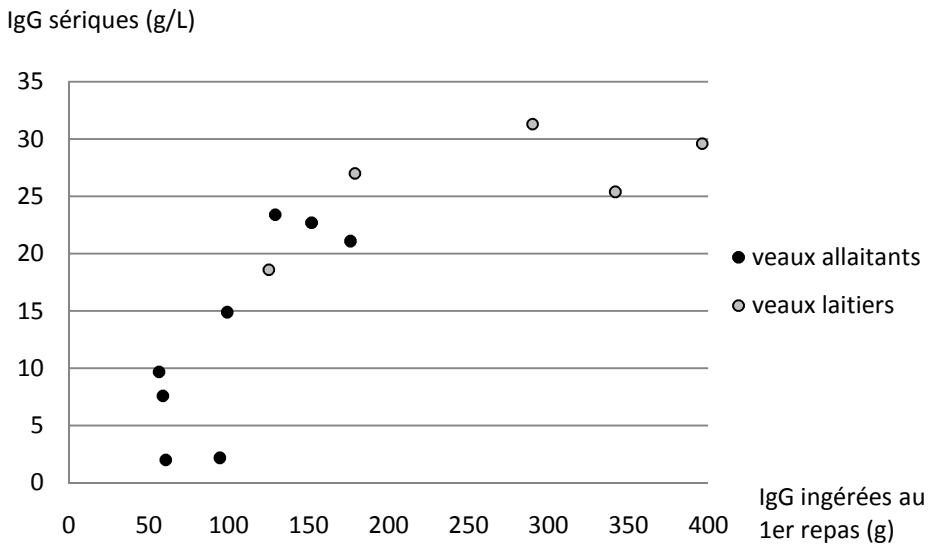


Figure 50 : Répartition des concentrations sériques en IgG par rapport à la quantité d'IgG ingérée chez 13 veaux

La quantité brute d'IgG ingérée permet de prendre en considération la teneur en IgG du colostrum mais aussi le volume ingéré. Chez les 5 vaches laitières, les volumes ingérés vont de 1,5 à 2,5 litres. Par contre chez les 8 vaches allaitantes, ceux-ci apparaissent beaucoup plus faibles, d'après les résultats présentés dans le tableau XXI.

Tableau XXI : Volume de colostrum proposé au veau après une traite manuelle, concentrations colostrale et sérique en IgG pour 8 couples mère/veau de l'élevage Agonges

N° de couple	1	2	3	4	5	6	7	8
IgG colostrales (g/L)	98	105	203	56	177	124	132	205
Volume ingéré (L)	0,62	0,9	0,29	1,01	0,56	1,42	1,15	0,63
IgG sériques (g/L)	2,02	2,2	7,6	9,7	14,9	21,1	22,7	23,4

L'excellente qualité des colostrums 5 et 8 semble avoir compensé les faibles volumes ingérés par le veau. Par contre, le volume de colostrum 3 semble vraiment trop faible pour être compensé par la qualité de ce colostrum.

c) Influence de la précocité d'ingestion du 1er repas

Les délais précis d'ingestion du 1er repas par rapport au vêlage sont connus pour le cheptel allaitant. L'influence de ce délai sur le pourcentage de veaux dont la concentration sérique est inférieure à 5g/L, en fonction de la qualité du colostrum est étudiée dans le tableau XXII réalisé par le Dr Didier LEVIEUX.

Tableau XXII : Relation entre la qualité du colostrum, la précocité d'ingestion du 1er repas et le transfert passif d'immunité chez 66 veaux en cheptel allaitant, par le Dr Didier LEVIEUX

			IgG sériques		
IgG colostrales	**Intervalle vêlage -tétée (h)**	n =	moyenne	écart-type	**% veaux < 5g/L**
> 120 g/L	**<2**	11	20,6	6,6	**0**
	>2	26	11,8	8,19	**30,8**
	<2,5	15	19,4	6,79	**0**
	>2,5	22	11,2	8,47	**30,8**
	<3	17	18,6	6,8	**0**
	>3	20	10,8	8,6	**40**
> 100g/L	**<2**	11	20,6	6,6	**0**
	>2	33	10,8	8,7	**33,3**
	<2,5	19	17,2	9	**5,3**
	>2,5	25	10,2	8,4	**40**
	<3	22	16,5	8,8	**4,5**
	>3	22	9,8	8,7	**45,5**
> 75 g/l	**<2**	14	21,2	6,4	**0**
	>2	38	10,6	9,1	**36,8**
	<2,5	23	17,9	8,7	**4,4**
	>2,5	29	10	9,1	**44,8**
	<3	26	17,2	8,6	**3,8**
	>3	26	9,8	9,4	**50**
< 75g/L		14	5,1	4,7	**57,1**

Ces résultats montrent que le pourcentage de veaux inférieurs à 5g/L augmente lorsque la qualité colostrale diminue, quelle que soit la précocité d'ingestion du 1er repas. De plus, pour une gamme de concentration donnée, ce pourcentage est très inférieur chez les veaux ayant consommé le colostrum précocement. Il est même nul lorsque la qualité du colostrum est bonne (> 120g/L).

En conclusion, plus la qualité du colostrum est faible, plus la précocité d'ingestion est importante à considérer pour tenter malgré tout d'assurer un transfert colostral satisfaisant.

3. Méthodologie d'évaluation des IgG sanguines du veau

a) Influence de la nature de la matrice utilisée (sérum ou plasma)

L'un des objectifs de notre travail était d'évaluer l'influence de la matrice servant au dosage des IgG. C'est pour cette raison que pour 44 veaux, la technique IDR a été réalisée sur sérum et sur plasma. Comme en témoignent la figure 51 ainsi que la comparaison statistique des données obtenues, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs plasmatiques et sériques. Les moyennes plasmatique (14,8g/L) et sérique (14,6g/L) sont ainsi considérées comme égales. Le dosage des IgG chez le veau peut donc être réalisé aussi bien sur du sang recueilli sur tube sec que sur tube avec anticoagulant.

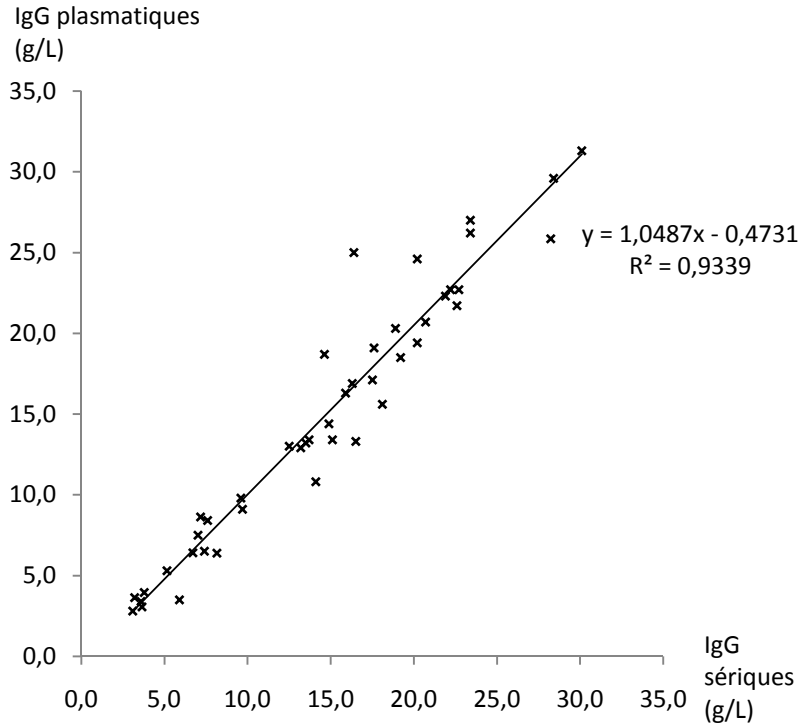


Figure 51: Relation entre plasma et sérum pour le dosage des IgG du veau

b) Influence du délai entre vêlage, ingestion colostrale et réalisation du prélèvement sanguin

Pour 64 veaux toutes races confondues, l'heure de prélèvement sanguin, l'heure du 1er repas et l'heure du vêlage ont été notées. L'analyse des deux figures 52 et 53 ne permet de mettre en évidence aucune influence quelconque du délai entre le vêlage et le prélèvement sur le veau ou entre le 1er repas et le prélèvement sanguin.

