République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 08 ماي 1945 قالمة

Université 08 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Sciences de la Terre et de l'Univers

Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité/Option: Production et transformation litière PTL

Département : Écologie et génie de l'environnement

Thème :

Etude de la qualité immunologique du colostrum des vaches dans la région de Guelma

Présenté par:

- **BOULAHFA Anfel**
- **ZENDAOUI Nadjette**

Devant le jury:

Présidente	***Dr. SLIMANI* Atika**	***MCB***	**Université de Guelma**
Promotrice	***Dr. SEDDIKI Sarra***	**MAA**	**Université de Guelma**
Examinatrice	***Dr. DOUAKHA Meriem Hanene***	**MAA**	**Université de Guelma**

Juin 2025

Remerciements

Nous remercions sincèrement Dieu, le Tout-Puissant, pour la force, la patience et le courage qu'Il nous a accordés tout au long de ce parcours.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre directrice de thèse, Dr. Seddiki Sarra, pour ses orientations éclairées, sa grande patience et la confiance précieuse qu'elle nous a accordée. Son accompagnement constant a été un soutien fondamental qui nous a permis de surmonter les obstacles et de mener à bien ce travail.

Nos remerciements vont également à Dr. Slimani Atika, présidente du jury, pour avoir accepté d'évaluer notre mémoire et pour ses remarques enrichissantes, ainsi qu'à Dr. Douakha Meriem Hanene, membre du jury, pour sa lecture attentive et ses observations constructives.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble des enseignants du Département d'Écologie de l'Université du 8 Mai 1945, qui ont contribué à notre formation et ont éveillé notre curiosité scientifique au fil des années.

Un grand merci à nos familles, et particulièrement à nos parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien moral et leurs encouragements constants.

Enfin, nous nous remercions nous-mêmes pour les efforts fournis, la persévérance et l'esprit d'équipe dont nous avons fait preuve malgré les défis rencontrés. Cette expérience fut une belle occasion de grandir, d'apprendre, et de croire en nos capacités.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

À ceux qui me sont proches et chers, Pour leur présence dans ma vie, leur soutien pendant mes études, leur confiance, leurs encouragements et tout l'amour qu'ils me donnent.

À mes parents, « **Sasi** » et « **Zahia Naidja** », pour tout ce qu'ils sont pour moi.

À mes chers frères « **Moundher** » et « **Nawfel** », ma force silencieuse, mes épaules fidèles et ma source de courage dans la vie.

À mon fiancé « **Akram** », mon soutien fidèle, mon partenaire de rêves et mon premier appui.

À mes sœurs de cœur, « **Assia** », « **Selma** » et « **Lamis** »,Votre présence rend chaque jour plus lumineux et précieux aujourd'hui, malheureusement je dis au revoir au dernier endroit où nous avons étudié ensemble, Que notre avenir soit aussi beau que nos souvenirs.

À ma chère copine « **Jouta »**,Merci pour ton soutien constant, ta bonne humeur et ta présence précieuse tout au long de ce parcours.

À « **Lina »** ma chère cousine, ma complice et miroir de mon enfance, ma partenaire de souvenirs. Ta présence fidèle est un cadeau rare.

À mes grands-parents vivants, « **Halima »** et « **Abdelaziz »**, merci pour votre amour et votre soutien constants, et à mes grands-parents disparus, « **Aicha »** et « **Saïd »**, que la paix soit sur vos âmes.

Sans oublier les enfants de mes tantes, « **Batoul »** et « **Amine »**, mes deux petits trésors adorés.

Anfel

Je dédie ce travail, humble fruit de mes efforts, à :

La plus précieuse des personnes, celle qui m'a offert un soutien inconditionnel et un amour sans limites : ma chère mère « **Houria Bouhous** », lumière de ma vie. Cette réussite est le reflet de tes sacrifices et de ton dévouement. Tu demeureras à jamais mon modèle et ma source d'inspiration.

À l'âme de mon père « **Salah** » bien-aimé, que Dieu a rappelé à Lui avant que nous ne puissions achever ensemble ce chemin. À chaque pas, je vois ton visage souriant et j'entends tes paroles encourageantes.

Merci, papa, je suis toujours déterminée à te rendre fier.

Qu'Allah t'accorde Sa miséricorde et t'accueille dans Son vaste Paradis.

« Ce n'était pas moi seule… c'était ton souvenir, papa, qui me poussait à continuer mon chemin. »

À ma chère sœur « **Rania »**, ta présence fut une lumière dans mon parcours, ton soutien a été la clé de cette réussite.

À ma sœur bien-aimée « **Ibtissam »,** ainsi qu'à ses petits anges : « **Salah, Ibrahim, Sabri** et **Anaïs »**.

À mes frères adoré **Hicham**, mon Petit **Yassin**

À mes chères amies : « **Khawla, Wissal, Malek** et **Chaïma »**, avec qui les journées furent plus douces et plus belles.

À ma camarade de parcours « **Anfel »**, merci pour ta précieuse compagnie et ton soutien fidèle. Tu as été une partenaire exemplaire tout au long de ce chemin.

Nadjette

Résumé :

Le colostrum bovin est une sécrétion lactée produite par la vache dans les heures suivant le vêlage, essentielle pour l'immunité passive et la nutrition du veau nouveau-né. A cet effet, une approche a été réalisé afin d'évaluer la qualité physico-chimique et immunologique du colostrum bovin sur 20 vaches appartenant à différentes races et âges, et élevées dans la région de « Guelma » selon deux systèmes de production, intensif/extensif. L'analyse de la qualité physico-chimique a été effectuée à l'aide d'un Lactoscan, qui permet de déterminer la teneur en macroéléments dans chaque échantillon. Les résultats ont révélé un colostrum globalement riche en éléments nutritionnels, en particulier en protéines (75,5 g/l) et en matières grasses (49,49 g/l), avec une teneur élevée en lactose (86,25 g/l) et une concentration importante en extraits secs. Parallèlement, la qualité immunologique a été évaluée à l'aide d'un réfractomètre, un appareil permettant d'estimer la concentration en immunoglobulines dans le colostrum à travers la mesure de l'indice Brix. Notre étude révèle que la qualité globale du colostrum analysé est considérée comme bonne, tant du point de vue nutritionnel qu'immunologique avec un taux moyen des immunoglobulines de 52,22 g/l. L'utilisation conjointe du Lactoscan et du réfractomètre s'est ainsi révélée être une méthode efficace, rapide et accessible pour l'évaluation de la qualité du colostrum en élevage.

Mots clés : colostrum bovin, qualité physico-chimique, qualité immunologique, lactoscan, réfractomètre, immunoglobulines

Abstract:

Bovine colostrum is a milk secretion produced by the cow in the hours following calving, and it is essential for passive immunity and the nutrition of the newborn calf. To this end, a study was carried out to assess the physico-chemical and immunological quality of bovine colostrum from 20 cows of different breeds and ages, raised in the Guelma region under two production systems: intensive and extensive. The physico-chemical quality was analyzed using a Lactoscan device, which determines the content of macronutrients in each sample. The results revealed that the colostrum was generally rich in nutritional elements, particularly proteins (75.5 g/L) and fats (49.49 g/L), with a high lactose content (86.25 g/L) and a significant concentration of dry extracts. At the same time, the immunological quality was evaluated using a refractometer, a device that estimates the concentration of immunoglobulin's in colostrum through the measurement of the Brix index. Our study shows that the overall quality of the colostrum analyzed is considered good, both nutritionally and immunologically, with an average immunoglobulin concentration of 52.22 g/L. The combined use of the Lactoscan and the refractometer thus proved to be an effective, rapid, and accessible method for evaluating colostrum quality in livestock farming.

Keywords: bovine colostrum, physico-chemical quality, immunological quality, Lactoscan, refractometer, immunoglobulins.

الملخص:

اللّبأ البقري هو إفراز لبني تنتجه البقرة خلال الساعات التي تلي الولادة، ويُعد ضروريًا للمناعة السلبية وتغذية العجل حديث الولادة. ولهذا الغرض، تم تنفيذ دراسة لتقييم الجودة الفيزيائية-الكيميائية والمناعية للّبأ البقري على 20 بقرة تنتمي إلى سلالات وأعمار مختلفة، ومربّاة في منطقة "قالمة" وفق نظامي إنتاج مختلفين: مكثف وشبه رعوي. تم تحليل الجودة الفيزيائية-الكيميائية باستخدام جهاز "لاكتوسكان"، الذي يسمح بتحديد محتوى العناصر الغذائية الكبرى في كل عينة. أظهرت النتائج أن اللّبأ غني عمومًا بالعناصر الغذائية، خاصة بالبروتينات (75.5 غ/لتر) والدهون (49.49 غ/لتر)، مع نسبة مرتفعة من اللاكتوز (86.25 غ/لتر) وتركيز مهم من المستخلصات الجافة. بالتوازي، تم تقييم الجودة المناعية باستخدام جهاز "الرفراكتومتر"، الذي يُقدّر تركيز الغلوبولينات المناعية في اللّبأ من خلال قياس مؤشر .Brix تكشف دراستنا أن الجودة العامة للّبأ المُحلل تُعد جيدة من الناحيتين الغذائية والمناعية، بمتوسط تركيز للغلوبولينات المناعية قدره 52.22 غ/لتر. وقد أثبت الجمع بين استخدام جهازي اللاكتوسكان والرفراكتومتر أنه طريقة فعالة وسريعة وميسورة لتقييم جودة اللّبأ في مجال تربية الماشية.

الكلمات المفتاحية: اللّبأ البقري، الجودة الفيزيائية-الكيميائية، الجودة المناعية، لاكتوسكان، رفراكتومتر، الغلوبولينات المناعية.

Liste des Tableaux :

N° du tableau	Titre du tableau	N° de page
01	Evolution de la composition du colostrum de vache.	**6**
02	Evolution de la composition protéique du colostrum au cours des premières traites et comparaison avec celle du lait.	**7**
03	Teneurs en minéraux du colostrum et du lait.	**9**
04	Teneurs en oligoéléments dans le colostrum et le lait	**10**
05	Teneurs en vitamines du colostrum et du lait.	**11**
06	Teneurs en hormones dans le colostrum et le lait.	**13**
07	Comparaison des concentrations d'immunoglobulines dans le sérum, le colostrum et le lait bovin.	**16**
08	Composition du colostrum en acides gras.	**22**
09	le taux moyen des solides totaux	**57**
10	Facteurs influençant le taux des solides totaux	**58**
11	le taux moyen des protéines	**59**
12	Facteurs influençant le taux des protéines	**59**
13	le taux moyen des matières grasses (MG)	**61**
14	Facteurs influençant le taux de matière grasse	**61**
15	le taux moyen de lactose	**62**
16	Facteurs influençant le taux de lactose	**62**
17	le taux moyen d'IgG	**63**
18	Facteurs influençant le taux d'IgG	**64**

Liste des figures :

N° de figure	Titre de figure	N° de page
1	comparaison des compositions du lait et du colostrum	**6**
2	Classification des acides gras	**22**
3	Pourcentage d'absorption des immunoglobulines colostrales ingérées en fonction de l'heure de la buvée après la naissance,	**31**
4	Méthode de dosage des immunoglobulines par immuno-diffusion radiale	**37**
5	Colostrumètre	**38**
6	Carte des sites d'étude – Guelma	**44**
7	La race « Holstein », « Montbéliarde »et « Guelmoise »	**45**
8	La race « Sétifienne » et « Chélifienne »	**45**
9	La race « Cheurfa »	**46**
10	Réfractomètre	**47**
11	Lactoscan	**47**
12	Thermomètre	**48**
13	Bain marie	**48**
14	échantillons de colostrum	**49**
15	L'étalonnage de lactoscan	**50**
16	La lecture des résultats	**50**
17	Le nettoyage et la maintenance de colostrum	**51**
18	Calibrage de l'appareil réfractomètre	**52**
19	La préparation d'échantillon	**53**
20	La lecture des résultats (Brix%)	**54**
21	La répartition des vaches en fonction du rang de vêlage	**54**
22	La répartition des vaches en fonction de race	**54**
23	La répartition des vaches en fonction de parité	**55**
24	La répartition des vaches en fonction d'âge	**55**
25	La répartition des vaches en fonction du Type d'élevage	**56**
26	La répartition des vaches en fonction d'intervalle v-p	**56**
27	La répartition des vaches en fonction du sexe de veau	**57**
28	Effet de l'âge	**65**
29	Effet de l'intervalle v-p	**66**
30	Effet de type d'élevage	**67**
31	Effet de la parité	**67**
32	Effet de rang de vêlage	**68**

Liste des abréviations :

- **AGMI** : Acides Gras Mono insaturés
- **AGPI** : Acides Gras Polyinsaturés
- **AGS** : Acides Gras Saturés
- **Brix %** : Pourcentage de matière solide soluble
- **C4:0, C6:0, ...** : Formules des acides gras (ex. butyrique, caproïque, etc.)
- **DSA** : Direction des Services Agricoles
- **ECAR** : Écart-type
- **G/L** : Grammes par litre
- **Ig** : Immunoglobuline
- **IgA** : Immunoglobuline A
- **IgG** : Immunoglobuline G
- **IgG1** : Immunoglobuline G1
- **IgG2** : Immunoglobuline G2
- **IgM** : Immunoglobuline M
- **ITMAS** : Institut de Technologie moyen agricoles spécialisés
- **LDL** : Lipoprotéines de basse densité (mauvais cholestérol)
- **MG** : Matières Grasses
- **MOY** : Moyenne
- **n-3 / ω3** : Oméga 3
- **n-6 / ω6** : Oméga 6
- **p-value** : Valeur p (statistique)
- **r** : Coefficient de corrélation
- **TP** : Teneur Protéique
- **VP** : Vêlage-Prélèvement
- **ω9** : Oméga 9

Table des matières

Introduction générale 1
Chapitre 1 : Le colostrum bovin 2
1. Le colostrum bovin : définition, composition et variations 2
1.1. Définition légale : 2
1.2. Définition réglementaire 3
1.2.1. Réglementation française : 3
1.2.2. Réglementation de l'Union européenne et de la France : 3
1.3. Définition Pratique 3
1.4. Définition Biologique et Immunologique 3
2. Composition du Colostrum 4
2.1. Composition générale : 4
2.1.1. Principaux constituants du colostrum 4
2.1.2. Constituants biochimiques détaillés 4
2.1.3. Evolution de la composition du colostrum de vache : 6
2.2. Composition protéique 6
2.2.1 Évolution de la composition protéique du colostrum 7
2.3 Composition minérale et vitaminique : 8
2.3.1 Macroéléments : 8
2.3.2 Oligoéléments 9
2.3.3 Vitamines : 10
2.4 Autres éléments de colostrum 11
2.4.1 Les cellules immunitaires : 11
2.4.2 Cellules : 12
2.4.3 Hormones et cytokines : 12
3. Les immunoglobulines de colostrum : 16
3.1. Structure des immunoglobulines 16
3.2. Les différents isotypes d'immunoglobulines 16
3.3. Les immunoglobulines majeures du colostrum 16
- IgG 16
3.3.1. IgA : 17
3.3.2. IgM : 17
3.4. Origine des immunoglobulines : 18
3.4.1. Transsudation et translocation des immunoglobulines maternelles : 18

3.4.2. Synthèse locale des immunoglobulines dans la glande mammaire : 19
4. Composition des acides gras 19
4.1. Définition : 19
4.2. Classification : 20
4.2.1. Les acides gras saturés (AGS) : 20
4.2.2. Les acides gras insaturés : 21
5. Facteurs influençant la concentration en immunoglobulines du colostrum : 23
5.1 La quantité de colostrum produit : 23
5.2 Influence de la race 23
5.3. Influence de l'âge et du rang de lactation 24
5.4. Influence de la gémellarité 24
5.5. Influence de la durée de tarissement 25
5.6. L'état sanitaire de la mère 25
5.7. L'alimentation des mères 26
5.7.1. Énergie et protéines 26
5.7.2. Vitamines et minéraux 26
5.7.3. Effet de l'équilibre alimentaire 27
5.8. Les conditions du vêlage 27
5.8.1. Impact du stress et du type de vêlage 27
5.8.2 Effet des conditions d'hygiène 27
Chapitre 2 : Les principaux rôles du colostrum 29
1. Rôle dans le métabolisme du nouveau-né : 29
1.1. Rôle énergétique : 29
1.2. Rôle dans la régulation du métabolisme : 30
2. Rôle dans les défenses du nouveau-né : 30
2.1. Transfert de l'immunité passive : 30
2.2. Protection locale : 32
2.2.1. Protection spécifique par les immunoglobulines 32
2.2.2. Protection spécifique par les leucocytes 33
2.2.3. Protection non spécifique 33
2.3. La protection systémique : 34
3. Le colostrum, vecteur des pathogènes : 34
3.1. Les bactéries retrouvées dans le colostrum 34

3.2. Origine des contaminations : 34
Chapitre 3 : Les techniques d'analyse de la qualité de colostrum 36
1. Les techniques directes : 36
1.1. Immuno-diffusion radiale (Méthode de référence): 36
1.2. ELISA (Enzyme-LinkedImmunosorbentAssay): 37
2. Les techniques indirectes : 37
2.1. Hydromètre ou Colostrumètre : 37
2.2. La réfractométrie : 38
2.3. Évaluation visuelle du colostrum : 39
3. Comparaison des deux types de méthodes : 39
3.1. Avantages et inconvénients des méthodes directes : 39
3.1.1. Les avantages : 39
3.1.2. Les inconvénients : 39
3.2. Avantages et inconvénients des méthodes indirectes : 39
3.2.1. Les avantages: 39
3.2.2. Les inconvénients : 40
Partie expérimentale 41
1. Présentation de la zone de l'étude : 41
1.1. Situation régionale: 42
1.2. Le climat de la Wilaya de Guelma : 42
1.3. Réseau hydrologique: 43
1.4. Agriculture: 43
1.5. Choix de site de l'étude : 43
2. Matériel et équipement : 44
2.1. Matériel biologique : 44
2.2. Matériel technique : 46
2.2.1. Matériel de prélèvement : 46
2.2.2. Matériel de laboratoire : 46
2.2.3. Appareillage d'analyse : 47
3. Méthodes : 48
3.1. Analyse physico-chimique : 48
3.1.1 Objectif de l'étude : 48
3.1.2 Matériel et équipements : 49

3.1.3 Procédures : 49
3.2 Méthode d'analyse immunologique : 51
3.2.1 Objectif de l'étude : 51
3.2.2. Méthodologie d'utilisation du réfractomètre pour l'évaluation de la qualité du colostrum : 51
4. Résultats et discussion : 54
4.1. Répartition des vaches étudiées: 54
4.2. Etude de la qualité physico-chimique du colostrum : 57
4.2.1. Solides totaux : 57
4.2.2. Les protéines : 58
4.2.3. La matière grasse : 60
4.2.4. Lactose : 62
4.3. Etude de la qualité immunologique de colostrum 63
4.3.1. Les facteurs qui influencent la qualité Immunologique du colostrum : 68
Conclusion : 74
Références bibliographiques 76

Introduction générale

Introduction générale

Le colostrum bovin est défini comme un mélange de sécrétions lactées et de composants du sérum sanguin, notamment des immunoglobulines et d'autres protéines sériques, qui s'accumulent dans la glande mammaire durant la période de tarissement précédant la mise bas Il peut être récolté juste avant ou immédiatement après le vêlage. Les six premières traites post-partum, correspondant à la transition entre le colostrum et le lait, ne sont pas commercialisables et sont généralement désignées sous le terme de colostrum. Des lignes directrices récentes sur la mesure et la communication des données expérimentales liées aux veaux adoptent une définition similaire. (Latson, et al, 1977).

Ainsi, sauf indication contraire, ce terme fait référence, dans cette revue, au produit issu des six premières traites post-partum des vaches laitières.
Le transfert d'immunité passive de la mère au veau nouveau-né, assuré par l'absorption intestinale des immunoglobulines colostrales intactes, est un processus essentiel, largement documenté et récemment analysé par Logan (Logan , 1974) ;(Selman, 1972) et (Staley, 1971).

Par ailleurs, ces immunoglobulines assurent également une protection locale au niveau intestinal (Corley, et al, 1977) ;(Mebus, et al, 1973).

. Cette seconde forme de défense demeure efficace chez les veaux qui ne peuvent plus absorber les immunoglobulines intactes.
En plus de ses propriétés immunologiques, le colostrum représente une source précieuse de nutriments essentiels, favorisant la croissance et la bonne santé des veaux. Ces dernières années, son utilisation dans les programmes d'alimentation des veaux suscite un intérêt croissant.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. Le colostrum bovin

Chapitre 1 : Le colostrum bovin

1. Le colostrum bovin : définition, composition et variations

1.1.Définition légale :

Le colostrum est le premier liquide sécrété par la glande mammaire après la mise bas. Certains auteurs considèrent qu'il est présent uniquement lors de la première traite ou durant les 24 à 48 premières heures suivant l'accouchement. Cependant, en France, sa définition est encadrée de manière indirecte par la réglementation. En effet, le décret du 25 mars 1924, modifié par celui du 4 janvier 1971, stipule que *« le lait est le produit de la sécrétion mammaire normale obtenue par une ou plusieurs traites, sans addition ni soustraction. L'origine doit être précisée s'il ne provient pas de l'espèce bovine ».* Par ailleurs, il précise que *« sera considéré comme lait impropre à la consommation humaine : (…) le lait provenant d'une traite opérée moins de sept jours après le part et, de manière générale, le lait contenant du colostrum ».*

Ainsi, selon la réglementation française, le colostrum correspond au lait issu des six premiers jours post-partum. Son inclusion dans la collecte laitière est considérée comme une fraude. Cette interdiction repose sur des raisons technologiques, car le colostrum présente une composition spécifique : il est particulièrement riche en protéines solubles (notamment les immunoglobulines et l'albumine) et contient moins de protéines spécifiques du lait, comme les caséines. Or, ces protéines solubles, bien que plus hydrophiles, sont moins stables à la chaleur et ne coagulent pas avec la présure, rendant ce lait inadapté aux procédés de fabrication fromagère. De plus, la présence accrue de protéines non caséiques entraîne une coagulation plus rapide et plus intense sous l'effet de la chaleur.

Les traitements thermiques classiques, tels que la pasteurisation et la stérilisation, ne sont donc pas applicables au colostrum ou au lait en contenant, ce qui pose des défis en matière de conservation et d'utilisation. Ces contraintes technologiques peuvent entraîner des pertes économiques significatives pour les producteurs.

Décret du 25 mars 1924, modifié par le décret du 4 janvier 1971 :

Selon ce décret, le colostrum est défini comme le produit des traites réalisées durant les six premiers jours suivant la mise bas. Sa livraison dans la collecte laitière est considérée comme une fraude (Décret du 25 mars 1924, modifié par le décret du 4 janvier 1971).

1.2.Définition réglementaire

1.2.1. Réglementation française :

Le colostrum est jugé impropre à la consommation humaine et doit être séparé du lait destiné à la vente (Décret du 25 mars 1924, modifié par le décret du 4 janvier 1971).

1.2.2. Réglementation de l'Union européenne et de la France :

Le colostrum est défini comme un fluide riche en anticorps et en minéraux, sécrété par les glandes mammaires des animaux producteurs de lait jusqu'à trois à cinq jours après la parturition (Paquet Hygiène).

.

1.3.Définition Pratique

Pour des considérations pratiques, nous entendons par colostrum le produit issu de la première traite ou tétée suivant la mise bas. Les processus de colostrogenèse cessent immédiatement après la mise basse, entraînant une modification progressive de la composition du colostrum au cours des sept jours suivants. À partir du septième jour, il adopte les caractéristiques du lait (Foley, et al, 1978).

1.4.Définition Biologique et Immunologique

Le colostrum correspond aux sécrétions accumulées dans la mamelle au cours des dernières semaines de gestation. Il est enrichi en protéines issues du sang par transsudation sous l'influence des œstrogènes et de la progestérone (Salmon, 1999).

Il est défini comme un mélange de sécrétions lactées et de constituants du sérum sanguin, s'accumulant dans la glande mammaire pendant la période sèche et pouvant être récolté immédiatement avant ou après la mise bas (Foley, Otterby, 1978).

Selon Levieux (1984), qui se focalise sur l'immunité conférée par le colostrum, celui-ci correspond uniquement au produit de la première traite, et non de la première journée. En revanche, Foley et al. (1978), qui s'intéressent au surplus de colostrum non commercialisable, élargissent cette définition au mélange des six premières traites (Foley, Otterby, 1978).

