REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Yahia FARES

Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master II

Domaine: Sciences de la nature et de la vie

Spécialité: Immunologie et maladies infectieuses

Thème:

Evaluation de la qualité du colostrum et transfert d'immunité passive chez les veaux

***Présenté par* :**

HAMZA MOUNIRA CHAHNAZ

Devant le jury :

Président :	**CHAMI**	**B**	**MAA**	**UNIV-MEDEA**
Examinateur :	**BENHAFRI**	**N**	**MAA**	**UNIV-MEDEA**
Promoteur :	**GHARBI**	**I**	**MCA**	**ISV BLIDA 1**
Co-promoteur :	**BENNADJI**	**M.A**	**MAA**	**UNIV-MEDEA**

Promotion 2019-2020

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Yahia FARES

Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master II

Domaine: Sciences de la nature et de la vie

Spécialité: Immunologie et maladies infectieuses

Thème:

Evaluation de la qualité du colostrum et transfert d'immunité passive chez les veaux

***Présenté par* :**

HAMZA MOUNIRA CHAHNAZ

Devant le jury :

Président :	**CHAMI**	**B**	**MAA**	**UNIV-MEDEA**
Examinateur :	**BENHAFRI**	**N**	**MAA**	**UNIV-MEDEA**
Promoteur :	**GHARBI**	**I**	**MCA**	**ISV BLIDA 1**
Co-promoteur :	**BENNADJI**	**M.A**	**MAA**	**UNIV-MEDEA**

Promotion 2019-2020

REMERCIEMENTS

En tout premier lieu, je remercie le **bon Dieu,** tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

A monsieur le docteur **GHARBI ISMAIL**

Pour m'avoir donné l'opportunité de pouvoir réaliser ce travail. Sa patience, le temps qu'il y a consacré et l'ensemble de ses critiques et suggestions pertinentes ont contribué à l'élaboration de ce projet.

A monsieur le docteur **BENNADJI MOHAMED AMINE**

Pour son soutien, ses conseils inestimable et pour m'avoir, encouragé et guidé tout au long de ce travail.

Nos vifs remerciements vont également **aux membres du jury** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Sincère gratitude à **Monsieur Boudouma k, Dr Haned, M et son mari Dr Ourdache, F.**

Pour votre accueil, votre aide et pour toute les motivations que vous m'avez donnée grâce à votre passion.

A toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail par leur aide

DEDICACE

A mes parents,

Le fait de penser à vous mes yeux sont submergés, ils brillent en ce moment. Je ne peux assez vous remercier. Un simple remerciement écrit sur papier serait injuste...Un simple remerciement ne pourrait jamais égaler ce que vous avez fait pour moi et ce que vous faites encore chaque jour. Sans vous je ne serais certainement pas arrivée à faire le quart de ce que j'ai pu faire, merci pour votre aide a chaque moment, pour votre amour et votre soutien, pour tout ce que vous m'avez donné, . . Les seuls mots que je peux dire : Je vous aime. Vous m'avez donné le courage d'aller jusqu'au bout. Merci Maman pour l'amour et la tendresse que vous n'avez cessé de me donner depuis ma tendre enfance, merci Papa pour toute la sincérité et la rigueur.

A ma sœur Nesrine et mon frère khaled,

Pour vos soutiens et vos affections. Je vous souhaite beaucoup de bonheur et de réussite pour les années à venir.

A mes grands-parents,

Disparus ou non, à vous qui avez toujours été fiers de moi avec ou sans raison, je pense à vous souvent.

A toute ma famille,

Mes oncles et tantes, mes cousins et mes cousines, à Zoli et Mimi. C'est chouette d'avoir une grande famille comme ça !

A tous mes amis (es)

Pour tout les bons moments passés et les souvenirs que j'en garderai.

Un grand remerciement à tous les enseignants,

Qui m'ont tant appris durant mes 19 années d'étude. Je leurs exprime toute ma gratitude

Nous tenons également à remercier vivement les Docteurs vétérinaires Dahmani A., Triki Yamani R., Barrak M., et monsieur Boubehziz T., pour leurs aides et leurs soutiens.

A tous les vaches et surtout les veaux, qui ont supporté mes prises de sang ratées.

Résumé

Afin de prévenir l'échec du transfert de l'immunité passive, le veau nouveau-né doit recevoir une quantité adéquate d'un colostrum de bonne qualité contenant une teneur élevée d'immunoglobulines G (IgG). Les objectifs de cette étude visent à évaluer la qualité du colostrum et le transfert d'immunité passive (TIP) chez les veaux et de caractériser leurs facteurs de variations.

L'étude a été réalisée dans deux élevages de bovins situés à Tipaza. Elle a consisté à effectuer des visites en péripartum afin de collecter des informations sur les caractéristiques des élevages, l'identification des vaches et des veaux. Au total 37 couples mère-veau ont été sélectionnés afin de réaliser des prélèvements sanguins et de colostrums pour des fins analytiques. La qualité du colostrum et le transfert d'immunité passive (TIP) ont été évalués par deux méthodes indirectes : la réfractométrie optique (RBrix) et le dosage de l'activité sérique du gamma *glutamyl-transférase (*GGT).

Nos résultats ont révèlé une concentration en IgG moyenne des colostrums élevée (Rbrix : 22.17 ± 1.75**,** IgG estimée: 63.85 ± 9.99 g/l). Plus de 54% des vaches présentent une bonne à excellente qualité de colostrum. La qualité du TIP des veaux a été satisfaisante avec des pourcentages moins élevés de veaux ayant un défaut de TIP (Rbrix <8.4% : 37.83 %, GGT <50UI/L : 32.43 %). Le type racial, la parité de la mère et le sexe du veau semblent être des facteurs de risque d'un défaut de TIP.

La réfractométrie Brix peut être considérée comme une des meilleures méthodes permettant l'évaluation sur le terrain du TIP chez les veaux.

Mots-clés : Colostrum, transfert d'immunité passive, refractomètre, GGT, immunoglobulines G.

ABSTRACT

In order to prevent the failure of the transfer of passive immunity, the newborn calf should receive an adequate amount of good quality colostrum containing a high level of immunoglobulin G (IgG). The objectives of this study are to assess the quality of colostrum and the transfer of passive immunity (TIP) in calves and to characterize their variation factors.

The study was carried out in two cattle farms located in Tipaza. It consisted of making peripartum visits to collect information on the characteristics of the farms, the identification of cows and calves. A total of 37 mother-calf pairs were selected in order to take blood and colostrum samples for analytical purposes. Colostrum quality and passive immunity transfer (TIP) were assessed by two indirect methods: optical refractometry (RBrix) and serum gamma glutamyl transferase (GGT) activity assay.

Our results revealed a high mean colostrum IgG concentration (Rbrix: 22.17 ± 1.75, estimated IgG: 63.85 ± 9.99 g / l). Over 54% of cows have good to excellent colostrum quality. The quality of the TIP of the calves was satisfactory with lower percentages of calves with a TIP defect (Rbrix <8.4%: 37.83%, GGT <50IU / L: 32.43%). Race type, dam parity and calf sex appear to be risk factors for a TIP defect.

Brix refractometry can be considered one of the best methods for the field assessment of TIP in calves.

Keywords: Colostrum, passive immunity transfer, refractometer, GGT, immunoglobulins G.

الملخص

من اجل تجنب فشل انتقال المناعة السلبية، يجب اعطاء العجل حديث الولادة كمية كافية من اللبا ذو نوعية عالية الذي يحتوي على مستوى عال من الاجسام المضادة(IgG) . تهدف هذه الدراسة الى تقيم كل من جودة اللبا و نقل المناعة السلبية لدى العجول و تمييز عوامل الاختلاف بينهم .

اجريت هذه الدراسة في مزرعتين لتربية الابقار في ولاية تيبازة ، كنا نقوم بزيارات ماقبل الولادة من اجل جمع المعلومات حول خصائص المزارع وتحديد الابقار والعجول . تم اختيار 37 زوجا من الام والعجل لاخذ عينات اللبا و الدم لغرض التحليل. لقد تم تقيم جودة اللبا و نقل المناعة السلبية بطريقتين غير مباشرتين: قياس الانكسار البصري (RBRIX) و قياس نشاط (GGT) في الدم .

اظهرت نتائجنا ارتفاع معدل تركيز الاجسام المضادة (ج) في اللبا (RBRXI:22.17±1.75) (IgG: 63.85± 9.99 g/l) اكثر من 54 ٪ من الابقار لديها لبا ذو نوعية عالية. كانت انتقال المناعة السلبية مرضية حيث كانت النسبة المئوية قليلة عند العجول الذين يعانون فشل انتقال المناعة السلبية (GGT <50UI/L : 32.43 % Rbrix <8.4% : 37.83 %).

يبدو ان نوع العرق، عدد الولادات عند الام و جنس العجل تعد من عوامل الخطر لفشل انتقال المناعة عند العجول يمكن اعتبار قياس انكسار بركس أحد أفضل الطرق للتقييم الميداني لـنقل المناعة عند العجول

الكلمات الرئيسية: اللبأ ، نقل المناعة السلبي ، مقياس الانكسار ،GGT ،الجسم المضاد ج.

SOMMAIRE

Remerciements Page
Résumé I
Liste des tableaux II
Liste des figures III
Liste des abréviations IV

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction 1

Chapitre I : Le colostrum et l'acquisition de l'immunité par le veau

1. Le colostrum 2
   1.1. Définition 2
   1.2. Composition 2
   1.3. Rôle nutritionnel 3
2. Le système immunitaire du fœtus bovin et du veau nouveau-né 4
   2.1. La chronologie de l'acquisition du potentiel immunitaire 4
   2.2. L'immunité passive par le colostrum 4
   2.2.1. Immunité humorale 4
   2.2.2. L'immunité cellulaire 6
3. La modulation du développement de l'immunité active 6

Chapitre II : Facteurs de variation de la qualite du colostrum et du transfert passif des immunoglobulines

1. Facteurs de variation de la qualité du colostrum (Facteurs liés à la mère) 7
   1.1. La race 7
   1.2. Parité 7
   1.3. Durée de tarissement 7
   1.4. Vaccination 8
   1.5. Variation Individuelle 8
   1.6. Alimentation 8
   1.7. Santé de la mère 8
   1.8. Conformation de la mamelle et des trayons 9
   1.9. Présence de la mère : 9
   1.10. Gémellarité – Mise bas avant terme 10
   1.11 Saison de vêlage 10
2. Facteurs liés au veau (Facteurs de variation du transfert de l'immunité passive) 10
   2.1. Race du veau 10
   2.2. Sexe du veau 10
   2.3. Poids à la naissance 11
   2.4. Conditions de naissance 11
   2.5. Délai entre la naissance et le premier repas 11
   2.6. La contamination bactérienne 11
   2.7. Volume de la prise colostrale 12
   2.8. Modalités de la prise colostrale 12
   2.9. Pooling 12
   2.10. Facteurs liés à l'environnement du veau (température extérieure et hygrométrie) 13

Chapitre III : Evaluation de la qualité du colostrum et du transfert d'immunité passive chez le veau

1. Introduction 14
2. Evaluation de la qualité du colostrum 14
   2.1. Les outils de mesure directe des immunoglobulines colostrales 14

2.1.1. L'immunodiffusion radiale 14
2.1.2. Méthode ELISA 15
2.1.3. Le test immunoturbidimétrique 15
2.1.4. L'électrophorèse 16
2.1.5. La chromatographie 16
2.1.6. Test enzymatique 16
2.1.7. Test immunochromatographique de type "*lateral flow*" 16
2.2. Les outils de mesures indirectes des immunoglobulines colostrales 17
2.2.1. Le colostromètre 17
2.2.2. La réfractométrie 18
3. Évaluation de la qualité du transfert d'immunité passive 19
3.1. Les outils de mesure directe des immunoglobulines sériques 19
3.1.1. La méthode d'immuno-enzymatique (ELISA) 19
3.1.2. Immunodiffusion radiale : 19
3.1.3. Immunoturbidimétrie : 19
3.1.4. Test enzymatique : 19
3.2. Les outils de mesure indirecte des immunoglobulines sériques 19
3.2.1. L'électrophorèse des protéines sériques 19
3.2.2. Le dosage des gamma-glutamyl transférases (GGT) 20
3.2.3. Test de coagulation au glutaraldéhyde 20
3.2.4. Test de turbidité au sulfate de zinc (test qualitatif) 21
3.2.5. Test de précipitation au sulfite de sodium 21
3.2.6. Evaluation des protéines totales par réfractométrie optique 21

PARTIE EXPERIMENTALE
I. Les objectifs de l'étude 23
II. Matériel et méthodes 23
1. Lieu et période de l'étude 23
2. Matériel 23
2.1. Les élevages (animaux) 23
2.1.1. Les caractéristiques des élevages 24
2.1.1.1. Le bâtiment d'élevage 24
2.1.1.2. Alimentation 24
2.1.1.3. La conduite d'élevage : 25
2.2. Matériel de prélèvement 25
2.3. Matériel d'analyse des échantillons 26
3. Méthodes 27
3.1. La sélection des animaux 27
3.2. Les prélèvements et conditionnement 27
3.2.1. Colostrum 27
3.2.2. Sang 28
3.3. Techniques d'analyses 29
3.2.1. La réfractométrie 29
3. 2.2. Le Gamma Glutamyl Transférase (*γ-GT*, ou *Gamma-GT*, ou *GGT*) 30
3.4. Analyse et interprétation des données 30
III. Résultats
1. Etude descriptive 32
1.1. Concentration colostrale en IgG chez les vaches 32
1.2. Concentration sérique en IgG chez les veaux 36
1.3. Concentration sérique en GGT chez les veaux 39
2. Etude analytique 43

2.1. Evaluation de la qualité immunologique des colostrums 43
2.2. Evaluation de la qualité du transfert de l'immunité passive (Détection des défauts de TIP) par Rbrix 44
2.3. Evaluation de la qualité du transfert de l'immunité passive (Détection des défauts de TIP) par dosage de GGT 45
2.4. Relation entre la qualité colostrales et sériques en IgG évaluée par Rbrix 46
2.5. Relation entre la qualité colostrales et sériques en IgG évaluée par GGT 46
2.6. Relation entre la qualité sérique en IgG évaluée par Rbrix et GGT 47
2.7. Relation entre la qualité colostrales et sériques en IgG évaluée par Rbrix et GGT 47
2.8. Facteurs influençant la qualité du colostrum et le transfert de l'immunité passive 49
2.8.1. Effet de la race de la mère du veau 49
2.8.2. Effet de la parité 50
2.8.3. Effet du sexe du veau 50
2.8.4. Effet de la race du veau 51
VI. Discussion 52
V. Conclusion 57
Recommendation 58
Références bibliographiques 59
Annexes 70

Liste des tableaux

		Page
Tableau 01 :	Composition quantitative du colostrum de vache	03
Tableau 02 :	Niveau de transfert colostral en fonction de la concentration sérique en protéines mesurée par réfractométrie	22
Tableau 03 :	Distribution du nombre d'animaux par élevage inclus dans l'étude	23
Tableau 04 :	Les trois types de races bovines dans les deux élevages	24
Tableau 05 :	Les caractéristiques des deux élevages	24
Tableau 06 :	Type et quantité d'aliment distribué dans les deux élevages	25
Tableau 07 :	Conduite d'élevage pratiquée dans les deux fermes	25
Tableau 08 :	Délais entre la naissance et les prélèvements sanguins effectués	28
Tableau 09 :	Concentration colostrales en IgG de l'élevage 1	32
Tableau 10 :	Concentration colostrales en IgG de l'élevage 2	34
Tableau 11:	Concentration colostrales en IgG des deux élevages	35
Tableau 12 :	Concentration sérique en IgG des veaux de l'élevage 1	36
Tableau 13 :	Concentration sérique en IgG des veaux de l'élevage 2	38
Tableau 14 :	Concentration sérique en IgG de l'ensemble des veaux	39
Tableau 15 :	Concentration sérique en GGT des veaux de l'élevage 1	40
Tableau 16 :	Concentration sérique en GGT des veaux de l'élevage 2	41
Tableau 17 :	Concentration en GGT du sérum des veaux	42
Tableau 18 :	Qualité immunologique des colostrums des deux élevages	43
Tableau 19 :	Niveau de qualité de TIP chez les veaux par Rbrix	44
Tableau 20 :	Niveau de qualité de TIP chez les veaux par dosage de GGT	45
Tableau 21 :	Qualité de TIP chez les veaux évaluée par Rbrix en fonction de la qualité du colostrum	46
Tableau 22 :	Qualité de TIP chez les veaux par GGT en fonction de la qualité du colostrum	46
Tableau 23 :	Qualité de TIP chez les veaux par Rbrix et GGT	47
Tableau 24 :	relation entre la qualité colostrales et sériques en IgG évaluée par Rbrix et GGT	48
Tableau 25 :	Concentration en IgG en fonction du rang de lactation	50
Tableau 26 :	Concentration en IgG en fonction du sexe du veau	50
Tableau 27 :	Effect de la race du veau	51

Liste des figures

		Page
Figure 01 :	Courbe d'étalonnage permettant de déterminer la concentration en immunoglobulines d'un colostrum par la méthode de l'IDR	15
Figure 02 :	Pèse-colostrum commercial	17
Figure 03 :	Réfractomètre optique ATC (prisme, couvercle, vis de calibration, poignée, réglage de la focale, oculaire).	26
Figure 04 :	kit de dosage des GGT (réactifs R1et R2)	27
Figure 05 :	Analyseur biochimique de semi-automatique WP 21B	27
Figure 06 :	Les échantillons de colostrum de différentes traites	28
Figure 07 :	Prélèvements sanguins effectués sur les veaux et les sérums conservés dans les cônes eppendorf	28
Figure 08 :	Image de calibration du réfractomètre	29
Figure 09 :	(A) dépôt de gouttes de sérum sur le prisme du réfractomètre optique (B) fermeture du couvercle (c) lecture en pourcentage Brix	30
Figure 10 :	Histogramme de répartition des concentrations en IgG des colostrums de l'élevage1	33
Figure 11 :	Histogramme de répartition des concentrations en IgG des colostrums des vaches de l'élevage 2.	35
Figure 12 :	Histogramme de répartition des concentrations en IgG des colostrums des vaches des deux élevages.	36
Figure 13 :	Histogramme de répartition des concentrations sériques en IgG des veaux de l'élevage 1	37
Figure 14 :	Histogramme de répartition des concentrations sériques en IgG des veaux de l'élevage 2	38
Figure 15 :	Histogramme de répartition des concentrations sériques en IgG des veaux des deux élevages	39
Figure 16 :	Histogramme de répartition des concentrations sériques en GGT des veaux de l'élevage 1	40
Figure 17 :	Histogramme de répartition des concentrations sériques en GGT des veaux de l'élevage 2	42
Figure 18 :	Histogramme de répartition des concentrations sériques en GGT des veaux des deux élevages.	42
Figure 19 :	Répartition des colostrums selon l'estimation (Brix) de leur qualité.	43
Figure 20 :	Répartition des sérums de veaux selon l'estimation (Brix) de leur niveau de qualité de TIP.	44
Figure 21 :	Répartition des sérums de veaux selon l'estimation (GGT) de leur niveau de qualité de TIP.	45
Figure 22 :	Concentration en immunoglobulines en fonction de la race	49

Liste des abréviations

IgG : Immunoglobiline G

IgM : Immunoglobiline M

IgA : Immunoglobiline A

TIP : Transfert De L'immunité Passive

IDR : Immunodiffusion radiale

Ca : Calcium

P : Phosphore

Mg : Magnésium

Na : Sodium

K : Potassium

Zn : Zinc

Cu : Cuivre,

S : Souffre

Mn : Manganèse

MG : Matière grasse

MP : Matière protéique

MS : Matière sèche

Fe : Fer

Co : Cobalt

Cl : Chlore

Se : Sélénium

L : litre

g : gramme

GGT : Gamma glutamyl-transférase

IGF1 : Insulin-like growth factor-1

IGF2 : Insulin-like growth factor-2

GH : Growth hormone

PAL : Phosphatases alcalines

ASAT : l'alanine aminotransférase

INTRODUCTION

Les bovins sont des animaux qui ne peuvent pas transmettre leurs anticorps maternels au fœtus du fait de la relative imperméabilité du placenta (Salmon, 1999). A la naissance le veau est quasiment dépourvu d'anticorps ou, autrement dit, agammaglobulinémique. Pour se défendre, il doit acquérir une immunité passive par l'ingestion de colostrum qui lui permette d'affronter les agents pathogènes présents dans son nouvel environnement (Cortese, 2009).

Les infections néonatales représentent une des principales causes de mortalité chez les veaux (Svensson *et al.*, 2006; Radostits *et al.*, 2017). Le rôle joué par le colostrum dans la réduction de la mortalité (Donovan *et al.*, 1998; Tyler *et al.*,1999) et de la morbidité (Donovan *et al.*, 1998; Furman-Fratczak *et al.*, 2011) au cours des trois premières semaines de vie est largement reconnu. En effet, si le veau ingère un colostrum de mauvaise qualité, il se trouve en situation d'échec de transfert de l'immunité passive, et risque de développer une infection néonatale (diarrhée, pneumonie, omphalite) dans les premières semaines de la vie avec une baisse des performances (croissance, l'âge de la mise à la reproduction) ce qui engendre des pertes économiques considérables (Raboisson *et al.*, 2016).

En Algérie, les gastroentérites et les bronchopneumonies sont les infections néonatales les plus dominantes entrainant des taux de mortalité qui varie de 19,1 % à 25,6 % (Degui, 2017). Ces infections sont très souvent multifactorielles et résultent d'un déséquilibre entre la pression d'infection environnante et la résistance du veau (Lorenz *et al.*, 2011). Cette dernière est augmentée par un apport adéquat de colostrum dès sa naissance qui lui fournit des facteurs antimicrobiens spécifiques (les immunoglobulines) et non spécifiques (la lactoferrine, la lactoperoxydase) (Dewell *et al.*, 2006).

Il est important de disposer des outils pour évaluer la qualité du colostrum et le transfert de l'immunité passive chez le veau. Le dosage spécifique des IgG colostrales ou sériques est le test de diagnostic le plus précis mais il présente plusieurs inconvénients : il se réalise en laboratoire, est coûteux, requiert un équipement spécifique et nécessite du temps avant l'obtention des résultats. Les tests de diagnostic non spécifiques représentent une alternative valable à l'utilisation du dosage des IgG. Ils mesurent indirectement la concentration en IgG du colostrum ou sérum. Ces tests présentent l'avantage d'être utilisables sur le terrain car ils sont rapides, fiables, faciles à mettre en œuvre et peu onéreux (Godden, 2008).

Dans cette optique, les objectifs de cette étude sont d'évaluer la qualité du colostrum des vaches, le transfert d'immunité passive des veaux et de caractériser leurs facteurs de variations.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE l : LE COLOSTRUM ET L'ACQUISITION DE L'IMMUNITE PAR LE VEAU

l.1. Le colostrum

l.1.1.Définition

Le colostrum représente les sécrétions accumulées dans la mamelle durant les cinq dernières semaines de la gestation, enrichies des protéines, qui ont transsudé du sang (Salmon, 1999). Il est le produit de la traite d'une vache pendant les sept premiers jours suivant la mise bas est considéré comme impropre à la consommation humaine (Maillard, 2006).

l.1.2. Composition :

Chez les bovins laitiers, la composition et les propriétés physiques du colostrum évoluent avec le temps. De la première sécrétion mammaire extraite du pis à la production de lait normal, en passant par le colostrum de transition, la concentration protéique diminue tandis que la concentration en lactose augmente (McGrath et *al.*, 2016).