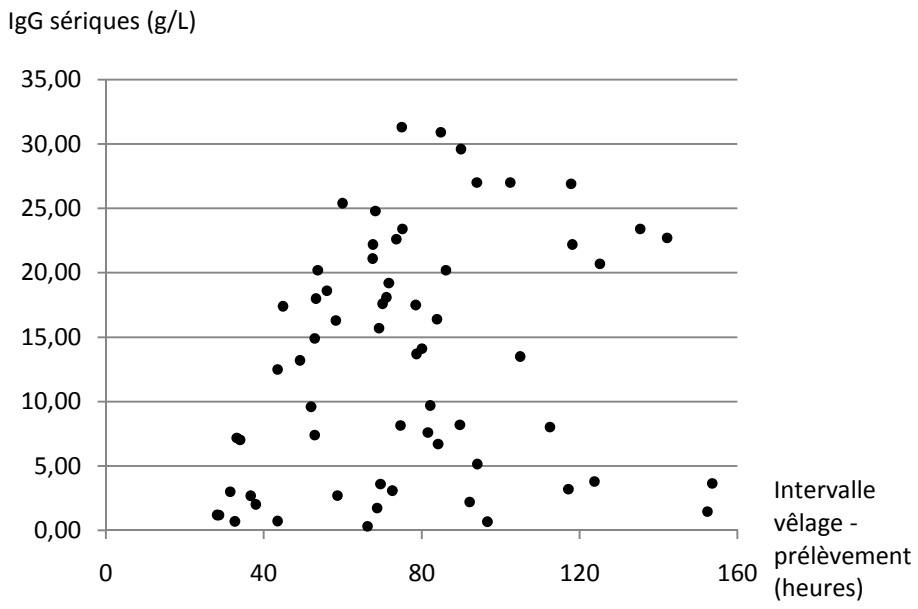


Figure 52 : Relation entre la concentration sérique en IgG et le délai entre le prélèvement et le vêlage

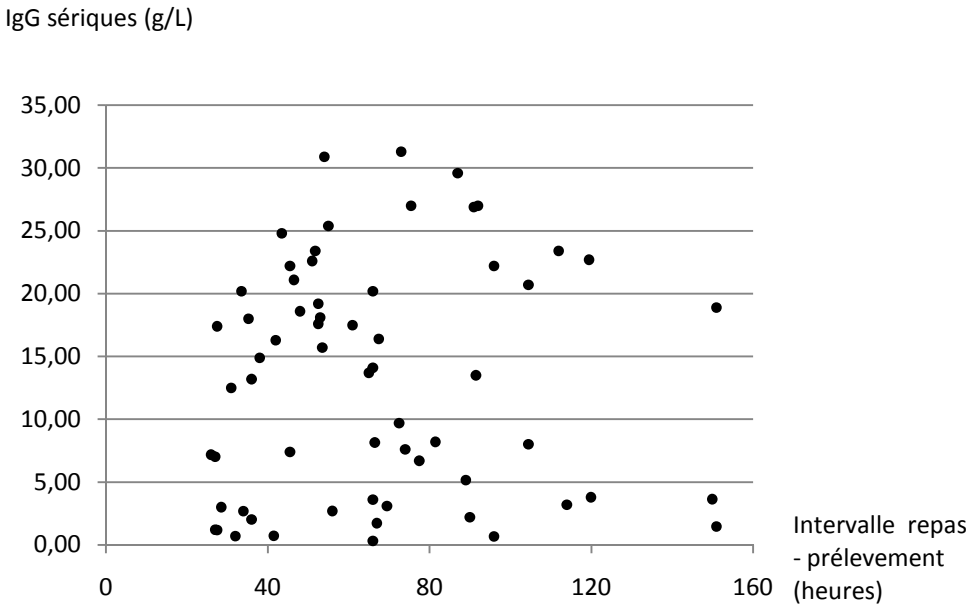


Figure 53 : Relation entre la concentration sérique en IgG et le délai entre le prélèvement et le 1er repas

On sait toutefois que chez un veau, la concentration sérique en IgG va diminuer progressivement après le pic d'absorption. Il convient donc d'interpréter avec circonspection une concentration identique, mais correspondant à des délais différents. Ainsi, une concentration légèrement inférieure au seuil (9 g/L par exemple) sur un veau âgé de 6 jours n'a pas la même signification que chez un veau âgé de 48 heures.

4. Relation entre la qualité du transfert passif d'immunité et les pathologies néonatales ultérieures

Pour 24 veaux laitiers et 67 veaux allaitants, un parallélisme a pu être étudié entre la concentration en IgG sériques et la présence ou non de pathologie néonatale (sans considération du moment d'apparition, de la gravité ou du type d'atteinte). Les résultats sont présentés dans le tableau XXIII.

Tableau XXIII: Relation entre le transfert passif et les pathologies néonatales

		Pathologie néonatale		Différence significative
		oui	**non**	
cheptel allaitant	*effectif*	*23*	*44*	
	moyenne IgG sériques (g/L)	**9,8**	**12,9**	NON
cheptel laitier	*effectif*	*9*	*15*	
	moyenne IgG sériques (g/L)	**21,4**	**16,8**	NON
Tous veaux	*effectif*	*32*	*59*	
	moyenne IgG sériques (g/L)	**13**	**13,9**	NON

Aucune influence ne peut ici être mise en évidence sur notre échantillon. Ce constat ne peut cependant pas être considéré comme la traduction d'une non relation entre la protection conférée par une bonne prise colostrale et l'absence de pathologie chez le jeune. En effet, les effectifs considérés ne correspondent pas à la situation d'élevages traditionnels, puisqu'il s'agit d'une part des veaux de la station d'élevage d'Agonges et d'autre part des veaux provenant majoritairement de l'élevage P. qui est un centre de formation pour les éleveurs. Les conditions de conduite de troupeau dans ces deux cas sont de ce fait un peu particulières.

VII. Bilan et perspectives

D'une manière générale, les conclusions de toutes nos analyses correspondent avec les données de la littérature. Les colostrums de vaches allaitantes sont dans l'ensemble plus riches en IgG que ceux des vaches laitières et le transfert colostral de qualité acceptable chez les veaux allaitants. La faible quantité de colostrum produite par les primipares peut être en grande partie compensée par une concentration en immunoglobulines particulièrement élevée, ce qui aboutit à un apport global en IgG satisfaisant. Cependant, on ne peut exclure le fait que seule une partie de ces IgG soit réellement absorbée au niveau intestinal, en raison du phénomène de saturation des capacités d'absorption. Le transfert de l'immunité colostrale est un phénomène très complexe, qui met en jeu des aspects purement quantitatifs mais aussi des mécanismes physiologiques que nous sommes loin de cerner et par, là même, de maitriser. Les résultats pour les veaux laitiers sont meilleurs dans notre étude que ce qui est décrit dans les études publiées jusqu'à présent. La raison provient probablement du fait que ces veaux appartiennent à deux élevages de haute technicité.

La précision des données fournies par l'immunodiffusion radiale a été précieuse dans l'analyse des résultats. Les recommandations sur les méthodes de prélèvement rejoignent celles précédemment établies, notamment en ce qui concerne le prélèvement de sang du veau. Le plasma convient tout autant que le sérum pour réaliser le dosage d'IgG. De même, le moment de la prise de sang, dans la mesure où celle-ci est réalisée entre 36h et 6-7 jours de vie, a peu d'importance. Il est toutefois recommander d'interpréter les résultats obtenus en tenant compte du délai qui s'est écoulé depuis le repas colostral. En revanche, les résultats fournis par le pèse-colostrum sont plutôt décevants. Cela rejoint les données les plus récentes de la littérature, qui insistent sur l'imprécision, les problèmes d'étalonnage et le caractère non quantitatif de cet outil d'évaluation de la qualité colostrale. Un certain nombre d'autres études sur le colostrum sont d'ores et déjà programmées: Etude de la quantité et de la persistance des IgG dans les secrétions mammaires chez les vaches allaitantes, variabilité de la teneur en IgG de la production de chaque quartier, influence de la teneur en matière grasse sur la densité du colostrum et sur sa teneur en immunoglobulines, comparaison IDR/ pèse colostrum pour des colostrums provenant de bovins allaitants…

La variabilité des valeurs obtenues dans notre étude confirme la nécessité de disposer d'une méthode quantitative, précise et réalisable sur plusieurs individus à un prix abordable, pour évaluer la qualité du colostrum et pour apprécier celle du transfert immunitaire au veau. L'immunodiffusion radiale répond à ces besoins, même si elle n'est pas réalisable sur place au cours d'une simple consultation ou d'un audit de troupeau. Comme pour l'analyse de fèces dans le but de rechercher un agent pathogène, cette démarche ne doit pas être limitée à une ou deux analyses. L'utilisation du graphique présenté dans la figure 54 peut s'avérer particulièrement utile pour aider le praticien à interpréter les résultats obtenus.

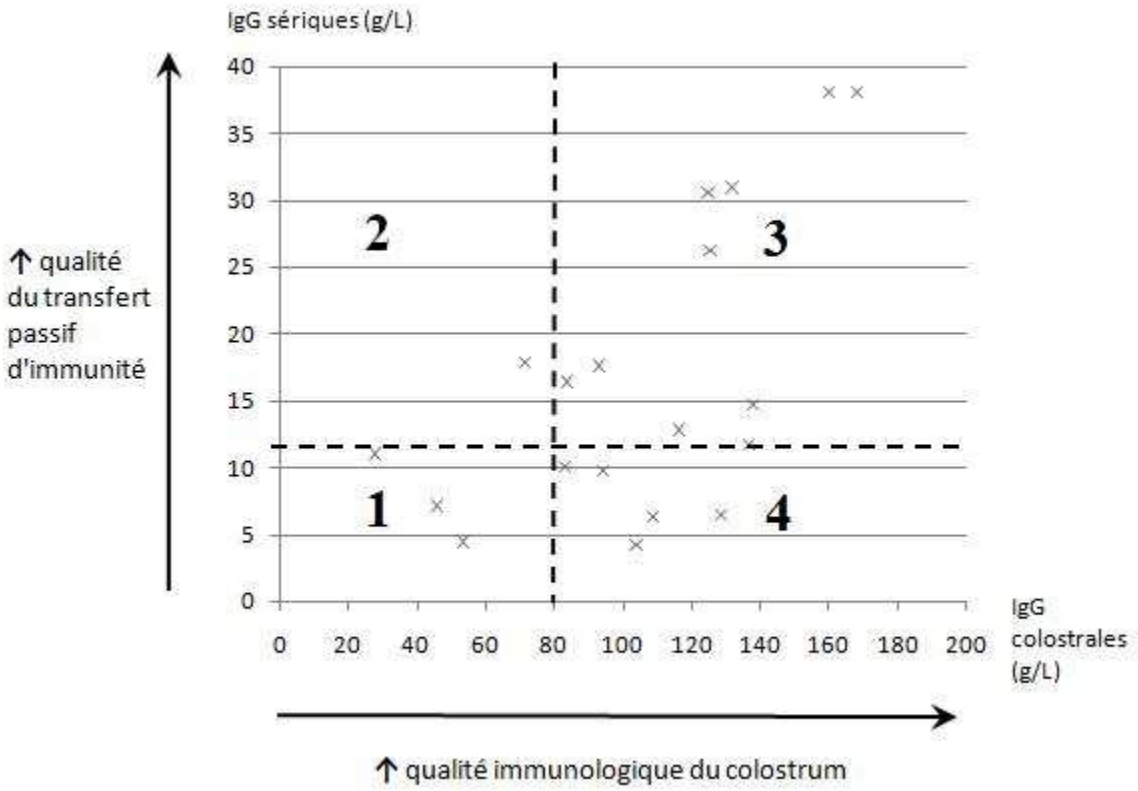


Figure 54 : Utilisation du graphique « IgG sériques = f (IgG colostrales) » dans l'analyse du transfert immunitaire colostrale d'un troupeau