D'un point de vue immunologique, le colostrum est un liquide contenant les éléments de l'immunité passive du jeune ruminant. Il s'agit de la sécrétion mammaire produite au cours des

48 premières heures suivant la mise bas, qu'elle soit ingérée par tétée ou recueillie par traite. Durant cette période, les quantités de cellules immunitaires et d'anticorps diminuent rapidement d'une prise à l'autre. Au-delà, leur concentration se rapproche de celle du lait, bien qu'un résidu d'immunité lactogène, à l'efficacité incertaine, persiste jusqu'au sevrage (Amalric, 2011).

Enfin, les concentrations sériques maternelles en IgG et IgM ne sont pas directement corrélées à celles retrouvées dans le colostrum, où elles sont sélectivement concentrées, en particulier les IgG (Amalric, 2011).

2. Composition du Colostrum

2.1. Composition générale :

Le colostrum bovin se distingue par sa richesse en nutriments et en composants bioactifs essentiels à la survie et au développement du veau. Il possède un niveau énergétique trois fois supérieur à celui du lait ordinaire, permettant de maintenir la température corporelle du nouveau-né.

2.1.1. Principaux constituants du colostrum

- **Anticorps** : Essentiels pour l'immunité du veau, qui naît sans immunoglobulines.
- **Minéraux, oligo-éléments et vitamines** : Présents en quantités 2 à 10 fois plus élevées que dans le lait ordinaire.
- **Facteurs antimicrobiens** : Comprennent la lactoferrine, la lactoperoxydase et le lysozyme, offrant une protection contre les bactéries et les virus.
- **Hormones et facteurs de croissance** : Favorisent le développement du veau.
- **Cellules somatiques** : Contribuent à la réponse immunitaire.

Cette composition unique confère au colostrum une protection générale et locale contre les agents pathogènes, essentielle durant les premières semaines de vie du veau (Latson, et al, 1977)

2.1.2. Constituants biochimiques détaillés

- **Lactose** : Faiblement concentré dans le colostrum (minimum 1,2 %), notamment lors des premières traites. Il représente 50 % de la pression osmotique et sa densité est plus élevée que celle du lait.
- **Oligosaccharides** : Environ 40 types différents, avec un caractère acide.
- **Protéines** : Plus concentrées dans le colostrum que dans le lait, incluant les lactoglobulines, la caséine, l'albumine sérique et la lactoferrine. La caséine diminue avec les traites. Les immunoglobulines (IgG, IgM, IgA) constituent 70 à 80 % des

protéines du colostrum (contre seulement 1 % dans le lait), avec les IgG représentant 75 % du total des immunoglobulines. Des centaines de protéines mineures sont également présentes.

- **Facteurs de croissance** : Incluent principalement les IGF I et II (Insulin-likeGrowthFactors) et l'EGF (EpidermalGrowth Factor), en concentrations bien supérieures à celles du lait. Ces taux diminuent rapidement après la mise bas.
- **Enzymes** : Environ 40 enzymes en concentrations plus élevées que dans le lait, comprenant les enzymes antioxydantes (lactopéroxydase), les protéinases, lipases, estérases, phosphatases, ribonucléases, ainsi que le lysozyme et la γ-Glutamyl Transférase.
- **Inhibiteurs d'enzymes** : Comme les inhibiteurs de protéases et de trypsine, qui participent à l'absorption des composants immunitaires.
- **Nucléotides** : Impliqués dans la synthèse biochimique des acides nucléiques et des acides gras.
- **Cytokines** : Plus concentrées que dans le lait et jouant un rôle dans la modulation du système immunitaire (interleukines, interférons et facteur TNF).
- **Lipides** : Plus élevés dans le colostrum que dans le lait, passant de 8 % au vêlage à 3,9 % après cinq jours (Holstein). Les acides gras à longue chaîne (C18) prédominent, avec une proportion de stérols (0,3 %, dont 95 % de cholestérol).
- **Minéraux** : Fortes concentrations en calcium et phosphore, diminuant avec le post-partum. Le colostrum contient également une quarantaine de microéléments (zinc, cuivre, fer et manganèse).
- **Vitamines** : Les vitamines liposolubles (A, E et D sous forme de cholécalciférol) sont plus concentrées que dans le lait. Parmi les vitamines hydrosolubles, la thiamine, la riboflavine, ainsi que les vitamines B6 et B12 sont les plus abondantes (La Santé des Ruminants, s.d).

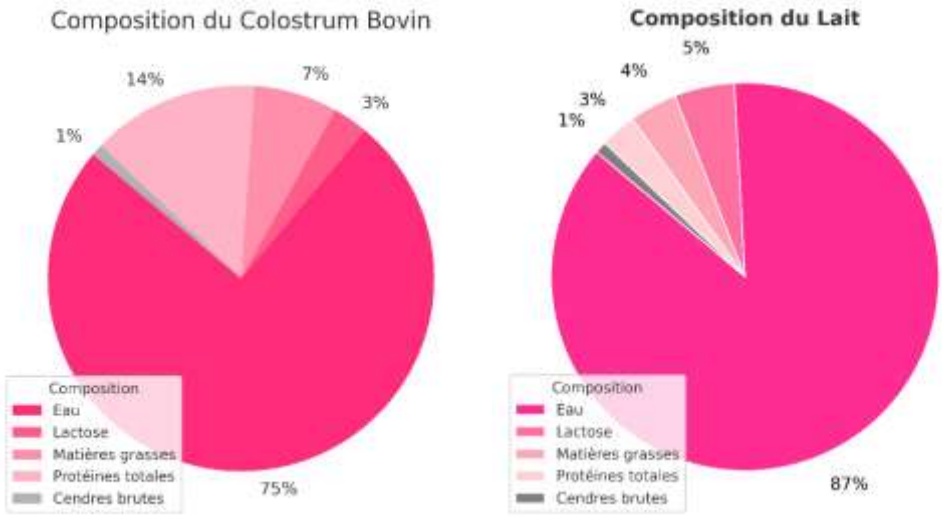

Figure n°1 : comparaison des compositions du lait et du colostrum

https://www.vetalis.fr/colostrum/

2.1.3. Evolution de la composition du colostrum de vache :

Tableau n°1 : Evolution de la composition du colostrum de vache(Maillard, 2006).

	Colostrum					
	1er jour	**2ème jour**	**3ème jour**	**4ème jour**	**5ème jour**	**Lait**
Densité	**1,056**	1,040	1,035	1,033	1,033	**1,032**
Matière sèche (%)	**23,9**	17,9	14,1	13,9	13,6	**12,9**
Matière grasse (%)	6,7	5,4	4,9	4,4	4,3	**4**
Protéines totales (%)	**14**	8,4	5,1	4,2	4,1	**3,1**
Lactose (%)	2,7	3,9	4,4	4,6	4,7	**5**
Cendres brutes (%)	1,11	0,95	0,87	0,82	0,81	**0,74**

2.2. Composition protéique

La teneur totale en protéines du colostrum varie entre **5 et 7 %** au cours des premiers jours suivant la naissance, diminuant progressivement avec le temps. Cette évolution reflète les transformations qui surviennent dans la composition du colostrum après la mise bas.

Les immunoglobulines (IgG, IgM, IgA) constituent **70 à 80 %** des protéines du colostrum, alors qu'elles ne représentent qu'environ **1 %** dans le lait mature. Parmi elles, les IGG représentent**75**

% de l'ensemble des immunoglobulines. De plus, le colostrum contient plusieurs centaines de protéines dites mineures. (La Santé des Ruminants, s.d).

Après le vêlage, le pH du colostrum est plus bas que celui du lait en milieu de lactation, passant d'environ **6,3 à 6,5** en deux semaines. Son pouvoir tampon, initialement élevé, diminue rapidement après quatre traites. (La Santé des Ruminants, s.d).

2.2.1 Évolution de la composition protéique du colostrum

La teneur en protéines du colostrum est particulièrement élevée. Chez les vaches laitières (races Montbéliarde, Prim'Holstein et Rouge Norvégienne), elle varie entre **12,7 % et 16,1 %**(Kehoe, et al, 2007) ; (Parrish, 1950).

En revanche, chez les vaches allaitantes (races Hereford, Limousin croisé et Angus), la teneur en protéines du colostrum est plus élevée, variant entre **16,6 % et 18,4 %**(McGee, 2006) ; (Petrie, 1984).

Toutefois, cette concentration est très variable selon les individus, avec des valeurs extrêmes allant de **4 % à 24,6 %**(Parrish, et al. 1950).

Comparé au lait, le colostrum contient environ 4,5 fois plus de matière protéique. (Maillard, 2006) ;(Foley, Otterby, 1978).

Tableau n°2 : Evolution de la composition protéique du colostrum au cours des premières traites et comparaison avec celle du lait (LEVY. R , 1980).

Numéro de traite après vêlage	Protéines totales (%*)	Caséine (%*)	Protéines solubles	
			Albumine (%*)	Immunoglobuline (%*)
1	14	4,8	0,9	6,0
2	8,4	4,3	1,1	4,2
3	5,1	3,8	0,9	2,4
4	4,2	3,2	0,7	---
Lait	3,1	2,5	0,5	0,09

Le colostrum est une source précieuse de vitamines liposolubles, notamment les vitamines A, D et E. Ces vitamines, faiblement transférées à travers le placenta, sont essentielles pour le développement du veau nouveau-né. Cependant, leur concentration dans le colostrum varie

selon les individus et les conditions d'élevage. Par ailleurs, il a été démontré que leur teneur est corrélée à la quantité de matière grasse présente dans le colostrum, ce qui influence leur biodisponibilité pour le nouveau-né. (Weiss, et al. 1990).

Concernant les protéines, le colostrum se distingue par une forte concentration en bêta-lactoglobulines (β-lg) et en alpha-lactalbumine (α-la), qui surpassent largement celles retrouvées dans le lait mature. La teneur en β-lg, par exemple, atteint son pic lors de la première traite avant de diminuer progressivement. De même, l'albumine sérique bovine (BSA) est particulièrement abondante dans les premières heures post-partum avant de chuter significativement. Cette présence accrue de protéines spécifiques dans le colostrum suggère un rôle clé dans l'immunité et la nutrition du veau. (Fox, Kelly, 2003).

Enfin, la lactoferrine, une glycoprotéine aux propriétés antimicrobiennes, est bien plus concentrée dans le colostrum que dans le lait mature. Elle joue un rôle essentiel dans la protection immunitaire précoce du veau en limitant la prolifération des bactéries pathogènes et en régulant l'absorption du fer. L'analyse des protéines mineures du colostrum, bien que complexe en raison de la dominance des protéines majeures, a révélé une diversité fonctionnelle encore peu explorée.

2.3 Composition minérale et vitaminique :

2.3.1 Macroéléments :

Les macroéléments, tels que le calcium, le phosphore, le potassium, le sodium, le magnésium et le chlore, sont des minéraux essentiels présents en grande quantité dans le colostrum.
Il existe des différences notables entre la composition en macroéléments du lait et celle du colostrum. Les concentrations de calcium, de phosphore, de sodium et de magnésium sont plus élevées dans le colostrum, mais diminuent au cours des 7 premiers jours suivant le post-partum. En revanche, la concentration de potassium reste similaire entre le lait et le colostrum. (Linden, Maraval, 1979) ; (Kume, Tanabe, 1993).
De plus, une augmentation des concentrations de calcium, de phosphore et de magnésium a été observée avec le rang de lactation des vaches. (Kume, Tanabe, 1993).

Tableau n°3: Teneurs en minéraux du colostrum et du lait.(Kume, Tanabe, 1993) ; (Foley, Otterby, 1978); (Kehoe et al. 2007).

	Colostrum	Lait
Calcium g/kg	2,1 – 4,7	1,3
Phosphore g/kg	1,8 – 4,5	1
Potassium g/kg	1,3 – 2,8	1,5
Magnésium g/kg	0,3 – 0,7	0,1
Sodium g/kg	0,6 – 1,1	0,4
Chlore g/kg	1,2	0,7

2.3.2 Oligoéléments

Les oligoéléments, tels que le cuivre, l'iode, le sélénium, le zinc, le fer, le manganèse, le cobalt et le molybdène, sont présents en grande quantité dans le colostrum. Leur apport via le colostrum est essentiel, bien que certains oligoéléments, comme le cuivre et le sélénium, puissent traverser la barrière placentaire et s'accumuler dans le foie du fœtus. (Enjalbert, 2009).

Les concentrations mesurées en cuivre, zinc, fer et manganèse dans le colostrum sont significativement plus élevées que celles du lait, mais elles diminuent dans les 7 jours suivant le vêlage. (Kehoe, et al. 2007).

Concernant le manganèse, la parité influence les concentrations : celles-ci sont généralement plus élevées dans le colostrum des primipares en comparaison avec les multipares. (Kume, Tanabe, 1993; Becker, 2013).

Tableau n°4 : Teneurs en oligoéléments dans le colostrum et le lait(Becker, 2013; Kume, Tanabe, 1993; Foley, Otterby, 1978; Kehoe et al, 2007).

Teneur en oligoéléments		
Composé	Colostrum	Lait
Zinc mg/kg	11,6 – 38,1 mg/kg	3 mg/kg
Manganèse mg/kg	0,1 – 0,2 mg/kg	0,04 mg/kg
Fer mg/kg	1,9 – 5,3mg/kg	0,5 mg/kg
Cuivre mg/kg	0,3 – 0,6 mg/kg	0,1 mg/kg
Cobalt mg/kg	0,005 mg/kg	0,001 mg/kg
Sélénium µg/L	29 - 155 µg/L	100 µg/L

2.3.3 Vitamines :

Le colostrum est une source exceptionnelle de vitamines liposolubles, notamment les vitamines A, D et E. Ces vitamines traversent peu ou pas la barrière placentaire, ce qui explique les faibles concentrations observées dans le plasma des veaux nouveau-nés ayant consommé tardivement du colostrum (après 12 heures de vie), en particulier pour les vitamines E et A.(Zanker, et al.2000).

Par ailleurs, il a été démontré que les concentrations en vitamines liposolubles sont positivement corrélées à la teneur en matière grasse du colostrum(Weiss, et al, 1990).

Les quantités moyennes de vitamines liposolubles varient cependant considérablement entre les individus, même dans des conditions d'élevage similaires. Par exemple, les concentrations mesurées en rétinol fluctuent entre 35 et 1181 UI/100ml de colostrum (Stewart, McCallum, 1938)

Concernant les vitamines hydrosolubles des groupes B et C, les études sont encore limitées, principalement en raison de la complexité des méthodes de mesure nécessaires (Kehoe, et al, 2007)

Les données sur les teneurs en vitamines dans le colostrum et le lait sont synthétisées dans des études clés, notamment celles de Foley et Otterby (Foley, Otterby, 1978 ; Kehoe, 2007; Becker, 2013).

Tableau n°5 : Teneurs en vitamines du colostrum et du lait (Foley, Otterby, 1978; Kehoe et al, 2007; Becker)

Teneurs en vitamines dans le colostrum et le lait		
Vitamine	Colostrum	Lait
A µg/kg	4,9	0,34
D UI/g de MG	0,9 – 1,81	0,4
E µg/g de MG	77 - 84	15
B1, thiamine µg/L	600 - 900	380
B2, riboflavine µg/L	4550 - 4830	1470
B3, nicotinamide µg/L	340 - 960	800
B5, acide pantothénique µg/L	1700	3800
B8, biotine µg/L	10 - 27	20
B9, acide folique µg/L	8	2
B12, cobalamine µg/L	50 - 600	6
C µg/L	25	22

2.4 Autres éléments de colostrum

2.4.1 Les cellules immunitaires :

Les analyses cellulaires du colostrum révèlent des concentrations moyennes de cellules somatiques comprises entre 300 000 et 600 000 cellules/mL. Lors de la première traite après le vêlage, ces concentrations sont nettement plus élevées que celles du lait mature, même chez les animaux non infectés. Toutefois, des variations importantes sont observées, certains colostrums stériles présentant des valeurs dépassant 1 000 000 cellules/ml.(Barkema, et al, 1999).

Le colostrum est également riche en leucocytes, dont la répartition est majoritairement composée de 23 % de lymphocytes, 40 % de macrophages et 38 % de neutrophiles. Parmi les lymphocytes, les lymphocytes T dominent, tandis que les lymphocytes B ne représentent qu'environ 5 % de la population totale. Plus précisément, les lymphocytes T CD4 constituent près de 50 % des lymphocytes du colostrum, avant de diminuer progressivement pour atteindre environ 20 % dans le lait mature. De leur côté, les lymphocytes T CD8, initialement présents à hauteur de 45 %, voient leur proportion se stabiliser autour de 35 % au fil du temps. (Yang, et al, 2011).

2.4.2 Cellules :

Le colostrum issu d'une mamelle saine contient en moyenne 10^6 cellules somatiques par millilitre, principalement composées de leucocytes. Parmi eux, on retrouve les macrophages (40 à 50 %), les lymphocytes (22 à 25 %) et les polynucléaires neutrophiles (22 à 25 %). (Barkema, et al, 1999).

Les lymphocytes T constituent la majorité de cette population (88 %), tandis que les cellules NK représentent entre 5 et 15 %, et les lymphocytes B entre 2,5 et 3,5 %.(Yang, et al, 2011).

Les mécanismes de migration des lymphocytes au sein de l'organisme entraînent une organisation du système immunitaire en deux volets : systémique et local. Chez la truie, les lymphocytes mammaires proviennent à la fois du ganglion mésentérique, associé au territoire muqueux, et du ganglion inguinal, relié au territoire systémique, par un processus de recirculation ciblée. En revanche, chez la vache, aucune migration préférentielle des lymphocytes intestinaux vers le ganglion mammaire n'a été observée, indiquant que les cellules immunitaires du colostrum bovin reflètent principalement une réponse systémique plutôt que muqueuse.(Barkema, et al, 1999).

Par ailleurs, certaines cellules colostrales possèdent la capacité de traverser la barrière intestinale du veau nouveau-né via des récepteurs spécifiques, participant ainsi activement à la stimulation de son système immunitaire. (Yang, et al, 2011).

2.4.3 Hormones et cytokines :

2.4.3.1 Les cytokines :

Le colostrum bovin est particulièrement riche en cytokines pro-inflammatoires telles que l'interleukine 1 bêta (IL-1β), l'interleukine 6 (IL-6) et le facteur de nécrose tumorale alpha (TNF-α), qui jouent un rôle essentiel dans la modulation du système immunitaire du nouveau-né. Leurs concentrations élevées par rapport au lait mature soulignent leur importance en tant que facteurs immunomodulateurs contribuant à la maturation du système immunitaire. (Sobczuk-Szul, et al, 2013).

Il a été observé que ces concentrations diminuent progressivement au cours des cinq premiers jours suivant la mise bas, ce qui pourrait refléter une adaptation immunitaire du veau à son

nouvel environnement extra-utérin. Cette diminution suggère une transition graduelle vers une immunité plus autonome et une moindre dépendance aux facteurs immunitaires du colostrum. (Aranda, P, et al, 1991).

Ces cytokines influencent également la concentration des molécules immunitaires dans le sérum des veaux au cours des premières semaines de vie, renforçant ainsi leur immunité et leur capacité à répondre aux agents pathogènes. (Sobczuk-Szul, et al, 2013).

2.4.3.2 Les hormones

Le colostrum bovin contient des concentrations élevées de plusieurs hormones, notamment l'insuline, le cortisol, la thyroxine et l'hormone de croissance, qui jouent un rôle clé dans le développement du nouveau-né. Ces hormones sont présentes à des niveaux significativement supérieurs à ceux observés dans le lait mature, ce qui souligne leur importance dans les premières étapes de la vie. (Aranda, et al, 1991).

Une particularité de l'insuline est sa liaison potentielle aux protéines du colostrum, notamment à la caséine, comme le suggère la différence de concentration entre le lait entier et le lait dépourvu de caséine. De plus, les niveaux d'insuline dans le colostrum peuvent être jusqu'à cent fois supérieurs à ceux mesurés dans le sérum des bovins, indiquant un processus actif de transfert vers le colostrum. (Le Point Vétérinaire, 2008).

Tableau n°6 : Teneurs en hormones dans le colostrum et le lait (Shutt, Fell, 1985; Aranda et al. 1991; Grega, Bobek, 1977; Elfstrand et al. 2002).

Teneurs en hormones dans le colostrum et le lait		
Hormone	Colostrum	Lait
Insuline mg/ml	327	46
Cortisol mg/ml	1,6	0,35
Thyroxine mg/ml	3,8	1,2
Hormone de croissance mg/ml	0,17	< 0,03

2.4.3.3 Facteurs antimicrobiens non spécifiques :

Le colostrum bovin est riche en protéines qui, après la fermeture de la barrière intestinale, constituent une première ligne de défense contre les infections bactériennes intestinales et participent à l'établissement de l'immunité non spécifique. Voici les principaux facteurs antimicrobiens non spécifiques présents dans le colostrum :

• Lysozyme

Cette enzyme, bien que présente en quantité moindre dans le colostrum par rapport au lait mature, possède une activité antibactérienne notable. Elle cible principalement les bactéries Gram-positives en hydrolysant le peptidoglycane de leur paroi cellulaire. De plus, en synergie avec d'autres composés antimicrobiens tels que la nisine, le lysozyme peut également affecter les bactéries Gram-négatives. (Le Point Vétérinaire, 2008).

• Lactoferrine

Le colostrum bovin contient une concentration élevée de lactoferrine, estimée à environ 4 mg/ml, soit nettement supérieure à celle du lait mature. Cette protéine se lie au fer, privant ainsi les bactéries de cet élément essentiel à leur croissance, ce qui confère à la lactoferrine une activité bactériostatique. Elle est particulièrement efficace contre des bactéries telles que *Bacillus stearothermophilus* et *B. subtilis*. Cependant, la lactoferrine est inactive à des pH inférieurs à 6 et est dénaturée par des traitements thermiques à 137 °C pendant 8 secondes. (Tomita, et al, 2002).

• Complément

Le système du complément est un ensemble de protéines présentes dans le sang et le lait, principalement synthétisées par le foie. Il fonctionne comme une cascade enzymatique menant à la destruction des agents pathogènes, notamment les bactéries Gram-négatives. Le complément agit en synergie avec les immunoglobulines pour opsoniser les agents pathogènes et promouvoir leur phagocytose. La concentration des protéines du complément est relativement faible pendant la lactation, mais elle est plus élevée dans le colostrum et les sécrétions mammaires pendant la période sèche. (Rainard, 2003).

• Système lactoperoxydase, thiocyanate et peroxyde d'hydrogène

Ce système antimicrobien nécessite la présence simultanée de trois composants : la lactoperoxydase, l'ion thiocyanate et le peroxyde d'hydrogène. Ensemble, ils exercent une action bactériostatique ou bactéricide par oxydation. La concentration de lactoperoxydase est élevée dans le colostrum, tandis que celle de l'ion thiocyanate dépend de l'alimentation de la mère. Le peroxyde d'hydrogène peut être produit par des bactéries dépourvues de catalase, comme les streptocoques et les lactobacilles.(Reiter, 1985).

2.4.3.4 Protéines bioactives du colostrum bovin

Le colostrum contient diverses protéines bioactives, notamment des peptides opioïdes, la bombésine et la neurotensine, qui jouent des rôles essentiels dans le développement du nouveau-né.

• Peptides opioïdes

Les peptides opioïdes, tels que les enképhalines, sont des opioïdes endogènes présents dans le cerveau et l'intestin. Ils agissent sur les récepteurs opioïdes, entraînant des effets analgésiques et modulant diverses fonctions physiologiques, notamment la motilité intestinale et la modulation de la douleur.(Rainard, 2003).

• Bombésine

La bombésine est un neuropeptide de 14 acides aminés, initialement découvert chez les amphibiens. Chez les mammifères, son équivalent, le *gastrin-releasing peptide* (GRP), est exprimé dans divers tissus, notamment le système nerveux central et le tube digestif. Ce peptide stimule la sécrétion de gastrine, augmentant ainsi l'acidité du suc gastrique et favorisant la digestion. En outre, la bombésine module la prolifération et l'invasion tumorale, suggérant un rôle potentiel dans certaines pathologies gastro-intestinales et oncologiques. (Jensen et Coy, 2009).

• Neurotensine

La neurotensine est un peptide de 13 acides aminés présent dans le système nerveux central et le tube digestif. Elle intervient dans la régulation de la libération de certaines hormones, interagit avec le système dopaminergique et participe aux processus de sécrétion ainsi qu'à la contraction des muscles lisses dans le tube digestif. Ce neuropeptide joue un rôle clé dans la

modulation de la réponse au stress et la régulation des fonctions gastro-intestinales. (Vincent, Kitabgi, 2008).

3. Les immunoglobulines de colostrum :

3.1.Structure des immunoglobulines

Les immunoglobulines, ou anticorps, sont des glycoprotéines globulaires thermolabiles essentielles au système immunitaire adaptatif. Chaque molécule d'anticorps est constituée de quatre chaînes polypeptidiques identiques deux à deux : deux chaînes lourdes et deux chaînes légères. Ces chaînes sont reliées entre elles par des liaisons disulfures, formant une structure en forme de Y. Les liaisons disulfures peuvent être rompues par réduction ou acidification, ce qui entraîne la dissociation des chaînes polypeptidiques.