Le colostrum de première traite 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).

De manière générale, 42% de la matière protéique du colostrum (1er jour post-partum) sont représentées par les immunoglobulines (Foley et Otterby, 1978). La concentration en Ig dans le colostrum est très importante. L'isotype dominant est l'isotype G, et plus particulièrement les IgG1, qui représentent 97% des IgG et plus de 85% des Ig. Les concentrations respectives en IgG2, IgA et IgM dans le colostrum des vaches laitières varient de 2.7 – 20.6 g/L, 0.5 – 4.4 g/L et 1.1-21.0 g/L (Kehoe, 2007). La faible teneur en IgA du colostrum explique l'incapacité fœtale à mettre en place une protection immunitaire muqueuse (Maillard et Guin, 2013).

Les cendres brutes du colostrum comprennent les vitamines liposolubles (rétinol, tocophérol, β — carotène), les vitamines solubles (niacine, thiamine, riboflavine, vitamine B12, pyridoxal, pyridoxamine, pyridoxine) et les minéraux (calcium, phosphore magnésium, sodium, potassium, zinc, cuivre, souffre, manganèse) (Foley et Otterby, 1978). Le colostrum contient des facteurs de croissance, des hormones (prolactine, oestrogène), des cytokines et des facteurs antimicrobiens non spécifiques (de leucocytes des neutrophiles, des lymphocytes B et T et des macrophages) (Godden, 2008).Cette composition confère au colostrum une densité d'environ 1,060 (Serieys, 1993). Le tableau 1 présente la composition quantitative du colostrum de vache.

Tableau 1 : Composition quantitative du colostrum de vache (Maillard 2006 et 2013)

Composant	Quantité	Composant	Quantité
Densité	1.056	**Vitamine E (µmol/L)**	15-25
MS (%)	23 - 28	**Vitamine B1 (µg/ml)**	0.58 – 0.9
MP(%)	12 - 16	**Vitamine B2 (µg/ml)**	4.55 – 4.83
MG(%)	3 - 7	**Vitamine B3 (µg/ml)**	0.34 – 0.97
Lactose (%)	2 - 3	**Vitamine B5 (µg/ml)**	1.73
MM (%)	0.5-2	**Vitamine B6 (µg/ml)**	0.04
Caséine (%)	4.8	**Vitamine B8 (µg/L)**	10-27
Albumine (%)	0.9	**Vitamine B9 (µg/L)**	8
Ig (g/L)	2-250	**Vitamine B12 (µg/L)**	49
IgG1 (g/L)	2-200	**Vitamine C (mg/L)**	25
IgG2 (g/L)	2-12	**Rétinol (µg/g)**	4.9
IgA (g/L)	1–4.5	**Bêta-carotène (µg/g)**	0.68
IgM (g/L)	1 - 6	**Niacine PP (µg/ml)**	0.34
Ca (g/kg)	4.7	**Lactoferrine (g/L)**	0.82 – 1.84
P (g/kg)	4.5	**Bétalactoglobuline (g/L)**	14.3
Na (g/kg)	1.1	**Alpha lactalbumine (g/L)**	2.04
K (g/kg)	2.8	**IGF I (µg/ml)**	310 - 870
Mg (g/kg)	0.7	**IGF II (µg/ml)**	150 - 400
Cl (%)	0.12	**Insuline (µg/L)**	65
S (g/kg)	2.6	**Glucagon (µg/L)**	0.16
Se (µg/L)	29 - 155	**GH (µg/L)**	1.4
Zn (mg/kg)	38	**Prolactine (µg/L)**	280
Mn (mg/kg)	0.1 - 0.2	**GGT (UI/L)**	509
Fe (mg/kg)	2-5.3	**PAL (UI/L)**	19
Cu (mg/kg)	0.34 - 0.6	**ASAT (UI/L)**	1.5
Co (µg/kg)	5		
Vitamine A (mg/L)	2.95		
Vitamine D (UI/g MG)	0.89 – 1.81		

l.1.3. Rôle nutritionnel

L'ingestion de colostrum permet l'acquisition rapide d'une immunité passive grâce à un apport d'Ig maternelles, capables de protéger le veau durant les premières semaines de vie. Cette immunité passive est à la fois systémique, suite à l'intégration des Ig ingérées dans le courant circulatoire, mais aussi locale, au niveau du tube digestif (la prévention de l'adhésion des bactéries pathogènes et les toxines au niveau de la bordure en brosse des entérocytes (Andrews, 2004). Le colostrum apporte également une quantité importante de cellules, essentiellement représentées par les leucocytes, lymphocytes T (Meganck *et al.*, 2016).

Le colostrum ne fournit pas uniquement des facteurs anti-infectieux mais il apporte aussi des nutriments et d'autres constituants essentiels au développement optimal du veau et apporte

l'énergie qui sert notamment à la thermorégulation du veau né dans un environnement froid (Morill et *al.*, 2012). Le colostrum possède aussi des fonctions laxatives et stimulatrices de la fonction motrice intestinale (Taschuk et Griebel, 2012).

I.2. Le système immunitaire du fœtus bovin et du veau nouveau-né

La maturation du système immunitaire au cours de la vie embryonnaire et fœtale est importante. En effet, elle permet à l'organisme de faire une distinction entre les antigènes du soi et du non soi, ainsi il évite toute réponse immunitaire ultérieure indésirable contre les constituants du soi (Janssen et *al.*, 2000).

I.2.1. La chronologie de l'acquisition du potentiel immunitaire

Le foie fœtal est l'organe lymphopoïétique qui produit des lymphocytes très tôt dans la vie embryonnaire, puis il donne le relais à la moelle osseuse vers la mi-gestation, qui gardera cette fonction pendant toute la vie de l'animal. Les principaux organes lymphoïdes sont ensuite colonisés par les lymphocytes murs telle que le thymus (dès 42 jours de vie fœtale), la rate et la moelle (55 jours) et 180 jours dans le tube digestif (plaques de Peyer, amygdales,..) (Milon, 1986).

Le veau nouveau-né possède approximativement 76 plaques de Peyer dans le duodénum et le jéjunum et une seule plaque de Peyer continue dans l'iléon. Vers l'âge de 18 mois, la plaque de Peyer continue s'atrophie dans l'iléon et fait place à 18 à 40 plaques de Peyer séparées. Cette plaque de Peyer continue semble être un organe lymphoïde primaire, producteur des lymphocytes B. Cependant, les autres plaques de Peyer de l'intestin grêle et du colon sont des organes lymphoïdes secondaires (Goddeeris, 1998).

I.2.2. L'immunité passive par le colostrum

I.2.2.1. Immunité humorale

Il existe deux modalités de transfert de l'immunité :

- Avant la naissance : par voie transplacentaire
- Après la naissance (post partum) : par les sécrétions mammaire (colostrum)

Chez les bovins, la placentation est de type épithéliochoriale, six couches cellulaires séparent le sang maternel du sang foetal : l'endothélium capillaire maternel, le conjonctif utérin, l'épithélium utérin, le trophoblaste, le conjonctif fœtal, l'endothélium capillaire fœtal.

Ce type de placentation prévient le passage transplacentaire des immunoglobulines et les veaux naissent donc agammaglobulinémiques (Oudar et *al.*, 1976). Bien que le veau soit doté d'un système immunitaire compétent, il est dépourvu de défenses immunitaires (anticorps). Ils

peuvent cependant avoir des anticorps antiviraux, consécutifs à une infection virale non létale qui se serait produite durant la gestation. Le fœtus bovin peut répondre à une stimulation antigénique dès le quatrième mois de gestation (Thiry et *al.*, 1994). Ainsi, les premières IgM sont synthétisées à 4 mois de gestation (118 jours), elles seront pour longtemps les seules Ig synthétisées. Une timide production d'IgG se mettant en place vers 180 à 200 jours, les IgM restant majoritaires jusqu'au part. En outre, certains effecteurs immunitaires non spécifiques, comme le complément, sont synthétisés dès le milieu de la vie fœtale (Maillard, 2000).

L'immunité pleinement active propre au veau ne prendra le relais qu'au bout de trois à quatre semaines après sa naissance. De ce fait, le veau nouveau-né est particulièrement sensible aux agressions microbiennes du milieu extérieur et il est donc crucial pour lui de bénéficier des anticorps maternels par la prise du colostrum. A ce titre, le colostrum peut donc être considéré comme une barrière essentielle contre les agents pathogènes et autres antigènes (toxines, allergènes,…), en augmentant les résistances spécifiques et non spécifiques du veau, jusqu'à ce que son système immunitaire soit totalement compétent (Andrews, 2004). Cependant, l'immunité conférée par les Ig colostrales dépend essentiellement de la demi-vie des différentes classes d'immunoglobulines ingérées. Les IgA ont une durée de vie très courte (de l'ordre de 2 jours) (Porter, 1979). Les IgM disparaissent en deuxième position (de l'ordre de 4 jours), suivies par les IgG qui disparaissent en dernier lieu (demi-vie comprise entre 16 et 32 jours) (Devery et *al.*, 1979).

Selon Penhale et al. (1973) le taux d'absorption intestinale, plus élevé à la naissance pour les IgG que pour les IgA et les IgM, décroîtrait ensuite plus rapidement pour les IgG que pour les IgM et les IgA. En extrapolant leurs résultats, ils concluent que cette absorption deviendrait nulle après 16 heures pour les IgM, 22 heures pour les IgA et 27 heures pour les IgG : c'est le phénomène de «fermeture » de l'intestin (Devery et *al*., 1979).

La disparition de l'immunité passive et l'apparition de l'immunité active de veau entraîne l'apparition d'un trou immunitaire vers le premier mois de vie. Ce dernier est caractérisé par une diminution de la concentration des immunoglobulines sériques associée à une susceptibilité accrue aux maladies. Ce trou immunitaire persiste durant environ 3 à 4 semaines. Il sera d'autant plus prononcé et précoce que la concentration sérique en Ig colostrales sera faible suite à un apport inadéquat de colostrum (au niveau quantitatif, qualitatif ou déficit d'absorption). L'ingestion de colostrum permet l'acquisition rapide d'une immunité passive grâce à un apport d'Ig maternelles, capables de protéger le veau durant les premières semaines de vie (Korhonen et *al.*, 2000 ; Andrews, 2004).

I.2.2.2. L'immunité cellulaire :

L'ingestion de colostrum n'aurait cependant pas d'effet ou seulement un effet mineur sur la réponse immunitaire à médiation cellulaire (Nonnecke et *al*., 2012), grâce au faible 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 (Salmon, 1999). Le veau montre jusqu'à l'âge de 3 à 6 mois des fluctuations importantes de la prolifération lymphoblastique (Povey et Carman, 1997). En l'absence de toute infection mammaire, le colostrum de vache contient de l'ordre de 1 million de cellules somatiques par ml. Les polynucléaires (40 à 85%) et les macrophages (10 à 50%) dominent, avec également les lymphocytes (Levieux, 1984).

I.3.La modulation du développement de l'immunité active :

Le transfert des immunoglobulines maternelles semble à exercer un effet inhibiteur sur la mise en place de la réponse immunitaire spécifique locale et systémique propre au jeune veau. De nombreuses études ont mis en évidence cette propriété Lors d'une expérience, les veaux ayant reçu un colostrum développent tardivement (au moins 8 jours) leurs propres anticorps, tandis que les veaux n'ayant pas reçu de colostrum ont sécrété dans leur intestin les trois classes d'immunoglobulines à 48 heures (Salmon ,1999).

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. La réponse endogène du veau est trop faible et trop lente (Serieys, 1993). Une importante conséquence pratique concerne une possible interférence de l'immunité colostrale avec la réponse vaccinale chez les veaux ayant absorbé du colostrum par rapport à des veaux privés de colostrum (Aldridge et *al*., 1998).

CHAPITRE II : FACTEURS DE VARIATION DE LA QUALITE DU COLOSTRUM ET DU TRANSFERT PASSIF DES IMMUNOGLOBULINES

De nombreux facteurs, liés à la mère, au veau, à l'environnement peuvent influencer sur la qualité du colostrum et sur la qualité du transfert passif de l'immunité.
L'analyse au cas par cas de ces facteurs permet de déterminer les causes de défaut de transfert Passif de l'immunité.

II.1. Facteurs de variation de la qualité du colostrum (facteurs liés à la mère)

II.1.1. La race

Les races allaitantes ont des concentrations colostrales en IgG1 plus élevées que les races laitières. Selon ces derniers auteurs, la concentration sérique IgG1 dans les jours précédant le vêlage disparaît du sérum des vaches laitières plus que celle des vaches de boucherie. Également, ils ont observé une sécrétion plus importante d'IgG1 chez les vaches de race Holstein entre 35 à 14 jours avant le vêlage tandis que la sécrétion des vaches de boucherie demeurait toujours constante. Ces résultats laissent supposer que, dans les jours précédant le vêlage (Guy et *al.*, 1994) y a une activité lactogénique plus précoce et plus intense chez les vaches laitières que chez les vaches allaitantes, conduisant à une dilution des Ig dans les constituants du lait, en particulier par un appel d'eau vers la mamelle (Baumrucker et Bruckmaier, 2014).

II.1.2. La parité

D'après plusieurs études, la concentration en IgG du colostrum a tendance à être d'autant plus élevée que la parité de la mère est grande, Les primipares produisent moins de colostrum et celui-ci est moins riche de 50 à 70% par rapport à un colostrum de multipares (Levieux, 1984 ; Maillard, 2000). La concentration en IgG du colostrum entre les parités 1 et 2 n'est pour la plupart des études pas significativement différente (Gulliksen et *al.,* 2008 ; Chigerwe et *al.,* 2009). Cette différence est plus particulièrement visible pour les parités de rang 3 et plus pour atteindre une valeur « plateau » et décroître après un âge moyen de 7ans (Morrill et *al.,* 2012 ; Conneely et *al.,* 2013). Le colostrum de vache de parité supérieur est plus susceptible d'avoir une plus grande diversité d'immunoglobulines, puisqu'elles ont été exposées à une plus grande variété d'agents pathogènes (Larson et *al.*, 1980).

II.1.3. La durée de tarissement

La durée de tarissement n'a que peu d'influence sur la concentration du colostrum en IgG_1 (Serieys, 1993). Y a aucune différence dans la concentration immunologique du colostrum pour un tarissement de 60, 40 jours et 28 jours (Shoshani et *al.,* 2014). Toutefois, Rastani *et al.,* 2005

ont observé que l'absence d'une période de tarissement diminue la concentration d'immunoglobulines G du colostrum. Une durée minimale de 25 jours de tarissement est à respecter pour permettre le renouvellement des cellules de l'épithélium mammaire, indispensable pour le transfert sélectif et l'accumulation des IgG_1 dans la mamelle. A l'inverse, lorsque la durée de tarissement dépasse 90 jours, le transfert d'immunité au veau est plus faible (Serieys, 1993).

II.1.4. La vaccination

La vaccination de vaches gravides a pour objectif d'enrichir le colostrum en Ig dirigés spécifiquement contre certains agents pathogènes principalement responsable des diarrhées néonatales et maladies respiratoires, afin qu'ils soient ingérés par le veau pour leur immunisation (Godden, 2008). La vaccination des vaches contre certains agents pathogènes permet d'augmenter significativement le titre en anticorps spécifiques sériques et colostraux, sans modifier de manière significative le volume ou la qualité du colostrum produit (Crouch *et al.*, 2001). L'effet de la vaccination se répercute positivement sur les titres en anticorps sériques des veaux (Dudek *et al.*, 2014).

II.1.5. Variation Individuelle

Les différences inter-individuelles sont encore plus importantes, influent sur les concentrations du colostrum en IgG (Swan *et al.,* 2007). Ces variations inter-individuelles pourraient être d'origine génétique ou endocrinologique (Baumrucker *et al.,* 2010).

II.1.6. Alimentation

L'alimentation des vaches pendant la gestation semble avoir peu d'influence sur la qualité du colostrum et le transfert d'immunité passive. Cela reste vrai dans le cas d'une restriction énergétique alimentaire de 15% (Dardillat et *al.,* 1978). Dans le cas d'une restriction protéique importante durant les 90 derniers jours de la gestation, Odde. (1988) a observé une diminution de la production de colostrum, en partie compensée par une augmentation des concentrations colostrales en IgM et IgG_1. Une alimentation carencée en certains nutriments et oligo-éléments (Se, Cu, Zn, Vitamines A et E, β carotène) diminue l'immunité propre de la glande mammaire et accroît le risque d'apparition de mammites (Sordillo, 1997).

II.1.7. Santé de la mère

L'état de santé de la vache en période de tarissement et au moment du vêlage influence la qualité du colostrum (Dardillat *et al.*, 1978). Les vaches présentant un comptage de cellules somatiques (CCS) supérieur à 50.000 cellules/ml après le vêlage ont 1,7 fois plus de chances de produire un

colostrum de moindre qualité (< 30 g/L d'IgG) (Gulliksen *et al.*, 2008) alors que, selon Maunsell et *al.* (1999), une infection mammaire persistante durant le tarissement diminue le volume de colostrum produit mais sans en influencer la qualité. De même, selon Kehoe et *al.* (2007), les vaches présentant un comptage de cellules somatiques < 200.000 cellules/ml lors du dernier contrôle avant le tarissement produisent un colostrum plus concentré en vit. A, potassium, IgG2 et en solides totaux par rapport aux vaches présentant un comptage de cellules somatiques supérieur mais sans aucune influence sur la concentration en IgG1.

Le parasitisme peut aussi altérer la qualité du colostrum. Ainsi, le colostrum des vaches infestées par la grande douve (*Fasciola hepatica*) contient en moyenne moins d'immunoglobulines que celui des vaches non-parasitées (Serieys, 1993). Concernant les pathologies du peripartum suivantes, les fièvres vitulaires, les gestations prolongées, les rétentions placentaires et les dystocies, elles n'ont pas d'influence sur la qualité du colostrum (Gulliksen et *al*, 2008).

II.1.8. Conformation de la mamelle et des trayons

La mauvaise conformation des trayons représente un risque d'apparition de mammites, ces dernières et diverses affections douloureuses des trayons (crevasses, ulcères, plaies…) peuvent amener la mère à ne pas se laisser téter voire même à attaquer son veau. Un veau ne tète pas de manière optimale une mamelle trop basse, trop dure, des trayons trop volumineux ou trop courts (Serieys, 1993).

II.1.9. Présence de la mère

Les pratiques actuelles en élevage laitier recommandent de séparer le veau de la mère le plus rapidement possible après la naissance pour s'assurer d'une prise colostrale correcte et pour limiter les risques de maladies pour le veau et de mammites pour la mère. Afin de vérifier l'effet de cette séparation précoce du veau sur son transfert d'immunité passive, de nouvelles études se sont intéressées au maternage. Cependant ces études n'ont montré aucun effet du maternage sur le transfert d'immunité passive du veau, que ce soit par maternage naturel ou artificiel (Haines et Godden, 2011). Une étude réalisée en élevage laitier au Canada a même révélé que le risque de DTIP était deux fois plus élevé pour les veaux laissés pendant 3h ou plus en présence de leur mère, que pour ceux séparés de leur mère avant 3h d'âge (Trotz-Williams et *al.,* 2008). L'effet du maternage est probablement contrebalancé par l'apport d'une masse d'immunoglobulines G colostrale importante et saturant les mécanismes d'absorption des IgG dans l'intestin du veau (Veira et *al.*, 2011).

II.1.10. Gémellarité – Mise bas avant terme

La mise au monde de jumeaux ou d'un veau avant le terme prédispose la mère à produire un colostrum de qualité plus faible (Maillard et Guin, 2013). 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 (Serieys ,1993)

II.1.11. Saison de vêlage

La période où a lieu le vêlage au cours de l'année a un effet controversé sur la qualité du colostrum. Gulliksen. (2008) trouve des concentrations en IgG significativement plus faibles durant les mois de décembre, janvier et février et des concentrations significativement plus élevées en aout, septembre et octobre. Conneely et *al. (*2013) décrit des concentrations des colostrums moins riches au cours du mois d'avril. Aussi les températures très élevées peuvent être responsables d'une diminution de la qualité du colostrum : diminution des concentrations en IgG et IgA mais aussi en nutriments dans le colostrum (Godden, 2008).

II. 2. Facteurs de variation du transfert de l'immunité passive (facteurs liés au veau)

Le transfert passif de l'immunité (TIP) est le résultat d'un transport d'immunoglobulines formées par un autre organisme vers un individu donné. Chez les bovins, ce transfert nécessite que le nouveau-né ingère précocement du colostrum permettant le passage des immunoglobulines du sérum de la mère vers le sérum du veau. L'immunité passive transmise de la mère au veau est à la fois locale (dans le tube digestif du veau) et systémique (dans le sérum du veau).

II.2.1. Race du veau

La race du veau semble influencer le transfert d'immunité passive. L'analyse multivariée indiquait que les veaux de race Holstein étaient deux fois plus à risque de Défaut de TIP que les veaux de races Jersiaise et Jersiaise croisée (Vogels et *al.*, 2013). Par ailleurs, les travaux de Jones et *al.* (2004) suggèrent que les veaux de race Jersiaise auraient une meilleure efficacité d'absorption des IgG que les veaux de race Holstein (21.9±0.9% contre 17.0±0.7%).

II.2.2. Sexe du veau

Odde. (1988) trouve des taux sériques d'IgG1 significativement plus élevés chez les veaux femelles que chez les veaux mâles et aucune différence significative pour les taux sériques d'IgM chez les deux sexes. Il semble cependant que ce résultat a pu être influencé par une

facilité de vêlage moindre chez les veaux mâles, plus gros, ayant souffert lors du vêlage et tardant à se lever et à téter ou à la conduite d'élevage entre veaux mâles et femelles. En élevage laitier, les veaux mâles, contrairement aux génisses, n'ont que peu de valeur financière et ne servent pas au renouvellement du troupeau, et bénéficient donc souvent de moins d'attention et d'efforts de la part des éleveurs quant à la prise colostrale.

II.2.3. Poids à la naissance

Il ne semble pas y avoir de corrélation entre le transfert d'immunité passive et le poids du veau à la naissance (Chigerwe et *al.*, 2008). Cependant le comportement alimentaire du veau serait associé à son poids, les petits veaux étant plus vigoureux et buvant plus facilement que les gros (Serieys, 1993).

II.2.4. Conditions de naissance

Les vêlages dystociques augmentent la morbidité et la mortalité néonatales chez les veaux (Lombard *et al.*, 2007). La dystocie et la gémellité ont été décrites comme des facteurs de risque de défaut de transfert d'immunité passive, en élevage laitier et allaitant (Waldner et Rosengren, 2009). Ces deux conditions prolongent le part et augmentent les risques d'hypoxie et d'acidose respiratoire chez le veau. Les veaux nés dans des conditions de dystocie sont moins vigoureux. Une vigueur réduite a été associée à une prise colostrale spontanée retardée et à l'ingestion de volumes colostraux plus faibles (Vasseur et al., 2009). Ces veaux ont plus de difficultés à se lever ce qui les exposent aux pathogènes fécaux pour une plus longue période. Ils sont par ailleurs plus susceptibles d'avoir un oedème de la langue ce qui rend la tétée difficile, augmentant le risque de ne pas consommer un volume suffisant de colostrum (Smith, 2009).

