



HAL
open science

Influence des pratiques hygiéniques des éleveurs bovins laitiers sur la contamination bactérienne du colostrum : Etude menée dans 8 élevages français

Pauline Hérambert

► **To cite this version:**

Pauline Hérambert. Influence des pratiques hygiéniques des éleveurs bovins laitiers sur la contamination bactérienne du colostrum : Etude menée dans 8 élevages français. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04769348

HAL Id: dumas-04769348

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04769348v1>

Submitted on 6 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

ANNÉE 2024 - Thèse n° 48

Influence des pratiques hygiéniques des éleveurs bovins laitiers sur la contamination bactérienne du colostrum - Étude menée dans 8 élevages français.

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

l'UFR de Médecine de l'Université de Nantes

le 6 septembre 2024

par

Pauline, Jeanine, Jocelyne HERAMBERT

Née le 27 mai 1999 à Rouen (76)

Sous la direction de

Raphaël GUATTEO

Président du jury : Madame Lamia BRIAND, professeure à Oniris - VetAgroBio Nantes

Membres du jury : Monsieur Kenny OBERLE, maître de conférences à Oniris - VetAgroBio Nantes

Monsieur Raphaël GUATTEO, professeur à Oniris – VetAgroBio Nantes

Membre invité : Madame Clara BOUREL-CONROY, vétérinaire technique gamme ruminants – MSD Santé Animale

ONIRIS –VetAgroBio Nantes
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE,
AGROALIMENTAIRE ET DE L'ALIMENTATION
Site de la Chantrerie
Route de Gachet
44307 Nantes Cédex 3





Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

ANNÉE 2024 - Thèse n° 48

Influence des pratiques hygiéniques des éleveurs bovins laitiers sur la contamination bactérienne du colostrum - Étude menée dans 8 élevages français.

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

l'UFR de Médecine de l'Université de Nantes

le 6 septembre 2024

par

Pauline, Jeanine, Jocelyne HERAMBERT

Née le 27 mai 1999 à Rouen (76)

Sous la direction de

Raphaël GUATTEO

Président du jury : Madame Lamia BRIAND, professeure à Oniris - VetAgroBio Nantes

Membres du jury : Monsieur Kenny OBERLE, maître de conférences à Oniris - VetAgroBio Nantes

Monsieur Raphaël GUATTEO, professeur à Oniris – VetAgroBio Nantes

Membre invité : Madame Clara BOUREL-CONROY, vétérinaire technique gamme ruminants – MSD Santé Animale

ONIRIS – VetAgroBio Nantes
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE,
AGROALIMENTAIRE ET DE L'ALIMENTATION
Site de la Chantrerie
Route de Gachet
44307 Nantes Cédex 3



Département BPSA Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment		
Responsable : Emmanuel JAFFRES – Adjointe : Frédérique NGUYEN		
Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Yassine MALLEM (Pr) Hervé POULIQUEN (Pr)	Antoine ROSTANG (MC) Meg-Anne MORICEAU (CERC) Martine KAMMERER (Pr émérite) Marc GOGNY (Pr émérite)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Lionel MARTIGNAT (Pr) Julie HERVE (MC HDR) Grégoire MIGNOT (MC)	Solenn GAVAUD (CERC)
Histologie et anatomie pathologique	Marie-Anne COLLE (Pr) Jérôme ABADIE (MC)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC)
Biochimie alimentaire industrielle	Carole PROST (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Clément CATANEO (MC) Alix KHALIL (MC) Laurent LE THUAUT (MC)
Microbiotech	Hervé PREVOST (Pr) Géraldine BOUE (MC) Nabila HADDAD (MC) Emmanuel JAFFRES (MC)	Mathilde MOSSER (MC) Boris MISERY (MC) Raouf TAREB (MC) Quentin PRUVOST (CEC)
PACENV = VET1	Eléonore BOUGUYON (PRAG) Nicolas BROSSAUD (PRAG)	Charlotte MOCQUARD (PRAG) Aurore CALVEL (PRAG)

Département SAESP Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique		
Responsable : Raphaël GUATTEO – Adjoint : Jean-Michel CAPPELIER		
Élevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Nathalie BAREILLE (Pr) François BEAUDEAU (Pr) Christine FOURICHON (Pr)	Juan Manuel ARIZA CHACON (MC) Ségoène CALVEZ 5(Pr) Aurélien MADOUASSE (MC) Nora NAVARRO-GONZALES (MC)
Infectiologie	Alain CHAUVIN (Pr) Emmanuelle MOREAU (Pr) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr) Pauline MAISONNASSE (CERC)	Albert AGOULON (MC) Suzanne BASTIAN (MC) Léa LOISEL (AERC) Kenny OBERLE (MC) Nadine RAVINET (MC)
Médecine des animaux d'élevage	Catherine BELLOC (Pr) Christophe CHARTIER (Pr émérite) Raphaël GUATTEO (Pr) Anne RELUN (MC)	Sébastien ASSIE (MC) Isabelle BREYTON (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MC) Maud ROUAULT (AERC)
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel CAPPELIER (Pr) Louis DELAUNAY (CERC) Bruno LE BIZEC (Pr) Marie-France PILET (Pr)	Sofia STRUBBIA (MC)