Les 2 axes en pointillés, dont la position est à moduler en fonction des seuils de qualité retenus, délimitent 4 zones décrites :

- Zone 1 : Qualité du colostrum mauvaise potentiellement à l'origine d'un transfert insuffisant. Les facteurs susceptibles de diminuer la qualité colostrale doivent être recherchés soit à l'échelle individuelle – pathologie mammaire, rang de vêlage, conditions du vêlage, perte précoce de colostrum, soit à l'échelle du troupeau - qualité de l'alimentation, durée du tarissement, maitrise du parasitisme hépatique, taux de primipares dans le troupeau
- Zone 2 : Transfert passif satisfaisant malgré une qualité colostrale insuffisante. Cette situation peut découler ou être obtenue par différentes pratiques : augmentation du nombre de repas précoces, augmentation du volume du premier repas par utilisation du sondage œsophagien, complémentation du premier repas par une autre source d'IgG (autre colostrum, supplément artificiel)
- Zone 3 : Colostrum de bonne qualité, transfert passif satisfaisant

- Zone 4 : Colostrum de bonne qualité, transfert passif insuffisant : les modalités d'ingestion sont surement à l'origine de cette situation et doivent être investiguées, notamment le délai entre la naissance et le premier repas, les modalités de distribution du colostrum, la surveillance du volume de colostrum ingéré par le veau (primipares en particulier), les conditions d'ambiance dans le local des veaux…

Enfin, l'IDR peut très bien être utilisée pour la constitution d'une banque colostrale de bonne qualité. La conduite préconisée peut être la suivante :

1/ Première étape de sélection par l'éleveur de colostrums à conserver sur la base du résultat du pèse colostrum ou d'un test de migration latérale et de considérations zootechniques (vaches en 3è ou 4é lactation, nées dans l'exploitation, indemnes de problèmes mammaires et dont les veaux n'ont pas présentés de problèmes pathologiques particuliers)

2/ Congélation des colostrums retenus en récipients de 0,5 L à 2 L + un aliquot de 30 à 40 mL

3/ Deuxième étape de sélection par réalisation du dosage des immunoglobulines par IDR sur les aliquots des différents colostrums conservés et élimination des colostrums présentant des résultats les plus faibles.

4/ Adaptation du volume de colostrum à distribuer au veau en fonction de la concentration en IgG, du volume et du poids du jeune.

CONCLUSION

Les résultats du travail expérimental que nous avons mené dans différents troupeaux laitiers et allaitants confirment l'importante variabilité de la qualité du colostrum au sein d'un cheptel. Ils sont dans l'ensemble conformes aux précédents résultats publiés dans la littérature.

Sur le plan de la technique employée (l'immunodiffusion radiale), le principal objectif était d'évaluer son intérêt dans la pratique courante en médecine de troupeau. Contrairement aux autres techniques proposées (électrophorèse, pèse-colostrum ou dosage de migration latérale), l'IDR présente l'avantage de doser précisément les immunoglobulines G, support de la protection du jeune. Appliquée sur le colostrum et/ou sur le veau, elle permet de traduire numériquement des indicateurs de la gestion du tarissement et du vêlage tels que la qualité du colostrum et du transfert colostral. Cette méthode peu onéreuse, précise et quantitative s'intègre pleinement dans un audit de troupeau bovin et peut même trouver sa place au delà de la pathologie néonatale.

Cette méthode se justifie en outre auprès de l'éleveur, dans la mesure où le principe est clair (« doser les anticorps »), de même que les résultats. L'éleveur peut lui-même utiliser ces résultats pour réaliser sa propre sélection du meilleur colostrum, ce qui permet de l'impliquer activement dans l'approche globale de son troupeau.

En effet, une analyse de colostrum et de sérum ne peut pas être interprétée sans la connaissance du cheptel et de sa gestion par le ou les éleveurs. Les résultats doivent pouvoir être mis en relation avec les performances du troupeau.

Bien que les IgG représentent le support principal de la protection transmise de la mère au jeune ruminant, il convient de ne pas oublier les autres composants du colostrum (vitamines, oligo-éléments...). Ces constituants font l'objet à l'heure actuelle de recherches en raison du caractère non spécifique de la protection qu'ils sont susceptibles de conférer.

Le Professeur responsable
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Vu : Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

LE DIRECTEUR

Stéphane MARTINOT

Professeur Michel BERLAND
GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
CENTRE HOSPITALIER LYON-SUD
165, Chemin du Grand Revoyet
69495 PIERRE-BENITE CEDEX
Tél. 04 78 86 56 01 - 33 4 78 86 56 01
Fax 04 78 86 56 04 - 33 4 78 86 56 04
e-mail : michel.berland@chu-lyon.fr

Vu et permis d'imprimer

Lyon, le 5 NOV. 2008

Pour le Président de l'Université,
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,
Professeur F.N GILLY

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Références bibliographiques

1 ADAMS G.D., BUSH L.J., HORNER J.L., STALEY T.E. (1985)
Two methods for administering colostrum to newborn calves.
J. Dairy Sci., 68:773-775

2 ARTHINGTON J.D; CATTELL M.B.; QUIGLEY III J.D. (2000)
Effect of dietary IgG source (colostrum, serum, or milk-derived supplement) on the efficiency of Immunoglobulines absorption in newborn Holstein calves.
J. Dairy Sci., 83:1463-1467

3 ARTHINGTON J.D; CATTELL M.B.; QUIGLEY III J.D.; McCOY G.C.;HURLEY W.L. (2000)
Passive immunoglobulin transfer in newborn calves fed colostrum or spray-dried serum protein alone or as a supplement to colostrum of varying quality.
J. Dairy Sci., 83:2834-2838

4 ARZUL P., BESNIER P. (2007)
Alimentation du veau laitier ou allaitant: conseils au sevrage.
Le Point Vétérinaire 38:27-33

5 BARRINGTON G.M. (2001)
Bovine neonatal immunology.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. Immunology Vol.17, 3:463-476

6 BESSER T.E., GAY C.C. (1994)
The importance of colostrum to the health of the neonatal calf.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. Perinatal mortality in beef herds. Vol.10, 1:107-117

7 BESSER T.E., GAY C.C., PRITCHETT L., (1991)
Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves.
J. Am. Vet. Med. Assoc., 198:419-422

8 BIENVENU L., CORBIERE F., LABADENS C. (2002)
Le colostrum: à quoi sert-il, comment le prélever, comment l'utiliser?
Bull. GTV, 17:37-41

9 BLATTLER U. et al. (2001)
Feeding colostrum, its composition and feeding duration variably modify proliferation and morphology of the intestine and digestive enzyme activities of neonatal calves.
J Nutr. Avril 2001;131(4):1256-63

10 BLUM J.W., ZBINDEN Y., HAMMON H.M., CHILLIARD Y. (2005)
Plasma leptin status in young calves: effects of pre-term birth, age, glucocorticoid status, suckling, and feeding with an automatic feeder or by bucket.
Domest Anim Endocrinol. Févr.2005;28(2):119-33.

11 BRANDON M.R., LASCELLES A.K. (1975)
The effect of pre-partum milking on the transfer of immunoglobulin into mammarty glands of cows.
Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci., 53:197-204

12 BRIGNOLE T.J.; STOTT G.H. (1980)
Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum Ig absorption and calf survival.
J. Dairy Sci., 63:451-456

13 BROOM D.M. (1983)
Cow-calf and sow-piglet behaviour in relation to colostrum ingestion.
Ann. Rech. Vét., 14, 4: 342-348

14 BUSH L.J; STALEY T.E. (1980)
Absorption of colostral immunoglobulin in newborn calves.
J. Dairy Sci., 63:672-680

15 CONTREPOIS M., GIRARDEAU J.P., DUBOURGUIER H.C. (1980)
La microflore intestinale banale et pathogène du veau nouveau-né. Caractères propres à la microflore lactique et aux E. coli entéropathogènes.
Bull. GTV, Juin 1980 n°4:35-45

16 CORLEY L.D., STALEY T.E., BUSH L.J., JONES E.W. (1977)
Influence of colostrum on transépithélial movement of escherichia coli O55.
J. Dairy Sci., 60:1416-1421

17 DE NISE S.K.; ROBISON J.D.; STOTT G.H.; ARMSTRONG D.V. (1989)
Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers.
J. Dairy Sci. 72:552-554

18 FILTEAU V., BOUCHARD E., FECTEAU G., DUTIL L., DU TREMBLAY D. (2003)
Health status and risk factors associated with failure of passive transfer of immunity in newborn beef calves in Quebec.
Can. Vet. J., 44:907-913

19 FLEENOR W.A.; STOTT G.H. (1980)
Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum.
J. Dairy Sci., 63:973-977

20 FLEENOR W.A.; STOTT G.H. (1981)
Single radial immunodiffusion analysis for quantitation of colostral immunoglobulin concentration.
J. Dairy Sci., 64:740-747

21 FOLEY J.A., HUNTER A.G., OTTERBY D.E. (1978)
Absorption of colostral proteins by newborn calves fed unfermented, fermented or buffered colostrum.
J. Dairy Sci., 61:1450-1456