II. 2.5. Délai entre la naissance et le premier repas

Il existe chez les veaux nouveau-nés un phénomène de cessation de l'absorption non sélective des constituants du colostrum appelé « fermeture de la barrière intestinale ». Ce phénomène survient durant les 24 à 30 premières heures de vie des veaux (Stott et *al.*, 1979). Par contre, avant la fermeture de la barrière intestinale il y a un déclin progressif de l'efficacité d'absorption des Ig (Godden, 2008). En effet, Moore et *al.* (2005) ont observé que lorsque la traite est retardée de 6, 10 et 14 heures, il y a une diminution de la concentration d'IgG colostrale de 17 %, 27 % et 33 %, respectivement.

II.2.6. La contamination bactérienne

En ce qui concerne l'ingestion de colostrum contaminé par des bactéries, il a été suggéré que la présence de bactéries dans l'intestin grêle interfèrerait avec l'absorption des Ig (James *et al.*,

1981). Les bactéries peuvent se lier aux récepteurs non spécifiques des entérocytes néonataux, diminuant ainsi le nombre de récepteurs disponibles pour l'absorption des IgG (Staley et *al.*, 1985). Cela explique pourquoi une étude récente a observé une importante corrélation négative entre la concentration sérique d'IgG et le compte bactérien total (CBT) du colostrum (Cummins et *al.*, 2017)

II.2.7. Volume de la prise colostrale

Le transfert d'immunité passive chez le veau est positivement corrélé au volume de la prise colostrale. Chigerwe et *al.* (2009) montrent cette association entre le volume bu dans les 12 premières heures de vie et la concentration sanguine en IgG à 48h d'âge. Cet effet du volume colostral consommé affecterait plus particulièrement le taux d'absorption des IgG par le veau. D'après Stott et *al.* (1979) l'efficacité d'absorption est moins élevée pour des volumes de 0,5L et 1L à la première buvée colostrale dans les 4 premières heures de vie comparée à celle d'une buvée de 2L. Ainsi, il faudrait un volume suffisant à la première prise colostrale pour atteindre et stimuler tous les entérocytes de l'intestin grêle et ainsi optimiser leur potentiel d'absorption des IgG (Stott et *al.*, 1979 ; Chigerwe et *al.*, 2008).

II.2.8. Modalités de la prise colostrale

La prise colostrale peut se faire selon trois modalités : la tétée sous la mère, l'administration par biberonnage ou par sondage oesophagien. La tétée sous la mère est la modalité décrite comme étant la plus à risque de défaut de transfert de l'immunité passive (Beam et *al.*, 2009). Ce risque plus élevé peut être dû à une ingestion volontaire par le veau de colostrum en volume insuffisant ou dans un délai inapproprié. Le sondage oesophagien est une méthode efficace pour la prise du colostrum et permet une absorption adéquate d'IgG par le veau. A l'aide de clichés radiographiques, il a été montré que le colostrum administré par sondage arrive dans le rumen et le réseau puis se retrouve seulement en quelques minutes dans la caillette et l'intestin grêle (lieu d'absorption des IgG, en moins de 3h.) (Lateur-Rowet et Breukink, 1983). Cependant, plusieurs études montrent que les taux de transfert d'immunité passive sont similaires entre la prise colostrale au biberon ou par sondage oesophagien (Chigerwe et *al.*, 2012).

II. 2.9. Pooling

Le « pooling » désigne le fait de mélanger plusieurs colostrums issus de la première traite de différentes vaches et d'en constituer une base pour le repas de colostrum des différents veaux nouveau-nés, il résulte une concentration sérique en IgG plus faible. Cette observation est en réalité liée à un effet indirect sur la quantité d'immunoglobulines ingérées et sur les capacités d'absorption. Les colostrums produits en grands volumes ont tendance à être de moins bonne

qualité que ceux produits en petite quantité ce qui entraîne un effet de dilution des bon colostrums par les mauvais (Weaver, 2000). D'autre part, le fait de mélanger des colostrums et de les stocker augmente la contamination et le développement bactérien (Morill et *al*, 2012).

II.2.10. Facteurs liés à l'environnement du veau (température extérieure et hygrométrie)

La température ambiante élevée au moment de la mise bas accélère 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 (Schelcher et *al.*, 1999).

CHAPITRE III : EVALUATION DE LA QUALITE DU COLOSTRUM ET DU TRANSFERT D'IMMUNITE PASSIVE CHEZ LE VEAU.

III.1. Introduction

La réussite du TIP est d'une importance capitale pour la santé et la productivité du futures veau (Raboisson *et al.*, 2016). Cette réussite passe obligatoirement par l'administration de manière adéquate d'un colostrum de bonne qualité. Pour cela, il est essentiel de pouvoir déterminer la quantité d'IgG présents dans le colostrum et dans le sérum des veaux. Différents outils sont utilisés pour évaluer la qualité du colostrum et le transfert de l'immunité passive chez le veau. En effet, lorsque ces outils sont utilisés pour un individu ou un groupe d'individus, la rapidité d'obtention des résultats permet la mise en place rapide de mesures préventives et/ou thérapeutiques adéquates (McGuirk et Collins, 2004).

III.2. Evaluation de la qualité du colostrum

III.2.1. Les outils de mesure directe des immunoglobulines colostrales

III.2.1.1. L'immunodiffusion radiale

L'immunodiffusion radiale (IDR), technique développée par Mancini et *al.* (1965) est actuellement considérée comme la méthode quantitative de référence pour le dosage des IgG (Bielmann *et al.*, 2010). Le principe repose sur une précipitation en milieu gélosé du complexe anticorps-antigène, l'échantillon à tester est placé dans un gel d'agarose contenant des anticorps anti-Ig bovines. Les IgG (rôle d'antigènes) diffusent dans le gel, les anticorps anti-IgG en se liant aux IgG du colostrum, forment un anneau de précipitation, dont le diamètre au carré est proportionnel à la concentration en IgG1 du colostrum testé (Levieux, 1991). La concentration en IgG des échantillons à doser est finalement obtenue, grâce à une courbe d'étalonnage. En effet, le diamètre du cercle de précipitation au carré est lié linéairement à la concentration de la solution à doser (Figure 1). Il suffit alors de reporter le diamètre du cercle sur la courbe d'étalonnage pour déterminer la concentration en immunoglobulines du colostrum testé (Gershwin, 2008).

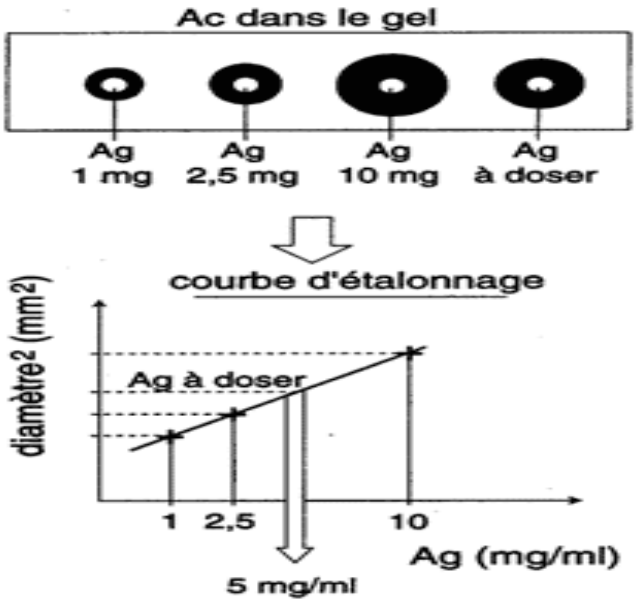


Figure 1 : Courbe d'étalonnage permettant de déterminer la concentration en immunoglobulines d'un colostrum par la méthode de l'IDR ((Jacques, 2012)

III.2.1.2.Méthode ELISA

Le test ELISA (Enzyme-linked ImmunoSorbent Assay) permet le dosage quantitatif des immunoglobulines colostrales, en particulier des immunoglobulines G. Ce test est également basé sur le principe de la réaction antigène-anticorps. Le test ELISA permet le dosage des IgG en se basant sur la formation de complexes IgG-Ac anti-IgG (Li-Chan et Kummer, 1997). En pratique, chaque échantillon de colostrum(ou sérum) à doser est déposé dans un des puits d'une microplaque. Après une période d'incubation permettant la fixation des IgG colostraux au fond du puits, l'ajout d'une solution contenant des Ac anti-IgG entraîne la formation de complexes avec les IgG fixés. Après rinçage de la plaque, une solution d'anticorps secondaires marqués qui se fixent spécifiquement au niveau de chaque complexe IgG-Ac anti-IgG est ajoutée dans chaque puits. Finalement, après l'adjonction d'un chromophore, la concentration en IgG est déterminée quantitativement en se référant à une courbe étalon, l'intensité du signal émis étant proportionnelle à la quantité d'IgG présentes dans l'échantillon (Gelsinger *et al.*, 2015).

III.2.1.3. Le test immunoturbidimétrique

L'immunoturbidimétrie est une méthode de dosage quantitative des IgG. Elle repose sur une précipitation spécifique de complexe antigène-anticorps dans un milieu liquide (McVicker et *al.*, 2002). La formation de complexes IgG-Ac anti-IgG entraine une augmentation de la turbidité de l'échantillon à tester. Cette turbidité, proportionnelle à la concentration en IgG,

est ensuite déterminée grâce à la mesure de l'intensité de la lumière transmise au travers de l'échantillon (Dawes et *al.*, 2002).

III.2.1.4. L'électrophorèse

L'électrophorèse est une méthode de séparation de protéines, basée sur leurs propriétés physiques comme la taille et la charge nette. La migration des protéines se fait sur un gel (agarose) soumis à un champ électrique continu. Plus leur poids moléculaire est faible et leur charge négative importante, plus les protéines migrent rapidement vers le pôle positif. Après migration, les protéines recherchées, comme les IgG, peuvent être marquées et dosées au moyen d'Ac spécifiques marqués (*Western blot*). Cette méthode semi-quantitative est peu utilisée pour le dosage des IgG car elle est coûteuse et relativement imprécise (Gapper *et al.*, 2007).

III.2.1.5. La chromatographie

La chromatographie permet la séparation de différents composants du colostrum. Elle se base sur la migration des composants présents dans une phase dite "mobile" (gazeuse ou liquide) au travers d'une phase "stationnaire". Cette migration est plus ou moins rapide en fonction des caractéristiques physiques des composants à séparer. Cette technique n'est pas utilisée en routine pour le dosage des IgG colostrales suite à son coût d'utilisation élevé mais elle reste néanmoins utilisée pour le dosage de certains isotypes précis d'Ig (Gapper *et al.*, 2007).

III.2.1.6. Test enzymatique

Ce test est appelé STIGA (*Split Trehalase IgG Assay*), il permet le dosage des IgG colostrales et sériques en se basant sur l'utilisation d'un enzyme glycolytique, la tréhalase, qui convertit le tréhalose en glucose. Cette tréhalase se fixe de manière spécifique au niveau de la région constante des IgG grâce à une protéine G. Cette liaison spécifique à un IgG active la tréhalase qui produit du glucose à partir du tréhalose. La quantité de glucose produite, proportionnelle à la concentration en IgG, peut être détectée par un test colorimétrique. Les résultats obtenus par le test STIGA sont bien corrélés avec ceux obtenus par IDR (Drikic *et al.*, 2018).

III.2.1.7. Test immunochromatographique de type "*lateral flow*"

Il existe un kit commercial utilisable sur le terrain (Colostrum Bovine IgG Quick Test Kit®, Midland Bio-products, USA), basé sur une réaction immunologique de type "*lateral flow*" entre les IgG et un Ac spécifique, qui permet d'évaluer la concentration en IgG dans le colostrum. Il s'agit d'un test semi-quantitatif ne permettant pas de donner la concentration

exacte en IgG mais juste de préciser si elle est supérieure ou inférieure à 50 g/l. Récemment, la firme BioX a mis sur le marché un kit commercial basé sur le même principe dont la lecture des résultats se fait par l'intermédiaire d'une application installée sur smartphone (BIO K 405 – SmartStrips IgG-colostrum, Bio-X Diagnostics S.A., Belgique) (Chigerwe *et al.*, 2005).

III. 2.2. Les outils de mesures indirectes des immunoglobulines colostrales

III.2.2.1. Le colostromètre

Le colostromètre permet d'estimer la richesse en immunoglobulines dans le colostrum par la mesure de sa densité. En effet, la densité du colostrum est assez bien corrélée à la concentration en IgG. Le pèse-colostrum est constitué d'une tige plombée dont la hauteur de la ligne de flottaison est liée à la concentration en immunoglobulines G du colostrum (figure 2). Il faut donc plonger le pèse-colostrum dans un récipient contenant le colostrum à évaluer (Fleenor et *al*., 1980).



Figure 2. : Pèse-colostrum commercial **(**Marie-Pascale Morin, 2018)

La densité mesurée du colostrum dépend de la température. Ainsi, Mechor *et al.* (1992) proposent une équation permettant de calculer la concentration d'IgG du colostrum à partir de sa densité et en tenant compte de sa température. De manière générale, on différencie trois niveaux de qualité du colostrum (Morin et *al*., 2001):

- Moins de 50 g/L d'immunoglobulines (zone orange ou rouge selon les modèles) : colostrum de mauvaise qualité. Entre 50 et 100 g/L d'immunoglobulines (zone jaune) : colostrum de qualité moyenne à bonne. Plus de 100 g/L d'immunoglobulines (zone verte) : colostrum d'excellente qualité.

Bien que le colostromètre soit un outil pratique et peu couteux pour évaluer la qualité du colostrum, les producteurs laitiers du Québec ne l'utilisent pas (Vasseur et *al.*, 2010). La

faible exactitude de diagnostic du test (McGuirk et Collins., 2004) combinées à la fragilité (Bielmann et *al.*, 2010) et à la forte sensibilité de la densité du colostrum à la température extérieure lors de l'utilisation de cet outil peuvent expliquer son manque de popularité dans les fermes laitières (Mechor et *al.*, 1991).

III. 2.2.2. La réfractométrie

Le réfractomètre optique ou numérique évalue la concentration totale en protéines du colostrum (et donc indirectement la concentration en IgG) par la mesure de son indice de réfraction. La différence entre un réfractomètre optique et numérique, est que pour le premier c'est à partir de la lumière du jour que la mesure est effectuée et que dans le deuxième cas, le rayon lumineux émane d'une LED (diode électoluminescente) (Quigley, 2013). Il estime avec succès les solides totaux du lait bovin (Moore et *al.*, 2009). D'ailleurs, il est utilisé comme outil d'appréciation de la qualité du colostrum chez les juments (Chavatte et *al.*, 1998) et ce n'est que récemment qu'il est aussi reconnu comme outil d'évaluation du colostrum bovin (Bielmann et *al.*, 2010).

Différents pourcentages de Brix ont été étudiés pour déterminer le seuil optimal afin de différencier un colostrum de qualité adéquate (≥50 g/L d'IgG) d'une qualité inadéquate (<50 g/L d'IgG). Selon les études, le seuil optimal se situe entre 18 et 23 %. Également, des Se et Sp différentes sont mesurées pour chacun de ses seuils (Morrill et *al.*, 2015). Ainsi, pour résumer les résultats retrouvés dans la littérature sur le diagnostic du Rbrix, une revue systématique a été réalisée par Buczinski et Vandeweerd en 2016. En se basant sur 11 études et 4 251 échantillons de colostrum, ils suggèrent l'utilisation du seuil de ≥22 % (Se=80,2 % ; Sp=82,6 %) évaluer uniquement les colostrums de qualité adéquate. Dans ce contexte, l'utilisation de ce seuil va limiter les faux négatifs, c'est-à-dire limiter que des colostrums de concentration en IgG <50 g/L soit faussement classés comme possédant une qualité immunologique adéquate par le Rbrix. Pour discriminer les colostrums de qualité inadéquate, l'utilisation du seuil de <18 % (Se=96,1 %; Sp=54,5 %) est suggéré. En effet, diminuer le seuil va diminuer les chances de rejeter inutilement des colostrums de qualités immunologiques adéquates (diminue les faux positifs).

Le réfractomètre est un outil de choix pour évaluer la qualité du colostrum, puisqu'il n'est pas sensible à la température du colostrum. Il s'utilise sur du colostrum congelé ou frais, car il assure une lecture stable des solides totaux entre 5 °C à 38 °C. La réfractométrie une technique simple et rapide permettant de différencier un colostrum de mauvaise ou de bonne qualité immunitaire (Bielmann et *al*., 2010).

III.3. Évaluation de la qualité du transfert d'immunité passive

III.3.1.Les outils de mesure directe des immunoglobulines sériques

III.3.1.1. La méthode d'immuno-enzymatique (ELISA)

Le test ELISA permet aussi le dosage quantitatif des immunoglobulines sériques du veau. La méthode de dosage est semblable à celle déjà présentée dans la partie relative à l'évaluation du colostrum.

III.3.1.2. Immunodiffusion radiale :

Le principe est le même que pour doser les IgG colostrales. Cette technique est très précise, mais la durée de réalisation est longue (18 à 24h). Le coût par analyse est d'environ 6 euros par test. Cette technique est relativement laborieuse pour l'analyse d'un grand nombre d'échantillons (Lee et *al.*, 2008).

III.3.1.3. Immunoturbidimétrie :

L'immunoturbidimétrie est une méthode de dosage quantitative des IgG. Elle repose sur la formation de complexe antigène-anticorps dans un milieu liquide (McVicker et *al.*, 2002), étant donné qu'elle est très précise et fortement corrélée à l'IDR (R2=0, 98). Jusqu'à récemment, cette technique n'était réalisable qu'en laboratoire. Cependant, un analyseur portatif (MBC QTII; Midland BioProducts Corp) a été développé pour fournir des résultats en moins de 15 minutes à la ferme. Cette technique est toutefois trop dispendieuse (environ 7 USD/test) pour un contrôle régulier du TIP (Alley et *al.*, 2012).

III.3.1.4. Test enzymatique :

Comme pour le colostrum, Ce test enzymatique se base sur le principe du test STIGA combinée à l'utilisation d'un glucomètre portable afin de rendre possible l'utilisation de ce test sur le terrain. Les premiers résultats obtenus sont bien corrélés avec ceux obtenus par IDR (R entre 0,83 et 0,94). La version de ce test utilisable sur le terrain est actuellement en cours de développement (Drikic *et al.*, 2018).

III.3.2.Les outils de mesure indirecte des immunoglobulines sériques

III.3.2.1. L'électrophorèse des protéines sériques

L'électrophorèse repose sur le principe de séparation des protéines, ces derniers se séparent en 4 grands groupes : les albumines, les α-globulines, les β-globulines et les γ-globulines, ce dernier groupe comprenant l'ensemble des Ig (Kaneko *et al.*, 2008), selon leurs poids moléculaire en les chargeant négativement par la présence d'agents réducteurs sous l'influence d'un champ électrique créé par une tension continue. Les protéines migrent vers le

pôle positif d'autant plus vite qu'elles sont de faible poids moléculaire. Par la suite, la détection des différentes immunoglobulines se fait grâce à des anticorps spécifiques anti-Ig (Tóthová *et al.*, 2013. Sur le terrain, son utilisation est limitée par un coût relativement élevé ainsi que par les délais de réalisation technique et de réception des résultats (Godeau et *al.*, 1996).

III.3.2.2. Le dosage des *Gamma-glutamyl transférases* (GGT)

Les GGT sont des enzymes qui participent au métabolisme des acides aminés (Kaneko *et al.*, 2008). Ils sont des enzymes synthétisées par le tissu mammaire et présentent en concentration importante dans le colostrum, environ 500 UI/L. Les GGT sont absorbées au niveau intestinal en même temps que d'autres macromolécules protéiques, en particulier les Ig. On retrouve donc des concentrations importantes de GGT, beaucoup plus que pour un adulte, chez le veau après la prise colostrale (Weaver, 2000 ; Hogan, 2015).

L'activité GGT sérique doit être supérieure à 200 UI/L à 1 jour, supérieure à 100 UI/ 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 (Parish et *al.*, 1997). Cependant, la concentration GGT varie beaucoup entre individus et chute rapidement au cours des deux premières semaines post partum (Weaver, 2000 ; Hogan, 2015). D'après Maillard. (2000), la mesure des γ-GT serait le test le plus performant pour déterminer le statut du TIP des veaux (au seuil de 50 UI/L, Se=93%, Sp=92%). La mesure des γ-GT semble être un test moins sensible (80%) lorsque le statut des veaux (malade ou sain) de l'échantillon n'est pas connu (Perino et *al.*, 1993). De plus les seuils de décision semblent très différents entre les études. Ce dosage a été évalué en tant qu'estimation de la concentration sérique en IgG. La corrélation linéaire entre les concentrations de GGT et d'IgG est faible à moyenne, de l'ordre de 0.50 à 0.65 (Vandeputte, 2011). D'autre part, cette méthode ne peut pas être mise en œuvre sur le terrain puisqu'elle nécessite un dosage d'activité enzymatique, souvent réalisé à la clinique avec un analyseur de biochimie (Weaver, 2000 ; Hogan, 2015).

III.3.2.3. Test de coagulation au glutaraldéhyde

Ce test permet d'estimer la concentration sérique de gammaglobulines par la coagulation de ceux-ci à l'aide d'une solution de 10 % de glutaraldéhyde dans du sérum (Tennant *et al.*, 1979). Une coagulation des gammaglobulines indique une concentration sérique d'IgG1 supérieure à 6 g/L. Une absence de coagulation traduit une concentration en Ig inférieure à 4 g/L. Cette technique permet d'identifier une certaine proportion des veaux avec un mauvais TIP (<6 g/L Ig). Elle n'est toutefois pas adaptée pour identifier les veaux avec un TIP <10 g/L

d'Ig (Besser et Gay, 1994). Récemment, une autre variante du test de coagulation au glutaraldéhyde a été développée (Calf- IgG-Test®) (Guyot *et al.*, 2015).

III.3.2.4. Test de turbidité au sulfate de zinc (test qualitatif)

Ce test se base sur la capacité du sulfate de zinc à précipiter les protéines de haut poids moléculaire comme les Ig. En particulier les Ig créant une certaine turbidité en cas de réaction positive mesurable au spectrophotomètre à 498 nm (Ravary et Satller, 2006). Une turbidité supérieure à 20 unités est considérée comme adéquate (Andrews, 2004). Cette technique n'est plus utilisée en pratique car elle a tendance à fausser le classement des veaux en faisant apparaître des veaux sains comme ayant un échec du TIC (Hogan *et al.*, 2015).

III.3.2.5. Test de précipitation au sulfite de sodium

Le test de turbidité au sulfate de sodium est rapide, semi-quantitatif et peu couteux (Lee et *al.*, 2008). Il repose sur la capacité d'une solution de sel à précipiter les IgG (Weaver et *al.*, 2000). Ce test utilise 3 concentrations de sulfite de sodium (Na_2SO_3) de 14 %, 16 % et 18 % pour distinguer le transfert d'IgG de <5 g/L, de 5 à 15 g/L et de >15 g/L d'Ig, respectivement (Pfeiffer, et *al.*, 1977). Selon l'étude de Tyler *et al.* (1999), la concentration sérique d'IgG la plus faible obtenue lors d'une précipitation avec la solution de 18 % de Na_2SO_3 est de 6,45 g/L. Ainsi, ils suggèrent d'utiliser uniquement la solution de 18 % pour maximiser l'exactitude du test à identifier les veaux avec un TIP adéquat (Ravary et Sattler, 2006).