3.2.Les différents isotypes d'immunoglobulines

Les immunoglobulines (Ig) sont des protéines essentielles du système immunitaire, et plusieurs isotypes aux fonctions diverses existent, notamment les IgG_1 , IgA et IgM. Le colostrum bovin est particulièrement riche en ces immunoglobulines, avec des concentrations 100 à 200 fois plus élevées que dans le lait mature. Plus précisément, la concentration d'IgG_1 dans le colostrum est 15 à 40 fois supérieure à celle des autres isotypes et environ 5 fois plus élevée que dans le sérum maternel. (Goddeeris, 2006).

Tableau n°7: Comparaison des concentrations d'immunoglobulines dans le sérum, le colostrum et le lait bovin (GODDEERIS. 2006)

Immunoglobulines	Sérum (mg/mL)	Colostrum (mg/mL)	Lait (mg/mL)
IgG_1	11	60	0,5
IgG_2	9	2	< 0,1
IgA	0,4	5	< 0,1
IgM	3	5	< 0,1

3.3.Les immunoglobulines majeures du colostrum

- **IgG**

Les IgG constituent environ 85 % des immunoglobulines sériques chez les bovins. Elles se répartissent en deux sous-classes principales :

- **IgG_1** : Elles représentent la majorité des IgG colostrales, avec une proportion d'environ 90 %.

- **IgG_2** : Elles constituent environ 2 % des IgG présentes dans le colostrum. (Levieux, 1984).

Les IgG se répartissent de manière homogène entre les compartiments intra-vasculaire et extra-vasculaire du corps, garantissant ainsi une protection systémique globale. Elles contribuent à la neutralisation des toxines bactériennes et facilitent leur élimination par phagocytose par les cellules phagocytaires, notamment les polynucléaires. De plus, elles sont capables d'activer le système du complément.

3.3.1. IgA :

Les IgA sont présentes dans toutes les sécrétions de l'organisme, notamment la salive, les larmes, le colostrum, le lait, ainsi que les sécrétions séro-muqueuses des systèmes respiratoire, digestif et uro-génital. Leur rôle principal est de protéger ces surfaces en empêchant l'adhésion des bactéries aux cellules des muqueuses, limitant ainsi la colonisation par des agents pathogènes. Chez le jeune veau, les IgA contribuent à la protection intestinale en neutralisant les bactéries entérotoxinogènes et les virus dans la lumière intestinale. Elles représentent environ 5 % des immunoglobulines présentes dans le colostrum des bovins. (Salmon, 1999).

Dans les sécrétions externes, elles circulent sous forme dimérique, ce qui leur confère une résistance aux enzymes protéolytiques. Cette résistance est assurée par leur liaison à la pièce sécrétoire, une protéine produite par les cellules épithéliales locales. (Day, et Schultz, 2010).

3.3.2. IgM :

Les IgM représentent environ 5 % des immunoglobulines présentes dans le colostrum des bovins. Ce sont des polymères composés de cinq sous-unités tétrapeptidiques et possédantes un poids moléculaire élevé. Bien qu'elles soient peu abondantes dans le sérum bovin, elles jouent un rôle essentiel dans la lutte contre les infections sanguines, constituant ainsi la première ligne de défense contre les bactéries circulant dans le sang. Les IgM sont de puissants agents cytotoxiques et agglutinants. Leur capacité à fixer le complément est 10 à 20 fois supérieure à celle des immunoglobulines G (IgG), renforçant ainsi leur efficacité dans la réponse immunitaire. (Goddeeris, 2006).

3.4.Origine des immunoglobulines :

Les immunoglobulines (Ig) sont des protéines essentielles du système immunitaire, produites principalement par les plasmocytes. Ces derniers sont des cellules dérivées des lymphocytes B après une phase de différenciation, d'activation et de prolifération. Chaque plasmocyte est spécialisé dans la sécrétion d'une seule classe d'immunoglobulines avec une spécificité antigénique unique. Chez les ruminants, la production des immunoglobulines varie en fonction de leur type et de leur localisation dans l'organisme. Les plasmocytes sécrétant les IgG sont principalement situés dans la rate, les ganglions lymphatiques systémiques ainsi qu'au niveau de l'intestin. En revanche, les plasmocytes producteurs d'IgA se trouvent principalement dans les territoires muqueux. (Kacskovics, 2004).

3.4.1. Transsudation et translocation des immunoglobulines maternelles :

Dès le tarissement, les composants du sérum sanguin s'accumulent progressivement dans la glande mammaire. Chez les bovins, la majorité des IgG_1 , ainsi que 50 à 70 % des IgM et environ 50 % des IgA, sont issues du sérum par un processus de filtration passive. Le reste des immunoglobulines (50 % des IgA et 30 à 50 % des IgM) est synthétisé localement par les plasmocytes mammaires.(Larson, et al, 1980).

Le transfert des immunoglobulines varie selon leur type :

- Les IgG_2 traversent passivement la barrière épithéliale.
- Les IgG_1 , en revanche, bénéficient d'un transport actif et sélectif, leur permettant d'atteindre des concentrations colostrales nettement supérieures à celles présentes dans le sérum. Ce transport est assuré par des récepteurs Fcγ spécifiques situés sur la membrane basale des cellules épithéliales mammaires. Une fois fixées, les IgG_1 sont endocytées dans des vésicules de transport qui traversent la cellule épithéliale pour libérer leur contenu dans la lumière alvéolaire. Ce processus peut également inclure un transfert non sélectif d'une petite quantité d'IgG_2 . (Barrington, et al, 2001).

L'intensité du transport des IgG augmente considérablement pendant la formation du colostrum, soit environ 2 à 3 semaines avant la mise bas, atteignant son maximum quelques jours avant l'accouchement. Il a été démontré que les vaches traites tout au long de leur gestation ne renouvellent pas leur épithélium mammaire sécrétoire et sont donc incapables de concentrer les IgG_1 dans leur colostrum. (Hurley, Theil, 2011).

Ce processus de transfert sélectif des IgG_1 est étroitement lié aux modifications hormonales prépartum. La diminution du taux de progestérone, associée à une augmentation de la prolactine, joue un rôle clé dans la régulation de l'expression des récepteurs Fcγ. Par ailleurs, les œstrogènes, en particulier l'estradiol 17β, sont impliqués dans la mise en place de nouvelles cellules épithéliales mammaires et de leurs récepteurs spécifiques. Ces modifications hormonales sont également accompagnées d'une élévation du taux de cortisol, qui favorise la production et la sécrétion du colostrum. (Brandon, Lascelles, 1975).

Les IgA maternelles, majoritairement d'origine intestinale, circulent dans le sang sous forme dimérique (IgA). Leur transport vers le colostrum suit un mécanisme similaire à celui des IgG, bien qu'il soit non spécifique. Elles traversent les cellules épithéliales mammaires par transcytose pour être excrétées dans la sécrétion lactée. (Mestecky, et al, 1997)

3.4.2. Synthèse locale des immunoglobulines dans la glande mammaire :

Outre le transfert sérique, une proportion significative des IgG_2 , IgA et IgM est produite directement dans la glande mammaire par les plasmocytes locaux. Lors de l'involution mammaire, des précurseurs de plasmocytes migrent vers la mamelle, où ils se différencient et produisent des immunoglobulines (Butler, 1983).

.Des études ont révélé une distribution différenciée des plasmocytes producteurs d'immunoglobulines au sein de la glande mammaire : les plasmocytes sécrétant les IgG_1 sont majoritairement présents dans le canal du trayon. Ceux produisant des IgA sont prédominants dans le parenchyme mammaire (Sheldrake, Husband, 1985).

Cependant, bien que la présence de plasmocytes à IgG_1 ait été détectée, leur contribution à la production colostrale reste minime. En effet, pendant la phase de formation du colostrum, 100 % des IgG_1 sont d'origine sérique, ce qui suggère une faible activité de synthèse locale à ce moment précis. (McGuire, et Adams, 1982).

4. Composition des acides gras

4.1.Définition :

Les acides gras constituent une classe essentielle de lipides présents dans l'organisme. Ce sont des acides carboxyliques à chaîne aliphatique, dont la formule générale est **R-COOH**. Dans

cette structure, le groupement carboxyle (-COOH) confère un caractère acide et hydrophile, tandis que la chaîne hydrocarbonée (R) est hydrophobe. La nature de cette chaîne carbonée influence directement les propriétés des acides gras et leur classification.

Les acides gras entrant dans la composition des triglycérides et des lipides complexes se distinguent selon plusieurs critères :

- **La longueur de leur chaîne carbonée**, qui peut varier de quelques atomes de carbone à plus de vingt.
- **Le degré d'insaturation**, déterminé par le nombre de doubles liaisons présentes dans la chaîne.
- **La position de la première double liaison**, comptée à partir de l'extrémité méthyle de la chaîne carbonée, ce qui permet de classer les acides gras en familles telles que les oméga-3 et oméga-6.

  L'isomérie cis ou trans, influençant la conformation spatiale et les propriétés biologiques des acides gras.

  (Berg, et al, 2015 ; Freeman, et al, 2018).

4.2.Classification :

4.2.1. Les acides gras saturés (AGS) :

Les acides gras saturés sont des lipides dépourvus de double liaison dans leur structure chimique, représentée par la formule générale :

$CH3-(CH2)\ n-COOHCH_3$ $-(CH_2)_n-COOHCH3-(CH2)\ n-COOH$

Chez l'homme et les animaux, ces acides gras peuvent être synthétisés par l'organisme, notamment au niveau du foie, du cerveau et du tissu adipeux, ou être apportés par l'alimentation. (**Bach, et al, 2006).**

Contrairement à une croyance répandue, les AGS ne sont pas intrinsèquement nocifs, mais remplissent des fonctions biologiques essentielles. Dans les cellules animales et humaines, ils constituent une source énergétique majeure et entrent dans la composition des triglycérides de réserve, des glycérophospholipides et des sphingolipides. Sphingolipides (**Jump, et al, 2012).**

De plus, certains AGS jouent un rôle clé dans la régulation de l'activité protéique par des mécanismes d'acylation (**Schönfeld, &Wojtczak, 2016).**

Cependant, une consommation excessive de ces acides gras peut entraîner une élévation du taux de cholestérol plasmatique, en particulier du cholestérol **LDL**, ce qui accroît le risque de développement de l'athérosclérose (**Mensink, et al, 2003).**

4.2.2. Les acides gras insaturés :

Les acides gras insaturés se caractérisent par la présence d'une ou plusieurs doubles liaisons dans leur structure. Selon leur degré d'insaturation, ils sont classés en :

- **Acides gras mono insaturés (AGMI)**, qui possèdent une seule double liaison.
- **Acides gras polyinsaturés (AGPI)**, qui encontient entre deux et six.

(Calder, 2015).

Les **AGMI** incluent notamment la famille des **oméga-9 (ω9)**, dont l'acide oléique est le représentant principal. Ces acides gras ne sont pas considérés comme essentiels, car l'organisme animal est capable de les synthétiser à partir d'autres substrats lipidiques ; leur apport par l'alimentation n'est donc pas strictement nécessaire (Basu, et al, 2011).

Les **AGPI**, en revanche, sont classés en différentes familles en fonction de la position de la première double liaison par rapport à l'extrémité méthyle de la chaîne carbonée. Cette classification est indiquée par la lettre **oméga (ω) ou "n"** suivie d'un chiffre. Les familles les plus importantes sont :

- **Les AGPI oméga-3 (ω3)**, dont la première double liaison est située en troisième position.
- **Les AGPI oméga-6 (ω6)**, où cette double liaison se trouve en sixième position.

(Simopoulos, 2016).

Ces acides gras jouent un rôle essentiel dans de nombreuses fonctions biologiques et doivent être apportés par l'alimentation, car l'organisme humain ne peut pas les synthétiser. (Calder, 2015).

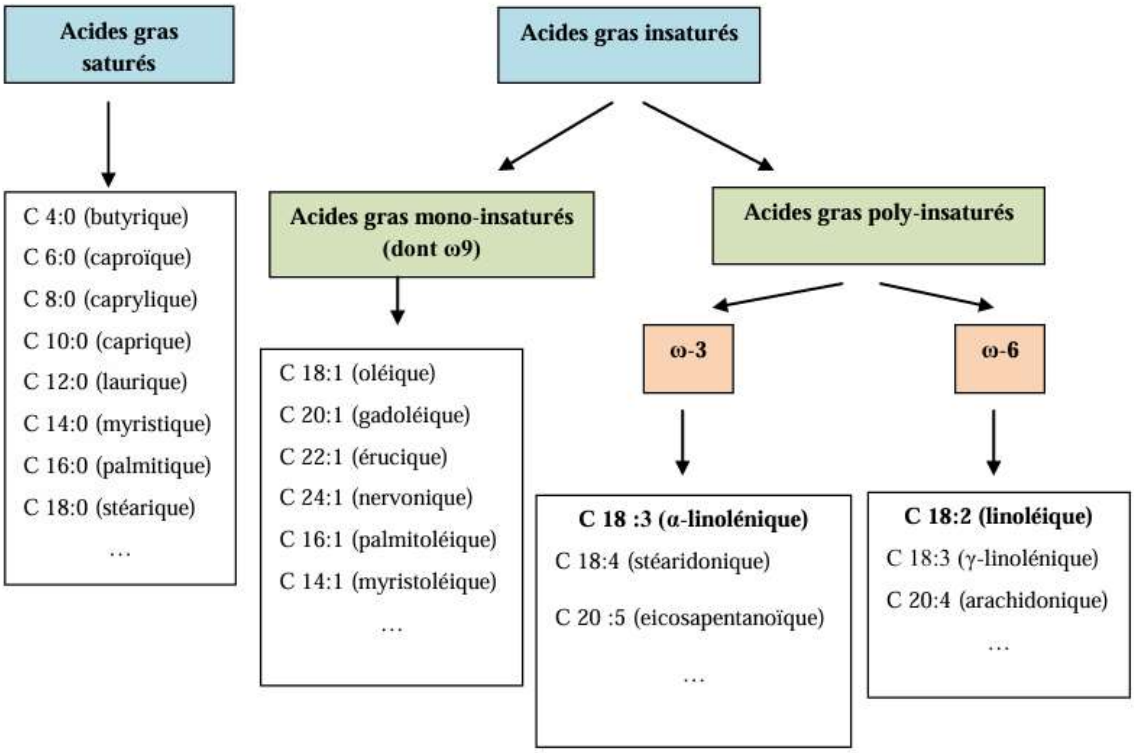

Figure n°2 : Classification des acides gras

Tableau n°8 : Composition du colostrum en acides gras (Santschi R.et all , 2009).

Référence	Santschi*et al.* 2009	Decaen*et Adda*, 1970
Échantillon	Colostrum	Colostrum (1ere semaine)
Acides gras	% des acides gras totaux	
C4 :0 (butyrique)	3.9	4.5
C6 :0 (caproïque)	1.6	2.1
C8 :0 (caprylique)	0.8	1.0
C10 :0 (caprique)	1.6	1.8
C12 :0 (laurique)	2.1	2.2
C14 :0 (myristique)	9.2	6.3
C16 :0 (palmitique)	38.4	25.6
C16 :1 (palmitoléique)	2.4	3.4
C18 :0 (stéarique)	7.9	11.1
C18 :1 (oléique)	23.0	28.8
C18 :2 (linoléique)	2.8	2.8
C18 :3 (α-linolénique)	0.8	1.3

5. Facteurs influençant la concentration en immunoglobulines du colostrum :

5.1 La quantité de colostrum produit :

La quantité de colostrum produite varie considérablement entre les vaches laitières et les vaches allaitantes, influençant directement la concentration en immunoglobulines G (IgG). Les vaches laitières produisent un volume de colostrum nettement supérieur à celui que leur veau peut ingérer, avec une moyenne de 11,2 L (± 5,3 L), variant de 2,8 à 26,5 (Cabon, 2019).

En revanche, les vaches allaitantes génèrent des volumes bien plus faibles, avec des moyennes de 2,4 L (± 1,1), 2,9 L (± 2,1) et 3,1 L (± 1,4) selon les conditions d'élevage (Dupont, et al, 2020).

Dans des situations extrêmes, comme un élevage en extérieur durant l'hiver sans supplémentation alimentaire, certaines vaches à viande ne produisent que 0,6 L (± 0,4) de colostrum, ce qui est insuffisant pour couvrir les besoins immunitaires et énergétiques du veau nouveau-né(Martin, et al, 2018).

Cette différence de production impacte directement la concentration en IgG, qui diminue lorsque le volume de colostrum dépasse 8,5 kg en raison d'un effet de dilution. (Torres, et al, 2021).

Ainsi, bien que les vaches laitières produisent de grandes quantités de colostrum, sa qualité immunologique est souvent inférieure à celle des vaches allaitantes, dont le colostrum est plus concentré en IgG.

5.2 Influence de la race

La concentration en immunoglobulines dans le colostrum varie également en fonction de la race. Les bovins à viande présentent généralement des niveaux d'IgG plus élevés que les races laitières. Guy et al. Ont rapporté que la concentration moyenne en IgG_1 fluctue entre 43 mg/mL chez les vaches Prim'Holstein et 113 mg/mL chez les vaches Charolaises et croisées Hereford, principalement en raison de l'effet de dilution chez les races laitières à haut rendement. (Guy, et al, 2017).

D'autres études ont démontré des différences significatives entre les races laitières elles-mêmes. Les vaches Jersey (90,4 g/L en moyenne) et Ayrshire affichent des concentrations

d'IgG supérieures à celles des Prim'Holstein (55,9 g/L), Guernsey et Brown Swiss.(Gulliksen, et al, 2008).

Par ailleurs, les vaches Jersey produit un colostrum particulièrement riche en immunoglobulines, renforçant ainsi l'immunité de leur progéniture.(Morrill, et al, 2012).

Les hybrides entre races laitières et allaitantes pourraient offrir un compromis entre une production laitière élevée et une concentration immunitaire renforcée.(Conneely, et al, 2013).

De plus, le colostrum des vaches Guernsey contient en moyenne 36 g d'IgG/L de plus que celui des vaches Prim'Holstein, soulignant l'influence des facteurs génétiques et alimentaires sur cette variation.(Pritchett, et al, 1991).

5.3. Influence de l'âge et du rang de lactation

L'âge et le rang de lactation influencent également la concentration en immunoglobulines du colostrum. Les vaches primipares (première lactation) produisent généralement un colostrum de qualité inférieure en termes de concentration en IgG par rapport aux multipares. Cela s'explique par le fait que les vaches plus âgées ont été exposées à un plus grand nombre d'agents pathogènes, stimulant ainsi une réponse immunitaire plus robuste et une transmission accrue des IgG au colostrum. (**Weaver, et al, 2000).**

Le volume de colostrum tend également à augmenter avec les lactations successives, ce qui peut entraîner une dilution des immunoglobulines. Chez d'autres espèces comme les brebis et les chèvres, on observe une tendance similaire, avec une concentration accrue en IgG chez les animaux plus âgés.**(S. M., & Collins, 2004).**

5.4. Influence de la gémellarité

Les femelles ayant des naissances gémellaires produisent souvent un colostrum de moindre qualité en termes de concentration en IgG par rapport à celles ayant un veau unique. (**Nowak, &Poindron, 2006).**

Cette diminution résulte d'une dilution due à un volume de colostrum plus élevé destiné à deux veaux, mais aussi d'une mobilisation accrue des ressources maternelles pendant la gestation, limitant l'accumulation des immunoglobulines(**Luzzago, et al, 2020).**

Chez les bovins, ovins et caprins, une faible concentration en IgG chez les mères de jumeaux est associée à un risque accru de transfert immunitaire insuffisant, rendant les nouveau-nés plus vulnérables aux infections néonatales. (**Rooke, et Bland, 2002).**

5.5. Influence de la durée de tarissement

La durée de tarissement influence directement la qualité du colostrum, notamment sa concentration en immunoglobulines. Une période de tarissement optimale, généralement entre 45 et 60 jours, permet à la glande mammaire de se régénérer et d'accumuler suffisamment d'immunoglobulines(**Hurley, et Loor, 2012).**

Un tarissement trop court (< 40 jours) réduit le transfert des Ig dans le colostrum, diminuant ainsi son efficacité immunologique et augmentant le risque de transfert immunitaire insuffisant chez le veau (**Tsioulpas, et al, 2007).**

En revanche, un tarissement prolongé (> 60 jours) n'apporte pas d'avantage supplémentaire et peut même impacter négativement la production laitière en début de lactation(**Bachman, 2002).**

Une gestion rigoureuse de la durée de tarissement est donc essentielle pour garantir une qualité optimale du colostrum et assurer une immunité passive efficace aux veaux nouveau-nés.

5.6. L'état sanitaire de la mère

L'état sanitaire de la mère joue un rôle déterminant dans la qualité du colostrum, en particulier dans sa concentration en immunoglobulines (Ig). Les infections, notamment les mammites en fin de gestation, peuvent altérer le transfert des immunoglobulines vers le colostrum et réduire son efficacité immunologique(**Gomes, et al, 2011).**

De plus, les maladies métaboliques comme la cétose ou l'hypocalcémie peuvent affecter la production et la composition du colostrum, compromettant ainsi l'immunité passive du nouveau-né(**McGuirk, et Collins, 2004).**

Une vache en mauvais état corporel ou souffrant de parasitisme sévère peut également produire un colostrum de moindre qualité en raison d'une mobilisation insuffisante des ressources immunitaires (**Morrill, et al, 2012).**

Ainsi, un suivi sanitaire rigoureux, incluant la prévention des infections et une alimentation équilibrée en fin de gestation, est essentiel pour garantir un colostrum riche en immunoglobulines et assurer une bonne protection immunitaire aux veaux.

Maunsell et al. Ont montré que les glandes mammaires infectées de manière persistante produisent un colostrum en volume réduit, sans modification de la concentration en IgG. Ainsi, les vaches atteintes de mammite ont une quantité totale d'IgG colostrale plus faible (**MAUNSE, et al, 1998)**

Lors d'une mammite clinique, l'inflammation altère la barrière sang-colostrum, inhibant le transfert des IgG_1 et augmentant celui des IgG_2 et des éléments sanguins. Étant donné la faible concentration des IgG_2 par rapport aux IgG_1 , la concentration totale en immunoglobulines diminue.

5.7. L'alimentation des mères

L'alimentation des vaches en fin de gestation joue un rôle crucial dans la composition et la qualité du colostrum, notamment en ce qui concerne sa concentration en immunoglobulines (Ig), son volume et sa valeur nutritionnelle. Un apport énergétique insuffisant ou un déséquilibre en nutriments peut entraîner une baisse significative de la qualité du colostrum et compromettre l'immunité passive du veau.

5.7.1. Énergie et protéines

Une alimentation déficiente en énergie et en protéines réduit la synthèse des immunoglobulines et la production de colostrum. Des études montrent qu'une ration équilibrée contenant 14-16 % de protéines brutes favorise une meilleure concentration en IgG. Une restriction énergétique de 20-30 % en fin de gestation peut réduire la concentration en IgG du colostrum de 25 à 40 %.(**Morrill, et al, 2012).**

5.7.2. Vitamines et minéraux

- **Vitamine E et sélénium** : Une carence en sélénium et en vitamine E peut diminuer la concentration en IgG de 15 à 30 %, augmentant ainsi le risque de maladies néonatales. (**Weaver, et al, 2000).**

Bêta-carotène (précurseur de la vitamine A) : Une supplémentation en bêta-carotène à raison de 300-500 mg/jour améliore l'absorption des IgG et renforce l'immunité du veau. (**Le Blanc, et al, 2004).**

5.7.3. Effet de l'équilibre alimentaire

Une ration bien équilibrée, incluant des apports adéquats en fibres (17-21 % de NDF), énergie (1,4-1,6 Mcal/kg de MS) et protéines (14-16 % de PB), permet d'optimiser la production de colostrum de bonne qualité, avec une concentration en IgG supérieure à 50 g/L, seuil recommandé pour une bonne immunité passive chez le veau(**McGuirk, et Collins, 2004).**

. Ainsi, une gestion rigoureuse de l'alimentation des mères avant le vêlage est essentielle pour garantir un colostrum riche en immunoglobulines et assurer la santé des veaux.

5.8. Les conditions du vêlage

Les conditions de vêlage ont un impact direct sur la qualité du colostrum et son absorption par le veau. Un vêlage difficile ou stressant peut compromettre la production et la composition du colostrum, affectant ainsi l'immunité passive du nouveau-né.