22 FOLEY J.A.; OTTERBY D.E. (1978)
Availability, storage, treatment, composition and feeding value of surplus colostrum: a review.
J. Dairy Sci., 61:1033-1060

23 GARTIOUX JP. (2003)
La transmission de l'immunité colostrale. Etude au sein d'une ferme expérimentale de Saône et Loire.
Thèse de Doctorat Vétérinaire, Université Claude Bernard, Lyon1, 123 pp. +annexes

24 GODDEN S.M.; McMARTIN S.; FEIRTAG J.; STABEL J.; BEY R.; GOYAL S.; METZGER L.; FETROW J.; WELLS S.; CHESTER-JONES H. (2006)
Heat-treatment of bovine colostrum II: Effects of treating duration on pathogen viability and immunoglobulin G.
J. Dairy Sci., 89: 3476-3483

25 GULLIKSEN S.M.; LIE K.I.; SØLVERØD L.; ØSTERAS O. (2007)
Risk factors associated with colostrum quality in Norvegian dairy cows.
J. Dairy Sci., 91:704-712

26 HADORN U.; HAMMON H., BRUCKMAIER R.M., BLUM J.W. (1997)
Delaying colostrum intake by one day has important effects on metabolic traits and on gastrointestinal and metabolic hormones in neonatal calves.
J Nutr. Oct.1997; 127(10): 2011-2023

27 HAINES D., CHELACK B., RADOSTITS O. (1992)
Freezethawing does not adversely affect immunoglobulin levels in colostrum.
Can. Vet. J., 33:335-336

28 HAMMON H.M. et al. (2003)
Dexamethasone and colostrums feeding affect hepatic gluconeogenic enzymes differently in neonatal calves.
J. Anim. Sci., 3095-3106

29 HAMMON H.M., BLUM J.W. (2002)
Feeding differents amounts of colostrum or only milk replacer modify receptors of intestinal insulin-like growth factors and insulin in neonatal calves.
Domest Anim Endocrinol. Mai 2002; 22(3):.155-168

30 HARKER D.B., (1978)
A simple estimation of the immunoglobulin content of ewe colostrum.
Vet. Rec., 103:8-9

31 HECKERT R.A., SAIF L.J., MENGEL J.P., MYERS G.W. (1991)
Mucosal and systemic antibody responses to bovine coronavirus structural proteins in experimentally challenge-exposed calves fed low or high amounts of colostral antibodies.
Am. J. Vet. Res., 52:700-708

32 HOLLOWAY N.M.; TYLER J.W.; LAKRITZ J.; CARLSON S.L.; HOLLE J. (2001)
Serum immunoglobulin G concentrations in calves fed fresh and frozen colostrum.
J. Am. Vet. Med. Assoc. 219(3):357-359

33 HOLLOWAY N.M.; TYLER J.W.; LAKRITZ J.; CARLSON S.L.; TESSMAN R.K.; HOLLE J. (2002)
Serum immunoglobulin G concentrations in calves fed fresh colostrum or a colostrum supplement.
J. Vet. Intern. Med., 16(2):187-191

34 JOHNSON J.L.; GODDEN S.M.; MOLITOR T.; AMES T.; HAGMAN D. (2007)
Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves.
J. Dairy Sci., 90:5189-5198

35 KEHOE S.I.; JAYARAO B.M.; HEINRICHS A.J. (2007)
A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvannia dairy farms.
J. Dairy Sci., 90:4108-4116

36 KLOBASA F.; GOEL M.C.; WERHAHN E. (1998)
Comparison of freezing and lyophilizing for preservation of colostrum as a source of immunoglobulin for calves.
J. Anim. Sci., 76:923-926

37 KOTERBA A.M., HOUSE J.K. (1996)
Neonatal infection in large animal internal medicine.
Smith BP éd. Mosby, Saint-Louis; 344-353

38 LARSON B.L.; HEARY H.L.; DEVERY J.E. (1980)
Immunoglobulin production and transport by the mammary gland.
J. Dairy Sci., 63:665-671

39 LEVIEUX D. (1984)
Transmission de l'immunité colostrale chez le veau.
Point Vét. 16: 311-316

40 LEVIEUX D. (2007)
Transmission de l'immunité colostrale chez les ruminants : quantification par le dosage des IgG1. Communication personnelle.

41 LEVIEUX D., LEVIEUX A. (2008)
Quantitation of native IgG in colostrum powders: protein G-affinity versus radial immunodiffusion.
INRA Poster n° 691. Communication personnelle.

42 LEVIEUX D., OLLIER A. (1999)
Bovine immunoglobulin G, β lactoglobulin, α lactalbumin and serum albumin in colostrum and milk during the early post-partum period.
J. Dairy Res., 421-43

43 LOGAN E.F. (1977)
The influence of husbandry on colostrum yield and immunoglobulin concentration in beef cows.
Br. Vet. J. 133:120-125

44 LOGAN E.F., STENHOUSE A., ORMROD D.J. (1974)
The role of colostral immunoglobulins in intestinal immunity to enteric colibacillosis in the calf.
Res. Vet. Sci., 17:290-301

45 MAILLARD R. (2006)
Composition et rôle du colostrum chez les Bovins.
Point Vét. N° spécial Reproduction des Ruminants: gestation, néonatalogie et post-partum 37:110-114

46 MAILLARD R. (2006)
Le transfert de l'immunité colostrale chez le veau.
Point Vét. N° spécial Reproduction des Ruminants: gestation, néonatalogie et post-partum 37:110-114

47 MAILLARD R. (2005)
Colostrum et optimisation du transfert de l'immunité passive: points critiques et moyens d'action.
In : Ed. Schelcher F. & Schmitt E. Société Française de Buiatrie, Paris, 22-23 Nov. 2005; 51-61

48 MATHEVET P. (2002)
Gestion des échecs de vaccination contre les entérites néonatales.
Bull. GTV, 17:57-60

49 MATTE J.J., GIRARD C.L., SEOANE J.R., BRISSON G.J. (1982)
Absorption of colostral immunoglobulin G in the newborn dairy calf.
J. Dairy Sci., 65:1765-1770

50 MAUNSELL F.P., MORIN D.E., CONSTABLE P.D., HURLEY W.L., McCOY G.C., KAKOMA I., ISAACSON R.E. (1998)
Effects of mastitis on the volume and composition of colostrum produced by Holstein cows.
J. Dairy Sci., 81:1291-1299

51 McGUIRK S.M.; COLLINS M. (2004)
Managing the production, storage and delivery of colostrum.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 20:593-603

52 McMARTIN S.; GODDEN S.M.; METZGER L.; FEIRTAG J.; BEY R.; STABEL J.; GOYAL S.; FETROW J.; WELLS S.; CHESTER-JONES H. (2006)
Heat-treatment of bovine colostrum I: Effects of temperature on viscosity and immunoglobulin G level.
J. Dairy Sci., 89:2110-2118

53 MECHOR G.D.; GRÖHN Y.T.; McDOWELL L.R.; VAN SAUN R.J. (1992)
Specific gravity of bovine colostrum immunoglobulins as affected by temperature and colostrum components.
J. Dairy Sci., 75:3131-3135

54 MESTDAGH C.; RABOISSON D.; SCHELCHER F. (2008)
Les substituts de colostrum. Comment les utiliser?
Nouv. Prat. vét. Elevages et santé 107:19-25

55 MICHANEK P., VENTROP M. (1989)
Intestinal transmission of macromolecules in newborn dairy calves of different ages at first feeding.
Res. Vet. Sci., 46:375-379

56 MILON A. (1986)
Ontogénèse du système immunitaire et immunité néo-natale.
Bull. GTV, 4: 53-66

57 MOLLA A. (1980)
Estimation of bovine colostral immunoglobulins by refractometry.
Vet. Rec., 107:35-36

58 MORIN D.E.; CONSTABLE P.D.; MAUNSELL F.P.; McCOY G.C. (2001)
Factors associated with colostral specific gravity in dairy cows.
J. Dairy Sci., 84:937-943

59 MORIN D.E.; McCOY G.C.; HURLEY W.L. (1997)
Effects of quality, quantity, and timing of colostrum feeding and addition of a dried colostrum supplement on immunoglobulin G1 absorption in Holstein bull calves.
J. Dairy Sci., 80:747-753

60 MULLER L.D.; ELLINGER D.K. (1981)
Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle.
J. Dairy Sci. 64:1727-1730

61 MULLER L.D.; SMALLCOMB J. (1977)
Laboratory evaluation of several chemicals for preservation of excess colostrum.
J. Dairy Sci. 60:627-631

62 NORRMAN J., DAVID C.W., SAUTER S.N., HAMMON H.M., BLUM J.W. (2003)
Effects of dexamethasone on lymphoid tissue in the gut and thymus of neonatal calves fed with colostrums or milk replacer.
J. Anim. Sci., 81(9):2322-2332

63 OLSON D.P.; PAPASIAN C.J.; RITTER R.C. (1980)
The effects of cold stress on neonatal calves. II Absorption of colostral immunoglobulins.
J. Comp. Med., 44(1):19-23

64 PARISH S.M., TYLER J.W., BESSER T.E., GAY C.C., KRYTENBERG D. (1997)
Prediction of serum IgG1 concentration in Holstein calves using serum gamma glutamyltransferase activity.
J. Vet. Intern. Med., 11(6):344-347

65 PENHALE W.J., LOGAN E.F., SELMAN I.E., FISHER E.W., McEWAN A.D. (1973)
Observations on the absorption of colostral immunoglobulins by the neonatal calf and their significance in colibacillosis.
Ann. Rech. Vet., 4:223-233