III.3.2.6. Evaluation des protéines totales par réfractométrie optique

La réfractométrie optique permet aussi d'estimer indirectement le transfert d'immunité passive par le dosage des protéines totales sériques. Les principes de réfractométrie sont les mêmes que pour évaluer le taux de protéines du colostrum (Quigley, 2001). Plusieurs études ont évalué l'exactitude de ce test diagnostique en y mesurant la sensibilité et la spécificité à différents seuils de concentration de PT. Les seuils suggérés par les experts varient entre 50 g/L à 58 g/L. Calloway *et al.* (2002) suggèrent l'utilisation d'un seuil de 50 g/L à 52 g/L pour maximiser l'exactitude du test (Se>80 ; Sp> 80 %). Vandeputte *et al.* (2011) proposent des seuils de PT plus élevé de 54 g/L à 58 g/L (Se=100% ; Sp>90%). La revue systématique et méta-analyse publiée récemment par Buczinski *et al.*, en 2018, fourni une estimation récapitulative de la Se et Sp au seuil de 52 g/L ou de 55 g/L. À partir de leurs résultats, ils conseillent le seuil minimal de 52 g/L pour mieux identifier les veaux avec un bon TIP et minimiser le cas de faux positif. Aussi, ils suggèrent un seuil maximal 55 g/L pour mieux identifier les veaux en condition d'échec du TIP et minimiser les faux négatifs.

Chez le veau âgé de 1 à 7 jours, les principaux constituants des protéines totales sont les immunoglobulines. Le coefficient de corrélation entre les concentrations sériques en protéines totales et en IgG est d'environ 0,71 chez le veau âgé de 24 h. Cette corrélation n'est toutefois pas absolue (Quigley, 2001). En se basant sur cette corrélation, il est possible de définir des seuils de concentrations sériques en protéines totales permettant d'évaluer le niveau de transfert colostral (tableau 2).

Tableau 2 : Niveau de transfert colostral en fonction de la concentration sérique en protéines mesurée par réfractométrie (d'après Quigley, 2001)

Teneur en protéines totales (g/dL) dans le sérum	**Niveau de transfert colostral**
> 5	Réussite du transfert colostral ([IgG] > 10g/L)
4,75-5,0	Transfert colostral limite (10 > [IgG] > 8 g/L)
< 4,75	Echec du transfert colostral ([IgG] < 8g/L)

Il est un outil simple, rapide et moins dispendieux à long terme, il ne nécessite aucune centrifugation lorsque l'échantillon est mis au repos pour une séparation des constituants sanguins (Wallace et *al.*, 2006). Il n'est pas influencé par la température comme le démontrent les études de Vandeputte *et al.* (2011) et de Calloway *et al.* (2002) où aucune différence significative n'a été observée entre les réfractomètres, ATC et non ATC (Automatic Temperature Compensating).

PARTIE
EXPERIMENTALE

I. LES OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le transfert d'immunité passive (TIP) par l'ingestion de colostrum de bonne qualité est l'un des paramètres à maitriser pour prévenir les pathologies néonatales chez le veau. Le TIP s'évalue soit via le dosage des IgG sériques (méthode directe) comme IDR et Elisa ou via la mesure d'autres paramètres qui sont corrélés avec la concentration en IgG sériques (méthodes indirectes). La réfractométrie et la mesure de l'activité des gamma-glutamyl transférases (GGT) sont souvent utilisées pour l'évaluation de TIP chez le veau. Les objectifs de cette étude se résument à :

1. Évaluer la qualité du colostrum chez les vaches
2. Évaluer le transfert d'immunité passive chez les veaux
3. Caractériser certains facteurs de variation de la qualité du colostrum et du transfert d'immunité passive.

II. MATERIEL ET METHODES :

1. Lieu et période de l'étude :

Notre étude a été réalisée au niveau de deux (02) élevages de bovins situés dans la wilaya de Tipaza (ferme SPA Douma et ferme Ibrahim), durant une période de neuf mois de novembre 2019 à juillet 2020.

2. MATERIEL

2.1. Les élevages (animaux)

Sur un nombre total de 240 vaches présent dans les élevages, 37 vaches ont été sélectionnés. Le nombre de primipares et multipares échantilloné a été respectivement de 05, 32 (Tableau 03).

Tableau 03 : Distribution du nombre d'animaux inclus dans l'étude.

Parité	Elevage 1		Elevage 2		Total	
	Effectif	Echantillon	Effectif	Echantillon	Effectif	Echantillon
Génisses	27	0	26	0	53	0
Primipares	7	3	28	2	35	5
Multipares	59	13	93	19	152	32
Total	93	16	147	21	240	37

Les races des vaches prédominantes dans les deux élevages ont été par ordre la Fleckvieh, la Holstein et la Montbéliarde (Tableau 04).

Tableau 04: Les races bovines prédominantes dans les deux élevages

Races	Elevage 1	Elevage 2	Total
FLECKVIEH	12	21	33
PRIM-HOLSTEIN	3	0	3
MONTBELIARDE	1	0	1
Total	16	21	37

2.1.1. Les caractéristiques des élevages

2.1.1.1. Le bâtiment d'élevage

Les caractéristiques des élevages sélectionnés : le type, l'état d'hygiène, la litière, système cornadis, type de stabulation et la présence ou non de l'aire d'exercice sont rapportées dans (Tableau 05)

Tableau 05 : Les caractéristiques des deux élevages

Caractéristiques	Elevage 1	Elevage 2
Type de bâtiment	Semi ouvert	semi ouvert
Etat d'hygiène	Moyen	excellent
Laitière	Présente	présente
Système cornadis	Présent	Présent
Type de stabulation	Libre	libre
Aire d'exercice	Présente	Présente

2.1.1.2. Alimentation

L'alimentation pour les 2 élevages a été à base de fourrage et de concentré comme présenté dans le tableau 06.

Tableau 06 : Type et quantité d'aliment distribué dans les deux enlevages

	Elevage 1				Elevage 2			
Type d'aliment	fourrage (ensilage ou luzerne)			Concentré de commerce	fourrage			Concentré de commerce
	Paille	ensilage	luzerne		Fourrage sec	paille	ensilage	
Quantité (kg)	2-3	22	20-25	9	4	2-3	15-22	12

2.1.1.3. La conduite d'élevage :

Les paramètres zootechniques ont été semblables pour les deux élevages à l'exception de la distribution de la même alimentation pour tous les stades de lactation qui a été différente (Tableau 07)

Tableau 07 : Conduite d'élevage pratiquée dans les deux fermes

Conduite d'élevage	Elevage 1	Elevage 2
Même alimentation pour tous les animaux (VL, GP, tarie)	non	non
Même alimentation pour tous les stades de lactation	oui	non
Distribution du concentré durant les dernières semaines de tarissement	oui	oui
Séparation des vaches taries	oui	oui
Séparation des vaches malades	oui	oui
Séparation des veaux après vêlage	oui	oui

VL : vache laitière, GP : génisse pleine

2.2. Matériel de prélèvement

Le petit matériel suivant a été nécessaire pour réaliser les prélèvements et la conservation des échantillons de colostrum et sang :

- Des flacons pour les prélèvements de colostrum.
- Les tubes secs sous vide stériles de 10 ml (BD Vacutainer®) pour les prélèvements de sang
- Des étiquettes pour l'identification des tubes et flacons

- Porte aiguillés et aiguillés de prélèvements 18G (BD Vacutainer®)
- Micro pipette de 10, 100 et 1000 µl
- Les cônes eppendorf pour la conservation du sérum.
- Glacière

2.3. Matériel d'analyse des échantillons :

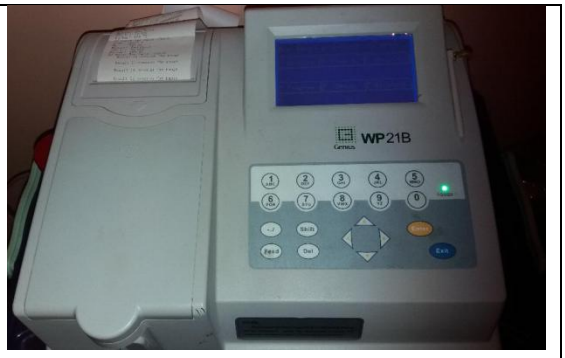
La qualité immunoglogique des colostrums et des sérums, et le dosage des GGT sériques ont été évalués à l'aide des outils suivants :

- **Un appareil «refractomètre optique» :** La concentration en immunoglobulines du colostrum et du sérum a été mesurée à l'aide du refractomètre optique disposant d'une compensation automatique de température 10 – 30°C (ATC *: Automatic Temperature Compensation, Italie*), d'une résolution de 0.2 % brix et d'une gamme de 0 à 32 % brix (Figure 03).



Figure 03 : Réfractomètre optique ATC (prisme, couvercle, vis de calibration, poignée, réglage de la focale, oculaire)

- **Un analyseur de biochimie semi-automatique** WP 21B « SHENZHEN GENIUS ELECTRONICS CO », un Kit commercial de marque : *Spinreact*® (Espagne) et un bain marie ont été utilisés pour le dosage des GGT sériques (Figure 04 et 05)**.**

	
Figure 04: kit de dosage des GGT (réactifs R1et R2)	Figure 05: Analyseur biochimique semi-automatique WP 21B

3. METHODES :

3.1. La sélection des animaux :

Les vaches en fin de gestation (9 mois) ont été sélectionnées pour cette étude. La récolte des échantillons a concernée 16 couples vache- veaux dans le premier élevage et 21 couples vaches-veaux dans le deuxième élevage, soit au total de 74 échantillons (37 colostrums et 37 sérums). Différentes informations ont été recueilliées sur le système de production des élevages (vache et veau), en utilisant des fiches de renseignements (Annexe 1) comportant les points suivants : conditions d'élevage, numéro du veau et de la mère, race du veau et de la mère, date de naissance, conditions de vêlage (vêlage sans ou avec aide, césarienne), date du prélèvement de colostrum, date du prélèvement sanguin, maladies observées (vache / veau).

3.2 . Les prélèvements et conditionnement

3.2.1. Colostrum

Les échantillons correspondent à un colostrum de mélange des quatre quartiers. L'échantillon est prélevé « à la main », rapidement après le vêlage lors de la première ou la deuxième traite dans des flacons stériles et identifiés (numéro de la vache et de la traite). Les prélèvements sont acheminés au laboratoire de l'ISV de Blida dans une glacière à +4 c° et sont ensuite congelés à -20°C jusqu'au moment de l'analyse (Figure 06).



Figure 06: Les échantillons de colostrum de différentes traites

3.2.2. Sang

Les prélèvements sanguins ont été effectués dans un délai de 1 à 6 jours après la naissance des veaux (Tableau 08), à partir de la veine jugulaire dans des tubes secs identifiés de 10 ml. L'échantillon est par la suite mis au repos pour une séparation des constituants sanguins.

Tableau 08: Délais entre la naissance et les prélèvements sanguins effectués.

Délais entre vêlage et le prélèvement (jour)	**Nombre de veaux**
1 jour	13
2 jours	07
3 jours	03
4 jours	06
5 jours	04
6 jours	04
Total	**37**

Une fois formé le caillot est retiré. Le sérum qui reste est congelé à -20°C dans les cônes eppendorf dans les plus brefs délais jusqu'au moment de l'analyse (Figure 07).

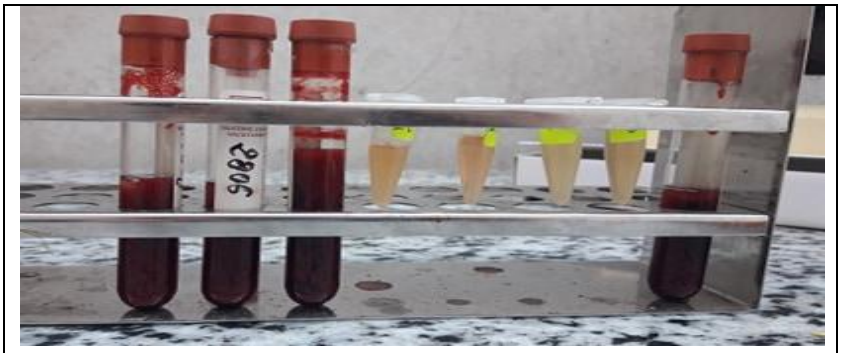


Figure 07 : Prélèvements sanguins effectués sur les veaux et sérums conservés dans les cônes eppendorf.

3.3. Techniques d'analyses :

En vue d'évaluer la qualité du colostrum et du TIP, les analyses suivantes ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'ISV de Blida:

3.3.1. La réfractométrie

Le refractomètre est un dispositif qui permet l'évaluation des protéines colostrales et sériques totales (corrélées aux immunoglobulines et plus particulièrement aux IgG). En effet, la richesse du colostrum ou sérum en immunoglobulines modifie la réfraction de la lumière.

Afin d'obtenir des résultats fiables, une calibration du réfractomètre a été effectuée. Elle consiste à soulever le couvercle et de poser 2 ou 3 gouttes d'eau sur le prisme. Le couvercle est rabattu et pressé doucement de façon à ce que le liquide soit bien réparti sur la surface du prisme. Attendre trente secondes et regarder vers une source de lumière à travers le réfractomètre.

Une fois l'image adaptée à la vue de l'opérateur avec le réglage de focale, une image ci-dessous devrez apparaître (Figure 08). La limite entre les 2 couleurs de fond représente la valeur mesurée. Elle doit se trouver sur le 0.

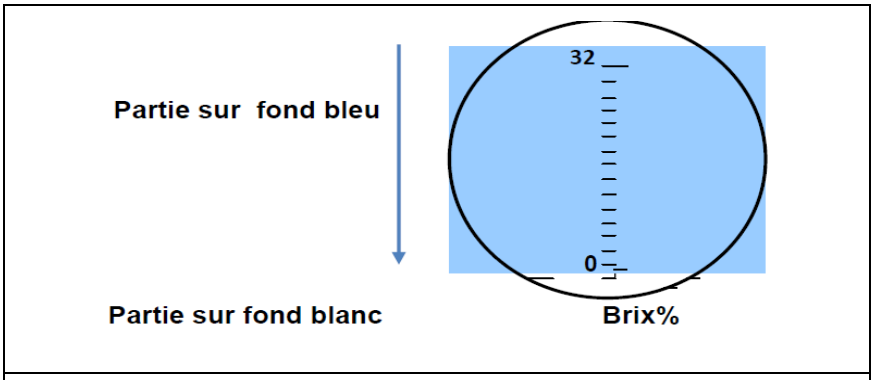


Figure 08 : image de calibration du réfractomètre

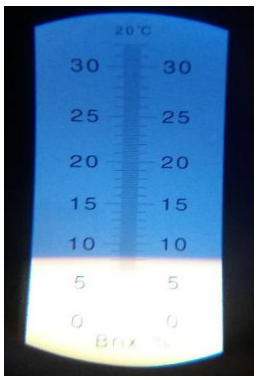
Pour les mesures de concentration en immunoglobulines du colostrum et du sérum, les mêmes étapes sont répétées avec quelques gouttes de colostrum ou de sérum à la place de l'eau (Figure 09). La valeur du colostrum ou sérum est relevée sur l'échelle graduée de 0 à 32 %.



A



B



C

Figure 09 : (A) dépôt de gouttes de sérum sur le prisme du réfractomètre optique (B) Couvercle rabattu (c) lecture en pourcentage Brix

3.3.2. Le Gamma Glutamyl Transférase (*γ-GT*, ou *Gamma-GT*, ou *GGT*) :

Les concentrations circulantes des ***GGT*** ont été déterminées selon les recommandations du fabricant du kit commercial (*Spinreact*®) présentées en (Annexe 2). Le principe de cette méthode est :

- La γ-GT catalyse le transfert d'un groupe γ glutamyl de la γ-glutamyl-p-nitroanilide au dipeptide accepteur glycilglycine, d'après la réaction suivante:

  L- γ-Glutamyl-3-carboxi-4-nitroanilide + glycylglycine ——γ–GT ——→ L- γ-Glutamyl-glycylglycine + Acide 5-aminé-2-nitrobenzoïque.
- La vitesse de formation de l'acide 5-aminé-2-nitrobenzoïque déterminée par photométrie est proportionnelle à la concentration catalytique de γ- GT dans l'échantillon de sérum testé.
- La lecture de l'absorbance (Analyseur biochimique semi-automatique) se fait à 405 nm.

3.4. Analyse et interprétation des données :

L'ensemble des données ont été saisies informatiquement sur fichier Excel, puis analysées à l'aide du logiciel Systat 2010. Les résultats ont été exprimés par la moyenne ± écart type et les pourcentages.

Les concentrations en immunoglobulines colostrales et sériques (g/l) ont été estimées au moyen d'un logiciel calculateur de Quigely et al. (2013) en utilisant les mesures obtenues par le réfractomètre optique (% brix).

- Les valeurs seuils en pourcentage Brix [très pauvre (≤17%), pauvre (18-21%), bon (22-29%), très bon (≥30%)] proposées par Buczinski et Vandeweerd (2016) ont été utilisées pour évaluer la qualité du colostrum.
- La valeur seuil de 8.4% en pourcentage Brix proposées par Deelen et al. (2014) et Elsohaby et al. (2015) a été utilisée pour évaluer la qualité du transfert d'immunité passive chez le veau.
- La valeur seuil de 50 UI/L de GGT proposée par Maillard. (2000) a été utilisée pour évaluer un défaut de transfert passif d'immunité.

III. RESULTATS

Les résultats sont présentés comme suit :

- Étude descriptive relative à la concentration colostrale et sérique en IgG.
- Étude analytique relative à l'évaluation de la qualité du colostrum et le transfert d'immunité passive
- Facteurs influençant la qualité du colostrum et le transfert de l'immunité passive.

I. Etude descriptive

I.1. Concentration colostrale en IgG chez les vaches :

I.1.1. Elevage 1 :

Les résultats de l'évaluation de la concentration en protéines totales (IgG) du colostrum par le réfractomètre de brix (Rbrix) optique de l'élevage 1 sont rapportés dans le tableau suivant :

Tableau 09: Concentration colostrales en IgG de l'élevage 1

N° vache	IgG	
	Rbrix (%)	estimée (g/l)
1	32	119.42
2	24	74.9
3	13	11.8
4	26	85.4
5	12	6.10
6	28	96.8
7	31	113.8
8	30	108.1
9	32	119.42
10	30	108.1
11	20	51.4
12	26	85.4
13	13	11.8
14	20	51.4
15	22	62.8
16	24	74.9
Moyenne ± écart type	**23.93±6.59**	**73.84±37.34**

- La moyenne des mesures au Rbrix de l'élevage 1 est de 23.93±6.59 %. La moyenne de la concentration en IgG estimée est de 73.84 g/ l. La valeur la plus basse obtenue est de 6.10 g/L et la plus élevée est de 119.42 g/ l.

La figure ci-dessous montre la répartition des classes de concentrations en IgG (g/l) des colostrums de l'élevage 1.

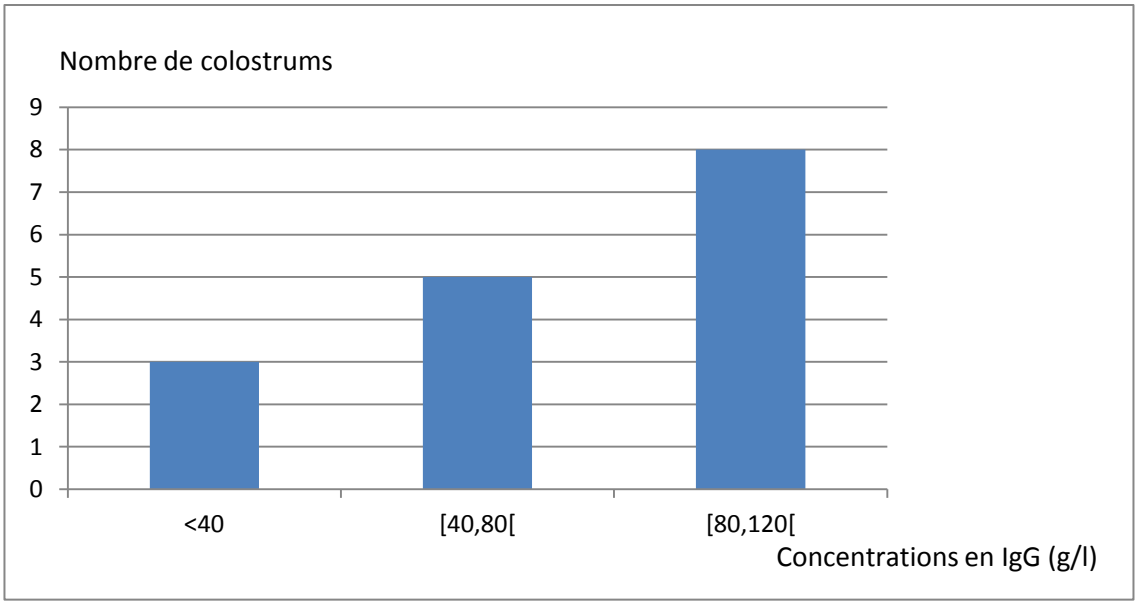


Figure 10 : Histogramme de répartition des concentrations en IgG des colostrums de l'élevage1

I.1.2. Elevage 2 :

Les résultats de l'évaluation de la concentration en protéines totales (IgG) du colostrum par Rbrix de l'élevage 2 sont rapportés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Concentration colostrales en IgG de l'élevage 2

N° vache	IgG	
	Rbrix (%)	estimée (g/l)
1	17.5	37.3
2	32	119.42
3	14	17.4
4	25	79.8
5	24	74.1
6	29	102.4
7	12	6.10
8	12	6.10
9	14	17.4
10	12	6.10
11	28	96.8
12	17	34.4
13	12	6.10
14	22	62.8
15	12	6.10
16	32	119.42
17	15.5	25.9
18	25	79.8
19	21	57.1
20	32	119.42
21	21	57.1
Moyenne ± écart type	**20.42** ± **7.14**	**53.86** ± **40.50**

- La moyenne des mesures au Rbrix de l'élevage 2 est de 20.42 ± 7.14 %. La moyenne de la concentration en IgG estimée est de 53.86 g/ l. La valeur la plus basse obtenue est de 6.10 g/L et la plus élevée est de 119.42 g/ l.

La figure ci-dessous montre la répartition des classes de concentrations en IgG (g/l) des colostrums de l'élevage 2.

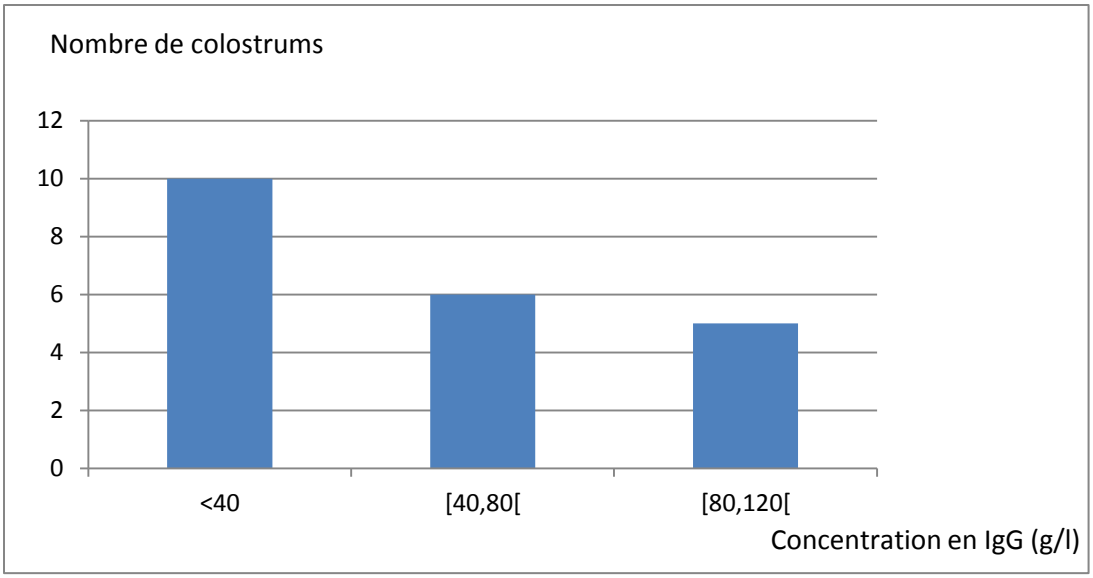


Figure 11 : Histogramme de répartition des concentrations en IgG des colostrums des vaches de l'élevage 2.