5.8.1. Impact du stress et du type de vêlage

- **Vêlage dystocique (difficile)** : Environ 10 à 15 % des vêlages chez les bovins laitiers sont dystociques. Ces vêlages compliqués sont souvent associés à une production réduite de colostrum et à une baisse de 20 à 30 % de la concentration en immunoglobulines.(**Barrier, et al, 2012).**
- **Vêlage assisté** : Les vaches ayant subi une extraction forcée ou une césarienne peuvent produire un colostrum de moindre qualité, avec une concentration en IgG inférieure à 50 g/L, seuil optimal pour une bonne immunité du veau. (**Gulliksen, et al, 2008).**

- **Vêlage dans un environnement stressant** : Le stress thermique ou le surpeuplement en maternité peut entraîner une baisse de 10 à 20 % de la concentration en IgG.(**Tao, et al, 2012).**

5.8.2 Effet des conditions d'hygiène

Un vêlage dans un environnement propre et bien aménagé réduit le risque de contamination du colostrum par des bactéries pathogènes. Une contamination bactérienne élevée (> 100 000 UFC/mL) peut réduire de 30 à 50 % l'absorption des immunoglobulines par le veau. (**Stewart, et al, 2005).**

Chapitre II : Les principaux rôles du colostrum

Chapitre 2 : Les principaux rôles du colostrum

Le colostrum est essentiel pour le veau nouveau-né, jouant plusieurs rôles sont :

1. Rôle dans le métabolisme du nouveau-né :

1.1. Rôle énergétique :

-Le colostrum bovin est plus riche en matières sèches, en protéines (notamment immunoglobulines), en lipides et en lactose que le lait mature **(**Blum, et Hammon, 2000).

.Cette composition favorise une absorption rapide des nutriments et une production énergétique efficace.

-Les lipides du colostrum bovin fournissent une source d'énergie hautement concentrée et facilement mobilisable pour les veaux nouveau-nés. Ces composés sont essentiels pour maintenir la thermorégulation dans les environnements froids, où les veaux sont particulièrement vulnérables. Ils permettent de compenser les faibles réserves énergétiques des veaux à la naissance, assurant ainsi leur survie dans leurs premières heures critiques. **(**McGrath, et al. 2021).

-Les acides gras contenus dans les lipides du colostrum sont rapidement métabolisés pour générer de l'ATP (adénosine triphosphate), le carburant énergétique indispensable au fonctionnement cellulaire. Cet apport énergétique soutient plusieurs fonctions vitales, notamment la respiration et la circulation sanguine, essentielles au développement initial des veaux. **(**Godden, et al, 2020).

Le lactose est un sucre fournit une énergie rapide, indispensable aux besoins métaboliques du veau. **(**Blum, et Hammon, 2000).

Sa concentration est faible dans le colostrum (minimum 1,2 %), surtout lors des premières traites. Le lactose est responsable de 50 % de la pression osmotique. Sa densité est supérieure à celle du lait. **Les oligosaccharides** (glucose, fructose, …) : on en dénombre 40 différents. Ils ont un caractère acide. (*La santé des ruminants, s.d)*

Le lactose, principal glucide du colostrum, est également une source importante d’énergie et favorise l’absorption du calcium, indispensable au développement osseux. (Lönnerdal, 2003).

1.2. Rôle dans la régulation du métabolisme :

-le colostrum contient des hormones et des facteurs de croissance, comme l'insuline et l'IGF-1 (facteur de croissance insulinique), qui stimulent la maturation des organes vitaux, notamment le foie. Ces composants aident le veau à développer un métabolisme efficace, améliorant ainsi l'absorption des nutriments et la régulation des processus biologiques. (Godden, et al, 2020).
-Le colostrum intervient dans la régulation de différents métabolismes via des mécanismes qui ne se sont pas tous élucidés à ce jour (5) :

- **le métabolisme lipidique :** le colostrum permet la régulation de la concentration plasmatique post-partum des acides gras non estérifiés et de la leptine, mais aussi la régulation du métabolisme des triglycérides, des phospholipides et du cholestérol (HADORN, et al, 1997 ; RAUPRICH, et al, 2000)
- **le métabolisme glucidique :** le colostrum permet la régulation de la glycémie, de la néoglucogenèse hépatique, de l'insulinémie, de la concentration des IGF-1 et 2 et de leur récepteurs dans l'ensemble de l'intestin (HADORN, et al 1997 ; RAUPRICH, 2000 ; HAMMON, *et al* 2003 ; HAMMON, BLUM, 2002)
- **le métabolisme protidique :** le colostrum permet la régulation du catabolisme protéique, de la concentration plasmatique en protéines totales et de l'albuminémie (HADORN, et al, 1997 ; RAUPRICH, et al, 2000)
- **le métabolisme hormonal :** le colostrum est nécessaire à la production d'hormones thyroïdiennes T3 et T4 à la naissance. Ces hormones sont nécessaires au développement de l'épithélium et à la maturation de l'intestin grêle, ainsi qu'aux enzymes qui y sont produites (HADORN, et al, 1997 ; GRONGNET, et al, 1985 ; BLATTLER, et al,2001)

2. Rôle dans les défenses du nouveau-né :

2.1. Transfert de l'immunité passive :

Le colostrum bovin est essentiel pour assurer l'immunité passive chez les veaux nouveau-nés en raison de sa forte concentration en immunoglobulines, notamment les IgG, qui représentent près de 85 % des anticorps présents. Ces immunoglobulines sont absorbées directement par l'intestin grêle du veau durant les 24 premières heures suivant la naissance, lorsque la paroi

intestinale est encore perméable. Une fois dans la circulation sanguine, elles fournissent une immunité systémique qui protège le veau contre une variété d'agents pathogènes, ce qui est crucial puisque le veau naît sans immunoglobulines fonctionnelles (Weaver, et al, 2000).

Le mécanisme d'absorption des immunoglobulines est particulièrement efficace durant les premières heures après la naissance. Cependant, cette capacité diminue rapidement après 12 heures en raison de la fermeture intestinale, un processus naturel où l'intestin devient imperméable aux grosses molécules comme les anticorps. Cela signifie qu'il est impératif que le veau reçoive le colostrum le plus tôt possible après sa naissance pour maximiser la transmission d'immunoglobulines. (Godden, et al, 2020).

Le veau nouveau-né doit absorber 10% de son poids corporel en colostrum dans les 24 premières heures (MAILLARD, 2006)

Il a besoin d'ingérer 100 à 200 g d'immunoglobulines pour acquérir une immunité passive suffisante, ce qui correspond à 2 à 4 L de colostrum en fonction de la concentration en immunoglobulines du colostrum et de la quantité produite par les vaches laitières. Une fois ces IgG absorbées, elles permettront au veau d'atteindre des concentrations sériques en IgG supérieures à 10 g/L (McGuirk et COLLINS, 2004)

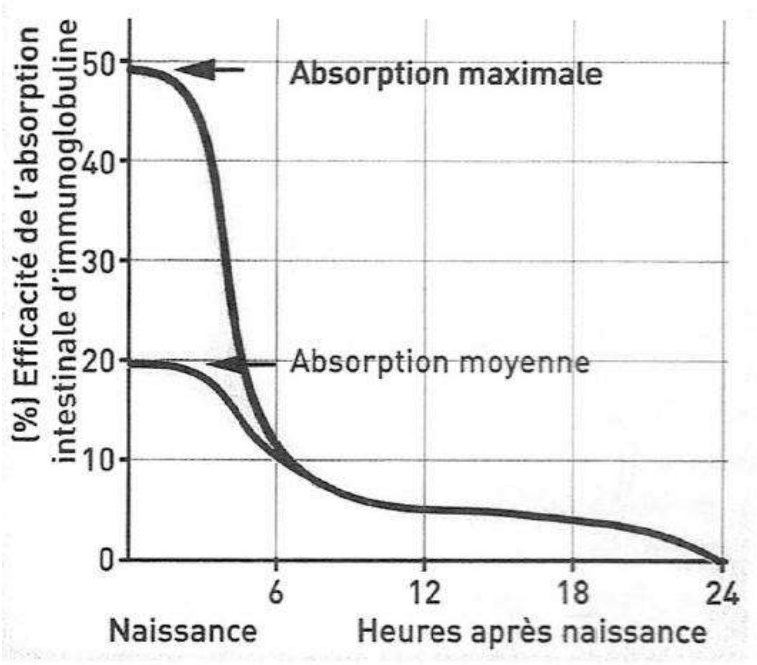

Figure n°3 : Pourcentage d'absorption des immunoglobulines colostrales ingérées en fonction de l'heure de la buvée après la naissance (MAILLARD, et GUIN, 2013)

Le colostrum bovin assure une protection locale essentielle au niveau des muqueuses, notamment dans le tractus gastro-intestinal du veau nouveau-né. Cette protection est principalement attribuée à la présence d'immunoglobulines de type IgA, qui agissent en première ligne de défense. Contrairement aux IgG, qui confèrent une immunité systémique, les IgA restent dans la lumière intestinale et forment une barrière contre les agents pathogènes en empêchant leur adhérence et leur colonisation au niveau des parois intestinales (Playford, et al, 2000).

De plus, le colostrum contient des facteurs antimicrobiens, tels que la lactoferrine, qui limitent la croissance des bactéries pathogènes en les privant de fer, un nutriment clé pour leur développement. En parallèle, des enzymes comme le lysozyme détruisent les parois cellulaires des bactéries, renforçant ainsi la protection locale du tractus intestinal.(Stelwagen, Carpenter, 2018).

2.2. Protection locale :

2.2.1. Protection spécifique par les immunoglobulines

Le colostrum bovin est particulièrement riche en immunoglobulines, notamment les IgG, les IgA et les IgM, qui jouent des rôles complémentaires dans la défense immunitaire du veau nouveau-né.

- **IgG :** Ces immunoglobulines sont essentielles pour une immunité systémique. Une fois absorbées par l'intestin grêle du veau, elles circulent dans le sang pour neutraliser les bactéries et virus présents dans l'ensemble de l'organisme(Weaver, et al, 2000).

Les IgG représentent environ 85 % des anticorps dans le colostrum et sont cruciales pour prévenir les infections généralisées.

- **IgA :** Contrairement aux IgG, les IgA assurent une protection locale au niveau des muqueuses, notamment dans le tractus gastro-intestinal. Elles agissent en formant une barrière contre les agents pathogènes et en empêchant leur colonisation(Playford, et al, 2000).
- **IgM :** Bien qu'elles soient présentes en quantités moindres, les IgM jouent un rôle central dans la réponse immunitaire précoce. Elles sont impliquées dans l'identification rapide des agents pathogènes, stimulant la formation de complexes antigène-anticorps pour une élimination efficace(Godden, et al, 2019).

2.2.2. Protection spécifique par les leucocytes

Le colostrum bovin contient une grande quantité de leucocytes vivants, tels que les macrophages, les lymphocytes et les neutrophiles, qui jouent un rôle clé dans la protection immunitaire spécifique du veau nouveau-né.

- **Les macrophages** présents dans le colostrum ont la capacité de phagocyter les agents pathogènes, contribuant ainsi à la défense immédiate contre les infections. En plus de leur rôle de phagocytose, les macrophages sécrètent des cytokines qui stimulent la réponse immunitaire locale(Godden, et al, 2019).
- **Les lymphocytes T et B** contribuent à l'immunité adaptative en reconnaissant les agents pathogènes spécifiques. Les lymphocytes B, en particulier, produisent des anticorps qui renforcent la réponse immunitaire. Ces leucocytes jouent également un rôle dans l'orchestration des défenses locales et systémiques du veau(McGrath, et al, 2021).
- **Les neutrophiles**, présents en nombre élevé dans le colostrum, sont spécialisés dans la destruction des bactéries grâce à la libération de radicaux libres et d'enzymes antibactériennes. Ils agissent rapidement pour réduire la charge pathogène dans l'intestin du veau. (Stelwagen, et Carpenter, 2018).

Ces leucocytes forment une première ligne de défense essentielle pour protéger le veau pendant ses premières semaines de vie, avant que son propre système immunitaire ne soit pleinement fonctionnel.

2.2.3. Protection non spécifique

Le colostrum bovin offre une protection non spécifique essentielle pour le veau nouveau-né grâce à ses composants bioactifs et antimicrobiens qui ne nécessitent pas de reconnaissance spécifique des agents pathogènes. Ces mécanismes assurent une défense globale contre une large variété de microbes et protègent les tissus du veau(Stelwagen, et Carpenter, 2018).

- **La lactoferrine**, une protéine présente dans le colostrum, joue un rôle clé en privant les bactéries de fer, un élément essentiel à leur croissance. En limitant la disponibilité du fer dans l'intestin, elle empêche la prolifération des bactéries pathogènes.la lactoferrine est un puissant facteur de protection antimicrobienne (Stelwagen, et Carpenter, 2018).

- **Les enzymes comme le lysozyme** sont également présentes dans le colostrum et ciblent les bactéries en détruisant leur paroi cellulaire. Ces enzymes agissent comme une barrière de première ligne contre les infections bactériennes(McGrath, et al, 2021).
- **Les cytokines**, bien que non spécifiques, modulent la réponse inflammatoire et favorisent une activation contrôlée des mécanismes de défense. Elles contribuent également à la maturation de la muqueuse intestinale, créant un environnement favorable pour les bactéries bénéfiques, ces cytokines jouent un rôle crucial dans l'établissement de la flore intestinale du veau(Godden, et al, 2020).

2.3. La protection systémique :

Le colostrum bovin offre également une protection systémique grâce à sa richesse en cytokines et en facteurs de croissance qui stimulent la régénération des tissus et modulent la réponse immunitaire. Ces composants biologiquement actifs jouent un rôle crucial pour soutenir la santé intestinale et systémique des veaux, réduisant ainsi leur vulnérabilité aux infections.

En parallèle, la lactoferrine, un autre élément clé du colostrum, exerce des propriétés antimicrobiennes puissantes en privant les pathogènes de fer nécessaire à leur survie (Korhonen, et al, 2000).

Une gestion correcte de l'administration du colostrum améliore considérablement les performances des veaux, un aspect fondamental pour les élevages bovins (Steele, et al, 2009).

3. Le colostrum, vecteur des pathogènes :

3.1. Les bactéries retrouvées dans le colostrum

Le colostrum peut contenir diverses bactéries pathogènes lorsqu'il est contaminé. Parmi celles fréquemment identifiées figurent *Escherichia coli*, connue pour provoquer des entérites néonatales chez les veaux, ainsi que *Salmonella spp.*Responsable d'infections systémiques graves. D'autres bactéries telles que *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus* peuvent également être détectées, posant des risques pour la santé des veaux et parfois même des humains (Canbolat, et al, 2024).

3.2. Origine des contaminations :

Les contaminations du colostrum peuvent provenir de plusieurs sources. Premièrement, une hygiène insuffisante pendant la traite ou la collecte du colostrum permet aux pathogènes de

s'introduire. Deuxièmement, le matériel mal nettoyé, comme les biberons ou les récipients de stockage, constitue un autre vecteur de contamination. Enfin, un stockage inadéquat à des températures non contrôlées favorise la prolifération bactérienne. Des solutions telles que la pasteurisation ou une gestion stricte de l'hygiène peuvent limiter ces contaminations tout en préservant les propriétés immunitaires du colostrum (Godden, et al, 2006).

Chapitre III : Les techniques d'analyses de la qualité de colostrum

Chapitre 3 : Les techniques d'analyse de la qualité de colostrum

Il existe différentes méthodes pour évaluer le degré de protection d'un veau en dosant les protéines du sérum du veau (par immunodiffusion radiale, ou dosage des protéines sériques par réfractométrie…). Mais toutes ces méthodes ont l'inconvénient de simplement constater à posteriori un défaut de transfert de l'immunité passive. La mesure directe ou indirecte de la concentration d'immunoglobulines en particulier des immunoglobulines G contenues dans le colostrum permet d'apprécier la qualité du colostrum avant son administration. Cela permet de fournir au veau nouveau-né une masse d'immunoglobulines adéquate. (Wittum, et Perino, 1995).

1. Les techniques directes :

1.1.Immuno-diffusion radiale (Méthode de référence):

La technique d'immunodiffusion radiale permet de quantifier une molécule, en l'occurrence les immunoglobulines G, en utilisant la réaction de liaison antigène-anticorps.(Lefranc, & Lefranc, 2003).

Des gels d'agar sont utilisés car relativement inerte pour les molécules diffusantes. L'incorporation d'un antisérum spécifique (anticorps anti-IgG) à la gélose est ensuite réalisée. Pour le dosage des immunoglobulines G un anticorps anti IgG bovin produit par des lapins est utilisé. Des puits sont ensuite creusés dans la gélose pour y incorporer l'antigène : l'échantillon dilué de colostrum à doser. Une incubation d'environ 72 heures à 23°C est faite. La réaction antigène-anticorps se fait et il y a précipitation. A l'équilibre, il se forme un anneau de précipitation dont le carré du diamètre est proportionnel à la concentration de l'antigène. La concentration d'immunoglobuline G colostrale (mg/ml) est déterminée en comparant le diamètre de la zone dont on ne connaît pas la concentration à une courbe standard pour une concentration d'antigène connue (Lefranc, 2003).

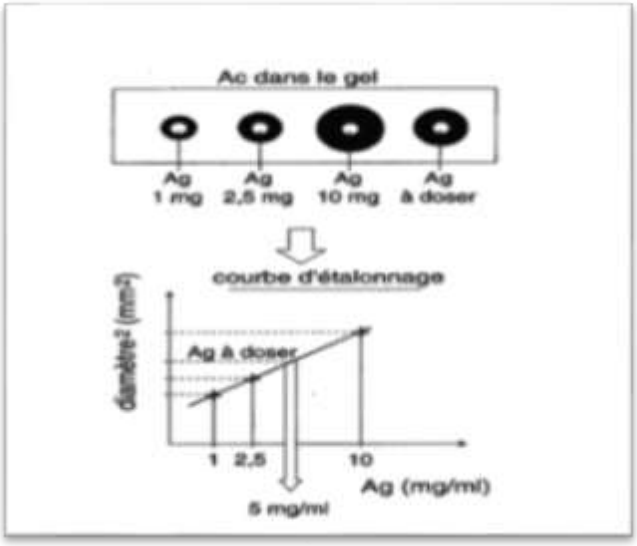

Figure n°4: Méthode de dosage des immunoglobulines par immuno-diffusion radiale(Lefranc, 2003).

1.2. ELISA (Enzyme-LinkedImmunosorbentAssay):

Le test ELISA ou enzyme-linkedimmunoassay est un test qui permet la mesure des Ig colostrales en particulier les immunoglobulines G. Le principe de ce test est également basé sur la réaction antigène-anticorps. (Shearer, 1997).

Le colostrum à doser est d'abord dilué dans une solution saline. Une petite quantité est prélevée et déposée au fond des puits de la plaque de micro titration. La plaque est alors incubée une heure à environ 37°C pour la fixation de l'échantillon à la microplaque et les anticorps anti-immunoglobulines sont ensuite ajoutés. L'ensemble est incubé une heure à environ 37°C. Les puits sont ensuite rincés. A ce complexe antigène-anticorps, des anticorps marqués (conjugué) sont rajoutés. Après lavage, un substrat chromogène est ajouté. La force du signal du substrat chromogène dépend de la quantité d'antigène soit ici la quantité d'immunoglobulines colostrales. La concentration est évaluée à partir d'une gamme standard pré établie (Shearer, 1997).

2. Les techniques indirectes :

2.1.Hydromètre ou Colostrumètre :

Le pèse-colostrum ou colostrumètre est un instrument utilisé à la fois en filières bovine, équine et de petits ruminants (figure 4). Le colostromètre permet d'estimer la richesse en IgG dans le colostrum par la mesure de sa densité. En effet, la densité du colostrum est assez bien corrélée à la concentration en IgG (r=0,69)(Fleenor, et Stott, 1980).

Toutefois, la densité du colostrum peut être fortement influencée par d'autres facteurs, tels que la température (il convient donc de respecter les recommandations du fabricant), la race (Par ordre de densité croissante : Jersey, Prim 'Holstein, Brune des Alpes, Ayrshire), le numéro de lactation (densité colostrale inférieure aux 1° et 2é lactations, comparativement aux 3° et 4° lactations), la saison (par ordre de densité croissante : été, printemps, hiver et automne) (Morin, et al, 2001).

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. Il faut donc plonger le pèse-colostrum dans un récipient contenant le colostrum à évaluer (Croisier, 2012).

Figure n°5 : **Colostrumètre**

2.2.La réfractométrie :

L'utilisation d'un réfractomètre optique ou numérique est une méthode courante et rapide pour estimer la concentration en IgG. Cet outil mesure l'indice de réfraction du colostrum, exprimé en pourcentage de Brix, avec un seuil recommandé supérieur à 22 % pour garantir une bonne qualité immunologique (Bartier, et al, 2015).

Objectif :

Déterminer la concentration en IgG du colostrum en mesurant l'indice de réfraction exprimé en pourcentage Brix.

Interprétation :

≥ 22% Brix → Colostrum de bonne qualité (≥ 50 g/L d'IgG).

< 22% Brix → Colostrum de qualité médiocre.

(Bielmann, et al. 2010).

2.3.Évaluation visuelle du colostrum :

Objectif :

Estimer rapidement la qualité du colostrum par son apparence.

Interprétation :

Jaune foncé et épais → Bonne qualité.

Blanchâtre et liquide → Faible qualité.(McGuirk, et Collins, 2004)

3. Comparaison des deux types de méthodes :

3.1.Avantages et inconvénients des méthodes directes :

3.1.1. Les avantages :

Les deux techniques décrites permettent un dosage direct de la composition en immunoglobulines G du colostrum. La concentration indiquée peut être considérée comme fiable et proche de la valeur réelle (Marie, 2005).

3.1.2. Les inconvénients :

Pour toutes ces techniques, il faut faire appel à un laboratoire spécialisé. Tous les laboratoires ne réalisent pas les dosages sur le colostrum. Il faut envoyer les prélèvements au laboratoire et attendre au moins une demi-journée pour avoir les résultats ce qui paraît peu compatible avec la nutrition du veau par le colostrum qui doit avoir lieu dans les 24 premières heures de vie. De plus, il faut souligner que ces analyses sont relativement dispendieuses. Ces méthodes sont peu utilisables dans la pratique courante et sont réservés à la recherche (Marie, 2005).

3.2.Avantages et inconvénients des méthodes indirectes :

3.2.1. Les avantages:

Ces deux méthodes permettent d'avoir une réponse immédiate quant à la composition en immunoglobulines contenues dans le colostrum. On peut décider de nourrir le veau immédiatement. Les deux appareils que sont le colostromètre ou le réfractomètre destiné au dosage des immunoglobulines G sont faciles d'utilisation. Le réfractomètre clinique est un peu moins aisé d'utilisation car il nécessite une dilution de moitié du colostrum

dans de l'eau distillée. Une fois que l'éleveur a acquis un de ces appareils, leur durée de vie est très longue (Marie, 2005).

3.2.2. Les inconvénients :

Le coût à l'achat est élevé. Il faut compter environ 60 euros pour l'achat d'un colostrodoser® (Méthode de dosage par hydrométrie). Il faut compter environ 500 euros pour l'achat d'un Colotest® (méthode de dosage par réfractométrie). Pour l'achat d'un réfractomètre clinique on peut compter 250 euros également. De plus, ces instruments sont des instruments fragiles qu'il faut manier avec précautions et nettoyer après chaque utilisation (Marie, 2005).

Partie expérimentale

Partie expérimentale

Introduction et objectif

L'élevage bovin laitier occupe une place prépondérante dans l'économie agroalimentaire de nombreuses régions algériennes, notamment dans la wilaya de Guelma, reconnue pour son important cheptel et sa contribution significative à la production laitière nationale. En raison de sa position géographique stratégique, de son climat favorable et de l'existence de races bovines locales adaptées, Guelma constitue un pôle essentiel dans le développement des filières animales, en particulier la production de lait.

Dans ce contexte, la qualité du **colostrum,** premier lait sécrété par la vache après le vêlage, joue un rôle fondamental dans le transfert passif de l'immunité au veau nouveau-né. Ce lait particulier est riche en immunoglobulines, protéines, lipides et autres éléments nutritifs indispensables à la survie et à la croissance du veau. La concentration et la qualité de ces composés peuvent cependant varier en fonction de nombreux facteurs : race, parité, âge de la vache, intervalle vêlage-prélèvement, type d'élevage, entre autres.

Ce travail s'inscrit dans une démarche d'évaluation de la **qualité physico-chimique et immunologique du colostrum** produit dans cette région, en tenant compte des différentes conditions zootechniques et environnementales.

La collecte et l'analyse des échantillons ont été effectuées du début de Janvier à la fin d'Avril 2025.

L'objectif est de mieux comprendre les déterminants de cette qualité et de proposer, à terme, des recommandations pratiques visant à améliorer les performances sanitaires et productives des élevages bovins.