66 PERINO L.J. (1997)
A guide to colostrum management in beef cows and calves.
Vet. Med. Food Animal practice, 1:75-82

67 PERINO L.J.; RUPP G.P. (1994)
Immunization of the beef cow and its influence on fœtal and neonatal calf health.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. Perinatal mortality in beef herds 10(1):15-22

68 PHILIPPE P.; RABOISSON D.; SCHELCHER F. (2008)
Les effets du traitement thermique du colostrum sur sa viscosité, sa teneur en IgG, le transfert d'immunité passive et l'élimination d'agents infectieux.
Nouv. Prat. vét. Elevages et santé 167:79-82

69 PRITCHETT L.C.; GAY C.C.; BESSER T.E.; HANCOCK D.D. (1991) *Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows.*
J. Dairy Sci., 74:2336-2341

70 PRITCHETT L.C.; GAY C.C.; BESSER T.E.; HANCOCK D.D. (1994) *Evaluation of the hydrometer for testing immunoglobulin G1 concentrations in Holstein colostrums.*
J. Dairy Sci., 77:1761-1767

71 QUIGLEY J.D.; DREWRY J.J. (1998)
Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving. Symposium: Practical considerations of transition cow and calf management.
J. Dairy Sci., 81:2779-2790

72 QUIGLEY J.D.; MARTIN K.R.; DOWLEN H.H.; WALLIS L.B.; LAMAR K. (1994)
Immunoglobulin concentration, specific gravity, and nitrogen fractions of colostrum from Jersey cattle.
J. Dairy Sci., 77:264-269

73 RABOISSON D.; SCHELCHER F.; FOUCRAS G. (2008)
Les cellules du colostrum:quel rôle dans la défense du veau nouveau-né?
Nouv. Prat. vét. Elevages et santé Octobre/Janvier 2008:13-17

74 RADIGUE P.E. (2003)
Appréciation du transfert immunitaire chez les veaux nouveau-nés et applications thérapeutiques.
In : Ed.SNGTV Journées nationales des GTV Nantes 2003:277-281

75 RAUPRICH A.B.E., HAMMON H.M., BLUM J.W. (2000)
Influence of feeding different amounts of first colostrum on metabolic, endocrine, and health status and on growth performance in neonatal calves.
J. Anim. Sci., 896-908

76 REITER B. (1978)
Review of non specific antimicrobial factors in colostrum.
Ann. Rech. Vet., 9:205-224

77 RIEDEL C., CASPARI G. (1983)
The influence of colostral leucocytes on the courses of an experimental Escherichia coli infection and serum antibodies in neonatal calves.
Vet. Immunol. Immunopathol., 35:275-288

78 ROBISON J.D.; STOTT G.H.; DE NISE S.K. (1988)
Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer.
J. Dairy Sci., 71:1283-1287

79 SALMON H. (1999)
Colostrum et immunité passive du jeune ruminant.
Ed. Navetat H. Société Française de Buiatrie 1999 :202-210

80 SAMBASIVARAO D. et al. (1996)
A novel immunosuppressive factor in bovine colostrum blocks activation of the interleukin 2 gene enhancer at the NFAT site.
Biochem. Cell Biol., 74:585-593

81 SASAKI MASAO; DAVIS C.L.; LARSON B.L. (1976)
Production and turnover of IgG1 and IgG2 immunoglobulins in the bovine around parturition.
J. Dairy Sci., 59:2046-2055

82 SCHELCHER F. (1995)
Immunité néonatale et vaccination.
In : éd. SNGTV Journées Nationales des GTV Angers, 31 Mai et 1er Juin 1995,: 189-192

83 SCHELCHER F. (1999)
Gastro-entérites néonatales du veau.
In : éd. UCAAB, Maladies néonatales, 22p.

84 SCHELCHER F., FOUCRAS G., MEYER G., VALARCHER J.F. (1999) *Contrôle des entérites diarrhéiques du veau: gestion des facteurs de risques et place de la vaccination.*
In : éd Navetat H. Société Française de Buiatrie, Paris, 20, 21, 22 Oct. 1999; 211-226

85 SERIEYS F. (1993)
Le colostrum de vache. Bien le connaitre pour mieux l'utiliser.
Ed. Smithkline Beecham, Ploufragan, 88pp.

86 TYLER H. RAMSEY H. (1991)
Hypoxia in neonatal calves: Effect on intestinal transport of immunoglobulins.
J. Dairy Sci., 74:1953-1956

87 TYLER J.W., HANCOCK D.D., PARISH S.M., REA D.E., BESSER T.E., SANDERS S.G., WILSON L.K. (1996)
Evaluation of 3 assays for failure of passive transfer in calves.
J. Vet. Intern. Med., 10(5):304-307

88 TYLER J.W., PARISH S.M., BESSER T.E., VAN METRE D.C., BARRINGTON G.M., MIDDLETON J.R. (1999)
Detection of low serum immunoglobulin concentrations in clinically ill calves.
J. Vet. Intern. Med., 13(1):40-43

89 TYLER J.W.; STEEVENS B.J.; HOSTETLER D.E.; HOLLE J.M., DENBIGH J.L. Jr. (1999)
Colostral IgG concentrations in Holstein and Guernsey cows.
Am. J. Vet. Res., 1999:1136-1139.

90 UYSTEPRUYST C. (2006)
Physiologie et réanimation néonatales du veau.
Point Vét. N° spécial Reproduction des ruminants: gestation, néonatalogie et post-partum. 37:100-105

91 VALLET A. (1995)
La visite d'élevage dans le cas de maladies des jeunes veaux.
In : Ed. SNGTV. Pathologies et chirurgie néonatales. Journées Nationales des GTV, Angers, 31 Mai et 1er Juin 1995, 209-218

92 WILSON L.K.; TYLER J.W.; BESSER T.E.; PARISH S.M.; GANT R. (1999) *Prediction of serum IgG1 concentration in beef calves based on age and serum gamma-glutamyl-transferase activity.*
J. Vet. Intern. Med., 13(2):123-125

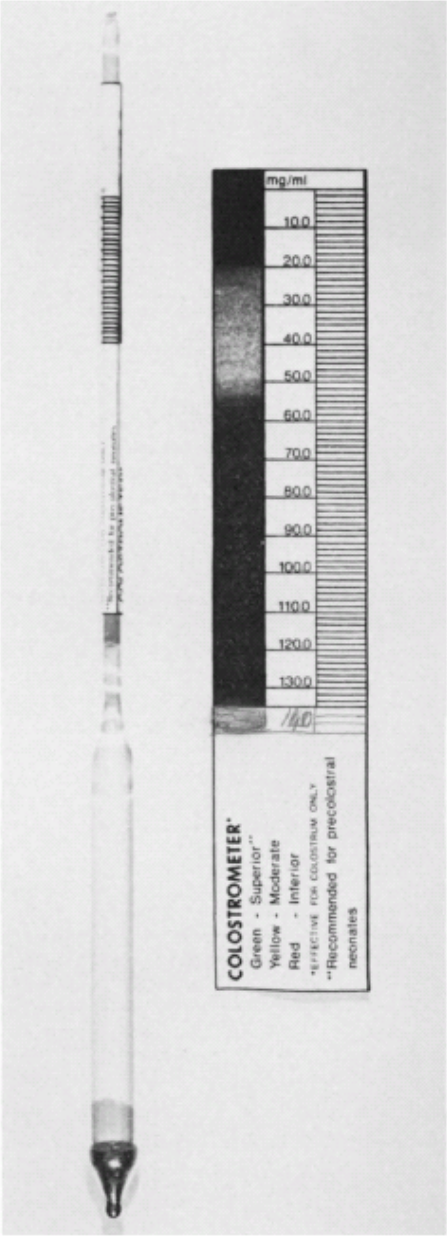
93 WITTUM T.E.; PERINO L.J. (1995)
Passive immune status at postpartum hour 24 and long-term health and performance of calves.
Am. J. Vet. Res., 56:1149-1154

ANNEXES

Annexe 1 : Le pèse-colostrum
Annexe 2 : Fiche récapitulative pour une boite d'IDR
Annexe 3 : Station de Testage Charolais AGONGES
Annexe 4 : Elevages ALLEMAND, GAGNE, EARL COLLAS, GAEC de la VERSONNE, EARL BELLOT
Annexe 5 : Vaches laitières de Poisy et veaux de ALLEMAND
Annexe 6 : Renseignements accompagnant chaque prélèvement de sang du veau pour les élevages ALLEMAND, GAGNE, EARL COLLAS, GAEC de la VERSONNE, EARL BELLOT
Annexe 7 : Renseignements accompagnant chaque série de 6 prélèvements de colostrum des Elevages ALLEMAND, GAGNE, EARL COLLAS, GAEC de la VERSONNE, EARL BELLOT

Annexe 1 : **Le pèse-colostrum**

Specific gravity	Quality	Globulin[a]
1.027		1.42
1.028		3.97
1.029		6.52
1.030	Poor	9.06
1.031		11.61
1.032[b]		14.16
1.033		16.70
1.034		19.25
1.035		21.80
1.036		24.35
1.037		26.89
1.038		29.44
1.039		31.99
1.040		34.53
1.041	Moderate	37.08
1.042		39.63
1.043		42.18
1.044		44.72
1.045		47.27
1.046		49.82
1.047		52.36
1.048		54.91
1.049		57.46
1.050		60.01
1.051		62.55
1.052		65.10
1.053		67.65
1.054		70.19
1.055		72.74
1.056		75.29
1.057		77.84
1.058		80.38
1.059		82.93
1.060		85.48
1.061	Excellent	88.02
1.062		90.57
1.063		93.12
1.064		95.67
1.065		98.21
1.066		100.76
1.067		103.31
1.068		105.85
1.069		108.40
1.070		110.95
1.071		113.50
1.072		116.04
1.073		118.59
1.074		121.14
1.075		123.68
1.076		126.62