I.1.3. Les deux élevages (l'ensemble des vaches):

Les résultats de l'évaluation de la concentration en protéines totales (en IgG) du colostrum par Rbrix de l'ensemble des vaches sont rapportés dans le tableau suivant :

Tableau 11: Concentration colostrales en IgG des deux élevages

N° élevage	IgG	
	Rbrix (%)	estimée (g/l)
1	23.93	73.84
2	20.42	53.86
Moyenne ± écart type	**22.17 ± 1.75**	**63.85 ± 9.99**

- La moyenne des mesures au Rbrix des deux élevages est de 22.17±1.75 %. La moyenne de la concentration en IgG estimée est de 63.85 g/ l. La valeur la plus basse obtenue est de 6.10 g/L et la plus élevée est de 119.42 g/ l.

La figure ci-dessous montre la répartition des classes de concentrations en IgG (g/l) des colostrums des deux élevages.

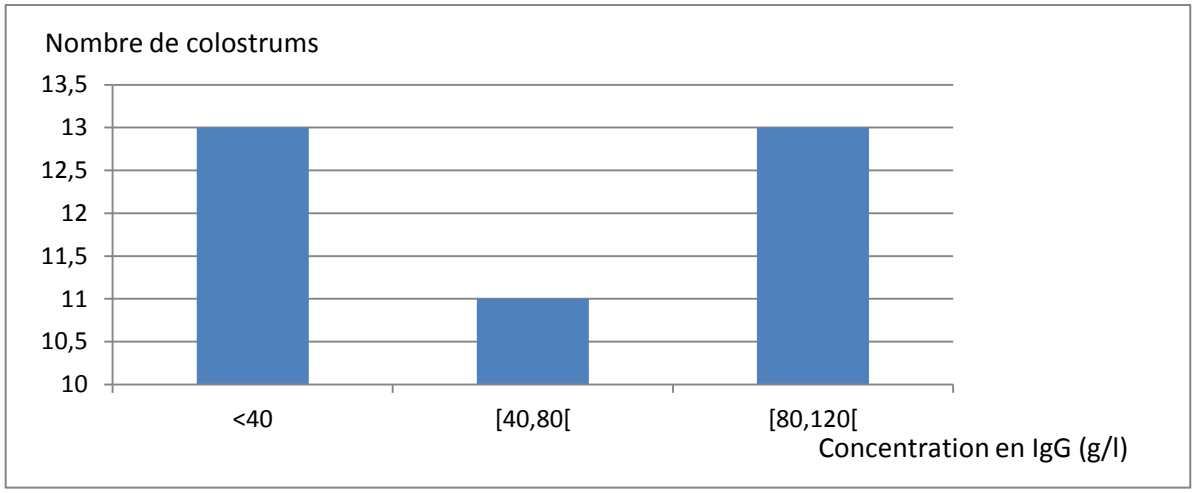


Figure 12 : Histogramme de répartition des concentrations en IgG des colostrums des vaches des deux élevages.

I.2. Concentration sérique en IgG chez les veaux :

I.2.1. Elevage 1 :

Les résultats de l'évaluation de la concentration sérique en protéines totales (IgG) par Rbrix optique de l'élevage 1 sont rapportés dans le tableau suivant :

Tableau 12: Concentration sérique en IgG des veaux de l'élevage 1

N° Veau	IgG	
	Rbrix (%)	estimée (g/l)
1	15	87.7
2	10	32.2
3	10	32.2
4	10	32.2
5	8	10.1
6	11	43.3
7	9	21.2
8	7.5	4.5
9	12	54.4
10	9	21.2
11	11.5	48.9
12	9	21.2
13	8.5	15.6
14	10	32.2
15	13	65.5
16	10	32.2
Moyenne± écart type	**10.21 ± 1.87**	**34.66 ± 20.73**

- La moyenne des mesures au Rbrix de l'élevage 1 est de 10.21±1.87%. La moyenne de la concentration en IgG estimée est de 34.66 g/L. Les concentrations sériques minimales et maximales étaient respectivement de 4.5 g/L et 87.7 g/L.

La figure ci-dessous montre la répartition des concentrations sériques en IgG (g/l) des veaux de l'élevage 1.

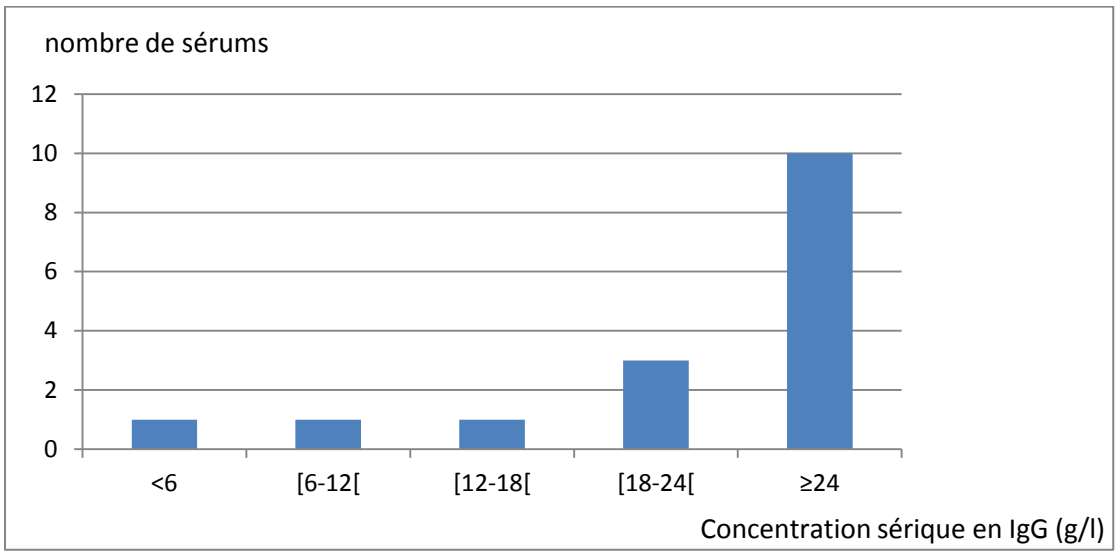


Figure 13 : Histogramme de répartition des concentrations sériques en IgG des veaux de l'élevage 1

I.2.2. Elevage 2 :

Les résultats de l'évaluation de la concentration sérique en protéines totales (IgG) par Rbrix optique sont rapportés dans le tableau 13 :

- La moyenne des mesures au Rbrix de l'élevage 2 est de 8.98±2.79 %. La moyenne de la concentration en IgG estimée est de 21.93 g/L. Les concentrations sériques minimales et maximales étaient respectivement de 0.06 g/L et 120.9 g/L.

Tableau 13 : Concentration sérique en IgG des veaux de l'élevage 2

N° Veau	IgG	
	Rbrix (%)	estimée (g/l)
1	10	32.2
2	15.2	89.9
3	8.2	12.3
4	8.5	15.6
5	8	10.1
6	9	21.2
7	18	120.9
8	7.2	1.2
9	8.5	15.6
10	10	32.2
11	7.2	1.2
12	8	10.1
13	11	43.3
14	7.8	7.8
15	6	0.06
16	7.1	0.1
17	10	32.2
18	7.2	1.2
19	8.2	12.3
20	7.2	1.2
21	6.4	0.07
Moyenne ± écart type	**8.98 ± 2.79**	**21.93 ± 30.14**

La figure ci-dessous montre la répartition des concentrations sériques en IgG (g/l) des veaux de l'élevage 2.

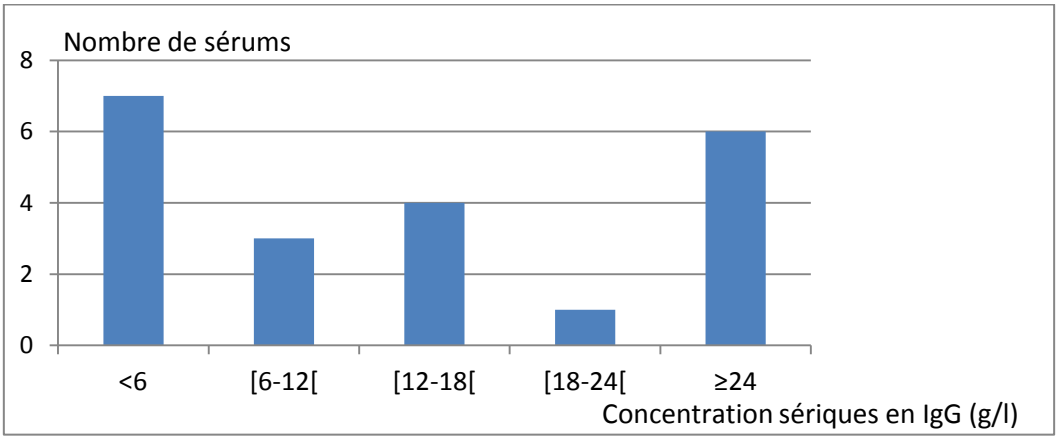


Figure 14 : Histogramme de répartition des concentrations sériques en IgG des veaux de l'élevage 2

I.2.3. Les deux élevages (l'ensemble des veaux):

Les résultats de l'évaluation de la concentration sérique en protéines totales (IgG) par Rbrix optique de l'ensemble des veaux sont rapportés dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Concentration sérique en IgG de l'ensemble des veaux

N° élevage	IgG	
	Rbrix (%)	estimée (g/l)
1	10.21	34.66
2	8.98	21.93
Moyenne ± écart type	9.59 ± 0.61	28.29 ± 6.36

- La moyenne des mesures au Rbrix de l'ensemble des veaux est de 9.59±0.61%. La moyenne de la concentration en IgG estimée est de 28.29 g/L. Les concentrations sériques minimales et maximales étaient respectivement de 0.06 g/L et 120.9 g/L.

La figure ci-dessous montre la répartition des concentrations sériques en IgG (g/l) des veaux des deux élevages.

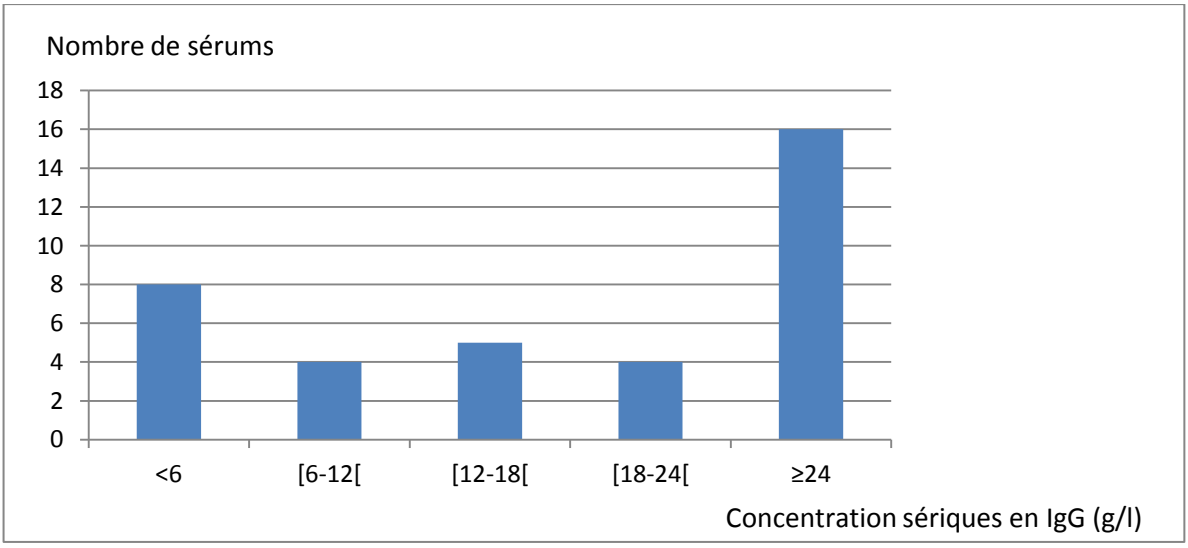


Figure 15 : Histogramme de répartition des concentrations sériques en IgG des veaux des deux élevages

I.3. Concentration sérique en GGT chez les veaux :

I. 3. 1. Elevage 1 :

Les mesures sériques en GGT des veaux de l'élevage 1 sont rapportées dans le tableau 15 :

Tableau 15 : Concentration sérique en GGT des veaux de l'élevage 1

N° Veau	GGT (UI/L)
1	44.6
2	74.3
3	344.3
4	127
5	59.4
6	33.4
7	122.3
8	90.00
9	44.6
10	45.4
11	18.8
12	62.5
13	77.5
14	20.7
15	37.6
16	28.2
Moyenne ± écart type	**76.91 ± 75.90**

- La moyenne des mesures de la concentration en GGT de l'élevage 1 est de 76.91±75.90 UI/L. Les concentrations sériques minimales et maximales étaient respectivement de 18.8 UI/L et 344.3 UI/L.

La figure ci-dessous montre la répartition en GGT des concentrations sériques des veaux de l'élevage 1.

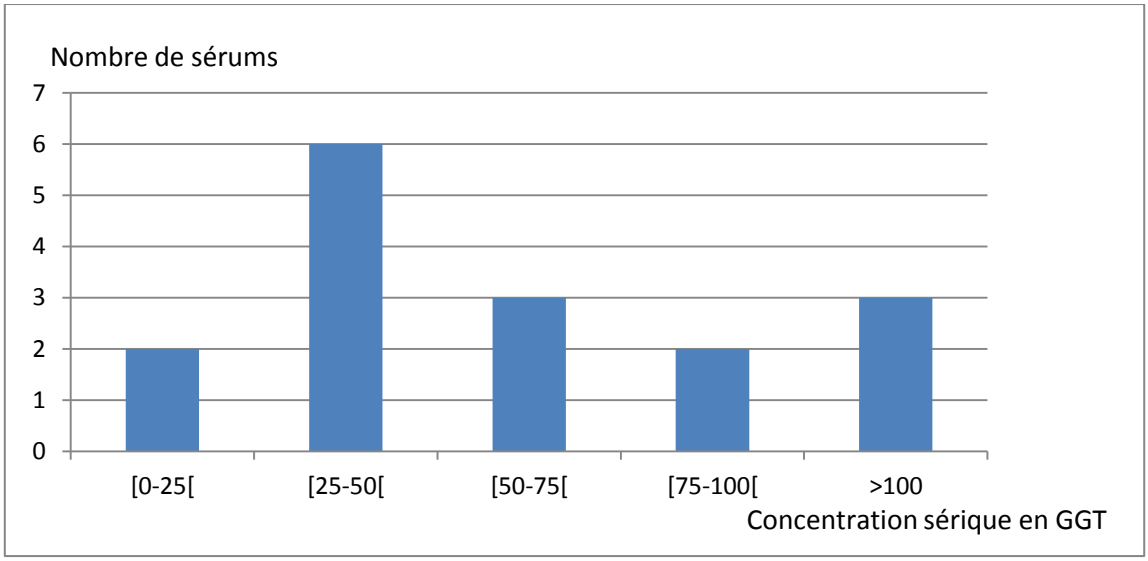


Figure 16: Histogramme de répartition des concentrations sériques en GGT des veaux de l'élevage 1

I.3.2. Elevage 2 :

Les mesures sériques en GGT des veaux de l'élevage 2 sont rapportées dans le tableau 16 :

Tableau 16 : Concentration sérique en GGT des veaux de l'élevage 2

N° Veau	GGT (UI/L)
1	20.7
2	113
3	20.7
4	160.7
5	45.6
6	416.9
7	276
8	198.8
9	140
10	108.9
11	143.8
12	106.6
13	56.4
14	60.5
15	108.8
16	154.7
17	57.4
18	73.5
19	58.9
20	72.4
21	42.3
Moyenne± écart type	**116.02 ± 90.92**

- La moyenne des mesures de la concentration en GGT de l'élevage 2 est de 116.02± 90.92 UI/L. Les concentrations sériques minimales et maximales étaient respectivement de 20.7 UI/L et 416.9 UI/L.

La figure ci-dessous montre la répartition en GGT des concentrations sériques des veaux de l'élevage 2.

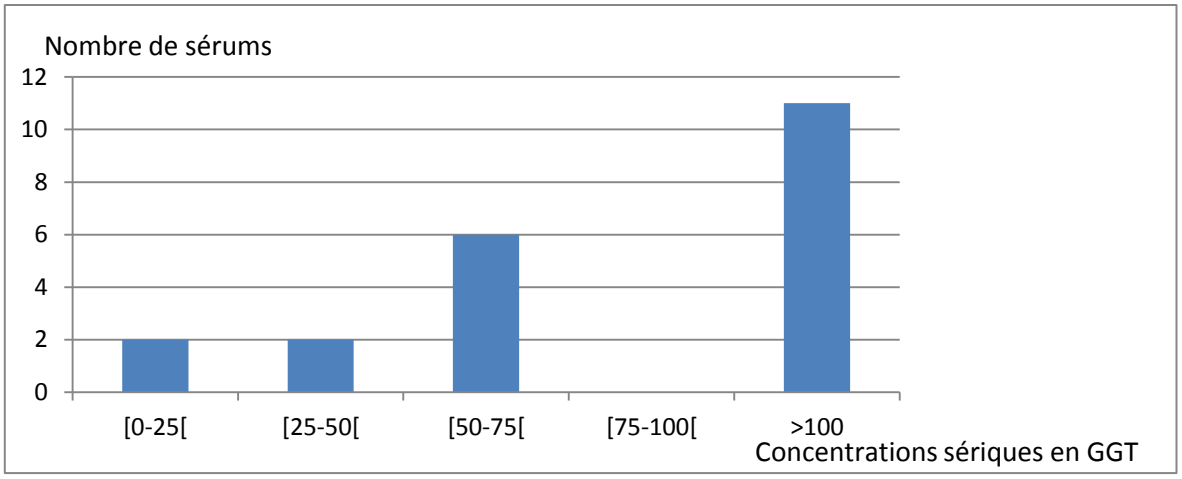


Figure 17 : Histogramme de répartition des concentrations sériques en GGT des veaux de l'élevage 2

I.3.3. Les deux élevages (l'ensemble des veaux):

Les mesures sériques en GGT des veaux de l'élevage 2 sont rapportées dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Concentration en GGT du sérum des veaux

N° élevage	GGT (UI/l)
1	76.91
2	116.02
Moyenne ± écart type	**96.46 ± 19.55**

- La moyenne des mesures de la concentration en GGT est de 96.46± 19.55 UI/L. Les concentrations sériques minimales et maximales étaient respectivement de 18.8 UI/L et 416.9 UI/L.

La figure ci-dessous montre la répartition en GGT des concentrations sériques des veaux.

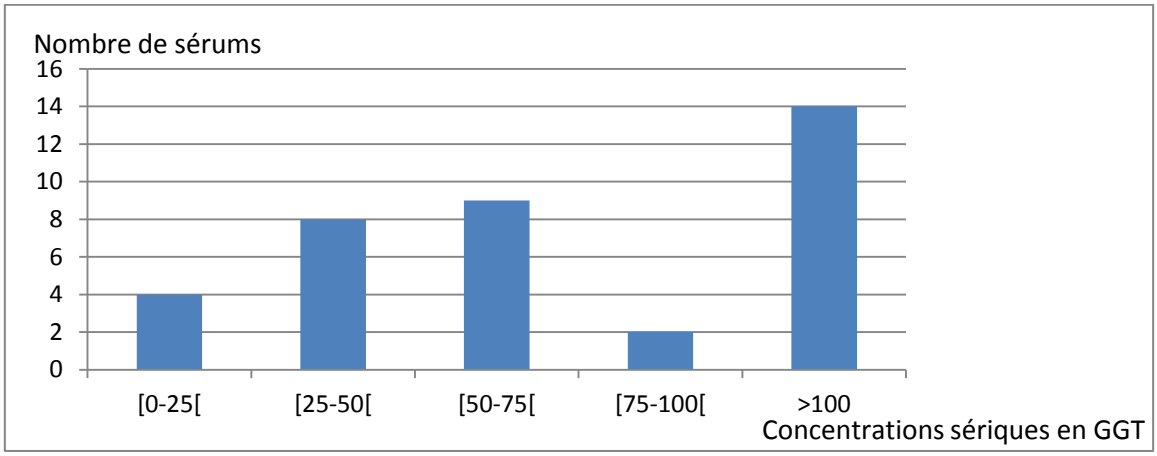


Figure 18 : Histogramme de répartition des concentrations sériques en GGT des veaux des deux élevages.

II. Etude analytique

II.1. Evaluation de la qualité immunologique des colostrums

Les résultats de la classification des colostrums selon leur qualité immunologique sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 18 : Qualité immunologique des colostrums des deux élevages

N° d'élevage	Qualité du colostrum							
	Très pauvre		Pauvre		Bon		Très bon	
	Valeurs seuils au Rbrix							
	≤17%		18-21%		22-29%		≥30%	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
1	3	18.75	2	12.5	6	37.5	5	31.25
2	9	42.85	3	14.28	6	28.57	3	14.28
Total	**12**	**32.43**	**5**	**13.51**	**12**	**32.43**	**8**	**21.62**

Nos résultats montrent que pour les deux élevages, le nombre de colostrums classés:

- Très pauvre est de 12 soit 32.43 % (élevage 1 : 18.75% et élevage 2 : 42.85%)
- Pauvre est de 05 soit 13.51 % (élevage 1 : 12.5% et élevage 2 : 14.28%)
- Bon est de 12 soit 32.43 % (élevage 1 : 37.5% et élevage 2 : 28.57%)
- Très bon est de 8 soit 21.62 % (élevage 1 : 31.25% et élevage 2 : 14.28%)

La figure ci-dessous montre la répartition des colostrums selon leur qualité immunologique.