À travers une approche expérimentale et analytique rigoureuse, ce mémoire ambitionne également de contribuer à l'amélioration des pratiques de gestion du colostrum, enjeu clé dans la réussite des programmes d'élevage laitier durable en Algérie.

1. **Présentation de la zone de l'étude :**

Les travaux ont été réalisés dans la wilaya de Guelma, située au nord-est de l'Algérie, reconnue comme l'un des principaux bassins laitiers du pays. Cette région est également le berceau de la race bovine locale « Guelmoise ».

Selon les projections de la Direction des Services Agricoles (DSA), la wilaya de Guelma devait atteindre une production de 38 millions de litres de lait cru en 2010, dans le cadre d'un programme national d'intensification agricole mené entre 2009 et 2014. Cette dynamique a permis une croissance significative du secteur, avec une

production atteignant 35 millions de litres dès 2009, marquant une nette progression par rapport à l'année précédente. (DSA Guelma, 2010)

En 2021, Guelma comptait environ 58 503 vaches laitières, représentant 6,02 % du cheptel national bovin laitier, se classant ainsi au troisième rang national après Skikda et Sétif. (ONIL, 2021)

En 2023, la wilaya de Guelma comptait environ 87 600 têtes de bovins, dont 12 100 vaches hybrides et 29 000 de races locales, selon les données disponibles. Cette évolution témoigne de l'importance croissante de l'élevage bovin dans la région. (CAW, Jijel, 2023)

Par ailleurs, une campagne de vaccination contre la fièvre aphteuse a ciblé 20 510 têtes de bovins en 2022-2023, impliquant 1 435 éleveurs, afin de renforcer la santé du cheptel et la sécurité sanitaire de la production laitière. (El Watan, 2023)

1.1.Situation régionale:

Située dans le nord-est de l'Algérie, la wilaya de Guelma occupe une position géostratégique majeure, faisant d'elle un véritable point de convergence entre les zones industrielles du nord (Annaba, Skikda) et les pôles d'échanges du sud (Oum El Bouaghi, Tébessa). Sa localisation intermédiaire entre le littoral, les Hauts Plateaux et le sud du pays lui confère un rôle central dans la dynamique régionale. (DCW Guelma, s.d)

La wilaya s'étend sur une superficie de 3 686,84 km² et partage ses frontières avec les wilayas suivantes : Annaba au nord, El Tarf au nord-est, Souk Ahras à l'est, Oum El Bouaghi au sud, Constantine à l'ouest, et Skikda au nord-ouest. (Wilaya de Guelma, s.d)

1.2.Le climat de la Wilaya de Guelma :

Est caractérisé par un climat subhumide au centre et au nord, et semi-aride vers le sud. Les hivers y sont plus froids et plus longs, tandis que les étés sont chauds et moins humides comparés à ceux du littoral. Ce climat se distingue par des hivers doux et pluvieux, et des étés chauds. (DCW Guelma, s.d)

Selon les données météorologiques de l'année 2023, la température annuelle moyenne est de 20,8°C, avec un pic de 26,4°C en août (mois le plus chaud) et une température minimale de 12,1°C en janvier (mois le plus froid). Les extrêmes absolus enregistrés ont varié entre -0,2°C en janvier et 45,4°C en juillet. L'amplitude des températures mensuelles n'est pas très marquée par rapport aux amplitudes annuelles qui dépassent les 31°C, soulignant ainsi la distinction entre les périodes chaudes et froides. (Tutiempo, 2023)

La répartition des précipitations présente une saison estivale marquée par une sécheresse prolongée, avec un minimum de 2,6 mm enregistré en juillet. Le total annuel des précipitations est de 469,12 mm, avec un

maximum de 140 mm enregistré en décembre. Près de 57% de la pluviométrie annuelle est concentrée durant la saison humide, de novembre à mars. (Tutiempo, 2023)

1.3.Réseau hydrologique:

La région de Guelma se caractérise par quatre zones hydrogéologiques, dont la plus importante est celle des plaines de Guelma et Bouchegouf, où les nappes captives longent la vallée de la Seybouse sur environ 40 km. Ces nappes représentent la principale source d'eau souterraine de la wilaya. (DCW Guelma, s.d)

Les réserves se répartissent entre le sud (plateaux de Tamlouka et Sellaoua-Announa), le centre (Guelma et Héliopolis) et le nord-est (vallées de Bouchegouf, Oued H'lia et Oued Cheham). Plus de 90 forages permettent une production de plus de 55 millions de m³/an, utilisée pour l'eau potable, l'agriculture et l'industrie. (Algerie360, 2017)

La wilaya compte aussi environ 400 sources naturelles et 600 puits ruraux. Les eaux de surface, stockées surtout dans le barrage de Bouhamdane (capacité de plus de 200 millions de m³), couvrent seulement 30 % des besoins en eau potable. Cette situation a poussé les autorités à investir dans des projets de stockage, de traitement et de distribution pour une gestion plus équilibrée des ressources. (L'Expression, 2013). (Le Provincial, 2022).

1.4.Agriculture:

La wilaya de Guelma est à vocation essentiellement agricole, avec une superficie agricole totale estimée à 264.618 hectares (environ 72 % de la superficie globale), dont 187.338 hectares sont exploités et 11.710 hectares irrigués. (La Patrie News, 2025)

Lors de la campagne agricole 2023-2024, 94.772 hectares ont été emblavés en céréales, avec une production estimée à plus de 2 millions de quintaux. (Algérie Éco, 2024)

L'oléiculture occupe 9.714 hectares, avec une récolte attendue de 140.000 quintaux. La culture de la tomate industrielle s'étend sur 2.687 hectares, et les capacités de stockage ont été renforcées par la construction d'un silo de 1 million de quintaux. (Horizons, 2024)

1.5.Choix de site de l'étude :

Dans un souci de faisabilité de l'étude, et en raison de la prédominance des vaches locales associée à une présence relativement limitée de vaches améliorées, les zones de « Sellaoua Announa », « Hammam Debagh », « Houari Boumedien », « Héliopolis », « Belkhir », « ITMA (Ferme école - Guelma) », « Medjez Amar »

et « Bordj Sabath » ont été retenues comme zones principales d'investigation. Ces localités sont indiquées sur la carte de la wilaya de Guelma présentée dans la figure.

Figure n°6 : Carte des sites d'étude-Guelma(Boulahfa et Zendaoui, 2025)

2. Matériel et équipement :

2.1.Matériel biologique :

L'effectif étudié comprend 20 vaches, dont 14 locales réparties entre les races Sétifienne, Guêlmoise, Cheurfa et Chélifienne. Les 6 autres sont des vaches améliorées appartenant aux races Charolaise, Montbéliarde, Tarentaise et Holstein.

L'âge des animaux varie entre 2 et 13 ans, avec une répartition entre primipares et multipares, assurant ainsi une diversité d'expériences reproductives et productives.

Figure n°7 : La race « Holstein », « Montbéliarde » et « Guelmoise » (Boulahfa et Zendaoui, 2025)

Figure n°8 : La race « Sétifienne » et « Chélifienne » (Boulahfa et Zendaoui, 2025 ; Seddiki 2018)

Figure n° 9 : La race Cheurfa

(Braford, 2014)

2.2.Matériel technique :

2.2.1. Matériel de prélèvement :

- Gants propre
- Seau à lait propre et désinfecté
- Chiffon propre ou serviette individuelle pour chaque vache
- Bassin d'eau tiède et savon doux
- Flacon ou tube stérile

2.2.2. Matériel de laboratoire :

- Béchers
- Pipettes
- Filtre pour lactoscan
- Papier
- Gobelet propre
- L'eau distillée

2.2.3. Appareillage d'analyse :

- **Réfractomètre :**

Figure n°10 : Réfractomètre

- **Lactoscan :**

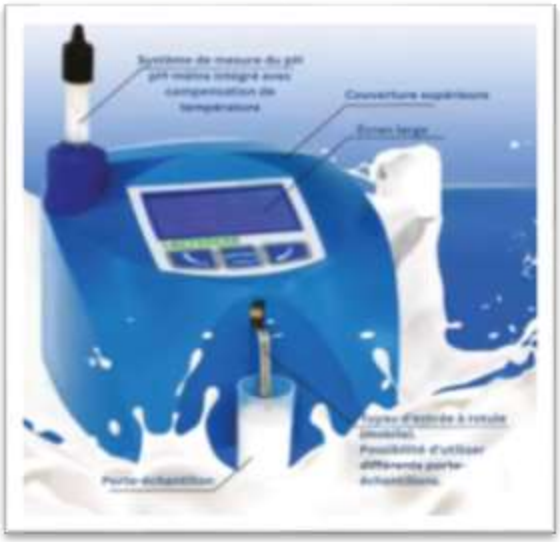

Figure n° 11: Lactoscan

Thermomètre:

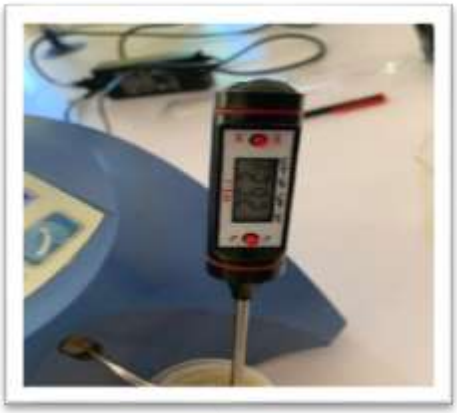

Figure n° 12: Thermomètre (Boulahfa et Zendaoui, 2025)

Bain marie :

Figure n°13 : Bain marie

3. Méthodes :

3.1.Analyse physico-chimique :

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées à l'aide d'un Lactoscan ; c'est un dispositif spécialisé dans l'analyse des composants du lait et de ses dérivés, y compris le colostrum. Cet appareil est utilisé pour déterminer les pourcentages de matières grasses, de protéines, de lactose et de densité, ce qui en fait un outil efficace pour le contrôle de la qualité du lait et l'identification de ses composants essentiels.

3.1.1 Objectif de l'étude :

Cette étude a pour objectif de documenter la méthode systématique d'utilisation de l'appareil Lactoscan pour l'analyse du colostrum bovin, tout en fournissant des directives précises afin de garantir des lectures précises

et reproductibles, contribuant ainsi à l'amélioration de la fiabilité des résultats et de la qualité des analyses en laboratoire.

3.1.2 Matériel et équipements :

• Appareil Lactoscan.

• Échantillon de colostrum bovin.

• Tubes de prélèvement stérilisés.

• Eau distillée.

• Détergents spécifiques à l'appareil : solution alcaline, solution acide.

• Gants propres.

• Serviettes en papier.

3.1.3 Procédures :

1. Préparation :

• Nous allumons l'appareil Lactoscan et nous assurons que le processus de préchauffage est terminé.
• Nous nous assurons de la propreté de l'appareil, en particulier de la zone d'analyse et des tubes.
• Nous vérifions le réglage de l'appareil en mode analyse du colostrum.

2. Préparation de l'échantillon :

• Nous recueillons l'échantillon de colostrum dans un tube stérile, en évitant toute contamination croisée entre les échantillons. • Nous mélangeons bien l'échantillon afin d'assurer une répartition homogène des composants.

Figure n°14 : échantillons de colostrum (Boulahfa et Zendaoui, 2025)

3. Étalonnage :

• Nous commençons par étalonner l'appareil à l'aide d'eau distillée pour garantir l'absence d'impuretés dans les tubes. • Nous utilisons la solution d'étalonnage pour vérifier la précision des lectures et ajustons les paramètres si nécessaire.

Figure n°15 : L'étalonnage de lactoscan(Boulahfa et Zendaoui, 2025)

4. Analyse :

Nous plaçons l'échantillon dans l'entrée d'analyse de l'appareil.

Nous sélectionnons les paramètres spécifiques à l'analyse du colostrum, y compris le type d'échantillon.

Nous lançons l'analyse et attendons que les résultats s'affichent à l'écran.

5. Lecture des résultats :

Nous lisons les résultats, qui incluent les pourcentages de matières grasses, protéines, lactose, solides totaux et densité.

Nous enregistrons les résultats avec précision conformément aux normes en vigueur.

Figure n°16 : La lecture des résultats (Boulahfa et Zendaoui, 2025)

6. Nettoyage et maintenance :

Après l'analyse, nous procédons au nettoyage de l'appareil à l'aide d'eau distillée.

Nous exécutons un cycle de nettoyage en utilisant les détergents spécifiques (solution alcaline, solution acide) pour garantir l'élimination de tous les résidus.

Nous laissons l'appareil sécher complètement avant de l'éteindre.

Figure n°17 : **Le nettoyage et la maintenance du Lactoscan(Boulahfa et Zendaoui, 2025)**

3.**2 Méthode d'analyse immunologique** :

3.2.1 Objectif de l'étude :

Ce travail vise à évaluer la qualité immunologique du colostrum produit par les vaches en post-partum en utilisant la technique de réfractométrie. En utilisant un réfractomètre numérique de Brix comme méthode simple et rapide pour mesurer la concentration des matières solides solubles (Brix %), en tant qu'indicateur indirect de la concentration en immunoglobulines (IgG). Ces dernières jouent un rôle fondamental dans la protection du veau nouveau-né contre les maladies durant les premières semaines de sa vie. L'étude a également pour objectifs de :

- Vérifier l'efficacité de l'utilisation du réfractomètre dans des conditions de terrain pour l'évaluation de la qualité du colostrum ;
- Classer le colostrum selon sa qualité immunologique afin d'orienter son utilisation optimale dans l'alimentation des veaux ;
- Contribuer à l'amélioration des pratiques d'élevage relatives au transfert de l'immunité passive, et par conséquent à l'augmentation des taux de survie et de croissance des veaux.

3.2.2. Méthodologie d'utilisation du réfractomètre pour l'évaluation de la qualité du colostrum :

Dans cette partie de l'étude, le réfractomètre de Brix a été utilisé comme outil rapide et indirect pour estimer la concentration en immunoglobulines (IgG) dans le colostrum des vaches récemment vêlées, en considérant

que le pourcentage de matières solides solubles (Brix %) est fortement corrélé au niveau de ces anticorps, ce qui permet d'évaluer la qualité du colostrum administré aux veaux.

1. **Calibrage de l'appareil :**

Le réfractomètre a été calibré avant de commencer les mesures afin de garantir l'exactitude des résultats. Une goutte d'eau distillée a été déposée sur la surface de mesure en verre (prisme), puis le couvercle a été refermé doucement pour répartir le liquide de manière homogène. Il a été vérifié que la lecture sur l'échelle Brix indiquait 0 %. En cas de divergence, l'appareil a été ajusté manuellement conformément aux instructions du fabricant.

Figure n°18 : **Calibrage de l'appareil (Boulahfa et Zendaoui, 2025)**

2. **Préparation de l'échantillon :**

L'échantillon de colostrum a été prélevé dans les premières heures suivant la mise bas, moment où les concentrations en IgG sont à leur maximum. D'autres échantillons, préalablement congelés après le prélèvement, ont été décongelés à l'aide d'un bain-marie. Après s'être assuré que l'échantillon était à température ambiante, celui-ci a été filtré à l'aide d'une gaze stérile ou d'un tamis fin pour éliminer les grumeaux et impuretés susceptibles d'interférer avec la mesure.

Figure n°19 : **Préparation de l'échantillon (Boulahfa et Zendaoui, 2025)**

3. Mesure :

À l'aide d'une pipette stérile, une à deux gouttes de l'échantillon ont été placées sur la surface de lecture. Le couvercle en verre a été refermé doucement. Dans le cas de l'utilisation d'un réfractomètre numérique : la valeur s'affiche directement à l'écran.

Figure n°20 : la lecture de résultats (Brix %) (Boulahfa et Zendaoui, 2025)

4. Nettoyage de l'appareil :

Après chaque utilisation, la surface de l'appareil a été nettoyée à l'aide d'un papier absorbant propre humidifié avec de l'eau distillée, afin d'éviter toute contamination des échantillons et d'assurer la fiabilité des mesures ultérieures.

4. Résultats et discussion :

4.1. Répartition des vaches étudiées:

Afin de faciliter la lecture des résultats, les vaches qui ont fait l'objet de la collecte du colostrum sont réparties comme suit :

- **Selon le rang de vêlage**

La répartition des vaches étudiées selon le rang de vêlage est présentée dans la figure suivante :

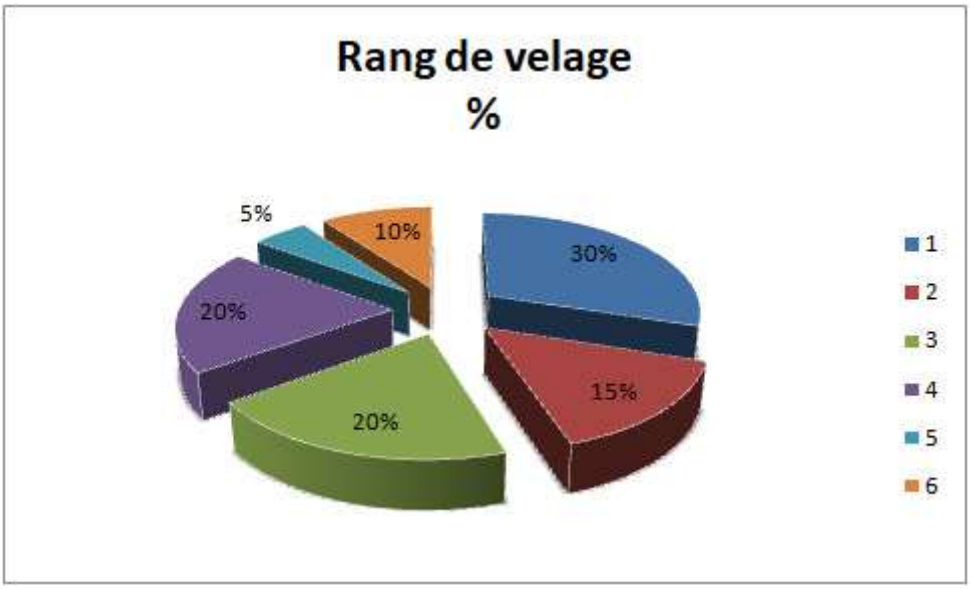

Figure n°21 :La répartition des vaches en fonction du rang de vêlage

- **Selon la race :**

La figure suivante détaille la répartition des vaches étudiées selon leur race :

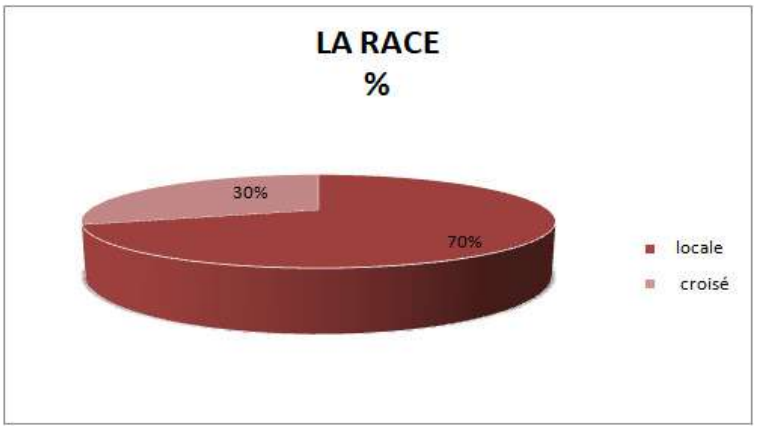

Figure n°22 : La répartition des vaches en fonction de race

- **Selon la parité :**

La figure ci-après présente la répartition des vaches étudiées en fonction de la parité :

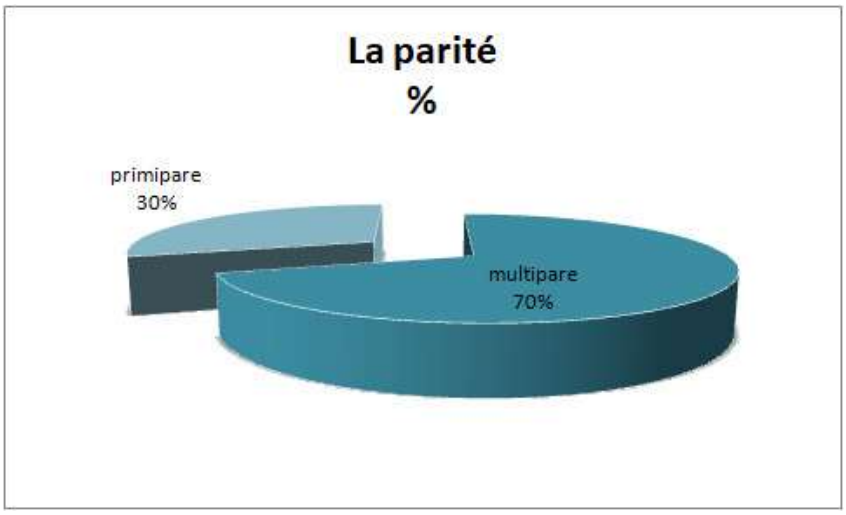

Figure n°23 : La répartition des vaches en fonction de parité

- **Selon l'âge :**

La distribution des vaches étudiées selon leur âge est présentée dans la figure ci-dessous.