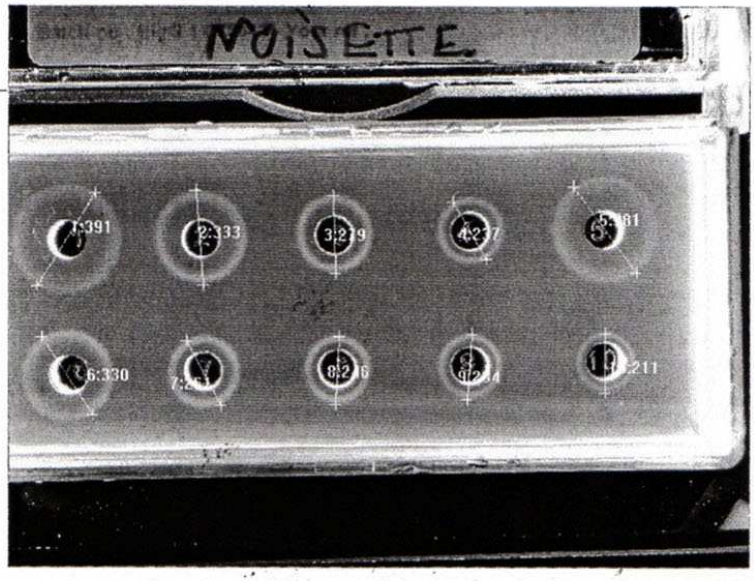
Annexe 2 : Fiche récapitulative pour une boite d'IDR

RESULTS REPORT

File Name : 10/06/2008-2 RID Index : RID0800003

Plate 2 / 5

Analysis :
BigG 082041



C:\Documents and Settings\Administrateur\Bureau\photos 29-05-08\P1010165.JPG

Date of analysis
2008/06/10

Operator
BC

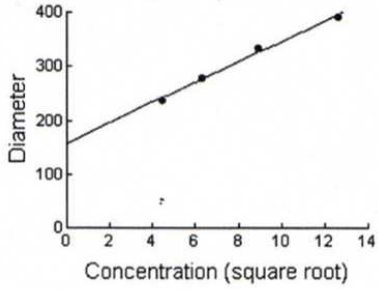
Plate Batch Nb
BigG 1073841

Plate Reference
NOISETTE

Standard Batch
BigG 082041

Standards : BigG 082041 (µg/ml)

Well	Concentration	Sqrt(Conc)	Diameter
1	160	12.65	391
2	80	8.94	333
3	40	6.32	279
4	20	4.47	237



y = a*sqrt(x)+b
a = 18.8
b = 158.1
r = 0.996

Samples results

Well	Reference	Diameter	Dilution	Concentration (µg/ml)
5	traite 1	381	1 / 800.00	**112935.8**
6	traite 2	330	1 / 800.00	**67174.7**
7	traite 3	261	1 / 800.00	**24077.4**
8	traite 4	246	1 / 800.00	**17571.5**
9	traite 5	234	1 / 800.00	**out -**
10	traite 6	211	1 / 800.00	**out -**

Printed on 2008/06/10 at 11:54

Comments:

IDRing® Meter is a software by Immuno Diffusion Biotechnologies company SARL

Annexe 3 : Station de Testage Charolais AGONGES

n° VACHE	Date de saillie	date et heure vêlage	**IgG colostrum (g/L)**	heure prise de colostrum	date /heurePS	Commentaire sur prise colostrale	commentaires sur pathologies ultérieures	**IgG sérum (g/L)**
400305	28/04/2007	10/02/08 15H	**142**	17H	12/02 11h05			**16,3**
401905	03/05/2007	11/02/08 5H	**144**	9H	12/02 11h50			**< 3 g**
400310	15/04/2007	07/02/08 17H	**> 160**	19H	12/02 11h20	assistée (pesée 720 g)		**23,4**
391216	04/05/2007	10/02/08 13H	**> 160**	14H	12/02 11h35			**22,2**
401001	02/05/2007	09/02/08 23H30	**127**	3H30	12/02 11h40	assistée (vélage difficile)	Diarrhée à 24h	**< 3g**
400410	05/05/2007	10/02/08 21H	**> 160**	21H45	12/02 11h45	assistée(pesée 600g)		**14,9**
401216	28/04/2007	10/02/08 6H	**> 160**	7H30	12/02 11h15			**23,4**
402312	05/05/2007	08/02/08 21H	**108**	0H -3H	12/02 11h50		Diarrhée à 4 jours (bénigne)	**< 3 g**
401811	24/04/2007	09/02/08 18H	**131**	23H	12/02 11h55		Diarrhée à 3 jours (bénigne)	**17,5**
401504	30/04/2007	09/02/08 14H45	**153**	16H30	12/02 11h55		Diarrhée à 3 jours (bénigne)	**16,4**
401119	07/05/2007	11/02/08 11H	**106**	13H30	14/02 11h05		Diarrhée à 3 jours	**3,09**
402104	13/05/2007	11/02/08 14H30	**> 160**	18H	14/02 11h40	assistée veaux jumeaux	Diarrhée à 2 jours	**3,6**
402104	13/05/2007	11/02/08 14H30	**> 160**	18H	14/02 11h40	assistée + colostrum artificiel	Diarrhée à 2 jours	**< 3 g**
402108	28/04/2007	11/02/08 22H	**113**	2H	14/02 11h30		Diarrhée à 1 jour	**< 3 g**
400610	09/05/2007	12/02/08 2H30	**157**	7H	14/02 11h20			**19,2**
401223	06/05/2007	12/02/08 18H	**> 160**	23H30	14/02 11h20			**13,2**
400701	28/04/2007	13/02/08 1H	**40**	3H30	14/02 11h40			**< 3 g**
400902	27/04/2007	13/02/08 3H	**> 160**	9H	14/02 11h50			**7,02**
400904	30/04/2007	13/02/08 3H30	**> 160**	7H15	14/02 11h50			**< 3 g**
400523	26/04/2007	14/02/08 15H	**105**	17H15	18/02 11h20	nr (pesée 930 g)		**< 3 g**
401218	07/05/2007	15/02/08 16H15	**> 160**	18H - 20H	18/02 11h20			**21,9**
402102	07/05/2007	15/02/08 16H	**> 160**	18H30	18/02 11h25			**13,7**
401113	08/05/2007	16/02/08 11H30	**153**	14H	18/02 11h30			**7,4**
402004	08/05/2007	15/02/08 6H	**130**	8H	18/02 11h30			**> 24 g**
402307	01/05/2007	16/02/08 20H	**98**	23H30	18/02 11h35	nr (pesée 640 G)		**< 3 g**
401707	06/05/2007	16/02/08 9H30	**> 160**	12 - 14H	18/02 11h35			**15,9**

n° VACHE	Date de saillie	date et heure vêlage	**IgG colostrum (g/L)**	heure prise de colostrum	date /heurePS	Commentaire sur prise colostrale	commentaires sur pathologies ultérieures	**IgG sérum (g/L)**
400115	07/05/2007	15/02/08 3H	**107**	6H	18/02 11H40			**6,7**
401108	10/05/2007	18/02/08 1H15	**87,5**	5H30 8H30	21/02 11h35			**< 3 g**
400318	02/05/2007	18/02/08 12H30	**> 160**	12H30	21/02 14h40	300 g		**7,6**
401705	10/05/2007	18/02/08 13H15	**129**	17H30	21/02 11h25		Diarrhée légère le 21/02	**14,1**
400408	10/05/2007	18/02/08 13H30	**155**	17H30	21/02 11h40			**20,2**
400210	13/05/2007	19/02/08 4H	**> 160**	8H30	21/02 14h30			**> 24**
401610	09/05/2007	19/02/08 4H30	**> 160**	9H30	21/02 14h25			**18,1**
401810	02/05/2007	19/02/08 5H30	**> 160**	10H	21/02 14h30			**17,6**
400416	28/04/2007	19/02/08 20H	**> 160**	8H (20/02)	21/02 11h20		Susp. colibacillose 21/02	**< 3 g**
401022	10/05/2007	19/02/08 23H40	**> 160**	2H (20/02)	21/02 11h45			**20,2**
401121	07/05/2007	20/02/08 2H10	**80**	8H30	21/02 12H05			**< 3 g**
391711	11/05/2007	21/02/08 10H	**132**	12H30	26/02 12h15	assistée 1220g		**22,7**
402113	14/05/2007	22/02/08 1H	**143**	3H	26/02 11h30		diarrhée à 4 jours	**20,7**
400323	09/05/2007	22/02/08 1H30	**73**	3H	26/02 11h45	assistée suite césarienne		**< 3 g**
400417	14/05/2007	22/02/08 14H	**90**	16H15	26/02 11h35			**13,5**
400820	15/05/2007	22/02/08 14H30	**110**	17H	26/02 11h55			**> 24**
401103	12/05/2007	23/02/08 9H	**56**	11H30	26/02 12H	Assistée 1020 g	Diarrhée à 1 jour	**9,7**
400917	16/05/2007	24/02/08 8H	**99**	9H	26/02 12h05		Diarrhée à 1 jour	**22,6**
400420	11/05/2007	24/02/08 17H30	**120**	18H30- 21H	26/02 12h10			**16,5**
390412	07/05/2007	25/02/08 11H	**124**	15H	28/02 9h55			**< 3 g**
401318					28/02 9h55		Diarrhée à 1 jour	**15,1**
390224	23/05/2007	26/02/08 11H30	**124**	11H30	28/02 10h	assistée 1500 g		**> 24**
402006	10/05/2007	26/02/08 23H30	**40**	3H	28/02 9h55			**12,5**
400921	16/05/2007	27/02/08 20H30	**> 160**	3H30	4/03 10H20		Diarrhée à 2 jours	**18,9**
400322	08/05/2007	27/02/08 21H30	**53,5**	4H	4/03 11H10			**< 3 g**
400418	14/05/2007	27/02/08 22H30	**61**	4H	4/03 10H15			**3,64**
400508	19/05/2007	29/02/08 15H45	**118**	18H	4/03 11H05		Diarrhée à 4 jours	**5,15**
400415	21/05/2007	01/03/08 20H	**104**	21H - 2H	4/03 10H50			
401521	29/05/2007	02/03/08 11H15	**22,5**	12H - 18H	4/03 11H15		Diarrhée à 1 jour	**5,9**
401206	26//05/07	02/03/08 11H30	**96**	15H15	4/03 10H45			**> 24 g**
401522	24/05/2007	03/03/08 1H	**< 20**	2H	4/03 11H55			**< 3g**