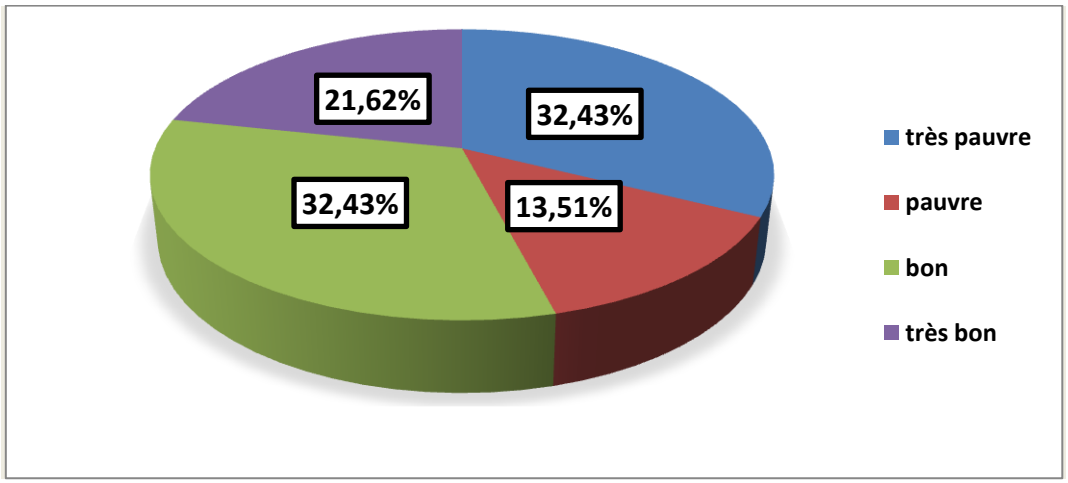


Figure 19 : Répartition des colostrums selon l'estimation (Rbrix) de leur qualité.

II.2. Evaluation de la qualité du transfert de l'immunité passive (Détection des défauts de TIP) par Rbrix :

Les résultats de la classification des veaux selon le niveau de qualité de TIP par Rbrix sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 19 : Niveau de qualité de TIP chez les veaux par Rbrix

N° élevage	Qualité de TIP			
	Mauvaise		Bonne à excellente	
	Valeurs seuils au Rbrix			
	<8.4%		≥8.4%	
	Nb	%	Nb	%
1	2	12.5	14	87.5
2	12	57.14	9	42.85
Total	**14**	**37.83**	**23**	**62.16**

Nos résultats montrent que pour les deux élevages, le nombre des sérums ayant une qualité de TIP :

- Mauvaise est de 14 soit 37.83 % (élevage 1 : 12.5% et élevage 2 : 57.14%)
- Bonne à excellente est de 23 soit 62.16 % (élevage 1 : 87.5% et élevage 2 : 42.85%)

La figure ci-dessous montre la répartition des sérums de veaux selon leur niveau de qualité de TIP.

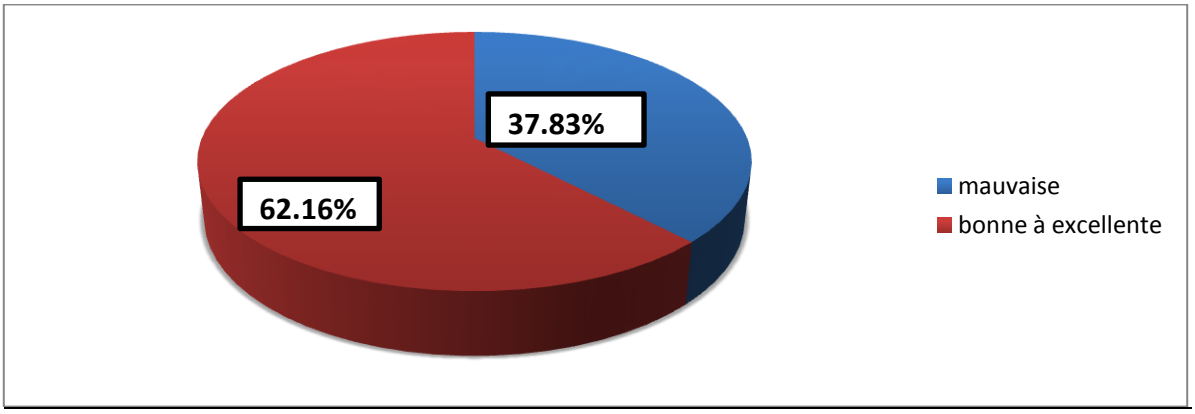


Figure 20 : Répartition des sérums de veaux selon l'estimation (Brix) de leur niveau de qualité de TIP.

II.3. Evaluation de la qualité du transfert de l'immunité passive (Détection des défauts de TIP) par dosage de GGT

Les résultats de la classification des veaux selon le niveau de qualité de TIP par dosage de GGT sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 20 : Niveau de qualité de TIP chez les veaux par dosage de GGT

N° élevage	Qualité de TIP			
	Mauvaise		Bonne à excellente	
	Valeurs seuils de GGT (UI/L)			
	<50		≥50	
	Nb	%	Nb	%
1	8	50	8	50
2	4	19.04	17	80.95
Total	**12**	**32.43**	**25**	**67.56**

Nos résultats montrent que pour les deux élevages, le nombre des sérums ayant une qualité de TIP :

- Mauvaise est de 12 soit 32.43% (élevage 1 : 50% et élevage 2 : 19.04%)
- Bonne à excellente est de 25 soit 67.56% (élevage 1 : 50% et élevage 2 : 80.95%).

La figure ci-dessous montre la répartition des sérums de veaux selon leur niveau de qualité de TIP.

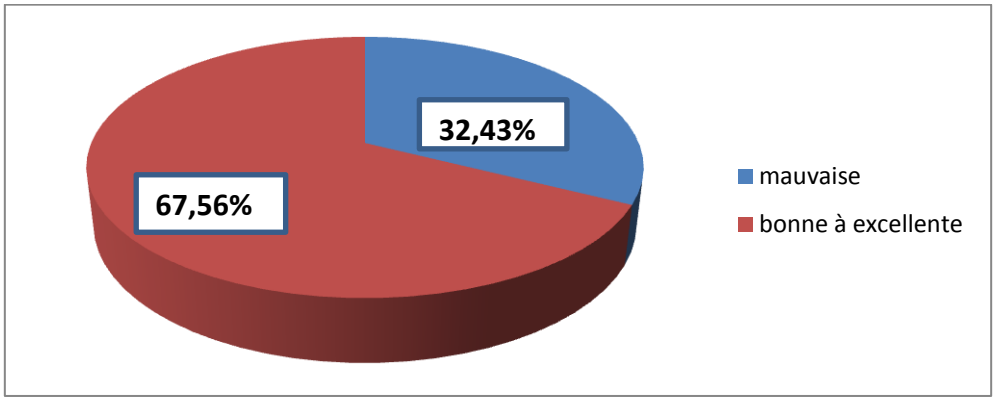


Figure 21: Répartition des sérums de veaux selon l'estimation (GGT) de leur niveau de qualité de TIP.

II.4. Relation entre la qualité colostrales et sériques en IgG évaluée par Rbrix

Les résultats de la classification du niveau de qualité de TIP évalué par Rbrix en fonction de la qualité du colostrum sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 21 : Qualité de TIP chez les veaux évaluée par Rbrix en fonction de la qualité du colostrum

N° élevage	Mauvaise qualité de TIP (Rbrix sérique <8.4%)				Bonne qualité de TIP (Rbrix sérique ≥8.4%)			
	Rbrix colostrum <22%		Rbrix colostrum ≥22%		Rbrix colostrum <22%		Rbrix colostrum ≥22%	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
1	1	6.25	1	6.25	4	25	10	62.5
2	6	28.57	6	28.57	6	28.57	3	14.28
Total	**7**	**18.91**	**7**	**18.91**	**10**	**27.02**	**13**	**35.13**

Nos résultats montrent que :

- 35.13% des veaux ayant les concentrations en IgG sériques les plus élevés sont ceux qui ont reçu des colostrums de très bonne qualité. De même, 18.91% des veaux ayant les concentrations en IgG sériques les plus faibles sont ceux qui ont reçu des colostrums de mauvaise qualité.
- Cependant, 27.02% des veaux ont présenté une bonne qualité de TIP malgré que le colostrum a été classé pauvre en IgG et 18.91% des veaux ont présenté une mauvaise qualité de TIP malgré que le colostrum reçu a été de bonne qualité.

II.5. Relation entre la qualité colostrales et sériques en IgG évaluée par GGT :

Les résultats de la classification du niveau de qualité de TIP évalué par GGT en fonction de la qualité du colostrum sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 22 : Qualité de TIP chez les veaux par GGT en fonction de la qualité du colostrum

N° élevage	Mauvaise qualité de TIP (GGT <50 UI)				Bonne qualité de TIP (GGT ≥50 UI)			
	Rbrix colostrum <22% et		Rbrix colostrum ≥22%		Rbrix colostrum <22%		Rbrix colostrum ≥22%	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
1	2	12.5	6	37.5	3	18.75	5	31.25
2	3	14.28	1	4.76	9	42.85	8	38.06
Total	**5**	**13.51**	**7**	**18.91**	**12**	**32.43**	**13**	**35.13**

Nos résultats montrent que :

- 35.13% des veaux ayant les concentrations en GGT sériques les plus élevés sont ceux qui ont reçu des colostrums de très bonne qualité. De même, 13.51% des veaux ayant les concentrations en GGT sériques les plus faibles sont ceux qui ont reçu des colostrums de mauvaise qualité.
- Cependant, 32.43% des veaux ont présenté une bonne qualité de TIP malgré que le colostrum reçu a été pauvre en IgG et 18.91% des veaux ont présenté une mauvaise qualité de TIP malgré que le colostrum reçu a été de bonne qualité.

II.6. Relation entre la qualité sérique en IgG évaluée par Rbrix et GGT :

Les résultats de la relation entre la qualité sérique en IgG évaluée par Rbrix et GGT sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 23 : Qualité de TIP chez les veaux par Rbrix et GGT

N° élevage	Rbrix <8.4% et GGT <50 UI		Rbrix <8.4% et GGT ≥50 UI		Rbrix ≥8.4% et GGT <50 UI		Rbrix ≥8.4% et GGT ≥50 UI	
	NB	%	NB	%	NB	%	NB	%
1	0	0	2	12.5	8	50	6	37.5
2	3	14.28	9	42.85	1	4.76	8	38.09
total	3	8.10	11	29.72	9	24.32	14	37.83

Nos résultats montrent que :

- 37.83% des veaux ont été classés ayant une bonne qualité de TIP par les deux méthodes d'évaluation Rbrix et GGT sériques. Cependant, le TIP de 24.32% des sérums a été classé bon et mauvais, respectivement par Rbrix et GGT.
- 8.10 % des veaux ont présenté une mauvaise qualité de TIP par les deux méthodes d'évaluation Rbrix et GGT sériques. Cependant, le TIP de 29.72% des sérums a été classé de mauvais et bon, respectivement par Rbrix et GGT.

II.7. Relation entre la qualité colostrales et sériques en IgG évaluée par Rbrix et GGT :

Les résultats de la relation entre la qualité colostrales et sériques en IgG évaluée par Rbrix et GGT sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 24 : relation entre la qualité colostrales et sériques en IgG évaluée par Rbrix et GGT

N° élevage	Rbrix colostrum <22%								Rbrix colostrum ≥22%							
	Rbrix <8.4% et GGT <50 UI		Rbrix <8.4% et GGT ≥50 UI		Rbrix ≥8.4% et GGT <50 UI		Rbrix ≥8.4% et GGT ≥50 UI		Rbrix <8.4% et GGT <50 UI		Rbrix <8.4% et GGT ≥50 UI		Rbrix ≥8.4% et GGT <50 UI		Rbrix ≥8.4% et GGT ≥50 UI	
	NB	%	NB	%	NB	%	NB	%	NB	%	NB	%	NB	%	NB	%
1	0	0	1	6.25	2	12.5	2	12.5	0	0	1	6.25	6	37.5	4	25
2	2	9.52	4	19.04	1	4.76	5	23.80	1	4.76	5	23.80	0	0	3	14.28
Total	**2**	**5.40**	**5**	**13.51**	**3**	**8.10**	**7**	**18.91**	**1**	**2.70**	**6**	**16.21**	**6**	**16.21**	**7**	**18.91**

Nos résultats montrent que :

- 18.91% des veaux classés ayant une bonne qualité de TIP par les deux méthodes d'évaluation Rbrix et GGT sériques sont ceux qui ont reçu des colostrums de très bonne qualité. 5.40 % des veaux classés ayant une mauvaise qualité de TIP par les deux méthodes d'évaluation Rbrix et GGT sériques sont ceux qui ont reçu des colostrums de mauvaise qualité.
- 2.70% des veaux sont classés ayant une mauvaise qualité de TIP malgré que le colostrum reçu ait été classé de bonne qualité. Aussi, 18.91% des veaux ont présentés une bonne qualité de TIP malgré que le colostrum a été classé pauvre en IgG.
- 16.21% des veaux classés ayant une bonne qualité de TIP soit par GGT ou Rbrix sériques sont ceux qui ont reçu des colostrums de très bonne qualité. Cependant, 8.10% des veaux sont classés ayant une bonne qualité de TIP par Rbrix malgré qu'ils aient reçu des colostrums de mauvaise qualité. De même, 13.51% des veaux classés ayant une bonne qualité TIP par le dosage de GGT, malgré qu'ils aient reçu de mauvaise qualité de colostrums.

II.8. Facteurs influençant la qualité du colostrum et le transfert de l'immunité passive:

Les résultats sont présentés selon la chronologie suivante :

II.8.1.Effet de la race de la mère du veau:

Les concentrations moyennes en IgG du colostrum en fonction de la race sont rapportées dans la figure ci-dessous :

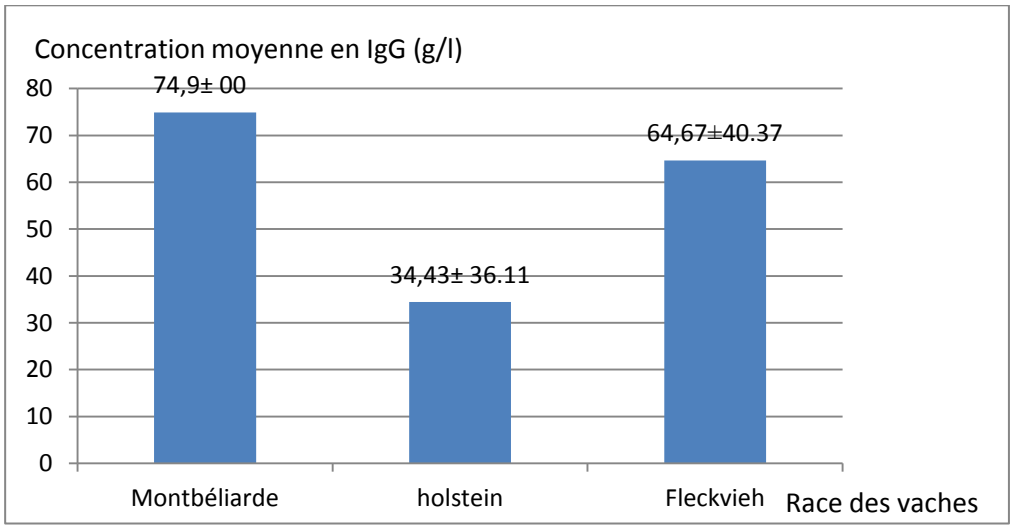


Figure 22 : Concentration en immunoglobulines en fonction de la race

Nos résultats montrent que la concentration moyenne en IgG du colostrum est plus élevée chez les vaches de race Montbéliarde (74.9 g/l) et Fleckvieh (64.67 ± 40.37 g/l) que celles de race Holstein (34.43 ± 36.11) .

II.8.2. Effet de la parité :

Les concentrations moyennes en IgG du colostrum en fonction du rang de lactation sont rapportées dans le tableau 25:

Tableau 25 : Concentration en IgG en fonction du rang de lactation

Rang de lactation	Nombre de vaches	IgG (moyenne± écart type)	
		Rbrix (%)	estimée (g/l)
1	5	18.2 ± 7.44	41.22 ± 42.15
3	5	18.6 ± 4.84	43.5 ± 27.45
4	11	19.31±6.75	47.56 ± 38.28
5	6	25.58 ± 5.21	83.20 ± 29.49
6	10	26.2 ± 5.97	86.65 ± 33.85

Nos résultats montrent que la concentration moyenne en IgG est plus faible chez les vaches ayant un rang de lactation de 1,3 et 4 que celles avec un rang de lactation de 5 et 6.

II.8.3. Effet du sexe du veau :

Les concentrations moyennes sériques en IgG évaluée par Rbrix en fonction du sexe du veau sont rapportées dans le tableau 26 :

Tableau 26 : Concentration en IgG en fonction du sexe du veau

Sexe du veau	Nombre de veaux	IgG (moyenne± écart type)	
		Rbrix (%)	estimée (g/l)
Male	20	9.17 ± 1.91	23.42 ± 20.72
Femelle	17	9.92 ± 3.02	32.16 ± 32.67

Nos résultats montrent que la concentration sérique moyenne en IgG des femelles (32.16 ± 32.67 g/l) est supérieure par rapport à celle des males (23.42 ± 20.72 g/l).

II.8.4. Effet de la race du veau :

Les concentrations moyennes sériques en IgG évaluée par Rbrix en fonction de la race du veau sont rapportées dans le tableau 27 :

Tableau 27 : Concentration en IgG en fonction de la race du veau

Race du veau	Nombre de veaux	IgG (moyenne± écart type)	
		Rbrix (%)	estimé (g/l)
Montbéliarde	1	10 ±00	32.2
Fleckvieh	33	9.56±2.63	28.03 ± 28.57
Holstein	3	8.83 ±0.84	19.3 ± 9.39

Nos résultats montrent que la concentration moyenne sérique en IgG est plus élevée chez les veaux de race Montbéliarde (32.2 g/l) et Fleckvieh (28.03 ± 28.57 g/l) que celles de race Holstein (19.3 ± 9.39).

IV.DISCUSSION

1. Les vaches

1.1. Les concentrations colostrales en IgG

Dans la présente étude la concentration moyenne en IgG de 63.85 ± 9.99 g/L de l'ensemble des colostrums a été élevée par rapport à celles de 40 g/L, 51g/L et 43 ± 29 g/L, rapportées par les études réalisées au nord d'Amérique (Kehoe *et al*., 2007) Royaume-Uni (Macfarlane *et al*., 2015), et en Belgique (Werbrouck *et al.*, 2010). Cette différence peut s'expliquer par l'effet du type racial, en effet, la plupart des études ont été effectuées en élevages laitiers tandis que les races des vaches de notre étude étaient en grande partie de type mixte.

Par ailleurs, la faible concentration en IgG de 34.43 ± 36.11 g/l, obtenue chez les vaches de race Holstein a été similaire à celle couramment observée chez ce type de race (Elfstrand *et al.*, 2002; Kehoe *et al.*, 2007). La plus faible concentration observée chez les animaux de races laitières s'explique par une production laitière supérieure qui dilue fortement les IgG malgré qu'elles en exportent une plus grande quantité vers la mamelle par rapport aux vaches viandeuses (Baumrucker et Bruckmaier, 2014).

Les concentrations en IgG les plus élevées pour l'ensemble des vaches, ont été obtenues chez les vaches multipares (5ème et 6ème lactations). D'après Gulliksen et *al*. (2008), la différence de concentration en IgG la plus remarquable se situe entre le colostrum des primipares ou des secondes parturientes et celui des multipares ayant mis-bas au moins 4 fois. Selon Quigley et *al*. (1994) par comparaison aux multipares, le système immunitaire chez les primipares n'a pas encore été au contact avec une grande variété d'antigènes, ce qui aurait pour conséquence une moindre quantité et variabilité des immunoglobulines sériques et secondairement colostrales. En outre, chez les primipares, le tissu mammaire est moins développé que chez les multipares, ce qui pourrait être associé à une moindre capacité de transport des IgG du sang vers la mamelle (Devery-Pocius et Larson, 1983).

Cependant, il est probable que d'autres facteurs connus pour influencer la concentration en IgG du colostrum, comme l'alimentation, le management d'exploitation, le nombre d'animaux échantillonné puissent expliquer les différences observées entre ces élevages. Il est à signaler que la production de colostrum nécessite un apport alimentaire riche en énergie, protéines, calcium, phosphore et magnésium (Fuller, 2004), et toute carence en ces éléments peut influencer la concentration en IgG du colostrum. Comparativement à l'élevage 2, le régime alimentaire à base de luzerne (fourrage vert), très riche en protéine et minéraux pourrait être responsable de la richesse du colostrum en IgG de l'élevage 1.

1.2. Evaluation de la qualité du colostrum

Dans notre étude, 54% des colostrums ont présenté une qualité très satisfaisante (≥22% ; bon : 37.5%, très bon : 31.25%). Cependant, 46% des colostrums ont été de mauvaise qualité (<22% ; très pauvre : 32.43%, pauvre : 13.51%). Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par les travaux menés en Norvège, au Royaume-Uni ou aux Etats-Unis qui indiquent des colostrums de mauvaise qualité pouvant atteindre un taux de 57.8% (Gulliksen et *al.* 2008 ; Morrill et *al.,* 2012 ; Macfarlane et *al.,* 2015). En effet, les seuils de décision utilisés dans cette étude sont recommandés par plusieurs auteurs (Calloway et *al.* 2002 ; Chigerwe et *al*., 2005 ; Vandeputte et *al.* , 2011 ; Bielmann et *al.*, 2010 ; Quigley et *al.,* 2013). Pour ces différents auteurs, les seuils « réfractométriques » en %brix définis, permettent de discriminer les colostrums de bonne qualité, dont la concentration en IgG est supérieure à 50 g/L, et de mauvaise qualité. Des seuils de discrimination de 21 %brix ou encore de 23 %brix ont été avancé pour les primipares alors que le seuil de 22 %brix était optimal à la fois pour l'ensemble des colostrums ainsi que pour ceux des multipares (Dinsmore, 2008). De même, dans l'étude de Bielmann et *al.* (2010), la sensibilité et spécificité du réfractomètre optique pour la détection des colostrums de concentration en IgG1 inférieure à 50 g/L ont été évaluées pour quatre seuils de 18, 20, 22 et 24% sur l'échelle de Brix. Les performances optimales (Se= 91.1%, Sp=91.7%) ont été obtenues pour le seuil de décision de 22% Brix.

2. Les veaux

2.1. Les concentrations sériques en IgG par Rbrix

Dans cette étude, la concentration sérique en IgG de l'ensemble des veaux a été en moyenne de 28.29 ± 6.36 g/l, et varie de 0.06 g/L à 120.9 g/L. Une concentration sérique moyenne en IgG de 34.66 ± 20.73g/l a été estimée dans le premier élevage contre 21.93 ± 30.14 g/l dans le deuxième élevage. Cette différence de concentrations semble être liée à l'ingestion des veaux de l'élevage 1 issus pour la plus part de mères multipares de colostrums riches en IgG. Ces résultats confortent nos précédentes constatations relatives à la variabilité de la concentration en IgG du colostrum en fonction de la parité des vaches. Le facteur race des veaux est aussi incriminé, car il a été observé que les veaux issus de mère de race laitière (Holstein) présentent la plus faible concentration par rapport à ceux issus de mères de race mixte (Montbéliarde et Fleckvieh). Les mêmes constatations ont été soulignées par Vogels et *al.* (2013), qui rapportent des concentrations plasmatiques en IgG1 des veaux de race Prim'Holstein significativement inférieures à celles observées chez les veaux de race Charolaise et Rouge des Près.

Une concentration sérique moyenne plus élevée (32.16 ± 32.67 g/L) chez les femelles par rapport aux veaux mâles (23.42 ± 20.72 g/l) a été obtenue dans le présent travail. Les mêmes observations ont été citées par Odde et *al*. (1988) et Filteau et et *al*. (2003), qui rapportent que la différence relative au sexe pourrait être liée au poids plus important des veaux mâles qui présentent un risque accru de dystocie à la naissance. La dystocie peut entrainer une hypoxie cérébrale puis une hypoxémie et une acidose respiratoire chez le veau nouveau-né, limitant ainsi une moindre ingestion de colostrum (Kersting, 1998). De même, Maillard. (2000) rapporte que les veaux les plus petits comme les femelles sont souvent plus vigoureux et tètent plus facilement que les veaux lourds, ce qui favorise une bonne prise colostrale.