Département DSC Sciences cliniques		
Responsable : Catherine IBISCH – Adjoint : Marion FUSELLIER		
Anatomie comparée	Eric BETTI (MC) Claude GUINTARD (MC) Margarida RIBEIRO DA SILVA NEUNLIST (MC Stagiaire)	
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Eric AGUADO (Pr) Olivier GAUTHIER (Pr) Eric GOYENVALLE (MC HDR)	Pierre MAITRE (MC) Caroline TESSIER (MC) Gwénola TOUZOT-JOURDE (MC) Claire DEFOURMSTRAUX (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Jacques GUILLOT (Pr) Emmanuel BENSIGNOR (Pr Ass)	Sabrina VIEU (AERC) Maria Dolores SANCHEZ (AERC)
Médecine interne, imagerie médicale et législation professionnelle vétérinaire	Anne COUROUCE (Pr) Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Françoise ROUX (Pr) Juan HERNANDEZ-RODRIGUEZ (Pr Ass) Nora BOUHSINA (MC)	Nicolas CHOUIN (MC) Amandine DRUT (MC) Marion FUSELLIER-TESSON (Pr) Catherine IBISCH (MC) Aurélia LEROUX (MC) Odile SENECAAT (MC)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Jean-François BRUYAS (Pr) François FIENI (Pr)	Djemil BENCHARIF (Pr) Lamia BRIAND (Pr)

Département GPA Génie des procédés alimentaires		
Responsable : Sébastien CURET-PLOQUIN – Adjointe : Vanessa JURY		
Lionel BOILLEREAUX (Pr) Sébastien CURET-PLOQUIN (Pr) Marie DE LAMBALLERIE (Pr) Francine FAYOLLE (Pr) Michel HAVET (Pr)	Alain LEBAIL (Pr) Olivier ROUAUD (Pr) Kévin CROUVISIER-URION (MC) Vanessa JURY (Pr) Emilie KORBEL (MC)	Jean-Yves MONTEAU (MC HDR) Eve-Anne NORWOOD (MC) Raphaël PORYLES (MC) Laurence POTTIER (MC) Cyril TOUBLANC (MC)
PAC-ING	Cyril Gaillard (PCEA)	

Département MSC Management, statistiques et communication		
Responsable : Samira ROUSSELIERE – Adjointe : Véronique CARIOU		
Mathématiques, statistiques, informatique	El Mostafa QANNARI (Pr émérite) Chantal THORIN (Pr Ag) Evelyne VIGNEAU (Pr) Jean-Michel GALHARRET (MC stagiaire)	Véronique CARIOU (Pr) Benjamin MAHIEU (MC) Michel SEMENOU (MC)
Economie, gestion, législation	Jean-Marc FERRANDI (Pr) Pascal BARILLOT (MC) Ibrahima BARRY (MC) Florence BEAUGRAND (MC)	Sibylle DUCHAINE (MC) Sonia MAHJOUB (MC) Samira ROUSSELIERE (MC) Christophe PAPINEAU (Ens. Cont.)
Langues et communication	Marc BRIDOU (PLPA) David GUYLER (Ens. Cont.) Nathalie GOODENOUGH (PCEA) Patricia JOSSE (Ens. Cont.)	Shaun MEEHAN (Ens. Cont.) Linda MORRIS (PCEA) Ian NICHOLSON (ENS. Cont.)

Pr Ag : Professeur Agrégé

Pr : Professeur

MC : Maître de Conférence

MCC : MC Contractuel

PLPA : Professeur Lycée Professionnel Agricole

PCEA : Professeur Certifié Enseignement Agricole

HDR : Habilité à Diriger des Recherches

CERC : Chargé d'Enseignement et de Recherche Contractuel

Ens. Cont. : Enseignant Contractuel

Remerciements

À Madame Clara BOUREL-CONROY

Vétérinaire support technique gamme ruminants – MSD Santé Animale

Pour m'avoir proposé de prendre part à cette étude passionnante, pour la confiance et l'autonomie que tu m'as accordées, pour ta disponibilité et tes précieux conseils, pour ta bonne humeur et tes encouragements sincères. J'ai adoré travailler à tes côtés. Je garderai un super souvenir de notre périple dans le Doubs. Merci pour tout !

À Monsieur Raphael GUATTEO

Professeur à Oniris – VetAgroBio Nantes

Pour avoir accepté de superviser ce travail, pour votre réactivité tout au long du processus, pour vos relectures et vos corrections attentives, pour le temps que vous m'avez accordé et pour votre aide précieuse. Sincères remerciements.

À Madame Lamia BRIAND

Professeure à Oniris – VetAgroBio Nantes

Pour avoir accepté de prendre part au jury de ma soutenance de thèse en tant que présidente ainsi que pour votre accompagnement sans faille tout au long de mon année de tutorat. Sincères remerciements.