n° VACHE	Date de saillie	date et heure vêlage	**IgG colostrum (g/L)**	heure prise de colostrum	date /heurePS	Commentaire sur prise colostrale	commentaires sur pathologies ultérieures	**IgG sérum (g/L)**
400208	18/05/2007	03/03/08 2H	**142**	8H30	4/03 10H30			**7,18**
402105	24/05/2007	04/03/08 6H30	**> 160**	12H - 14H	6/03 9H20			**4,5**
401908	28/05/2007	04/03/08 20H	**99**	22H	6/03 9H15		Diarrhée à 2 jours	**18**
401908	28/05/2007	04/03/08 20H	**103**	22H				
390711	11/05/2007	04/03/08 22H30	**87**	6H30 (5/03)	6/03 9H35			
390711	11/05/2007	04/03/08 22H30	**100**	9H (5/03)		620 g		
401320	25/05/2007	04/03/08 21H30	**68**	4H	6/03 9H30			**15,7**
402305	25/05/2007	06/03/08 7H45	**67**	10H30	11/03 10H25		Diarrhée à 3 jours	**3,79**
400409	23/05/2007	06/03/08 11H45	**130**					
401506	01/06/2007	06/03/08 14H30	**34**	16H30	11/03 10H20		Diarrhée à 1 jour	**3,2**
401115	23/05/2007	07/03/08 6H	**43**	10H30	11/03 10H30			**< 3g**
400117	16/05/2007	07/03/08 9H30	**80**	10H30	11/03 10H15		Diarrhée à 1 jour	**> 24 g**
401005	28/05/2007	08/03/08 12H20	**52**	15H30	11/03 10H10			**8,15**
400119	01/06/2007	09/03/08 6H	**134**		11/03 10H05		Symptômes grippaux	**9,6**
400119	01/06/2007	09/03/08 6H	**124**	9H45	11/03 10H25	920 g		
401409	01/06/2007	09/03/08 15H	**66**	15H30	11/03 10H25		Symptômes grippaux	**< 3 g**

Annexe 4 : Elevages ALLEMAND, GAGNE, EARL COLLAS, GAEC de la VERSONNE, EARL BELLOT

Elevage	Vache	Race	Date vélage	Délai terme (9 mois)	Rang vêlage	Niveau production	Condition vélage	Perte colostrum (L)	délai V - T1	délai T1 - T2	IgG 1ère traite (g/L)
Allemand	Alouette	66	14/10/2007	4	1		Facile	1,5	4h	12h	**23,1**
Allemand	Raleuse 2667	66	28/10/2007	20	6	8000	Facile + mammite 3ème j.	0	2h	8h	**124**
Allemand	Sassote 9715	66	26/11/2007	8	4	9000	Facile + Hémolactation	2	5h	7h	**36,6**
Gagne	Aquitaine 8217	46	18/11/2007		1		Facile			12h	**57,4**
Gagne	Abeille 5200	46	23/11/2007	0	1		Facile				**54,6**
Allemand	Ulda	66	17/12/2007	8	2	7000	Facile	0,1	2h	12h	**79,1**
Gagne	Antala	46	05/01/2008		1		Facile				**71,4**
Merle	Agathe 1458	46	08/01/2008	6	1		Facile	0	9h	12h	**50,3**
Merle	Orée	46	09/01/2008	20	8	6500	Facile	1	10h	12h	**168**
Allemand	Albanie	66	20/01/2008	13	1		Difficile + Hémolact. 1 Q	0	1h	12h	**115,2**
Allemand	Ariane	66	15/01/2008	0	1		Facile	2	10h	12h	**60,3**
Gagne	Violette	66	29/01/2008		1		Facile	1			**52,8**
Gagne	Vodka	66	25/01/2008		1		Facile + œdème +++				**21,7**
Gagne	Alouette2	46	20/01/2008		1		Facile				**56,4**
Allemand	Noisette 7387	66	20/02/2008	5	9	7000	Facile	0	2h	9h	**112,9**
Collas	Atalée 6247	66	27/11/2007	6	1		Facile	0	6h	12h	**38,2**
Collas	Twingo-Bel 6049	66	28/11/2007	14	3	9500	Facile	2	10h	12h	**80,2**
Collas	Talenne 6051	66	29/11/2007	12	4	10800	Facile	2	14h	12h	**140,8**
Collas	Pope 5900	66	07/11/2007	7	7	9800	Facile + FL après 1ère traite	3	15h		**65,1**
Collas	Valse 6170	66	09/11/2007	11	2	10800	Facile	2	12h	10h	**80,7**
Collas	Alon-Bell 6231	66	09/11/2007	13	1		Facile		3h	11h	**84,4**
Collas	Aumer	66	20/11/2007	11	1		Difficile	0	5h	12h	**83,3**
Allemand	Malice 9019	(66*46)	12/02/2008	22	9	8000	Facile + déclenché / PGF2A	0	1h	12h	**227,9**
Allemand	Tequila	66	15/03/2008	19	3	8300	Facile + déclenché / PGF2A	2	8h	12h	**83,5**
Allemand	Ursule 8257	66	08/04/2008	-3	3	7800	Facile + FL	2	8h	24h	**71,5**
Allemand	Lichette 4298	66	15/04/2008	13	10	7000	Facile	0	3h	12h	**264,2**
Gagne	Unique	46	15/02/2008		2		Facile	0	6h	12h	**69,4**

Elevage	Vache	Race	Date vêlage	Délai terme (9 mois)	Rang vêlage	Niveau production	Condition vêlage	Perte colostrum (L)	délai V - T1	délai T1 - T2	**IgG 1ère traite (g/L)**
Gagne	Urbaine	66	01/03/2008		2		Facile	1	8h	12h	**37,5**
Collas	Symel	66	23/03/2008	9	5	9000	Facile	1	12h	12h	**81,5**
Collas	Ullygan	66	28/03/2008	12	3	9340	Facile		4h	12h	**49,2**
Collas	Volynew	66	06/04/2008	7	2	8200	Facile		6h	12h	**50**
Bellot	801	38	14/12/2007	-20	2		Jumeaux morts	0	3h	8h	**60,9**
Bellot	827	38	22/12/2007	+	2		Facile	0	1/2h	7h	**107.7**
Bellot	788	38	06/01/2008	+	2		Facile	0	1/2h		**117,1**
Bellot	792	38	06/01/2008	+	2		Facile	0	6h	12h	**130,2**

Volumes et IgG des 6 premières traites ou tétées

Vache	**IgG T1 (g/L)**	quantité T1 (L)	**IgG T2 (g/L)**	T2 (L)	**IgG T3 (g/L)**	T3 (L)	**IgG T4 (g/L)**	T4 (L)	**IgG T5 (g/L)**	T5 (L)	**IgG T6 (g/L)**	T6 (L)
Alouette	**23,1**	5,5	**14,3**	5	**7,4**	6	**3,4**	8		8	**2,2**	9
Raleuse 2667	**124**	5	**94,2**	7,5	**66,8**	8	**13,1**	9	**3,7**	10	**1,2**	12
Sassote 9715	**36,6**	3	**13,7**	3	**4**	4	**3,8**	4	**0,6**	5	**1,1**	6
Aquitaine 8217	**57,4**	0,5	**26,7**	2	**18,7**	4	**14,8**	4	**7,6**	5	**7,4**	7
Abeille 5200	**54,6**	5	**25,3**		**4,7**		**3,6**		**2,7**			
Ulda	**79,1**	5	**59,2**	4	**35,4**	5	**12,9**	5	**8,4**	5	**6,2**	5
Antala	**71,4**	2	**25,1**	2	**13,6**	3	**6,3**	3	**5,1**	3		3
Agathe 1458	**50,3**	1	**10**	3	**4,8**	5	**5,1**	5	**4**	6	**3,3**	7
Orée	**168**	6	**39,7**	7	**26,8**	5		7		4	**17,5**	8
Albanie	**115,2**	5	**25,8**	5	**20,1**	5	**6**	5	**5,8**	6	**7,7**	6
Ariane	**60,3**	5	**31,4**	5	**11,5**	6	**6**	9	**4,1**	8	**4,7**	10
Violette	**52,8**	3	**12,4**	3	**4,8**	4	**1,5**	4	**1**	5	**0,6**	6