2.2. Les concentrations sériques en IgG par GGT

La moyenne des mesures de la concentration en GGT de l'élevage 1 a été de 76.91±75.90 UI/L contre 116.02± 90.92 UI/L en élevage 2, et varie de 18.8 à 416.9 UI/L. Cette disparité proviendrait de l'importante variabilité des concentrations en GGT dans le colostrum maternel (Braun *et al.*, 1982) et de l'absence de corrélation significative entre l'activité des GGT plasmatiques chez le veau et celle des GGT colostrales (Braun *et al.*, 1982). En effet, l'âge du veau au moment du prélèvement influence la corrélation entre les GGT et les IgG sériques (Wilson *et al.,* 1999; Cuttance *et al.*, 2017). D'ailleurs, Wilson et *al.* (1999) conseillent de ne pas utiliser le dosage des GGT pour l'évaluation du TIP chez les veaux de plus de 8 jours.

2.3. Evaluation des échecs du transfert de l'immunité passive

Des taux comparables de 62.16 % et 67.56% de bonne à excellente qualité de TIP ont été obtenus respectivement par RBrix et dosage des GGT. De même**,** un défaut de TIP de 37.83% et 32.43% ont été obtenus respectivement par RBrix et dosage des GGT. Nos résultats sont comparables à ceux trouvés dans d'autres pays. En Belgique et Australie, Guyot *et al.* (2015) et Macfarlane et *al.* (2015), rapportent respectivement des prévalences de défaut de TIP de 32% et 38%. Par contre, ces taux sont supérieurs à ceux de 19,2 % et 16,1 % rapportés respectivement par Beam *et al.* (2009) ; Waldner et Rosengren (2009) chez les bovins laitiers et viandeux. En effet, les échecs du TIP restent toujours une problématique d'actualité avec des incidences comprises entre 8,4 et 40 % pour les veaux laitiers (Tyler *et al.*, 1998; Magalhães *et al.*, 2008; Trotz-Williams *et al.*, 2008; McFarlane *et al.*, 2015) et entre 11 % et 31 % pour les veaux viandeux (Perino, 1997; Filteau *et al.*, 2003).

Comparativement à l'élevage 1 (12.5%), un taux élevé de défaut de TIP a été enregistré par Rbrix dans l'élevage 2 (57.14%). Selon McGuirk et Collins (2004), un taux de défaut de TIP

supérieur à 20% doit être considéré comme un problème d'exploitation. Il est à souligner que l'obtention d'un TIP adéquat nécessite le suivi et le bon fonctionnement des mesures mises en place par le vétérinaire et l'exploitant. En effet, même lors de la distribution d'un colostrum en qualité et quantité adéquates, il ne faut pas négliger le rôle joué par d'autres facteurs comme l'intervention de l'éleveur pour la surveillance des vêlages, la méthode et le timing d'administration du colostrum, l'hygiène globale ou la vitalité du veau à la naissance, la gestion de tarissement et le contrôle des mammites (McGuirk et Collins, 2004).

Dans cette étude, 35.13% des veaux ayant les concentrations sériques en IgG les plus élevés par Rbrix sont ceux qui ont reçu des colostrums de très bonne qualité. Cependant, 18.91% des veaux ayant les concentrations sériques en IgG les plus faibles sont ceux qui ont reçu des colostrums de mauvaise qualité. On peut supposer dans la présente étude, que la mauvaise qualité des colostrums ingérée est l'un des principaux facteurs d'un échec de TIP**.** Néanmoins, il est probable que d'autres facteurs comme le type racial des veaux et la qualité bactériologique du colostrum peuvent influencer la qualité de TIP. Selon Levieux (1984), dans les 8 premières heures de vie, 2 fois plus de veaux de race Frisonne sont capables d'ingérer au minimum 2 litres de colostrum par rapport aux veaux de race Salers. Les bactéries présentes dans le colostrum interfèrent avec l'absorption intestinale des Ig par le veau en se fixant aux IgG libres et en empêchant l'absorption et le transport des IgG par les entérocytes (James *et al.*, 1981). Une étude récente montre d'ailleurs que la concentration sérique en IgG et la concentration en bactéries totales dans le colostrum sont négativement corrélées (Cummins *et al.*, 2017).

3. Comparaison des deux outils de diagnostic

Le TIP chez 24.32% de veaux a été classé satisfaisant par Rbrix mais mauvais par le dosage des GGT. Inversement, le TIP chez 29.72% de veaux a été classé mauvais par Rbrix mais satisfaisant par le dosage des GGT. La disparité des résultats obtenus pourrait être liée aux seuils utilisés et performances des deux méthodes (test) de diagnostic. En effet, chaque test de diagnostic est caractérisé par différents paramètres comme la sensibilité (Se), la spécificité (Sp), la valeur prédictive positive (VPP) et la valeur prédictive négative (VPN). La Se et la Sp varient en fonction de la valeur seuil sélectionnée (Smith, 1995). La prise en compte de ces paramètres est importante pour choisir le test le plus approprié en fonction de la valeur seuil utilisée (Davis et Giguere, 2005).

Selon Perino et *al.* (1993), le test de réfractométrie est plus performant (Se=80%, Sp=100%) que la mesure des GGT (Se=80%, Sp=97%). Ils montrent aussi que par comparaison avec les

résultats du gold standard (IDR), une corrélation bien supérieure pour le réfractomètre optique (r=0.87) que pour la mesure des GGT (r=0.64). De même, Vandeputte et *al.* (2011) rapportent que l'évaluation des performances de deux types de réfractomètres optiques chez les veaux de races allaitantes, a permis une sensibilité maximale (Se=100%) et une spécificité de 90% et 91% au seuil de 56 et 58 g/L.

D'après Maillard (2000), la mesure des GGT serait le test le plus performant pour déterminer le statut du TIP des veaux malades (au seuil de 50 UI/L, efficacité de classement 93%). En revanche, la majorité des études montre des corrélations très variables entre les GGT sériques et la concentration sérique en IgG (comprise entre 0,41 et 0,63) et permettent difficilement de se faire une opinion objective sur la fiabilité de se dosage (Perino *et al.*, 1993; Parish *et al.*, 1997; Wilson *et al.*, 1999; Güngör *et al.*, 2004). Selon Weaver et *al*. (2000), la principale limite de ce type de dosage provient du fait que l'activité de la GGT n'est qu'un témoin d'absorption du colostrum, et ne permet pas d'évaluer quantitativement le TIP. De même, dans une étude récente, Cornille et *al.,* (2014), rapporte qu'aucun seuil de décision ne peut être clairement défini lorsqu'on utilise la mesure des GGT pour évaluer le TIP. De plus, lorsqu'il est possible de mesurer le taux protéique et le dosage de GGT sur le même appareil, il parait peu utile d'utiliser la mesure des GGT, d'autant plus que le taux protéique apparait mieux corrélé aux concentrations en IgG1 mesurées par immunodiffusion radiale que les GGT (respectivement r=0.82 et r=0.65).

V.CONCLUSION

Le colostrum constitue chez les bovins un moyen de transmission entre la vache et son veau d'éléments particuliers, intervenants dans les défenses biologiques du jeune. Il permet au veau d'avoir une immunité passive pour se protéger dans son environnement durant les premiers jours de sa vie. Les objectifs de cette étude étaient d'évaluer la qualité immunologique du colostrum et le transfert de l'immunité passive sur 37 couples mère-veau issus de 02 élevages de bovins, et d'identifier certains facteurs influençant le succès du TIP.

A travers cette étude, nous nous sommes intéressés à mesurer la concentration des immunoglobulines (IgG) par deux méthodes indirectes : la réfractométrie optique et le dosage de l'activité sérique des GGT. La concentration en IgG moyenne des colostrums observée était globalement élevée (Rbrix : 22.17 ± 1.75**,** IgG : 63.85 ± 9.99 g/l), en raison de la grande proportion de vaches mixtes dans l'échantillon. Le type racial et la parité de la mère semblent influençaient ainsi la concentration en IgG du colostrum.

La situation de la qualité du transfert de l'immunité passive des veaux évalué par Rbrix et GGT était aussi satisfaisante avec des pourcentages moins élevés de veaux ayant un défaut de TIP (37.83 % et 32.43 % sous le seuil de <8.4% et <50UI/L, respectivement). De même, le sexe du veau, l'ingestion insuffisante de faibles concentrations en IgG du colostrum de vache laitière primipares semblent être des facteurs de risque d'un défaut de transfert de l'immunité passive du veau

Comparativement au dosage de GGT, la réfractométrie peut être considérée comme une méthode fiable, rapide, peu onéreuse et facile d'emploi permettant l'évaluation sur le terrain du TIP chez les veaux sains ou malades. La congélation et la décongélation ne modifie pas les valeurs mesurées par le réfractomètre. Il en est de même, la température de colostrum n'a pas d'influence sur la mesure au réfractomètre.

Malgré l'existence d'erreurs de classement du fait des performances imparfaites des outils indirects, l'utilisation de ces outils à l'échelle d'un élevage apparait donc d'un intérêt majeur pour l'évaluation de la prévalence du défaut de TIP.

VI.RECOMMANDATIONS

Pour optimiser le transfert d'immunité passive, la prise du colostrum s'appuie sur la règle des trois (3) Q pour Quickly, Quantity, Quality : administrer rapidement une quantité suffisante d'un colostrum de qualité. Pour l'application de cette règle, voici le détail de ces points clés :

- Délai : la prise colostrale doit avoir lieu le plus rapidement possible après la naissance, idéalement dans les 4 premières heures de vie.
- Quantité : le veau doit recevoir une quantité minimale de 200g d'IgG, soit 4L.
- Qualité immune : le colostrum doit avoir une concentration en IgG ≥50g/L.
- Qualité sanitaire : Prévenir et limiter la contamination bactérienne pendant la collecte et l'administration du colostrum.

Pour appliquer ces mesures au mieux et afin de limiter la prévalence du défaut de transfert d'immunité passive au sein de son élevage, l'éleveur peut mettre en place quelques mesures supplémentaires à la surveillance de la prise colostrale.

- Assurer une alimentation équilibrée pour les vaches gestantes.
- Il peut mesurer la qualité immune du colostrum avant de l'administrer au veau à l'aide d'un réfractomètre ou d'un pèsecolostrum.
- Avec les colostrums ayant de bonnes concentrations en immunoglobulines G, il est conseillé de congeler le surplus de volume produit par la mère pour créer une banque de colostrums au sein de l'élevage.
- Dans le cas où le colostrum n'a pas une concentration en IgG satisfaisante (primipares), il est alors possible d'administrer du colostrum issu de la banque de colostrums (vache saine ayant plus de 3 mis bas).
- Séparation des veaux dans des boxes individuels pour faciliter leurs contrôles
- Enfin, si le veau ne boit pas volontairement du colostrum dans ses premières heures de vie, il est recommandé de le lui administrer par sondage oesophagien.

Plus d'études seraient nécessaires afin d'analyser les effets d'un défaut de transfert d'immunité passive sur la mortalité, la morbidité et les performances à long terme en élevage de bovin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aldridge, B.M., McGuirk S.M., Lunn, D.P., 1998. Effect of colostral ingestion on immunoglobulin positive cells in calves, Vet. Immunol.Immunopathol., 62, 51-64.

Alley, M.L., Haines, D.M., Smith, G.W., 2012. Short communication: Evaluation of serum immunoglobulin G concentrations using an automated turbidimetric immunoassay in dairy calves. J.Dairy Sci, 95, 4596-4599.

Andrews, A. H., 2004, Colostrum-Not just for 24 hours. Cattle Pract, 12, 121-124.

Baumrucker, C.R., Burkett, A.M., Magliaro-Macrina, A.L., Dechow, C.D. 2010. Colostrogenesis: mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum. J. Dairy Sci, 93, 3031-3038.

Baumrucker, C.R., Bruckmaier, R.M., 2014. Colostrogenesis: IgG1 transcytosis mechanisms. J.Mammary Gland Biol. Neoplasia, 19, 103-117.

Beam, A.L., Lombard, J.E., Kopral, C.A., Garber, L.P., Winter, A.L., Hicks, J.A., Schlater, J.L., 2009. Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations. J. Dairy Sci, 92, 3973-3980.

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, 10, 107-117.

Bielmann, V., Gillan, J., Perkins, N.R., Skidmore, A.L., Godden, S., Leslie, K.E., 2010. An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. J.Dairy Sci, 93, 3713-3721.

Buczinski, S., Vandeweerd, J.M., 2016. Diagnostic accuracy of refractometry for assessing bovine colostrum quality: a systematic review and meta-analysis. J. Dairy Sci, 99, 7381-7394.

Buczinski, S., Gicquel, E., Fecteau, G., Takwoingi, Y., Chigerwe, M., & Vandeweerd, J., 2018. Systematic Review and Meta-Analysis of Diagnostic Accuracy of Serum Refractometry and Brix Refractometry for the Diagnosis of Inadequate Transfer of Passive Immunity in Calves. Journal of veterinary internal medicine, 32(1), 474-483.

Braun, J. P., D. Tainturier, et *al.*, 1982. Early variations of blood plasma gamma-glutamyl transferase in new born calves, a test of colostrum intake. Journal of Dairy Science, 65(11), 2178-2181.

Calloway, C.D., Tyler, J.W., Tessman, R.K., Hostetler, D., Holle, J., 2002. Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves. J. Am. Vet. Med. Assoc, 221, 1605-1608

Chavatte, P., Clement, F., Cash, R., Grongnet, J.F., 1998. Field determination of colostrum quality by using a novel, practical method. In: Proceedings of the 44th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners: Baltimore, USA, 206-209.

Chigerwe, M., Dawes, M.E., Tyler, J.W., Middleton, J.R., Moore, M.P., Nagy, D.M., 2005. Evaluation of a cow-side immunoassay kit for assessing IgG concentration in colostrum. J. Am. Vet. Med. Assoc, 227, 129-131.

Chigerwe, M., Tyler, J. W., Middleton, J. R., Spain, J. N., Dill, J. S., & Steevens, B. J., 2008. Comparison of four methods to assess colostral IgG concentration in dairy cows. Journal of the American Veterinary Medical Association, 233(5), 761-766.

Chigerwe, M., Tyler J.W., Summers M.K., Middleton J.R., Schultz L.G., Nagy D.W., 2009. Evaluation of factors affecting serum IgG concentrations in bottle-fed calves. J. Am. Vet. Med.Assoc, 234, 785-789.

Chigerwe, M., Coons, D. M., Hagey, J. V., 2012. Comparison of colostrum feeding by nipple bottle versus oroesophageal tubing in Holstein dairy bull calves. Journal of the American Veterinary Medical Association, 241(1), 104-109.

Conneely, M., Berry, D. P., Sayers, R., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L., Kennedy, E., 2013. Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. Animal, 7(11), 1824-1832.

Cornille, M. et *al.,* 2014. Qualité du colostrum et transfert de l'immunité passive, comparaison de techniques d'évaluation, In, SNGTV, Journées nationales des GTV, Reims, SNGTV, 984p.

Cortese, V.S., 2009. Neonatal Immunology. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 25, 221-227.

Crouch, C.F., Oliver, S., Francis, M.J. 2001. Serological, colostral and milk responses of cows vaccinated with a single dose of a combined vaccine against rotavirus, coronavirus and Escherichia coli F5 (K99). Vet. Rec, 149, 105-108.

Cummins, C., Berry, D.P., Murphy, J.P., Lorenz, I., Kennedy, E., 2017. The effect of colostrum storage conditions on dairy heifer calf serum immunoglobulin G concentration and preweaning health and growth rate. J. Dairy Sci, 100, 525-535.

Cuttance, E.L., Mason, W.A., Denholm, K.S., Laven, R.A., 2017. Comparison of diagnostic tests for determining the prevalence of failure of passive transfer in New Zealand dairy calves. N. Z. Vet. J., 65, 6-13.

Dardillat, J., Trillat, G., Larvor, P., 1978. Colostrum immunoglobulin concentration in cows: relationship with their calf mortality and with the colostrum quality of their female offspring. Ann. Rech. Vet, 9, 375-384.

Davis, R., Giguere, S., 2005. Evaluation of five commercially available assays and measurement of serum total protein concentration via refractometry for the diagnosis of failure of passive transfer of immunity in foals. J. Am. Vet. Med. Assoc., 227, 1640-1645.

Dawes, M.E., Tyler, J.W., Hostetler, D., Lakritz, J., Tessman, R., 2002. Evaluation of a commercially available immunoassay for assessing adequacy of passive transfer in calves. J. Am. Vet.Med. Assoc., 220, 791-793

Degui, D., 2017. Epidémiologie analytique et descriptive des diarrhées néonatales du veau dans la région centre de l'Algérie et essaie de prophylaxie par l'apport des symbiotiques. Université Blida1-Saad Dahlab.

Devery – Pocius, J.E., Larson B.L., 1979. Endogenous production of IgG in newborn calves, J. Dairy Sci., 62, 1814- 1818.

Devery-Pocius, J.E., Larson, B.L., 1983. Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostral immunoglobulins. J. Dairy Sci., 66, 221-226.

Dewell, R. D., Hungerford, L. L., Keen, J. E., Laegreid, W. W., Griffin, D. D., Rupp, G. P., et *al.*, 2006. Association of neonatal serum immunoglobulin G1 concentration with health and performance in beef calves. Journal of the American Veterinary Medical Association., 228(6), 914-921.

Dinsmore, P., Skidmore, A., 2008. Comparison of Brix (sugar) refractometer and colostrometer for evaluation of colostrum quality in dairy cows, J. Dairy Sci., 91:355

Donovan, G.A., Dohoo, I.R., Montgomery, D.M., Bennett, F.L., 1998. Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. Prev. Vet. Med., 34, 31-46.

Drikic, M., Windeyer, C., Olsen, S., FU, Y., Doepel, L., De Buck, J., 2018. Determining the IgG concentrations in bovine colostrum and calf sera with a novel enzymatic assay. J. Anim. Sci. Biotechnol, 69. https://doi.org/10.1186/s40104-018-0287-4

Dudek, K., Bednarek, D., Ayling, R.D., Szacawa, E., 2014. Stimulation and analysis of the immune response in calves from vaccinated pregnant cows. Res. Vet. Sci, 97, 32-37.

Elfstrand, L., Lindmark-Månsson, H., Paulsson, M., Nyberg, L., Åkesson, B., 2002. Immunoglobulins, growth factors and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing. Int. Dairy J., 12, 879-887.

Filteau, V., Bouchard E., Fecteau, G., Dutil, L., Dutremblay, 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.

Fleenor, W.A., Stott, G.H., 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. J. Dairy Sci., 63, 973-977.

Foley, J. A., Otterby, D. E., 1978. Availability, Storage, Treatment, Composition, and Feeding Value of Surplus Colostrum: A Review. Journal of Dairy Science., 61(8), 1033-1060.

Fuller, F., 2004. The encyclopedia of farm animal nutrition. CABI publishing: Wallingford., 606 p.

Furman-Fratczak, K., Rzasa, A., Stefaniak, T., 2011. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. J. Dairy Sci., 94, 5536-5543.

Gapper, L.W., Copestake, D.E., Otter, D.E., Indyk, H.E., 2007. Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. Anal. Bioanal. Chem., 389, 93-109.

Gelsinger, S.L., Smith, A.M., Jones, C.M., Heinrichs, A.J., 2015. Technical note: comparison of radial immunodiffusion and ELISA for quantification of bovine immunoglobulin G in colostrum and plasma. J. Dairy Sci., 98, 4084-4089.

Gershwin, L.J., 2008. Clinical Veterinary Immunology. In: Veterinary Clinical Biochemistry of DomesticAnimals. Elsevier Science Publishers: London., 157-172.

Goddeeris, B., 1998, Immunology of cattle. In: Pastoret P.-P., Griebel P., Bazin H., Govaerts A. (Eds), Handbook of vertebrate immunology. Academic Press : San Diego., 439-484.

Godden, S., 2008. Colostrum management for dairy calves, Vet Clin Food Anim ., 24, 19–39.

Godeau, J.-M., Trzpiot, L., Dester, S., Danlois, F., Rollin, F., Dardenne, A., Lomba, F., 1996. Interrelations and kinetic evolution of serum GGT activity and beta2-gammaglobulin concentrations recorded in calves from birth to 14 days of age. In: Proceedings of the VIIth Congress of the international society of clinical animal biochemistry: Glasgow, UK, 2-6.

Gulliksen, S.M., Lie, K.I., Solverod, L., Osteras, O., 2008, Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. J. Dairy Sci., 91, 704-712.

Güngör Ö., Bastan, A., Erbil, M.K., 2004. The usefulness of the gamma-glutamyltransferase activity and total proteinemia in serum for detection of the failure of immune passive transfer in neonatal calves. Rev. Med. Vet., 155, 27-30.

Guy, M.A., McFadden., T.B., Cockrell., D.C., Besser., T.E., 1994. Regulation of colostrum formation in beef and dairy cows. J. Dairy Sci., 77, 3002-3007.

Guyot, H., Dubreucq, P., Lebreton, P., Garnier, C., Sandersen, C., 2015. Development of a field test to evaluate colostrum quality (IgG) in cattle. In: Proceedings of the XV Middle European Buiatric Congress & 10th Symposium of ECBHM & 25th Conference of Slovenian Buiatric Association: Maribor, Slovenia.

Haines, D.M., Godden, S.M., 2011. Short communication : improving passive transfer of immunoglobulins in calves. III. Effect of artificial mothering, J. Dairy Sci., 94, 1536-1539.

Hogan, I., Doherty, M., Fagan, J., Kennedy, E., Conneely, M., Brady, P., Ryan, C., Lorenz, I., 2015. Comparison of rapid laboratory tests for failure of passive transfer in the bovine. Ir. Vet.J., 68, 1-10.

Jacques, S., 2012. Succédanés du colostrum et transfert d'immunité passive chez le veau nouveau-né. (Doctorat), Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

James, R.E., Polan, C.E., Cummins, K.A., 1981. Influence of administered indigenous microorganisms on uptake of [iodine-125] gamma-globulin in vivo by intestinal segments of neonatal calves. J. Dairy Sci., 64, 52-61.

Janssen, O., Sanzenbacher, R., Kabelitz, D., 2000. Regulation of activation-induced cell death of mature Tlymphocyte populations. Cell Tissue Res., 301, 85- 99.

Jones, C.M., James, R.E., Quigley, J.D., McGilliard, M.L., 2004. Influence of pooled colostrum or colostrum replacement on IgG and evaluation of animal plasma in milk replacer. J. Dairy Sci., 87, 1806-1814.

Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.L., 2008. Clinical biochemistry of domestic animals. Elsevier Academic Press, London, 928 p.

Kehoe, S. I., Jayarao, B. M., Heinrichs, A. J., 2007. A Survey of Bovine Colostrum Composition and Colostrum Management Practices on Pennsylvania Dairy Farms1. Journal of Dairy Science., 90(9), 4108-4116.

Kersting K., 1998. Neonatal disease and passive transfer of immunity. In :Proceedings Society for Theriogenology. Baltimore, Maryland USA., 44-47.

Korhonen, H., Marnila, P., Gill, H.S., 2000. Milk immunoglobulins and complement factors. Br. J. Nutr, 84 Suppl 1, 75-80. POVEY R.C., CARMAN P.S. Technical basis of vaccination.In : Pastoret P.-P., J. Blancou, P. Vannier, G.Verschueren (Eds), Veterinary Vaccinology. Elsevier : Amsterdam., 1997, 519-580.