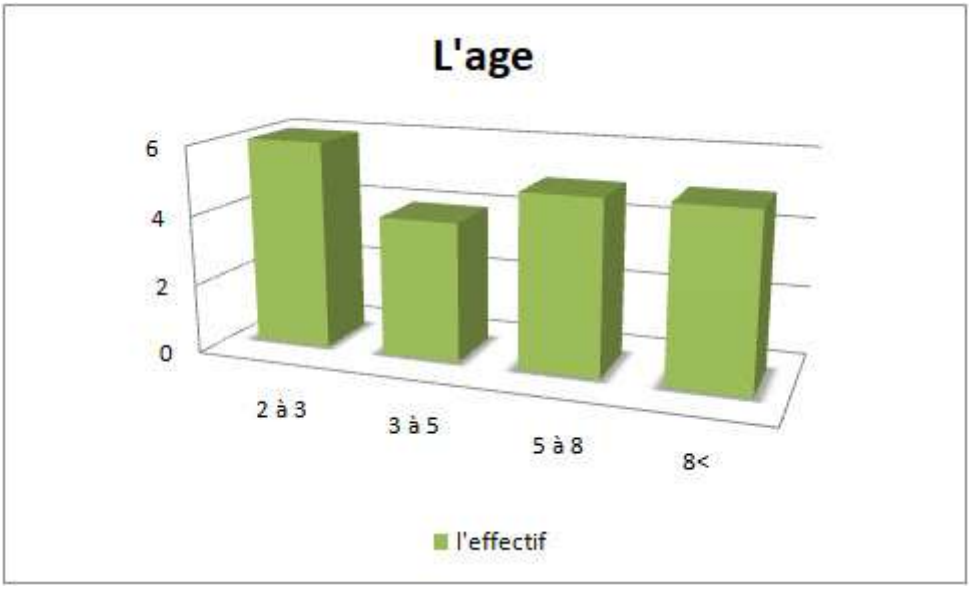

Figure n°24 : La répartition des vaches en fonction d'âge

- **Selon le type d'élevage :**

La figure suivante montre comment les vaches étudiées se répartissent selon le type d'élevage :

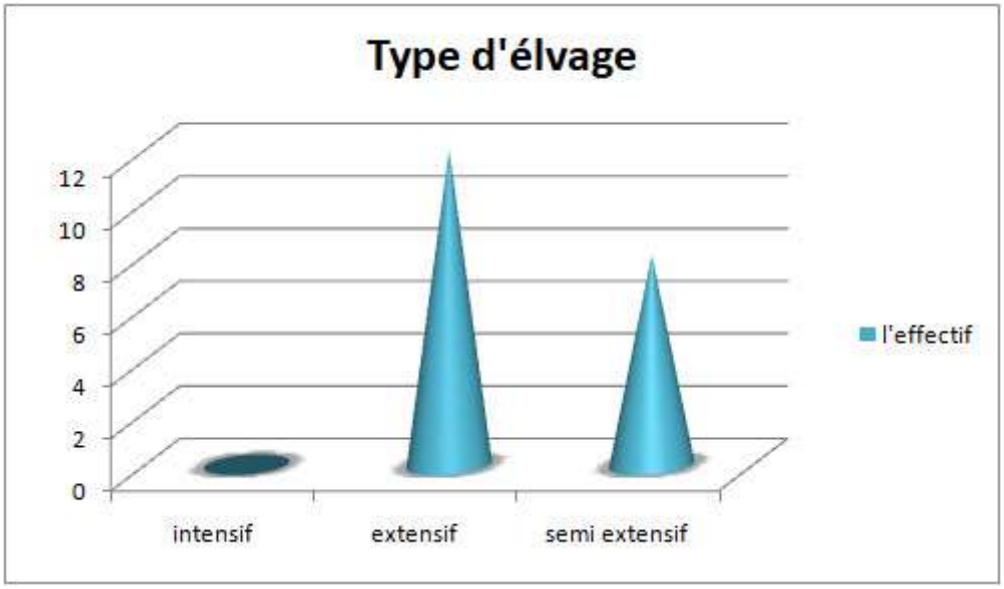

Figure n°25 : La répartition des vaches en fonction du Type d'élevage

- **Selon l'intervalle vêlage-prélèvement :**

La figure ci-dessous donne un aperçu de la répartition des vaches étudiées selon l'intervalle vêlage-prélèvement :

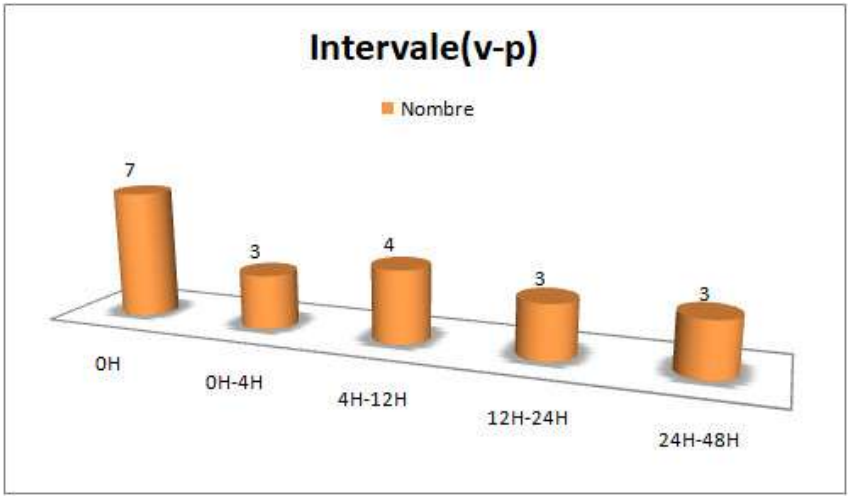

Figure n°26 : La répartition des vaches en fonction d'intervalle v-p

- **Selon le sexe de veau :**

La figure suivante illustre la répartition des vaches étudiées en fonction du sexe :

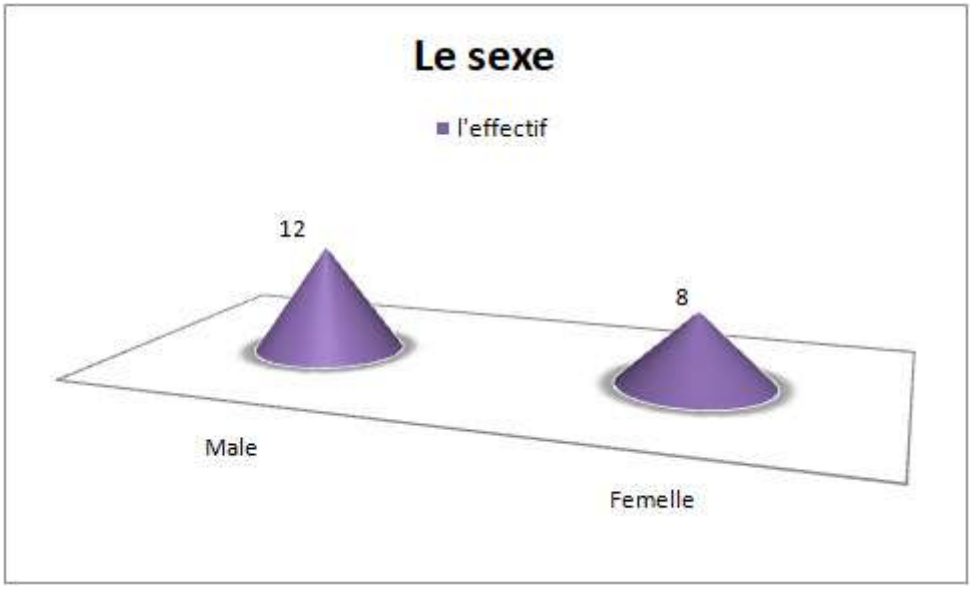

Figure n°27 : La répartition des vaches en fonction du sexe de veau

4.2. Etude de la qualité physico-chimique du colostrum :

La qualité physico-chimique du colostrum bovin varie largement selon de nombreux facteurs biologiques et environnementaux.

4.2.1. Solides totaux :

Les valeurs étudiées des solides totaux sont enregistrées dans le tableau suivant.

Tableau n°9: le taux moyen des solides totaux

	Solides totaux
MAX	**314,37**
MIN	**67,83**
MOY (g/L)	**175,41**
ECAR	**68,479**

La valeur moyenne des solides totauxest de 175,41 ± 68,47 g/l traduisent une richesse globale modérée du colostrum. Ce paramètre reflète l'ensemble des constituants : protéines, MG, lactose, minéraux, et vitamines.

- **Les facteurs influençant le taux des solides totaux :**

Tableau n°10 : tableau récapitulatif des facteurs influençant le taux des solides totaux :

Facteur	p-value	signification (α=0,05)
Race	0,014	Oui
Sexe	0,009	Oui
Parité	0,063	Non
Type d'élevage	0,0241	Oui
Age	0,0022	Oui
Rang de vêlage	0,0004	Oui
Intervalle vêlage-prélèvement	0,0111	Oui

- **Interprétation :**

Les facteurs « race, sexe, Type d'élevage, Age, Rang de vêlage et Intervalle vêlage-prélèvement » ont un effet significatif sur la variable mesurée (p-value < 0.05).

La variabilité observée est largement influencée par les moments de collecte, les conditions d'élevage, et les caractéristiques physiologiques de la vache. Comme pour les autres paramètres, l'intervalle vêlage-prélèvement a montré une influence déterminante : les échantillons prélevés dans les 6 premières heures post-partum étaient significativement plus concentrés. Le type d'élevage a également joué un rôle : les systèmes intensifs, en raison d'un meilleur suivi nutritionnel, ont montré des teneurs plus élevées. La parité et le sexe du veau ont aussi été associés à des différences de concentration, les vaches multipares et celles ayant vêlé un mâle produisant un colostrum plus riche. Par contre, l'âge et la race n'ont pas démontré d'effet significatif sur les solides totaux dans notre étude.

4.2.2. Les protéines :

La valeur moyenne des protéines mesurée dans notre étude est de 75,5 ± 32,42 g/l

Tableau n°11: le taux moyen des protéines

Protéines	(g/l)
MAX	**152,565**
MIN	**41,58**
MOY (g/L)	**75,50**
ECAR	**32,422**

Cette teneur enregistréeest inférieure à celles rapportées dans la littérature par Levieue (1999), Foley et Otterby (1978) ou encore Gopal et Gill (2000), dont les teneurs dépassaient souvent les 140 g/l. À l'inverse, Kulkarni et Pimpale (1989) ont rapporté une valeur plus basse de 41 g/l. Cette grande variabilité souligne l'influence de plusieurs facteurs sur la composition protéique du colostrum. Cette différence pourrait s'expliquer par un intervalle vêlage-prélèvement prolongé, car il est bien établi que les immunoglobulines, principales composantes protéiques du colostrum, diminuent rapidement après les 6 premières heures post-partum (Blum et Hammon, 2000 ; McGrath et al. 2016).

Notre étude révèle que la teneur totale en protéines du colostrum est de **7, 2%** cette valeur est proche à celle enregistrée dans la littérature scientifique sur le colostrum bovin (La Santé des Ruminants. S.d), qui ont rapporté que la teneur protéique varie entre **5 et 7 %** au cours des premiers jours suivant la naissance, diminuant progressivement avec le temps. Cette évolution reflète les transformations qui surviennent dans la composition du colostrum après la mise bas.

- **Les facteurs influençant le taux des protéines :**

Tableau n°12 : tableau récapitulatif des facteurs influençant le taux des protéines

Facteur	p-value	signification (α=0,05)
Race	0,0479	Oui
Sexe	0,0175	Oui
Parité	0,0391	Oui
Type d'élevage	0,0045	Oui
Age	0,0021	Oui
Rang de vêlage	0,0045	Oui
Intervalle vêlage-prélèvement	0,0018	Oui

- **Interprétation :**

Tous les facteurs étudiés ont un effet significatif sur la variable mesurée (p-value < 0.05), cela signifie que la quantité des protéines contenue dans le colostrum bovin est influencée par : la race (teneur plus élevée des protéines des vaches de race améliorée **82,13 g/l** que celle de race locale **60,02 g/l**), le sexe du nouveau-né (valeur de protéines supérieure chez des vaches qui mis bas des vêles **81,05 g/l** que celle des veaux mâles **71,79 g/l**), le type d'élevage(TP d'élevage extensif **83,52** g/l supérieure à celle de type semi-intensif **63,45 g/l**), l'âge (la TP augmente avec l'âge de 2ans jusqu'au 7 ans et diminue après 8ans), le rang de vêlage (la TP augmente jusqu'à 5ème lactation puis elle diminue), l'intervalle vêlage-prélèvement (la TP diminue progressivement avec l'allongement de cet intervalle).

Par ailleurs, les vaches primipares produisent généralement un colostrum moins riche en protéines que les multipares, ce qui est corroboré par plusieurs travaux (Ontsouka et al. 2003 ; Kehoe et al. 2007). Dans notre étude, cette tendance s'est également manifestée, avec des teneurs plus basses chez les primipares, bien que la variabilité interindividuelle demeure élevée.

La teneur en protéines du colostrum est particulièrement élevée. Chez les **vaches laitières** (races **Montbéliarde, Prim'Holstein et Rouge Norvégienne**), elle varie entre **12,7 % et 16,1 %** (Kehoe S.I. et al. 2007) (Parrish D. B. 1950).

D'après notre étude, la teneur protéique constitue **7,2 %** avec des valeurs allant de **4 %** à **14,5 %.** En revanche, chez les **vaches allaitantes** (races **Hereford, Limousin croisé et Angus),** la teneur en protéines du colostrum est plus élevée, variant entre **16,6 % et 18,4 %** (McGee M. 2006). (Petrie L. 1984).

Toutefois, cette concentration est très variable selon les individus, avec des valeurs extrêmes allant de **4 % à 24,6 %** (Parrish D. B., et al. 1950)

Comparé au lait, le colostrum contient environ **4,5 fois plus de matière protéique** (Maillard R. 2006). (Foley J. A., Otterby D. E. 1978)

4.2.3. La matière grasse :

La valeur moyenne des matières grasses obtenue dans notre étude est de 49,49 ± 33,81 g/l.

Tableau n°13: le taux moyen des matières grasses (MG)

MG	(g/l)

MAX	**128,1**
MIN	**0,21**
MOY (g/L)	**49,49**
ECAR	**33,819**

Cette teneur est relativement globalement conforme à celle rapportée par Levieue (1999) qui a trouvé une moyenne de 50 g/l, et proche de celle rapportée par Kulkarni et Pimpale (1989) (41,5 g/l). Cependant, elle reste inférieure aux valeurs mentionnées par des études antérieures qui dépassaient les 60 g/l ; par Foley et Otterby (1978) (62,4 g/l), Blum et Hammon (2000) (64 g/l) et Gopal et Gill (2000) (67 g/l). Ces différences révèlent une forte variabilité dans la teneur en lipides du colostrum.

- **Les facteurs influençant le taux de matière grasse :**

Tableau n°14 : tableau récapitulatif des facteurs influençant le taux de matière grasse :

Facteur	p-value	signification (α=0,05)
Race	0,059	Non
Sexe	0,0333	Oui
Parité	0,043	Oui
Type d'élevage	0,041	Oui
Age	0,0059	Oui
Rang de vêlage	0,0006	Oui
Intervalle vêlage-prélèvement	0,01	Oui

- **Interprétation :**

Contrairement aux protéines, la race n'a pas montré un effet significatif sur la teneur en MG dans nos résultats, ce qui suggère que ce paramètre pourrait être plus influencé par d'autres facteurs, notamment le stade de lactation et le régime alimentaire prénatal. En revanche, la parité, le type d'élevage et l'intervalle vêlage-prélèvement ont exercé un effet significatif : les vaches multipares et celles élevées en système intensif avaient tendance à produire un colostrum plus riche en lipides, surtout si la collecte était réalisée précocement. Ces observations rejoignent les résultats de Kehoe et al. (2007), qui ont montré une chute progressive de la MG

après 24 h post-partum. L'âge de la vache a également semblé jouer un rôle modéré, les vaches plus âgées produisant en général un colostrum plus dense, bien que cet effet n'ait pas toujours atteint la significativité statistique selon les études (Godden et al. 2019).

4.2.4. Lactose :

La concentration moyenne de lactose révélée par notre étude est de 86,25 ± 29,57 g/l.

Tableau n°15: le taux moyen de lactose

	Lactose (g/l)
MAX	**137,445**
MIN	**44,835**
MOY (g/L)	**86,25**
ECAR	**29,5724**

La teneur en lactose est nettement plus élevée que les résultats de la majorité des auteurs. En effet, Levieue (1999) a rapporté 30 g/l, Foley et Otterby (1978) ont trouvé 28,1 g/l, Kulkarni et Pimpale (1989) ont mesuré 36,5 g/l, et Gopal et Gill (2000) ont obtenu 27 g/l. Ainsi, notre résultat s'écarte considérablement des données classiques disponibles sur le lactose dans le colostrum.

Cela indique très probablement que certains échantillons ont été prélevés tardivement, à un stade où le colostrum commence à transitionner vers le lait. Le lactose augmente naturellement avec le temps, en parallèle à la diminution des immunoglobulines, ce qui est bien documenté dans les travaux de McGrath et al. (2016).

- **Les facteurs influençant le taux de lactose :**

Tableau n°16 : tableau récapitulatif des facteurs influençant le taux de lactose :

Facteur	p-value	signification (α=0,05)
Race	0,0386	Oui
Sexe	0,0255	Oui
Parité	0,0746	Non
Type d'élevage	0,0026	Oui
Age	0,0013	Oui
Rang de vêlage	0,0005	Oui
Intervalle vêlage-prélèvement	0,0015	Oui

- **Interprétation :**

Notre étude révèle que l'âge, l'intervalle vêlage-prélèvement, et le sexe du veau ont montré un effet significatif sur le taux de lactose (p-value < 0.05) : les vaches ayant mis bas un veau mâle et ayant un vêlage récent présentaient des taux moins élevés de lactose, ce qui est cohérent avec un colostrum plus concentré. Le type d'élevage, quant à lui, influençait indirectement ce paramètre via la gestion du vêlage et du prélèvement. En revanche, la parité n'a pas exercé d'effet significatif notable sur la teneur en lactose dans nos résultats (p-value > 0.05).

Globalement, bien que tous les facteurs étudiés aient montré un effet significatif à des degrés divers, il convient de noter que certains, comme la race dans le cas des MG, n'ont pas révélé de différence statistique marquée dans nos données. Ces résultats confirment que la qualité du colostrum est un paramètre hautement variable, tributaire de multiples facteurs qu'il est essentiel de maîtriser, notamment le moment de prélèvement, la parité, et le type d'élevage, afin d'optimiser la transmission d'immunité passive aux veaux nouveau-nés.

4.3.Etude de la qualité immunologique de colostrum

Les immunoglobulines sont le principal constituant d'intérêt du colostrum, la qualité de celui-ci étant évaluée principalement sur sa concentration en immunoglobulines.

La valeur moyenne des IgG des échantillons étudiés présente **52,22 g/l ± 35,22.**

D'après les études scientifiques réalisées, le colostrum bovin étudié est considéré comme bon à moyen.

Un colostrum de vache laitière est considéré comme excellent lorsque la concentration en immunoglobulines est supérieure à 100 g/L. Il est bon à moyen lorsque cette concentration est comprise entre 50 et 100 g/L et il est considéré comme médiocre lorsque cette concentration est inférieure à 50 g/L (CARRAUD, A.1995).

Tableau n°17: le taux moyen d'IgG

	IgG
MAX	**104,12**
MIN	**12,04**
MOY (g/L)	**52,22**
ECAR	**35,22**

D'après notre étude, nous avons constaté que le taux des immunoglobulines constitue **69 %** des protéines colostrales. Selon les résultats rapportés dans la littérature scientifique, les **immunoglobulines** constituent **70 à 80 %** des protéines du colostrum, alors qu'elles ne représentent qu'environ **1 %** dans le lait mature. De plus, le colostrum contient plusieurs centaines de protéines dites **mineures** (La Santé des Ruminants. S.d)

La concentration en IgG 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 IgG (Maillard 2006, Maillard 2013).

La teneur élevée en protéines du colostrum par rapport au lait est essentiellement due aux IgG. Elles sont le constituant principal du colostrum. Elles ont fait l'objet de nombreuses études car elles jouent le rôle principal dans le transfert de l'immunité passive (KOTERBA A.M, HOUSE J.K. 1996).

Les facteurs influençant le taux d'igG

Plusieurs facteurs ont été décrits dans la littérature comme influençant plus ou moins fortement la richesse du colostrum en immunoglobulines. Cette liste n'a pas pour but d'être exhaustive mais relate des facteurs les plus fréquemment suggérés.

Tableau n°18 : tableau récapitulatif des facteurs influençant le taux des IgG :

Facteur	**p-valeur**	**Significatif (α= 0.05)**
Race	0.7415	Non
Sexe	0.1228	Non
Parité	0.0005	Oui
Type d'élevage	0.0055	Oui
Âge	0.0007	Oui
Rang de vêlage	0.0051	Oui
Intervalle VP	0.0015	Oui

- **Interprétation :**

Les facteurs Parité, Type d'élevage, Âge, Rang de vêlage, et Intervalle Vêlage-Prélèvement ont un effet significatif sur la variable mesurée ($p < 0.05$).

Les facteurs Race et Sexe n'ont pas d'effet significatif ($p > 0.05$).

- **Effet de l'âge :**

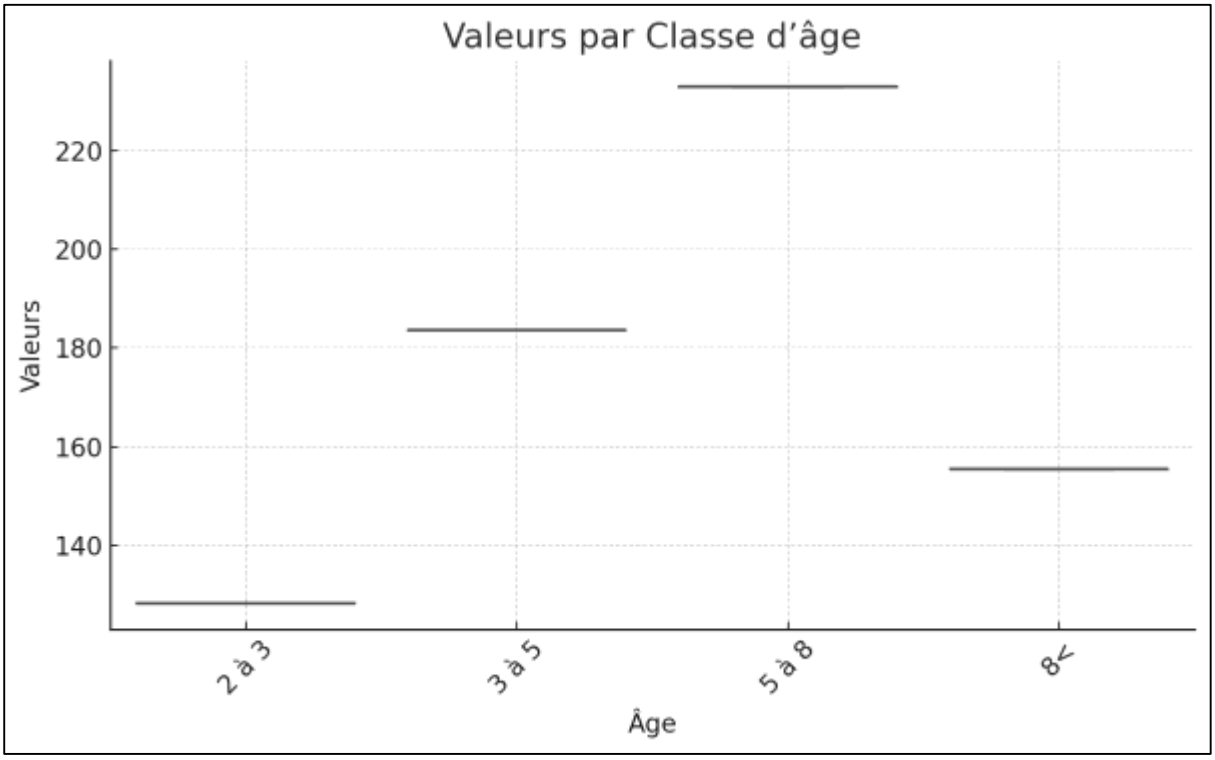

Figure n°28 : Effet de l'âge

Le graphique montre que la valeur moyenne augmente avec l'âge jusqu'à la classe "5 à 8 ans", où elle atteint un pic. Ensuite, elle diminue légèrement chez les vaches de plus de 8 ans. Cela suggère que les performances augmentent avec l'âge jusqu'à un certain point, avant de décliner, probablement en raison du vieillissement physiologique**.**

- **Effet intervalle vêlage-prélèvement :**

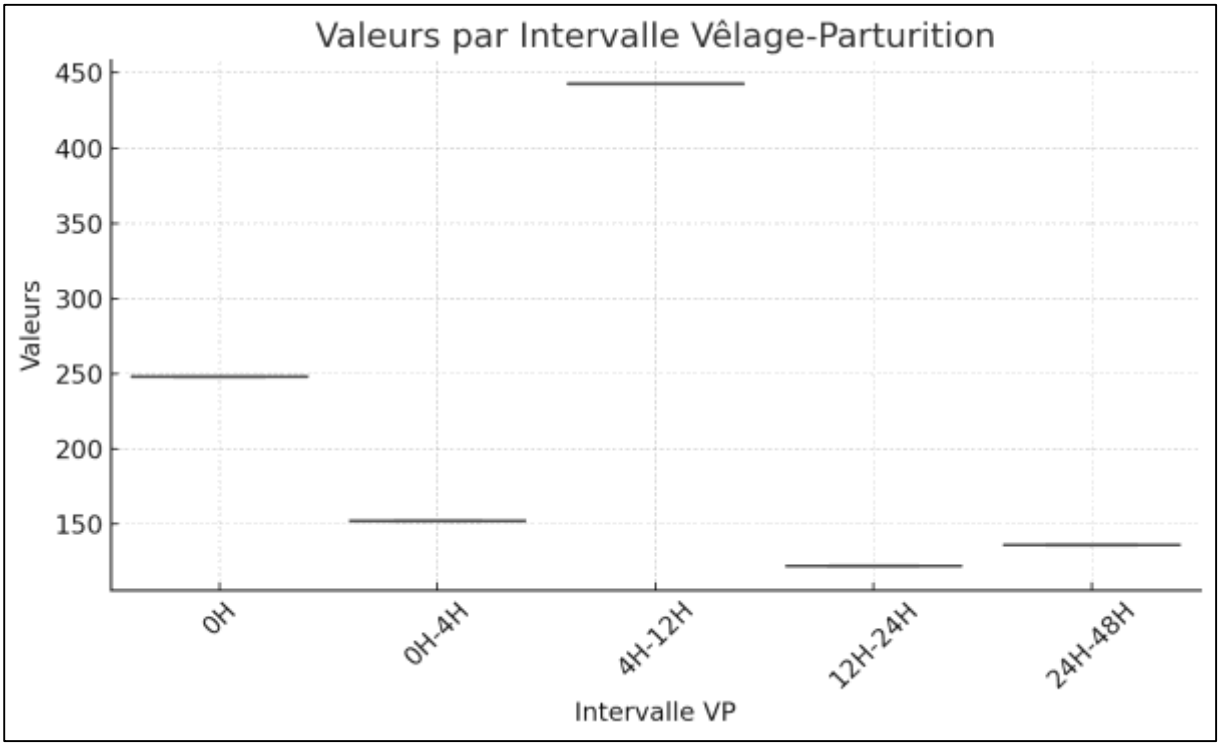

Figure n°29 : Effet intervalle v-p

On observe une nette variation des valeurs selon l'intervalle vêlage-prélèvement. L'intervalle "0H" et "24H–48H" présentent les valeurs les plus faible, tandis que l'intervalle "0H–4H" a la valeur la plus faible. Cela indique une influence significative du moment de prélèvement post-partum sur les résultats mesurés, avec des extrêmes favorables aux prélèvements très précoces ou plus tardifs.