Vache	**IgG T1 (g/L)**	quantité T1 (L)	**IgG T2 (g/L)**	T2 (L)	**IgG T3 (g/L)**	T3 (L)	**IgG T4 (g/L)**	T4 (L)	**IgG T5 (g/L)**	T5 (L)	**IgG T6 (g/L)**	T6 (L)
Vodka	**21,7**	0,5	**4,8**	1	**4**	1	**3,2**	2	**1,9**	2	**0,5**	2
Alouette2	**56,4**	2	**14,5**	2	**6,3**	4	**6,6**	4	**4,2**	5	**4,8**	6
Noisette 7387	**112,9**	2	**67,1**	5	**24**	7	**17,5**	7	**13,1**	7	**6,3**	8
Atalée 6247	**38,2**	2	**6,4**	6	**3,3**	4	**4,9**	6	**4,9**	6	**4,1**	9
Twingo-Bel 6049	**80,2**	2	**23,1**	4	**3,8**	6	**2,5**	9	**0,9**	8	**1,7**	10
Talenne 6051	**140,8**	2	**62,2**	3	**9,4**	3	**5,3**	5	**5**	9	**4,2**	8
Pope 5900	**65,1**	4	**19,8**		**11,8**	15	**6,7**	15	**10,4**	17		14
Valse 6170	**80,7**	6	**17,8**	5	**9,1**	9	**12,9**	11	**15,1**	15	**12,5**	11
Alon-Bell 6231	**84,4**	1,5	**10,3**	5	**6,1**	9	**5,2**	12	**4,4**	11	**4,7**	13
Aumer	**83,3**	3	**22,6**	5	**17,9**	6	**17,5**	6	**18,1**	9	**11,0**	8
Malice 9019	**227,9**	6	**104,8**	7	**28,6**	8	**7**	13	**2,7**	12	**2,6**	12
Tequila	**83,5**	7	**47,7**	8	**21,9**	10	**23**	13	**12,2**	12		
Ursule 8257	**71,5**	4	**24,6**	15	**33,5**	6	**16**	6	**13,8**	7	**2,8**	10
Lichette 4298	**264,2**	4	**69,4**	6	**19,1**	6	**7,2**	6	**7,5**	8	**6,8**	10
Unique	**69,4**	4	**15,6**		**7,6**		**6,3**		**6**		**7,9**	
Urbaine	**37,5**	6	**19,9**	6	**13,2**		**11,9**		**9,1**		**11,5**	
Symel	**81,5**	8	**33,7**	10	**16**	12	**14**	12	**10**	14	**10,0**	16
Ullygan	**49,2**	2	**9**	7	**8**	14		8	**4,5**	10	**3,9**	12
Volynew	**50**	10	**19,2**	12	**15,3**	15	**7,6**	14	**8,8**	16		18
801	**60,9**		**14,5**		**10,6**		**6,0**		**6,8**		**7,7**	
827	**107,7**		**26,5**		**15,7**		**10,8**		**9,4**		**5,0**	
788	**117,1**				**39,8**		**64,8**		**53,9**		**49,3**	
792	**130,2**		**86,5**		**36,8**		**55,5**		**43,5**		**53,6**	

Annexe 5 : Vaches laitières de Poisy et veaux de ALLEMAND

Vaches laitières de Poisy

Date du vêlage	n° vache	n° veau	Rang de vêlage	pèse-colostrum	commentaires sur pathologies ultérieures	**IgG colostrum (g/L)**	**IgG sérum (g/L)**
01/10/2007	3194	M510	3	75		**116,4**	**12,8**
02/10/2007	4064	F511	2	50	diarrhée J4	**128,6**	**6,4**
05/10/2007	1033	F512	5	75		**168**	**38**
08/10/2007	4194	M514	1	75		**136,5**	**11,7**
08/10/2007	745	M513	8	85		**131,7**	**30,9**
11/10/2007	2087	M515	3	75		**160**	**38**
12/10/2007	5033/145	F516	1	150		**27,7**	**11**
03/11/2007	4129	M519	2	125		**83,5**	**16,4**
09/11/2007	4036	M522	2	70		**108,8**	**6,3**
06/11/2007	1217	M521	5	150		**94**	**9,7**
09/11/2007	194	F523	6	80	pb respi	**53,2**	**4,4**
08/11/2007	5134	M524	1	90		**124,7**	**30,5**
19/11/2007	5007	M528	1	90		**137,8**	**14,7**
24/11/2007	2045	M529	4	75		**103,6**	**4,2**
14/03/2008	2329	F550	4	100		**71,2**	**17,8**
19/03/2008	2055	F552	4	75	diarrhée J8	**92,9**	**17,6**
19/03/2008	4929	M553	2	70		**82,8**	**10**
20/03/2008	4017	M554	2	70		**45,7**	**7,1**
25/03/2008	4229	F555	2	125	diarrhée J20	**125,3**	**26,2**

Veaux ALLEMAND

	Volume 1er repas (L)	**IgG colostrum (g/L)**	**IgG sérum (g/L)**	délai V – 1er repas (h)	2ème repas avant 12h	délai vêlage - PS (h)
V Noisette	1,5	**112,9**	**31,3**	2	oui H11 1,8L T2	75
V Lichette	1,5	**264,1**	**29,6**	3	non	90
V Ursule	1	**71,6**	**27**	2	oui H8 1,5L T1	94
V Malice	1,5	**227,9**	**25,4**	5	non	60
V Tequila	1,5	**83,5**	**18,6**	8	non	56

Annexe 6 : Renseignements accompagnant chaque prélèvement de sang du veau pour les élevages ALLEMAND, GAGNE, EARL COLLAS, GAEC de la VERSONNE, EARL BELLOT

Nom de l'élevage :

Adresse :

Nombre de vêlages par an :_____

Race des mères : ☐Holstein ☐Montbéliarde ☐Charolaise ☐Limousine ☐Autre :_____

Mère

Nom ou numéro : _____

Race : ☐Holstein ☐Montbéliarde ☐Charolaise ☐Limousine ☐Autre :_____

Date du vêlage : _ _ /_ _ / 200_

Delai par rapport au terme (9 mois) : _____ j

Rang de vêlage : _____

Niveau de production approximatif (laitières multipares) : _____ Kg

Vaccination : _____

Conditions de tarissement : ☐RAS ☐Mammite ☐Autre : _____

Conditions de vêlage :

☐Facile ☐Difficile ☐Césarienne ☐Fièvre de lait ☐Mammite ☐Autre : _____

Perte de colostrum avant première traite ou tétée (si oui quantité approximative) : ___L

Quantité de colostrum lors de la première traite : _____ L

Délai du prélèvement par rapport au vêlage : ____ h

Veau

Poids : _____ Kg **Sexe :** ☐Male ☐Femelle

Race du père: ☐Holstein ☐Montbéliard ☐Charolais ☐Limousin ☐Autre : _____

1er repas : **délai par rapport au vêlage** : _____ h

quantité ingérée : _____ L

méthode utilisée : ☐Tétée ☐Biberon ☐Seau ☐Sondage ☐Autre : _____

produit utilisé : _____

2ème repas : **délai par rapport au 1er repas : ____**h

quantité ingérée : _____ L

méthode utilisée : ☐Tétée ☐Biberon ☐Seau ☐Sondage ☐Autre : _____

produit utilisé : _____

Délai du prélèvement sanguin par rapport au vêlage : _____ h

Annexe 7 : Renseignements accompagnant chaque série de 6 prélèvements de colostrum des Elevages ALLEMAND, GAGNE, EARL COLLAS, GAEC de la VERSONNE, EARL BELLOT

Elevage

Nom : _____

Adresse : _____

Nombre de vêlages par an :_____

Race des mères : ☐ Holstein ☐ Montbéliarde ☐ Charolaise ☐ Limousine ☐ Autre : _____

Vache

Nom ou numéro :_____

Race : ☐ Holstein ☐ Montbéliarde ☐ Charolaise ☐ Limousine ☐ Autre : _____

Date du vêlage : _ _ /_ _ / 200_

Délai par rapport au terme (9 mois) : _____ j

Rang de vêlage : _____

Niveau de production approximatif (laitières multipares) : _____ Kg

Vaccination : _____

Conditions de tarissement : ☐ RAS ☐ Mammite ☐ Autre : _____

Conditions de vêlage :

☐ Facile ☐ Difficile ☐ Césarienne ☐ Fièvre de lait ☐ Mammite ☐ Autre : _____

Perte de colostrum avant première traite ou tétée (si oui quantité approximative) : _____ L

1ère traite : **Délai par rapport au vêlage : ____** h
Quantité de colostrum lors de la 1ère traite :_____ L

2ème traite : **Délai par rapport à la 1ère traite : _____** h
Quantité de colostrum lors de la 2ème traite :_____ L

3éme traite: Quantité : _____ L

4éme traite: Quantité : _____ L

5éme traite: Quantité : _____ L

6éme traite: Quantité : _____ L

Hugues ALLEMAND

EVALUATION PAR LA TECHNIQUE D'IMMUNODIFFUSION RADIALE DE LA QUALITE DU COLOSTRUM ET DU TRANSFERT COLOSTRAL CHEZ LES BOVINS.

Thèse Vétérinaire : Lyon, le 28 Novembre 2008

RESUME : Après une synthèse des principales connaissances actuelles sur le colostrum et le transfert immunitaire passif chez les bovins, nous nous intéressons aux méthodes d'évaluation et à l'optimisation de ce dernier. Une étude expérimentale réalisée en 2007 – 2008 complète cette synthèse bibliographique, à partir de dosages d'immunoglobulines colostrales et sériques par la technique d'immunodiffusion radiale. Certains facteurs de variation de la transmission immunitaire colostrale, telle que la quantité brute d'immunoglobulines ingérée par le veau, sont discutés. La discussion s'achève par l'utilisation en médecine de troupeau de l'immunodiffusion radiale, méthode de référence pour le dosage d'immunoglobulines dans le cadre de la transmission immunitaire via le colostrum chez les ruminants.

MOTS CLES :

- Bovins
- Immunité passive
- Colostrum
- Immunodiffusion radiale
- Immunoglobulines G

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Michel BERLAND

1er Assesseur: Madame le Docteur Jacquemine VIALARD

2ème Assesseur : Monsieur le Docteur Laurent ALVES DE OLIVEIRA

DATE DE SOUTENANCE : 28 Novembre 2008

ADRESSE DE L'AUTEUR : 14 quai Pierre Scize 69009 LYON