Larson, B.L., Heary, H.L. Jr., Devery, J.E., 1980. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland, J. Dairy Sci., 63, 665-671.

Lateur-Rowet, H.J.M., Breukink, H.J., 1983.The failure of the oesophageal groove reflex, when fluids are given with an oesophageal feeder to newborn and young calves. Vet. Q., 5, 68-74.

Lee, S.H., Jaekal, J., Bae, C.S., Chung, B.H., Yun, S.C., Gwak, M.J., Noh, G.J., Lee, D.H., 2008. Enzyme-linked immunosorbent assay, single radial immunodiffusion, and indirect methods for the detection of failure of transfer of passive immunity in dairy calves. J. Vet. Intern. Med., 22, 212-218.

Levieux, D., 1984. Transmission de l'immunité colostrale chez le veau. Le Point Vétérinaire., 16, 33-38.

Levieux, D., 1991. Quantification of bovine milk IgG for the detection of colostrum, mastitis milk or milk from late gestation. Lait., 71, 327-338.

Li-Chan, E.C., Kummer, A., 1997. Influence of standards and antibodies in immunochemical assays for quantitation of immunoglobulin G in bovine milk. J. Dairy Sci., 80, 1038-1046.

Lombard, J.E., Garry, F.B., Tomlinson, S.M., Garber, L.P., 2007. Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. J. Dairy Sci., 90, 1751-1760.

Lorenz, I., Earley, B., Gilmore, J., Hogan, I., Kennedy, E., More, S.J., 2011. Calf health from birth to weaning. III. Housing and management of calf pneumonia. Irish Vet. J., 64, 14-23.

Macfarlane, J. A., Grove-white, D. H et *al.*, 2015. "Identification and quantification of factors affecting neonatal immunological transfer in dairy calves in the UK." Veterinary Record: 1-7.

Magalhães, V.J.A., Susca, F., Lima, F.S., Branco, A.F., Yoon, I., Santos, J.E.P., 2008. Effect of feeding yeast culture on performance, health, and immunocompetence of dairy calves. J. Dairy Sci., 91, 1497-1509.

Maillard, R., 2000. Immunité, diarrhée, vaccination, XVe journal technique des GTV, Bourgogne, Autin, 5-19.

Maillard, R., 2006. Composition et rôle du colostrum chez les bovins, Le Point Vétérinaire : Reproduction des ruminants – gestation, néonatalogie et post partum, Edition spéciale : 72 – 78.

Maillard, R. and Guin, B., 2013. Immunité colostrale chez les bovins, Bull. GTV., 71 : 17-24.

Mancini, G., Carbonara, A.O., Heremans, J.F., 1965. Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion. Immunochemistry., 2, 235-254.

Maunsell, F.P., Morin, D.E., Constable, P.D., Hurley, W.L., McCoy, G.C., 1999. Use of mammary gland and colostral characteristics for prediction of colostral IgG1 concentration and intramammary infection in Holstein cows. J. Am. Vet. Med. Assoc., 214, 1817-1823.

McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Kelly, A. L., 2016. Composition and properties of bovine colostrum: a review. Dairy Science & Technology., 96(2), 133-158.

McGuirk, S.M., Collins, M., 2004. Managing the production, storage, and delivery of colostrum. Vet.Clin. North Am. Food Anim. Pract., 20, 593-603

McVicker, J.K., Rouse, G.C., Fowler, M.A., Perry, B.H., Miller, B.L., Johnson, T.E., 2002. Evaluation of a lateral-flow immunoassay for use in monitoring passive transfer of immunoglobulins in calves. Am. J. Vet. Res., 63, 247-250.

Mechor, G.D., Grohn, Y.T., Van Saun, R.J., 1991. Effect of temperature on colostrometer readings for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. J. Dairy Sci., 74, 3940-3943.

Mechor, G.D., Grohn, 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.

Meganck, V., Opsomer, G., Piepers, S., Cox E., Goddeeris, B.M., 2016. Maternal colostral leukocytes appear to enhance cell-mediated recall response, but inhibit humoral recall response in prime-boost vaccinated calves. J. Reprod. Immunol., 113, 68-75.

Milon, A., 1986. Ontogénèse du système immunitaire et immunité néo-natale. Bull. GTV., 4: 53-66.

Moore, M., Tyler, J. W., Chigerwe, M., Dawes, M. E., Middleton, J. R., 2005. Effect of delayed colostrum collection on colostral IgG concentration in dairy cows. Journal of the American Veterinary Medical Association., 226(8), 1375-1377.

Moore, D.A., Taylor, J., Hartman, M.L., Sischo, W.M., 2009. Quality assessments of waste milk at a calf ranch. J. Dairy Sci., 92, 3503-3509.

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.

Morin, M.P., 2018. Évaluation de la variabilité du transfert d'immunité passive dans les troupeaux laitiers du Québec. Mémoire : médecine vétérinaire, département de sciences cliniques, université de Montréal, 102p.

Morrill, K., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., & Tyler, H., 2012. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. Journal of dairy science. 95(7), 3997-4005.

Morrill, K. M., Robertson, K. E., Spring, M. M., Robinson, A. L., Tyler, H. D., 2015. Validating a refractometer to evaluate immunoglobulin G concentration in Jersey colostrum and the effect of multiple freeze–thaw cycles on evaluating colostrum quality. Journal of Dairy Science., 98(1), 595-601.

Nonnecke, B.J., Waters, W.R., Goff, J.P., Foote, M.R., 2012. Adaptive immunity in the colostrum-deprived calf : response to early vaccination with Mycobacterium bovis strain bacille Calmette Guerin and ovalbumin, J. Dairy. Sci., Jan., 95 (1) : 221-239.

Odde, K.G., 1988. Survival of the neonatal calf, Vet. Clin. North Am. (Food Anim. Pract.)., 4: 501-508.

Oudar, J., Larvor, P., Dardillat, J., Richard, Y., 1976. L'immunité d'origine colostrale chez le veau, R.M.V, n°10 : 1310-1346.

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, 344-347.

Penhale, W., Logan, E., Selman, I., Fisher, E., Mc Ewan, A., 1973. Observations of the absorption of colostral immunoglobulins by the neonatal calf and their significance in colibacillosis. Ann. Rech. Vet., 4, 223-233.

Perino, L.J., Sutherland, R.L., Woollen, N.E., 1993. Serum gamma-glutamyltransferase activity and protein concentration at birth and after suckling in calves with adequate and inadequate passive transfer of immunoglobulin G. Am. J. Vet. Res., 54, 56-59.

Perino, L.J., 1997. A guide to colostrum management in beef cows and calves. Vet. Med., 92, 75-82.

Pfeiffer, N.E., McGuire, T.C., 1977. A sodium sulfite-precipitation test for assessment of colostral immunoglobulin transfer to calves. J. Am. Vet. Med. Assoc., 170, 809-811.

Porter, P., 1979. Structural and functional characteristics of immunoglobulins of the common domestic species, Adv. Vet. Sci. Comp. Med., 23 : 1-21.

Povey, R.C., Carman , P.S., 1997. Technical basis of vaccination. In : Pastoret P.-P., J. Blancou, P. Vannier, G. Verschueren (Eds), Veterinary Vaccinology. Elsevier : Amsterdam., 519-580.

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.

Quigley, J.D., Strohbehn, R.E., Kost, C.J., O'brien, M.M., 2001. Formulation of colostrum supplements, colostrum replacers and acquisition of passive immunity in neonatal calves. J. Dairy Sci., 84, 2059-2065.

Quigley, J.D., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., Polo, J., 2013. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. J. Dairy Sci., 96, 1148-1155.

Raboisson, D., Trillat, P., Cahuzac, C., 2016. Failure of passive immune transfer in calves: a metaanalysis on the consequences and assessment of the economic impact. PloS one, 11, e0150452.

Radostits, O.M., Gay, C.C., Hinchcliff, K.W., Constable, P.D., 2017. Veterinary Medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats (11th Edition). Saunders Ltd.: USA, 2278 p.

Rastani, R.R., Grummer, R.R., Bertics, S.J., Gümen, A., Wiltbank, M.C., Mashek, D.G., Schwab., M.C., 2005. Reducing dry period length to simplify feeding transition cows : milk production, energy balance and metabolic profiles, J. Dairy Sci., 88, 1004-1014.

Ravary, B., Sattler, N., 2006. Néonatalogie du veau, Editions du Point Vétérinaire.

Salmon, H., 1999. Colostrum et immunité passive du jeune ruminant. Ed. Navetat H. Société Française de Buiatrie., , 202-210.

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., 211-226.

Serieys, F., 1993. Le colostrum de vache. Bien le connaitre pour mieux l'utiliser. Ed. Smithkline Beecham, Ploufragan, 88pp.

Shoshani, E., Rozen, S., Doekes, J. J., 2014. Effect of a short dry period on milk yield and content, colostrum quality, fertility, and metabolic status of Holstein cows. Journal of Dairy Science., 97, 2909-2922.

Smith, R.D., 1995. Evaluation of diagnostic test. In: Smith R.D. (eds.), Veterinary Clinical Epidemiology: A Problem-oriented Approach. CRC Press: Boca Raton ., 31-53.

Smith, B. P., 2009. Large animal internal medicine, Mosby Elsevier., 248-251.

Sordillo, L.M., Shafer-Weaver, K., Derosa, D., 1997. Immunobiology of the mammary gland. J.Dairy Sci., 80, 1851-1865.

Staley, T. E., Bush, L. J., 1985. Receptor Mechanisms of the Neonatal Intestine and Their Relationship to Immunoglobulin Absorption and Disease1, 2. Journal of Dairy Science., 68(1), 184-205.

Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E., Nightengale, G. T., 1979. Colostral Immunoglobulin Transfer in Calves I. Period of Absorption1. Journal of Dairy Science., 62(10), 1632-1638.

Svensson, C., Linder, A., Olsson, S.O., 2006. Mortality in Swedish dairy calves and replacement heifers. J. Dairy Sci., **89**, 4769-4777.

Swan H., Godden S., Bey R., Wells S., Fetrow J., 2007. Chester-Jones H. Passive transfer of immunoglobulin G and preweaning health in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer. J.Dairy Sci., 90, 3857-3866.

Taschuk, R., Griebel, P.J., 2012. Commensal microbiome effects on mucosal immune system development in the ruminant gastrointestinal tract. Anim. Health Res. Rev., 13, 129-141.

Tennant, B., Baldwin, B.H., Braun, R.K., Norcross, N.L., Sandholm, M., 1979. Use of the glutaraldehyde coagulation test for detection of hypogammaglobulinemia in neonatal calves. J. Am.Vet. Med. Assoc., 174, 848-853.

Thiry, E., Lemaire, M., Pastoret, P., 1994. L'infection du foetus bovin et du veau nouveau-né par le virus de la rhinotrachéite infectieuse bovine. In : Navetat H. et Espinasse J. (Eds), Les infections à herpèsvirus chez les bovins. Société Française de Buiatrie, Groupe de recherche et de développement pour l'élevage et la pathologie du veau., 12-19.

Tóthová, C., Nagy, O., Seidel, H., Kováč, G., 2013. Serum protein electrophoretic pattern in clinically healthy calves and cows determined by agarose gel electrophoresis. Comp. Clin. Pathol., 22, 15-20.

Trotz-Williams, L.A., Leslie, K.E., Peregrine, A.S., 2008. Passive immunity in Ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. J. Dairy Sci., 91, 3840-3849.

Tyler, J.W., Hancock, D.D., Wiksie, S.E., Holler, S.L., Gay, J.M., Gay, C.C., 1998. Use of serum protein concentration to predict mortality in mixed-source dairy replacement heifers. J. Vet. Intern. Med., 12, 79-83.

Tyler, J.W., Steevens, B.J., Hostetler, D.E., Holle, J.M., Denbigh, J.L., 1999. Colostral immunoglobulin concentrations in Holstein and Guernsey cows. Am. J. Vet. Res., 60, 1136-1139.

Vandeputte, S., Detilleux, J., Rollin, F., 2011. Comparison of four refractometers for the investigation of the passive transfer in beef calves. Journal of Veterinary Internal Medicine., 25(6), 1465-1469.

Vasseur, E., J. Rushen, et *al.*, 2009. "Does a calf's motivation to ingest colostrum depend on time since birth, calf vigor, or provision of heat?" Journal of dairy science. 92(8), 3915-3921.

Vasseur, E., Borderas, F., Cue, R. I., Lefebvre, D., Pellerin, D., Rushen, J., et al., 2010. A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare. Journal of Dairy Science., 93(3), 1307-1316.

Veira, D. M., Chapinal, N. et *al.*, 2011. "Short communication: Does the presence of the cow influence the absorption of immunoglobulins by the neonatal dairy calf?" Canadian Journal of animal science, 91, 349-352.

Vogels, Z., Chuck, G., Morton, J., 2013. Failure of transfer of passive immunity and agammaglobulinaemia in calves in south-west Victorian dairy herds: Prevalence and risk factors. Australian Veterinary Journal., 91(4), 150-158.

Waldner, C.L., Rosengren, L.B., 2009 Factors associated with serum immunoglobulin levels in beefcalves from Alberta and Saskatchewan and association between passive transfer and health outcomes. Can.Vet. J., 50, 275-281.

Wallace, M.M., Jarvie, B.D., Perkins, N.R., Leslie, K.E., 2006. A comparison of serum harvesting methods and type of refractometer for determining total solids to estimate failure of passive transfer in calves. Can.Vet. J., 47, 573-575.

Weaver, D.M., Tyler, J.W., Vanmetre, D.C., Hostetler, D.E., Barrington, G.M., 2000. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. J. Vet. Intern. Med., 14, 569-577.

Werbrouck, B., Van-Aert, M., Charlier, J., 2010. Colostrum quality in Belgian blue beef cattle and its association with helminth infection. VLaams Diergeneesk. Tijschr., 79, 199-206.

Wilson, L. K., Tyler, J. W., et *al.*, 1999. Prediction of serum IgG1 concentration in beef calves based on age and serum gamma-glutamyl-transferase activity. Journal of Veterinary Internal Medicine., 13(2), 123-125.

ANNEXES

Annexe 1 : Les fiches de renseignements (élevage, vache et veau)

FICHE 1 (ELEVAGE)

INFORMATIONS SUR L'ELEVAGE :

INFORMATIONS GENERALES

Date de l'enquête : _____ Éleveur : _____ Niveau de production/exploitation :_____ _ litres / jour

Effectif : O Plus de 10 têtes O Moins de 10 têtes :

Race: O BLM O BLA (croisée)

Age moyen du cheptel : _____ (Ans) O Primipares (nbr) :_____ O Multipares (nbr) :_____ O Génisses (nbr) :__

Rang de lactation : O En lactation (nbr) _____ O Hors lactation (nbr) _____

Type de stabulation : O libre O semi entravée O entravée Aire d'exercice : O Présence

CONDUITE DU TROUPEAU :

Type d'alimentation : O Fourrages verts O Herbe de prairie O Fourrages secs O Paille O Concentré O pain rassie

Quantité : remorques / têtes bottes / têtes kg ou sac / têtes sac / têtes

Composition et quantité de ration de base distribuée : Fourrage : kg

Composition et quantité de ration principale distribuée : Concentré : kg

Même alimentation pour tous les animaux (vache en lactation, taries et génisses pleines) : O Non O Oui

Même alimentation pour tous les stades de lactation : O Non O Oui

Séparation du veau après vêlage : O Non O Oui

Séparation des vaches malades : O Oui O Non

FICHE 2 (VACHE) : Troubles de santé observés et/ou enregistrés			
N°VACHE	TROUBLES	ÉVÈNEMENT	Date (J0=vêlage)
	Mammaires	Mammites cliniques	
	Métaboliques	Fièvre de lait	
		Cétose	
		Acidose	
		Autres pathologies	
	Locomoteurs	Boiteries infectieuses (panaris, mortellaro, etc.)	
		Fourbures	
	Digestifs	Diarrhées	
		Déplacements de caillette	
		Autres pathologies Autres pathologies	
	Respiratoires	Bronchites vermineuses	
		pneumopathies d'origine infectieuse	
		Autres pathologies	
	Reproduction	Dystocies (vêlage avec traction légère ou forte), césarienne	
		Non délivrance	
		Métrites	
	Autres pathologies		

FICHE 3 (Veau) : Troubles de santé observés et/ou enregistrés		
N° Veau N° de la mère	Sexe	Male ( ) /femelle ( ) /jumeaux ( )
	Survie à	**7** jours : **Oui** ( ) **Non** ( )
		30 jours : **Oui** ( ) **Non** ( )
	Omphalites	**Oui** ( ) **Non** ( )
	Diarrhée dans les	**8** premiers jours de vie: **Oui** ( ) **Non** ( )
		30 premiers jours : **Oui** ( ) **Non** ( )
	Pneumonies au cours du 1er mois de vie	**Oui** ( ) **Non** ( )
	Arthrites au cours du 1er mois de vie	**Oui** ( ) **Non** ( )
	Autres pathologies	

y- GT-LQ

Substrat carboxylé. Cinétique. Liquide

Détermination quantitative de gamma-glutamyl transférase (GT)
IVD

A conserver entre 2-8ºC

PRINCIPE DE LA MÉTHODE
La -glutamyl transférase (-GT) catalyse le transfert d'un groupe -glutamyl de la -glutamyl-p-nitroanillide au dipeptide accepteur glycylglycine, d'après la réaction suivante :

$$\text{L- -Glutamyl-3-carboxi-4-nitroanilide + glycylglycine} \xrightarrow{GT} \text{L- -Glutamyl-glycylglycine + Acide 5-aminé-2-nitrobenzoïque}$$

La vitesse de formation de l'acide 5-aminé-2-nitrobenzoïque, déterminée de manière photométrique, est proportionnelle à la concentration catalytique de -glutamyl transférase (-GT) dans l'échantillon testé[1,2].

SIGNIFICATION CLINIQUE
La -glutamyl transférase (-GT) est une enzyme qui est présente dans presque tous les tissus de l'organisme, en étant particulièrement élevée dans le foie, le pancréas, le rein et la prostate.
La détermination des niveaux de -glutamyl transférase (-GT) est la méthode la plus utilise pour diagnostiquer et soigner les maladies hépatobiliaires telles que l'obstruction hépatique, la cirrhose ou les tumeurs hépatiques[1,2,5,6].
Le diagnostic clinique doit être réalisé en tenant compte de toutes les données cliniques et de laboratoire.

RÉACTIFS

R 1	TRIS pH 8,6	100 mmol/L
Tampón	Glycylglycine	100 mmol/L
R 2	L- -glutamyl-3-carboxi-4-	
Substrat	nitroanilide	3 mmol/L

PREPARATION
Tous les réactifs sont prêts à l'emploi.

CONSERVATION ET STABILITÉ
Toutes les composantes du kit sont stables jusqu'à l'expiration de la date mentionnée sur l'étiquette en cas de conservation hermétique sous 2-8ºC et de protection contre la lumière et les contaminations évitées lors de leur utilisation.
Ne pas utiliser de réactifs en dehors de la date indiquée.
Indicateurs de détérioration des réactifs :
- Présence de particules et turbidité.
- Absorbances du témoin à 405 nm≥ 1,80.

ÉQUIPEMENTS SUPPLÉMENTAIRES
- Auto-analyseur SPIN640Plus.
- Équipement d'usage général pour laboratoire.

ÉCHANTILLONS
Sérum[1]. GT il est stable jusqu'à 3 jours à 2-8ºC, 8 heures à 15-25ºC et 1 mois à – 20ºC.

CONTRÔLE DE QUALITÉ
Il convient d'analyser des sérums de contrôle estimés en même temps que les échantillons : SPINTROL H normal et pathologique (réf. 1002120 et 1002210).
Si les valeurs obtenues se trouvent en dehors de la plage de tolérance, il faut revoir les instruments, les réactifs et la technique.
Chaque laboratoire doit disposer de son propre système de contrôle de qualité et établir des actions correctives si les contrôles ne sont pas conformes aux tolérances.

POUR TRAVAILLER AVEC CODES A BARRES, IL FAUT CHARGER LA BASE DE DONNEES QUE VOUS DEVEZ SOLLICITER PREALABLEMENT A SPINREACT.

APPLICATION AU SPIN640

TEST INFORMATION		**REAGENT VOLUME**			
Nº	**	Vol. R1	240		
Test	GGT	Vol. R2	60		
Full Name	GGT	Vol. R3			
Standard nº	1	Vol. R4			
SAMPLE VOLUME		**RESULT SETUP**			
Vol. Sample Stand.	30	Decimal	1	Slope	1
Vol. Sample Increas.		Unit	U/L	Inter.	0
Vol. Sample Dec					
REACTION PARAMETERS					
Reac. Type	Kinetic	Direction		Increase	

APPLICATION AU SPIN640Plus

EDIT PARAMETERS			
Test	GGT	No.	**
Full name	GGT	Print name	GGT
Reac. Type	Kinetic	Direction	Increase
Pri. Wave.	412	Sec. Wave.	
Unit	U/L	Decimal	0
Reagent Blank	0 - 0	React. Time	57-77
Vol. Sample	30 ul	R1	240 ul
Increased		R2	60 ul
Decreased		R3	
Sample blank		R4	

*L'étalonnage est stable jusqu'à **35 jours**. Passé ce délai, doit étalonnager de nouveau pour obtenir de bons résultats.*

VALEURS DE RÉFÉRENCE [1]

	25ºC	30ºC	37ºC
Femmes	4-18 U/L	5-25 U/L	7-32 U/L
Hommes	6-28 U/L	8-38 U/L	11-50 U/L

Ces valeurs sont approximatives. Il est recommandé que chaque laboratoire établisse ses propres valeurs de référence.

CARACTÉRISTIQUES DE LA MÉTHODE
Gamme de mesure: de la limite de la détection de 2 U/L à la limite de linéarité de 300 U/L.
Si les résultats obtenus sont plus élevés que la limite de linéarité, il faut diluer 1/10 avec ClNa 9 g/l et multiplier le résultat par 10.
Précision:

	Intra-essai n=20)		Inter-essai (n=20)	
Moyenne (U/L)	38,3	190	40,1	198
SD	0,39	0,53	0,82	2,30
CV (%)	1,03	0,28	2,05	1,16

Sensibilité analytique: 1 U/L = 0,0008 ΔA/min.
Exactitude: les résultats obtenus en utilisant les réactifs SPINREACT n'ont pas présenté de différences systématiques en comparaison avec d'autres réactifs commerciaux (x).
Les résultats obtenus sur 50 échantillons ont été les suivants :
Coefficient de régression $(r)^2$: 0,99990.
Équation de la droite de régression : y=1,334x – 1,493.
Les caractéristiques de la méthode peuvent varier en fonction de l'analyseur utilisé.

BIBLIOGRAPHIE

1. Gendler S. -GT. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton 1984; 1120-1123.
2. Persijn J P et al. J Clin Chem Clin Biochem 1976; (14) 9: 421-427.
3. Young DS. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC Press, 1995.
4. Young DS. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC 2001.
5. Burtis A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AACC 1999.
6. Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AACC 1995.

PRÉSENTATION

Ref: MD41288	Cont.	R 1:	4 x 40 mL
		R 2:	2 x 20 mL

SPINREACT,S.A./S.A.U. Ctra.Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (GI) SPAIN Tel. +34 972 69 08 00 Fax +34 972 69 00 99. e-mail: spinreact@spinreact.com