- **Effet de type d'élevage :**

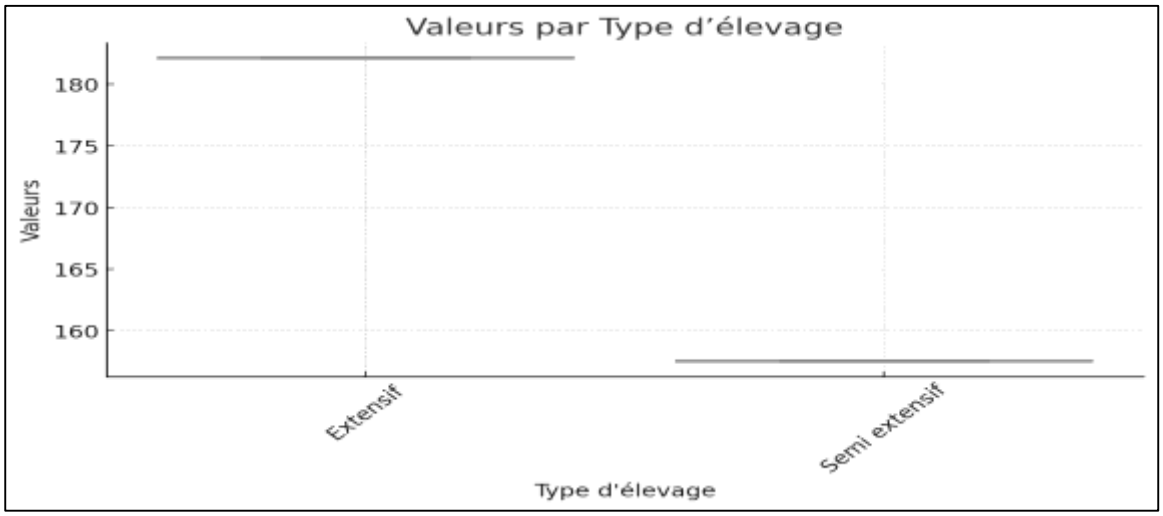

Figure n°30 : Effet de type d'élevage

Le type d'élevage "Extensif" montre des valeurs plus élevées que le "Semi-extensif". Ceci pourrait être lié à de meilleures conditions naturelles ou à une gestion plus adaptée dans les systèmes extensifs.

- **Effet de la parité :**

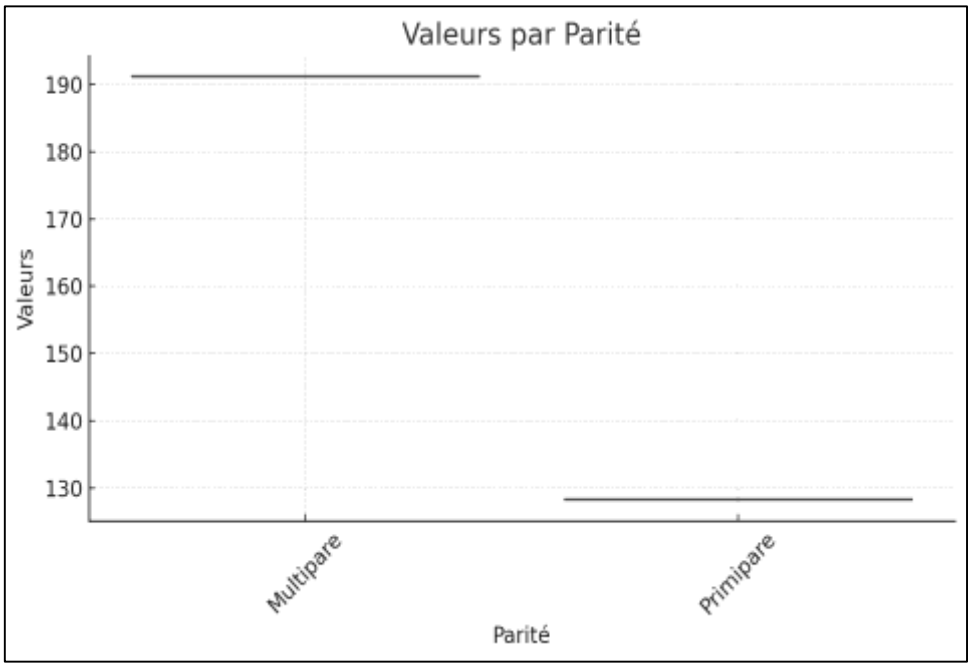

Figure n°31 : Effet de la parité

Les vaches multipares présentent des valeurs nettement plus élevées que les primipares. Cela indique que l'expérience reproductive influence positivement les paramètres étudiés, probablement en raison d'un meilleur développement physiologique.

- **Effet de rang de vêlage :**

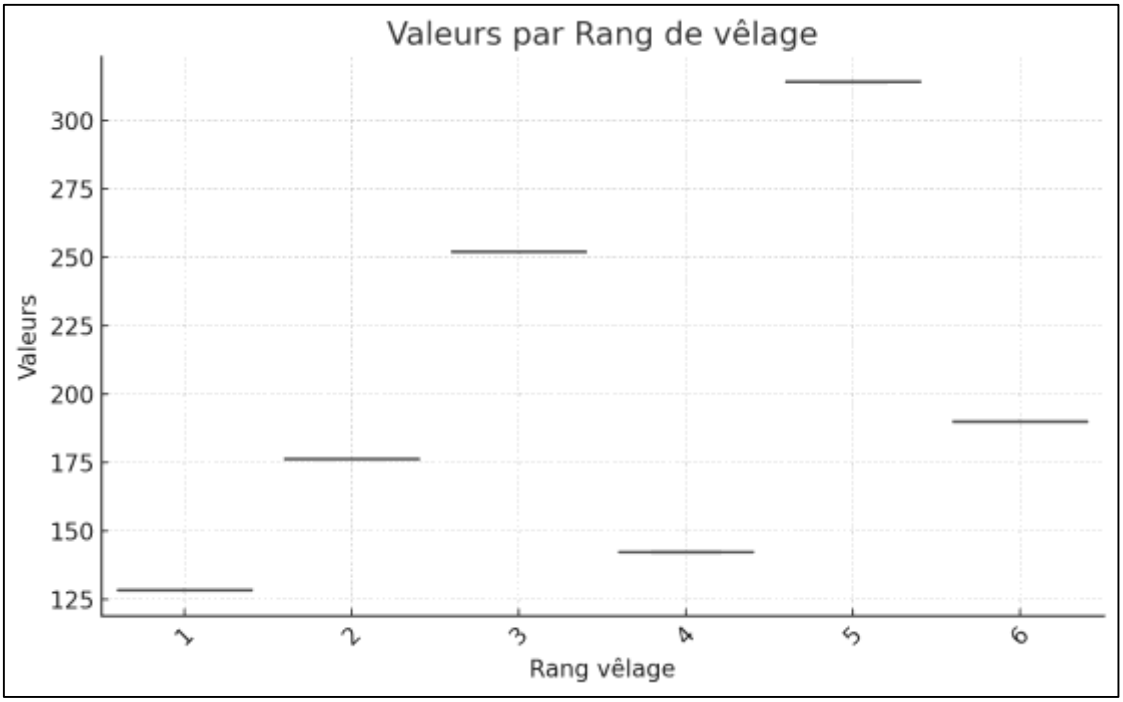

Figure n°32 : Effet de rang de vêlage

Une variation marquée est observée entre les différents rangs de vêlage. La valeur maximale est atteinte au 5^{éme} vêlage, avec une progression irrégulière entre les rangs. Cela suggère qu'il existe un effet cumulatif de la reproduction, avec une performance optimale autour du 5ème vêlage.

4.3.1. Les facteurs qui influencent la qualité Immunologique du colostrum :

- **Effet de l'âge, parité et rang de vêlage** :

L'âge des vaches est positivement corrélé au rang de vêlage ou (le rang de lactation), car chaque lactation résulte d'une gestation. Cette relation rend difficile la distinction entre l'effet de l'âge et celui du rang de lactation sur la qualité du colostrum.

Le rang de vêlage, c'est-à-dire la parité, est l'un des facteurs qui affecte le plus la qualité du colostrum (Pritchett, 1991).

Donc, Les analyses réalisées révèlent que les concentrations moyennes d'immunoglobulines (IgG) dans le colostrum sont significativement plus élevées chez les vaches d'âge moyen (compris entre ≥36,97 g/l et ≤74,99 g/l) comparées aux jeunes vaches (28,8 g/l) et aux plus âgées (31,02 g/l).

On peut également dire que les vaches primipares présentent des concentrations en IgG très faibles comparées aux vaches multipares.

Par ailleurs, la concentration en IgG tend à augmenter à partir de la 3ème lactation, avant de diminuer au-delà de la 6ème.

Ces observations rejoignent celles de Moore et al. (2005), qui ont constaté que les vaches ayant atteint au moins trois lactations produisent un colostrum significativement plus riche en IgG que celles n'en ayant eu que deux. Aucune différence significative n'a été relevée entre les vaches en 1ère et 2ème lactation, ce qui concorde avec les constats de Tyler et al. (1999) et Levieux (1984). Toutefois, nos résultats diffèrent de ceux d'Eichinger (2004), qui rapporte une baisse de la concentration en IgG lors de la deuxième lactation par rapport à la première.

Selon Gulliksen et al. (2008) et Morrill et al. (2012), chez les vaches laitières, la concentration en IgG1 colostrale augmente avec la parité de la mère, notamment de façon significative entre les rangs de parité 1 et 3, ce qui appuie nos résultats. De son côté, Maillard (2006) précise que le taux d'IgG augmente jusqu'à la 5ème lactation, puis se stabilise entre les 5ème et 8ème lactations, ce qui est en accord avec les tendances observées dans cette étude.

De plus, Gulliksen (2008) souligne une hausse significative de la concentration en IgG à partir de la 4ème lactation, et Conneely (2013) note que la meilleure qualité du colostrum est atteinte entre la 3ème et 5ème lactation.

Enfin, selon Serieys (1993), les vaches primipares produisent environ un tiers de colostrum en moins par rapport aux multipares. Cette différence peut s'expliquer par un système immunitaire encore peu exposé aux antigènes chez les jeunes vaches. À l'inverse, les vaches multipares, particulièrement à partir de leur troisième lactation, ont été davantage en contact avec des agents pathogènes, enrichissant ainsi leur immunité. Cela favorise une plus grande diversité et quantité d'immunoglobulines dans leur sérum et, par conséquent, dans leur colostrum (Larson et al. 1979).

- **Effet sexe du veau :**

Nous n'avons pas observé de différence significative dans les concentrations moyennes d'immunoglobulines du colostrum entre les vaches ayant mis bas un veau mâle et celles ayant mis bas une génisse. Ainsi, l'influence du sexe du veau sur le transfert de l'immunité passive semble limitée. Ces résultats sont en accord avec plusieurs études antérieures, notamment celles de Perino et al. (1995) et Trotz-Williams et al. (2008), qui n'ont pas trouvé d'effet significatif du sexe du veau sur la concentration en immunoglobulines dans le colostrum. En revanche, certains auteurs, comme Odde (1988), ont rapporté des concentrations sériques d'IgG plus élevées chez les génisses par rapport aux mâles, sans différence

notable pour les IgM. Cette divergence pourrait être liée à des différences dans les pratiques d'élevage ou d'autres facteurs externes, plutôt qu'au sexe du veau lui-même.

- **Effet race :**

Les résultats obtenus dans notre étude révèlent une différence nette entre les races locales et les races améliorées quant à la concentration en immunoglobuline (IgG) dans le colostrum. Les vaches locales ont présenté une moyenne de 18,93 g/l, ce qui reste en dessous du seuil considéré comme optimal pour assurer un transfert efficace de l'immunité passive. En revanche, les races améliorées ont affiché une moyenne de 41,93 g/l, ce qui confirme l'influence significative de la race sur la qualité immunologique du colostrum. Ce constat est en accord avec plusieurs travaux antérieurs soulignant le rôle de la génétique dans la synthèse et la concentration des immunoglobulines dans le colostrum bovin.

Selon Weaver et al. (2000), une concentration minimale de 50 g/l est souhaitable pour garantir une immunité passive efficace. Cela place les races locales dans une zone de risque en ce qui concerne la santé néonatale des veaux. Chigerwe et al. (2005) ont également démontré que les veaux recevant un colostrum contenant moins de 30 g/l d'IgG sont plus susceptibles de développer des maladies entériques ou respiratoires durant les premières semaines de vie.

Les résultats obtenus pour la race Holstein (23,37 g/l) s'inscrivent dans la tendance observée par Blum et al. (1989), qui a signalé que cette race, malgré une production colostrale importante, souffre souvent d'un effet de dilution affectant négativement la concentration en IgG. Cela s'explique notamment par la sélection génétique intensive axée sur la production laitière, au détriment de certains aspects qualitatifs du colostrum.

La race Tarentaise, avec une moyenne de 51,14 g/l, a surpassé toutes les autres races étudiées. Ce résultat peut être attribué à sa rusticité, à sa capacité naturelle d'adaptation et à un volume de colostrum généralement plus faible, ce qui favorise une concentration plus élevée en immunoglobulines. Ce constat est soutenu par les observations de Baumrucker et al. (2010), qui ont noté que certaines races dites rustiques ou montagnardes ont tendance à produire un colostrum de meilleure qualité immunologique, indépendamment de la quantité produite.

La Montbéliarde (30,68 g/l) se situe entre les extrêmes, ce qui correspond aux données de Pyo et al. (2017), qui ont rapporté que cette race mixte présente un bon équilibre entre production et concentration colostrale. Bien que ses valeurs soient inférieures à celles de la Tarentaise, elles demeurent supérieures à celles de la Holstein et largement meilleures que celles des races locales.

D'un point de vue pratique, ces résultats suggèrent que la race de la vache devrait être prise en compte dans les stratégies d'amélioration de la qualité du colostrum, particulièrement dans les élevages locaux où la santé néonatale reste un défi. En l'absence de sélection génétique axée sur l'immunité, les souches locales pourraient bénéficier d'un croisement dirigé avec des races à meilleure qualité colostrale afin d'élever la valeur immunologique moyenne du colostrum produit. Par ailleurs, Lombard et al. (2020) recommandent une surveillance systématique de la qualité colostrale à la ferme à l'aide de réfractomètres ou d'outils rapides d'estimation des IgG, pour garantir un apport immunitaire suffisant aux veaux, surtout dans les systèmes où les races locales prédominent.

En somme, la supériorité des races améliorées sur les locales en termes de qualité immunologique du colostrum est bien établie dans notre étude et confortée par la littérature scientifique. Ce facteur mérite une attention particulière dans les programmes de gestion de la reproduction et de la santé néonatale.

- **Effet type d'élevage :**

Dans notre étude, un total de 20 vaches a été suivi, dont 12 élevées en système extensif et 8 en système semi-extensif. Les résultats obtenus révèlent une très faible différence dans la qualité immunologique du colostrum, mesurée par la concentration en IgG : une moyenne de 42,61 g/l pour les vaches en élevage extensif contre 42,42 g/l pour celles en semi-extensif. Cette proximité suggère que, dans les conditions de notre étude, le type d'élevage n'a pas exercé une influence significative sur la richesse en immunoglobulines du colostrum.

Cependant, la littérature souligne que le mode d'élevage peut indirectement influencer la qualité du colostrum à travers plusieurs facteurs : niveau de stress, alimentation, conditions sanitaires, et pratiques de traite. Selon Marnet et Boutinaud (2005), les systèmes extensifs, en offrant un environnement plus calme et moins contraignant, favoriseraient une meilleure réponse immunitaire de la mère, ce qui pourrait se traduire par un colostrum plus riche en IgG. Or, dans notre cas, il est probable que les conditions de gestion relativement similaires dans les deux systèmes aient limité cette différence.

De plus, Lacetera et al. (2005) ont montré que le stress thermique ou nutritionnel peut réduire significativement la concentration en IgG dans le colostrum. L'absence de contraste marqué entre nos deux groupes peut ainsi s'expliquer par un niveau de bien-être et d'alimentation comparable dans les deux types d'élevage.

Par ailleurs, Conneely et al. (2013) ont souligné que les facteurs intrinsèques à l'animal, comme l'état de santé, l'âge, le rang de vêlage ou encore la génétique, jouent un rôle plus décisif sur la qualité du colostrum

que le système d'élevage lui-même. Ce constat appuie nos résultats, en indiquant que le potentiel immunitaire des vaches de notre échantillon semble avoir primé sur les effets du type d'élevage.

Il convient également de noter que certains élevages semi-extensifs peuvent bénéficier de pratiques améliorées (complémentation alimentaire, suivi vétérinaire, hygiène stricte) susceptibles de compenser les avantages supposés du système extensif. Ainsi, ce ne sont pas tant les étiquettes "extensif" ou "semi-extensif" qui importent, mais bien les pratiques effectives mises en œuvre dans chaque élevage.

Enfin, Muller et al. (2018) rappellent que même en système extensif, une mauvaise gestion peut nuire à la qualité du colostrum, ce qui confirme que le type d'élevage, pris isolément, n'est pas un prédicteur fiable de la qualité immunologique du colostrum.

En résumé, nos résultats confirment que, dans des contextes de gestion relativement homogènes, le type d'élevage ne constitue pas un facteur déterminant de la concentration en IgG dans le colostrum. Des recherches complémentaires, impliquant un plus grand échantillon et des différences de gestion plus marquées entre systèmes, seraient utiles pour affiner ces observations.

- **Effet intervalle vêlage-prélèvement :**

L'analyse des résultats obtenus montre une diminution marquée et rapide de la concentration en immunoglobulines G (IgG) dans le colostrum bovin en fonction du délai écoulé entre le vêlage et le prélèvement. En effet, une teneur moyenne de 83,39 g/l a été enregistrée dans les échantillons collectés immédiatement après la mise bas (0h), tandis qu'elle chute à 33,01 g/l entre 0 et 4 heures, puis continue de décroître progressivement à 23,16 g/l (4–12h), 21,57 g/l (12–24h), pour atteindre seulement 3,64 g/l entre 24 et 48 heures. Ces résultats sont en parfaite concordance avec la littérature scientifique, qui décrit cette évolution comme une caractéristique physiologique bien connue du colostrum.

Selon Stelwagen et al. (2009), le colostrum est un produit transitoire, dont la richesse immunologique est maximale dans les premières heures suivant le vêlage, avant d'être progressivement remplacé par du lait de transition, puis par le lait mature. Cette diminution rapide de la concentration en IgG est due principalement à la réabsorption sélective des immunoglobulines par les cellules épithéliales mammaires et à la dilution progressive du colostrum par l'augmentation du volume de sécrétion laitière.

Cabral et al. (2016) rapportent que la perte peut atteindre plus de 50 % dès les 6 premières heures post-partum, ce qui confirme l'importance de prélever (et surtout de distribuer) le colostrum le plus tôt possible après la mise bas, idéalement dans l'heure qui suit. Nos résultats, montrant une chute de plus de 60 % entre 0h et 4h, s'alignent sur cette observation.

De plus, McGuirk et Collins (2004) soulignent que la capacité d'absorption intestinale des IgG par le veau diminue également avec le temps, ce qui double l'urgence d'une administration rapide d'un colostrum de qualité. Ainsi, la gestion du timing de collecte n'impacte pas uniquement la qualité du colostrum mais aussi l'efficacité du transfert immunitaire passif au veau.

Godden et al. (2019) recommandent même d'instaurer des protocoles stricts pour la traite du colostrum dans l'heure qui suit le vêlage, car au-delà de 6 heures, la qualité chute considérablement, comme le démontrent également nos données.

En somme, nos résultats confirment avec netteté que le facteur "intervalle vêlage-prélèvement" est déterminant pour la qualité immunologique du colostrum. Plus le prélèvement est tardif, plus la concentration en IgG diminue, ce qui peut compromettre la protection immunitaire passive du veau nouveau-né. Ces constats justifient pleinement les recommandations en élevage bovin laitier visant à collecter et administrer le colostrum dans les toutes premières heures post-partum pour garantir un transfert immunitaire optimal.

Conclusion

Conclusion :

Le colostrum bovin, ou "premier lait" de la vache, est un liquide jaunâtre et épais produit par la mamelle dans les premiers jours suivant le vêlage. Il est riche en nutriments et surtout en anticorps, essentiels pour la protection immunitaire du veau nouveau-né et joue un rôle pivot dans la santé du veau à court, moyen et long terme. Il est aussi plus concentré en matière grasse et donc plus énergétique que le lait.

Afin d'évaluer les caractéristiques du colostrum bovin, nous avons effectué une étude sur des vaches élevées dans la région de « Guelma ». En plus d'apprécier la qualité physico-chimique et immunologique, cette étude consiste à évaluer les facteurs influençant de sa qualité.

D'après notre étude, nous avons conclu que le colostrum bovin des vaches étudiées est un colostrum riche en éléments nutritionnels, en particulier en protéines (75,5 g/l) et en matières grasses (49,49 g/l), avec une teneur élevée en lactose (86,25 g/l).

La teneur en lactose des échantillons étudiés est nettement plus élevée par rapport aux résultats des autres chercheurs ; Cela montre très probablement que certains échantillons ont été prélevés tardivement, à un stade où le colostrum commence à transitionner vers le lait. Le lactose augmente naturellement avec le temps, en parallèle à la diminution des immunoglobulines.

Cette étude a montré pour la première fois l'impact des facteurs intrinsèques sur le colostrum : la teneur protéique constitue 7,2 % avec des valeurs allant de 4 % à 14,5 ; cette valeur est influencée par : la race, l'âge, la parité, le rang du vêlage, le type d'élevage, le sexe de nouveau-né et intervalle vêlage-prélèvement.

Notre étude révèle que la qualité globale du colostrum étudié est considérée comme bonne, tant du point de vue nutritionnel qu'immunologique ; il comprise entre 50 et 100 g/l des IgG.

Cette teneur qui constitue 69 % des protéines colostrales est influencée par plusieurs facteurs tels que la race, la parité et le rang du vêlage ainsi que l'intervalle vêlage-prélèvement.

Le rang de vêlage ou la parité est l'un des facteurs qui affecte le plus la qualité du colostrum.

Nos résultats déterminent que la race de la vache devrait être prise en compte dans les stratégies d'amélioration de la qualité du colostrum, particulièrement dans les élevages locaux où la santé néonatale reste un défi afin d'élever la valeur immunologique moyenne du colostrum produit.

Nos résultats indiquent aussi l'importance de la collecte et l'administration précoce du colostrum dans les toutes premières heures post-partum pour garantir un transfert immunitaire optimal car l'impact "intervalle vêlage-prélèvement" est un déterminant majeur de la qualité immunologique du colostrum.

Plus le prélèvement est tardif, plus la concentration en IgG diminue, ce qui peut compromettre la protection immunitaire passive du veau nouveau-né.

La richesse de colostrum en IgG est un atout majeur pour protéger les veaux à la naissance contre les infections, il stimule également le développement des cellules immunitaires et aide à établir la flore intestinale nécessaire à la digestion.

En tant que le colostrum constitue un véritable "or liquide" qui offre une protection et un soutien nutritionnel optimal pendant les premiers jours de la vie, l'amélioration de sa qualité passe par une approche globale qui prend en compte la santé des vaches, l'alimentation, la gestion et la mesure régulière de la qualité du colostrum. En suivant ces conseils, les éleveurs peuvent contribuer à la santé et au bien-être des veaux.

Références bibliographiques

Références bibliographiques:

Algerie360. (2017). Guelma : Chantiers tous azimuts pour relever le défi de l'eau. Consulté le 30 mai 2025, l'adresse :https://www.algerie360.com/guelma-chantiers-azimuts-relever-defi-de-leau

Algérie Éco. (2024, mai 17). Céréales : Une production de 2 millions de quintaux attendue à Guelma. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse : https://www.algerie-eco.com/2024/05/17/cereales-une-production-de-2-millions-de-quintaux-attendue-a-guelma

Amalric, B. (2011). Le colostrum : Propriétés immunologiques et nutritionnelles. INRA Productions Animales, 24(5), 449–456.

Aranda, P., Sanchez, L., Perez, M. D., Ena, J. M., & Calvo, M. (1991). Insulin in bovine colostrum and milk: Evolution throughout lactation and binding to caseins. Journal of Dairy Science, 74(12), 4320–4325.

Bach, A. C., Ingenbleek, Y., & Frey, A. (2006). The usefulness of dietary polyunsaturated fatty acids in human health. Nutrition Research Reviews, 19(1), 46-62

Bachman, K. C. (2002). Milk production of dairy cows treated with estrogen at the onset of a short dry period. Journal of Dairy Science, 85(4), 797-803.

Barkema, H. W., Schukken, Y. H., &Zadoks, R. N. (1999). Management practices associated with the incidence rate of clinical mastitis. Journal of Dairy Science, 82(8), 1643–1654.

Barrier, A. C., Haskell, M. J., Birch, S., Bagnall, A., Bell, D. J., & Dwyer, C. M. (2012). The impact of dystocia on dairy calf health, welfare, performance and survival. The Veterinary Journal, 195(1), 86-90

Barrington, G. M., McFadden, T. B., & Stott, G. H. (2001). Passive transfer of immunoglobulins in calves. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 17(3), 503–516.

Bartier, A. L., Windeyer, M. C., &Doepel, L. (2015). Évaluation de la qualité du colostrum bovin à l'aide d'un réfractomètre numérique : seuils de Brix associés aux concentrations en IgG. Journal of Dairy Science, 98(5), 3517–3524. . https://doi.org/10.3168/jds.2014-8802

Basu, A., Devaraj, S., & Jialal, I. (2011). Dietary factors that promote or retard inflammation. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 31(5), 995-1000.

Baumrucker, C. R., Burton, J. L., Madsen, S. A., & Dechow, C. D. (2010). Colostrogenesis: Hormonal, nutritional and environmental influences on IgG production in the cow. Journal of Dairy Science, 93(4), 1308–1319.

Becker, T. (2013). Comparative analysis of trace element composition in bovine colostrum and mature milk. Journal of Animal Nutrition.

Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Stryer, L. (2015). Biochemistry (8th Ed.). W. H. Freeman. Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P. (2018). Advanced Nutrition and Human Metabolism (7th Ed.).

Boulahfa, A et Zendaoui, N (2025) : Photos personnelles

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. Journal of Dairy Science, 93(8), 3713–3721. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2943

BLATTLER, U., HAMMON, HM, MOREL, C., PHILIPONA, C., RAUPRICH, A., & V.ROME. (2001) Feeding colostrum, its composition and feeding duration variably modify proliferation and morphology of the intestine and digestive enzyme activities of neonatal calves. J. Nutr. 131(4), 1256-1263.

Blum, J. W., & Hammon, H. M. (2000). Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. Livestock Production Science, 66(2), 151–159.

Blum, J. W., & Hammon, H. M. (2000). Effets du colostrum sur le tractus gastro-intestinal, les paramètres nutritionnels, endocriniens et métaboliques chez les veaux nouveau-nés. Livestock Production Science, 66(2), 151–159.

Blum, J. W., Hammon, H. M., & Leiber, F. (1989). Effect of colostrum quantity and quality on calf health. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 62(4), 231–238.

Braford (2014) les races bovines algérienne. Canalblog

Brandon, M. R., &Lascelles, A. K. (1975). Immunoglobulin transfer across the mammary gland in ruminants. Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science, 53(3), 277–289.

Butler, J. E. (1983). Bovine immunoglobulins: An augmented review. Veterinary Immunology and Immunopathology, 4(1–2), 43–152.

Cabon, J. (2019). Étude de la qualité du colostrum chez les vaches laitières : quantités produites et teneur en immunoglobulines. Thèse de doctorat vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Cabral, R. G., Chapman, C. E., Kent, D. J., Kirovski, D., & Heinrichs, A. J. (2016). Effects of timing of first colostrum feeding on serum immunoglobulin G absorption and health of neonatal dairy calves. Journal of Dairy Science, 99(10), 8493–8501.

Calder, P. C. (2015). Functional roles of fatty acids and their effects on human health. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 39(1_suppl), 18S-32S.

Canbolat, A. A., Eker, F., Akdasçi, E., Duman, H., Yalcintas, M, Y., Kalkan., A, E., Karav, S et Samec, D. (2024). "Colostrum bovin : impact des bactéries pathogènes sur la santé des veaux." Nutrients, 16(24), 4305.

Carraud, A. (1995). Comment juger et améliorer la qualité du colostrum. In : Journées Nationales des GTV – Pathologies et chirurgies néonatales, 31–35.

Chambre d'Agriculture de la Wilaya de Jijel (CAW Jijel). (2023). La production de lait en deçà des besoins. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse : https://cawjijel.dz/fr/accueil/agriculteur/235-la-production-de-lait-en-deca-des-besoins

Chigerwe, M., Tyler, J. W., Hansen, L. B., Nagahata, H., & Davis, M. A. (2005). Risk factors associated with failure of passive transfer in calves. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 21(3), 471–482.

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. https://doi.org/10.1017/S1751731113001444

Corley, L. D., Staley, T. E., Bush, L. J., & Jones, E. W. (1977). Influence of colostrum on transepithelial movement of Escherichia coli 055. Journal of Dairy Science, 60(9), 1416–1421.

Croisier, C. (2012). Évaluation de la qualité du colostrum bovin : utilisation du pèse-colostrum et facteurs influençant la densité (Mémoire de fin d'études). École Nationale Vétérinaire de Toulouse, France.

Day, M. J., & Schultz, R. D. (2010). Veterinary immunology. Principles and practice. MansonPublishing, Londres, 256.

Direction des Services Agricoles (DSA) de la wilaya de Guelma. (2010). Rapport d'évaluation du programme national d'intensification de la production laitière 2009–2014. Guelma, Algérie : DSA Guelma.

Direction du Commerce de la Wilaya de Guelma. (s.d.). Climat. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse :
Direction du Commerce de la Wilaya de Guelma. (s.d.). Hydrogéologie. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse :https://www.dcwguelma.dz/fr/index.php/10-menu-principal/15-climat
Direction du Commerce de la Wilaya de Guelma. (s.d.). Situation géographique. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse : https://www.dcwguelma.dz/fr/index.php/10-menu-principal/44-situation-

Dupont, N., Martin, C., et Laurent, F. (2020). Influence des conditions d'élevage sur la production de colostrum chez les vaches allaitantes. Revue de Médecine Vétérinaire Rurale, 187(3), 145-152.

Décret du 25 mars 1924, modifié par le décret du 4 janvier 1971. Disponible sur : https://www.mcours.net/cours/pdf/yass2/yass2cllic1862.pdf

El Watan. (2023, 8 mars). Fièvre aphteuse bovine à Guelma : 55 000 doses de vaccin sont disponibles. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse : https://elwatan-dz.com/fievre-aphteuse-bovine-a-guelma-55-000-doses-de-vaccin-sont-disponibles

Enjalbert, F. (2009). Apports nutritionnels des oligoéléments et besoins des bovins. Productions Animales, 22(2), 137–146.

Fleenor, W. A., et Stott, G. H. (1980). Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. Journal of Dairy Science, 63(6), 973–977. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83020-2

Foley, J. A., et Otterby, D. E. (1978). Availability, storage, treatment, composition, and feeding of surplus colostrum: A review. Journal of Dairy Science, 61(7), 1033–1060.

Foley, W. E., et Otterby, D. E. (1978). Composition and quality of bovine colostrum. Journal of Dairy Science, 61(9), 1349–1353.

Fox, P. F.,et Kelly, A. L. (2003). The significance of milk proteins in human nutrition. International Journal of Dairy Technology, 56(1), 1–7.

Furman-Fratczak, K., Rzasa, A., & Stefaniak, T. (2011). Factors influencing colostrum quality and immunoglobulin G concentration in dairy calves. Journal of Veterinary Science, 12(3), 283–288.

Ghionna De Maria, P., &Angelucci, D. (1978). Trace elements in bovine colostrum and milk. AnnalidellaFacoltà di MedicinaVeterinaria, 28, 191–198.

Goddeeris, B. (2006). L'immunité du jeune bovin. Journées nationales GTV : Le prétroupeau, préparer à produire et reproduire, Dijon, 17–19 mai, 49–53.

Godden, S. M. (2006). "Effets des contaminations du colostrum sur l'immunité passive des veaux : recommandations pour une gestion efficace." Journal of Dairy Science, 89(4), 1078-1087.

Godden, S. M., Haines, D. M, Konkol, K, & Peterson, J. (2020). "Le rôle des cytokines dans la maturation intestinale et la modulation de la réponse inflammatoire des veaux." Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 36(3), 591-613

Godden, S., McMartin, S., Feirtag, J., Stabel, J., Green, L., & Wells, S. (2019). Colostrum management for dairy calves. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 35(3), 535–556.

Godden, S., Rapnicki, P., & Fetrow, J. (2019). Factors affecting colostrum quality and passive immunity transfer in dairy calves. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 35(1), 1–22.

Godden, S.M., Lombard, J.E., & Woolums, A.R. (2019). Colostrum management for dairy calves. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 35(3), 535–556.

Gomes, V., García, C., Ruiz, H., & Molinuevo, H. (2011). Relationship between udder health and immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. Veterinary Medicine International, 2011, 958692

Gopal, S., & Gill, C. O. (2000). Variation in colostrum quality in dairy cows and its effect on passive immunity. Animal Science, 70(3), 551–560.

GRONGNET, JF., GRONGNET-PINCHON, E., WITOWSKI, A. (1985) Neonatal levels of plasma thyroxin in male and female calves fed a colostrum or immunoglobulin diet or fasted for the first 28 hours of life. Reprod Nutr Dev 25(3), 537-543.

Gulliksen, S. M., Lie, K. I., Løken, T., & Østerås, O. (2008). Calf mortality in Norwegian dairy herds. Journal of Dairy Science, 91(12), 5129–5139. . https://doi.org/10.3168/jds.2008-1007

Guy, M., Leblanc, S., & Fortin, J. (2017). Comparaison des concentrations en IgG du colostrum entre différentes races bovines. Journal de la Recherche Vétérinaire, 168(4), 210–218.

HADORN, U., HAMMON, H., BRUCKMAIER, RM., BLUM, JW. (1997) Delaying colostrum intake by one day has important effects on metabolic traits and on gastrointestinal and metabolic hormones in neonatal calves. J. Nutr. 127(10), 2011-2013.

HAMMON, HM. BLUM, JW. (2002) Feeding different amounts of colostrum or only milk replacer modify receptors of intestinal insulin-like growth factors and insulin in neonatal calves. Domest. Anim. Endocrinol. 22(3), 155-168

HAMMON, HM., SAUTER, SN., REIST, M., ZINDEN, Y., PHILIPONA, C., C.MOREL, et al (2003) Dexamethasone and colostrum feeding affect hepatic gluconeogenic enzymes differently in neonatal calves. J. Anim. Sci. 81(12), 3095-3106.

Hurley, W. L., & Loor, J. J. (2012). Mammary development in the dairy cow: Insights from transcriptomics analyses. Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia, 17(1), 95-112

Hurley, W. L., &Theil, P. K. (2011). Perspectives on immunoglobulins in colostrum and milk. Nutrients, 3(4), 442–474.

Jensen, R. T., & Coy, D. H. (2009). Gastrointestinal peptides and their role in cancer. Current Opinion in Endocrinology, Diabetes, and Obesity, 16(1), 38–45.

Jump, D. B., Tripathy, S., & Depner, C. M. (2012). Fatty acid-regulated transcription factors in the liver. Annual Review of Nutrition, 32, 23-44

Kacskovics, I. (2004). Fc receptors in livestock species. Veterinary Immunology and Immunopathology, 102(4), 351–362.

Kehoe, S. I., Foley, J. A., & Otterby, D. E. (2007). Évolution de la composition protéique du colostrum au cours des premières traites et comparaison avec celle du lait. Journal of Dairy Science, 90(9), 4108–4116.

Kehoe, S. I., Foley, J. A., Otterby, D. E. (2007). Evolution de la composition protéique du colostrum au cours des premières traites et comparaison avec celle du lait. Journal of Dairy Science, 90(9), 4108–4116.

Kehoe, S. I., Jayarao, B. M., & Heinrichs, A. J. (2007). A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. Journal of Dairy Science, 90(9), 4108–4116.

Kehoe, S. I., Jayarao, B. M., & Heinrichs, A. J. (2007). A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. Journal of Dairy Science, 90(9), 4108–4116.

Korhonen, H., Marnila, P., & Gill, H. S. (2000). "Rôle de la lactoferrine et de ses propriétés antimicrobiennes dans le colostrum bovin." Advances in Experimental Medicine and Biology, 478, 213-220.

KOTERBA, A. M., & HOUSE, J. K. (1996). Neonatal infection in large animal internal medicine. In: Smith, B. P. (Ed.), Large Animal Internal Medicine, 344–353.

Kulkarni, P. R., & Pimpale, S. S. (1989). Chemical composition of bovine colostrum. Indian Journal of Dairy Science, 42(5), 295–298.

Kume, S., & Tanabe, S. (1993). Changes in mineral concentrations in colostrum of Holstein cows. Journal of Dairy Science, 76(1), 165–171.

L'Expression. (2013). Hocine Necib met les bouchées doubles. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse : https://www.lexpressiondz.com/nationale/hocine-necib-met-les-bouchees-doubles-180637

La Patrie News. (2025, avril 17). Guelma : Lancement de la campagne agricole 2024/2025. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse :https://lapatrienews.dz/guelma-lancement-de-la-campagne-agricole-2024-2025/

La Santé des Ruminants. (Consulté en 2025). Composition et propriétés du colostrum bovin. . https://doi.org/10.3168/jds.2008-1007

Lacetera, N., Scalia, D., Bernabucci, U., Ronchi, B., & Nardone, A. (2005). Climate and colostrum quality: effects of heat stress on immunoglobulin content. Journal of Dairy Science, 88(4), 1770–1776.

Larson, B. L., Heary, H. L., &Devery, J. E. (1980). Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. Journal of Dairy Science, 63(4), 665–671.

Latson, L. L., Owen, F. G., Albright, J. L., Appleman, R. D., Lamb, I. C., & Muller, L. D. (1977). Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. Journal of Dairy Science, 60(6), 989–991.

Le Point Vétérinaire (2008). Le potentiel inhibiteur du lait et de ses résidus. Le Point Vétérinaire, 291, 01/12/2008.

Leblanc, S. J., Herdt, T. H., Seymour, W. M., Duffield, T. F., & Leslie, K. E. (2004). Periparturient metabolic diseases. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 20(3), 151-171.

Lefranc, M. (2003). Méthodes immunologiques d'analyse des immunoglobulines : immuno-diffusion radiale. [Référence utilisée pour la quantification des IgG dans le colostrum].

Lefranc, M.-P., & Lefranc, G. (2003). IMGT® databases, web resources and tools for immunoglobulin and T cell receptor sequence analysis. NucleicAcids Research, 33(suppl_1), D593–D597.

Levieue, D. (1999). Physico-chemical characteristics of bovine colostrum in various breeds. Animal Research, 48(5), 427–433.

Levieux, D. (1984). Transmission de l'immunité colostrale chez le veau. Point Vétérinaire, 16(82), 311–316.

Linden G., Maraval J. 1979.Composition du colostrum bovin et variations de sa valeur nutritive. Annales de Zootechnie, 28(1), 3–20.

Logan, E. F. (1974). Colostral immunity to colibacillosis in the neonatal calf. British Veterinary Journal, 130(5), 405–410.

Lombard, J. E., Urie, N. J., Garber, L. P., McCluskey, B. J., Wells, S. J., & Godden, S. M. (2020). Consensus recommendations on calf colostrum management. Journal of Dairy Science, 103(7), 7611–7624.

Luzzago, C., Piccinini, R., Zecconi, A., & Moroni, P. (2020). Colostrum quality and passive immunity in dairy cattle: The impact of multiple births. Animals, 10(9), 1566

Lönnerdal, B. (2003). "Nutritional and physiologic significance of human milk proteins." The American Journal of Clinical Nutrition, 77(6), 1537S-1543S.

MAILLARD, R. (2006) Le transfert de l'immunité colostrale chez le veau. Le Point Vétérinaire (37), 110-114.

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

Maillard, R. (2006). Composition et rôle du colostrum chez les bovins. Point Vétérinaire, 37(263), 44–48.

Maillard, R., & Guin, B. (2013). Immunité colostrale chez les bovins. Bulletin GTV, 71, 17–24.

MAILLARD, R., GUIN, B. (2013) Immunité colostrale chez les bovins. Bulletin des GTV(71), 17-25.

Marie, M. (2005). Le colostrum des bovins : qualité, évaluation et recommandations pratiques. INRA Productions Animales, 18(3), 199–210.

Marnet, P. G., & Boutinaud, M. (2005). La régulation de la sécrétion lactée chez la vache laitière. INRA Productions Animales, 18(2), 87–101.

Martin, C., Dupont, N., & Leroy, P. (2018). Impact des conditions climatiques et alimentaires hivernales sur la production colostrale chez les bovins viande. Bulletin des GTV, 95, 32-38.

MAUNSELL, FP., MORIN, DE., CONSTABLE, PD., HURLEY, WL., McCOY, GC., KAKOMA, I., et al (1998) Effects of mastitis on the volume and composition of colostrum produced by Holstein cows. J. Dairy Sci. 81(5), 1291-1299

McGee M. 2006.Teneur en protéines du colostrum chez les races Hereford, Limousin croisé ET Angus, Irish Journal of Agricultural and Food Research, 45(2), 139–147.

McGrath, B. A., et al. (2021). "Les enzymes telles que la lysozyme et leur impact sur la protection intestinale chez les veaux." Journal of Dairy Science.

McGrath, B. A., et al. (2021). "Les lipides dans le colostrum bovin comme source d'énergie pour les veaux nouveau-nés." Journal of Dairy Science.

McGuire, T. C., & Adams, D. S. (1982). Failure of colostral immunoglobulin transfer in calves. American Journal of Veterinary Research, 43(4), 539–543.

McGuirk, S. M., & Collins, M. (2004). Managing the production, storage, and delivery of colostrum. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 20(3), 593–603. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.005

Mebus C.A., White R.G., Bass E.P. 1973.Nviehans M.J. Immunity to neonatal calf diarrhea virus. Journal of the American Veterinary Medical Association, 163, 880–884.

Mensink, R. P., Zock, P. L., Kester, A. D. M., & Katan, M. B. (2003). Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. The American Journal of Clinical Nutrition, 77(5), 1146-1155

Mestecky, J., et al. (1997). Mucosal immunity and the mammary gland. Advances in Experimental Medicine and Biology, 419, 23-38.

Morin, D. E., Nelson, S. V., & Reid, E. D. (2001). Factors affecting colostral specific gravity in dairy cows. Journal of Dairy Science, 84(4), 937–943.

Morrill, K. M. (2013). Variation de la teneur en protéines du colostrum chez les vaches laitières et allaitantes. Journal of Dairy Science, 96(7), 4504–4511.

Morrill, K. M., 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. https://doi.org/10.3168/jds.2011-5174

Nowak, R., & Poindron, P. (2006). From birth to colostrum: Early steps leading to lamb survival. Reproduction Nutrition Development, 46(4), 431-446

Office National Interprofessionnel du Lait (ONIL). (2021). Résumé de la stratégie ONIL pour le développement de la filière lait en Algérie. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse : https://onil.dz/resume-de-la-strategie-onil-pour-le-developpement-de-la-filiere-lait-en-algerie

Paquet Hygiène. Définition et réglementation du colostrum. Disponible sur : https://www.paquethygiene.pro/co/09-03-09-00-Sect9.html

Parrish D. B. 1950.Analyse de la variabilité de la teneur en protéines du colostrum chez les bovins, Journal of Dairy Science, 33(6), 457–465.

Petrie L. 1984.Comparaison de la composition du colostrum chez différentes races bovines, Canadian Journal of Animal Science, 64(2), 457–464.

Playford, R.J., Macdonald, C.E., & Johnson, W.S. (2000). Colostrum and milk-derived peptide growth factors for the treatment of gastrointestinal disorders. The American Journal of Clinical Nutrition, 72(1), 5–14

Pritchett, L. C., Gay, C. C., Hancock, D. D., & Besser, T. E. (1991). Management and production factors influencing immunoglobulin G_1 concentration in colostrum from Holstein cows. Journal of Dairy Science, 74(7), 2336–2341. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78301-5

Rainard, P. (2003). The complement in milk and defense of the bovine mammary gland against infections. Veterinary Research, 34(5), 647-670.

RAUPRICH, ABE. HAMMON, HM., BLUM, JW. (2000) Influence of feeding different amounts of first colostrum on metabolic, endocrine, and health status and on growth performance in neonatal calves. J. Anim. Sci. 78(4), 896-908

Reiter, B. (1985). The lactoperoxidase system in bovine milk. Bulletin of the International Dairy Federation, 191, 15-20.

Rooke, J. A., & Bland, I. M. (2002). The acquisition of passive immunity in the newborn lamb: A review. Livestock Production Science, 70(1-2), 183-195.

S. M., & Collins, M. (2004). Managing the production, storage, and delivery of colostrum. Veterinary Clincs of North America: Food Animal Practice, 20(3), 593-603.

Salmon H. 1999.Le colostrum et l'immunité du nouveau-né. Revue de Médecine Vétérinaire, 150(8–9), 605–612

Santschi R., Lacasse P., Chouinard P. Y., Dewhurst R. J., DiCostanzo A., Petit H. V. (2009). Fate of rumen-protected conjugated linoleic acids in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 92(4), 1516-1527.

Schönfeld, P., & Wojtczak, L. (2016). Short- and medium-chain fatty acids in energy metabolism: The cellular perspective

Seddiki, S (2018).Thèse de magister. Aptitude à la facilité au velage en population bovine locale en Algérie. Université d'El-Taref.171 pages

Selman I.E. The absorption of colostral globulins by newborn dairy calves. In: Grunsell C.S.G., Hill F.W. (Eds.) 1972, the Veterinary Annual (15th ed.), Wright & Sons, Ltd., Bristol, United Kingdom, pp. 1-6.

Shearer, J. K. (1997). Enzyme-linked Immunosorbent assay (ELISA) for quantification of colostral immunoglobulins. Journal of Dairy Science, 80(10), 2045–2051.
Sheldrake, R. F., & Husband, A. J. (1985). The distribution of immunoglobulin-containing cells in the bovine mammary gland. Veterinary Immunology and Immunopathology, 8(3), 245-258.

Simopoulos, A. P. (2016). An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. Nutrients, 8(3), 128.

Sobczuk-Szul, M., Wielgosz-Groth, Z., Krzyżewski, J., & Szulc, T. (2013). Cytokines in bovine colostrum. Medycyna Weterynaryjna, 69(8), 461-465.

Staley T.E. (1971).Transport of passive immunity to the calf. The Bovine Practitioner, 6, 34–36.

Steele, M. A., et al. (2009). "Gestion de l'administration du colostrum : Impact sur la santé et les performances des veaux." Journal of Dairy Science, 92(9), 4257-4264.

Stelwagen, K., & Carpenter, E. (2018). "Facteurs antimicrobiens du colostrum : lactoferrine et lysozyme." Animal Production Science, 58(7), 1475-1482.

Stewart J., McCallum J. W. 1938 .Vitamin a content of bovine colostrum. Biochemical Journal, 32(12), 2024–2028.

Stewart, S. C., Quigley, J. D., Weaver, D. M., Martin, M. J., & Fife, T. M. (2005). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. Journal of Dairy Science, 88(10), 3751-3756.

Tao, S., Dahl, G. E., Laporta, J., & Bernard, J. K. (2012). Effects of late-gestation heat stress on colostrum quality and immune function of dairy calves. Journal of Dairy Science, 95(12), 7128-7137

Tomita, M., Bellamy, W., Takase, M., Yamauchi, K., Wakabayashi, H., & Kawase, K. (2002). Lactoferrin and its role in immune function. Biochemistry and Cell Biology, 80(1), 95-102.

Torres, A., Gaillard, C., & Grosjean, F. (2021). Effet du volume de colostrum sur la concentration en immunoglobulines G chez les vaches laitières. Animal, 15(3), 100–108. https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100108

Tsioulpas, A., Grandison, A. S., & Lewis, M. J. (2007). Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation. Journal of Dairy Science, 90(11), 5012-5017.

Tutiempo. (2023). Climat GUELMA – Données climatiques (604030). Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse : https://fr.tutiempo.net/climat/ws-604030.html

Vincent, J. P., & Kitabgi, P. (2008). Neurotensin and its receptors. Trends in Pharmacological Sciences, 29(4), 243-249.

Weaver, D.M., Tyler, J.W., VanMetre, D.C., Hostetler, D.E., & Barrington, G.M. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. Journal of Veterinary Internal Medicine, 14(6), 569–577.

Weiss W.P., Hogan J.S., Smith K.L. 1990.Relationships among vitamin E, selenium, and bovine blood neutrophils. Journal of Dairy Science, 73(2), 318–324.

Wilaya de Guelma. (s.d.). Situation géographique et population. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse : https://wilaya-guelma.dz/fr/situation-geographique-et-population

Wittum, T. E., & Perino, L. J. (1995). Passive immune status at postpartum hour 24 and long-term health and performance of calves. American Journal of Veterinary Research, 56(9), 1149–1154. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7486391/

Zanker I. A., Hammon H. M., Blum J. W., Schröder B. Vitamin absorption and metabolism in neonatal calves: Effects of colostrum feeding. Journal of Dairy Science, 2000.