À Monsieur Kenny OBERLE

Maître de conférences à Oniris – VetAgroBio Nantes

Pour avoir gentiment accepté de prendre part au jury de ma soutenance de thèse. Sincères remerciements.

À tous les éleveurs ayant participé à cette étude

Pour l'intérêt que vous avez porté à ce projet, pour votre investissement et votre temps. C'est avant tout grâce à vous que cette thèse a vu le jour : merci beaucoup ! J'espère que ce travail vous servira.

Aux vétérinaires ayant supervisé les éleveurs sur le terrain

Pour avoir accepté de prendre part à ce projet, pour avoir recruté les éleveurs et pour avoir pris le temps de les accompagner tout au long de l'étude. Merci pour votre investissement.

Au Réseau Cristal

Pour son implication dans la mise en place et le suivi de cette étude. Sincères remerciements.

À Monsieur Éric PAGOT

Statisticien à INNOZH - Ploufragan (22440)

Pour votre grande disponibilité et votre aide précieuse concernant le traitement de nos données. Sincères remerciements.

Table des matières

Table des matières	6
Table des abréviations	9
Table des figures	10
Table des tableaux	12
Introduction	14
Première partie – Etude bibliographique	15
1. Importance du colostrum pour la santé du veau	16
1.1. Définition du colostrum	16
1.2. Composition du colostrum	16
1.3. Bénéfices apportés par le colostrum	18
1.3.1. Source d'énergie	18
1.3.2. Protection immunitaire locale et générale	18
1.3.3. Soutien de la croissance	20
1.3.4. Thermorégulation	20
1.3.5. Effet laxatif	20
1.4. Transfert d'immunité passive chez le veau	20
1.4.1. Absorption intestinale des immunoglobulines maternelles	21
1.4.2. Défaut de transfert d'immunité passive et conséquences	22
1.4.3. Bénéfices d'une gestion colostrale adaptée à la réussite du TIP	24
2. Hygiène et contamination bactérienne du colostrum bovin	25
2.1. Qualité microbiologique du colostrum bovin	25
2.1.1. Définition et seuils de concentrations bactériennes	25
2.1.2. Méthode d'évaluation de la qualité bactérienne du colostrum	26
2.2. Etat des lieux des données sur la contamination bactérienne du colostrum	26
2.3. Modes de contamination bactérienne du colostrum bovin	28
2.4. Prévention de la contamination bactérienne du colostrum	28
2.4.1. Hygiène des locaux et de la mamelle	28
2.4.2. Hygiène du matériel de récolte et de distribution	29
2.4.3. Précautions autour de la distribution du colostrum	31
2.4.4. Méthodes de conservation du colostrum	31
2.4.4.1. Traitements thermiques	31
2.4.4.2. Traitements chimiques	33
2.4.5. Utilisation de colostrums de remplacement	34
3. Quantité, qualité, rapidité d'ingestion du colostrum bovin et quantification du TIP	35
3.1. Quantité de colostrum consommée par le veau	35
3.2. Qualité du colostrum bovin et concentration en IgG	36
3.2.1. Seuils de concentration en IgG utilisés pour qualifier le colostrum	36
3.2.2. Méthodes de mesure de la qualité colostrale	37
3.2.3. Facteurs de variation de la qualité colostrale	38
3.3. Rapidité d'ingestion du colostrum	39
3.4. Quantification du TIP	40
3.4.1. Seuils d'évaluation du TIP	40
3.4.2. Méthodes d'évaluation de la qualité du TIP	41
3.4.3. Facteurs influençant la qualité du TIP	41

Seconde partie – Etude de terrain	43
1. Contexte et objectifs de l'étude	44
1.1. Contexte et enjeux de l'étude	44
1.2. Déroulement et objectifs de l'étude	44
2. Matériel et méthode	46
2.1. Population et échantillon d'étude	46
2.2. Informations collectées	46
2.2.1. Recueil des pratiques des éleveurs	46
2.2.2. Recueil des commémoratifs pour les bovins prélevés	47
2.3. Nature des prélèvements effectués	47
2.3.1. Score visuel et mesures d'ATPmétrie sur le matériel	47
2.3.2. Prélèvements des colostrums	49
2.3.3. Prélèvements sanguins des veaux	50
2.3.4. Acheminement des prélèvements	50
2.4. Analyses de laboratoire	50
2.4.1. Analyses bactériologiques des colostrums	50
2.4.2. Dosage des IgG sériques	50
2.5. Stratégie d'analyse des données	51
2.5.1. Statistiques descriptives	51
2.5.2. Analyse statistique	52
3. Résultats	53
3.1. Descriptif de l'échantillon d'étude	53
3.2. Description des pratiques autour de la prise colostrale	54
3.2.1. Description des pratiques au démarrage de l'étude	54
3.2.1.1. Intervention dans la prise colostrale	54
3.2.1.2. Récolte du colostrum	54
3.2.1.3. Distribution du colostrum	55
3.2.1.4. Conservation du colostrum	57
3.2.1.5. Connaissances sur la contamination bactérienne du colostrum	57
3.2.2. Description des changements de pratiques	57
3.3. Contamination bactérienne du matériel mesurée par ATPmétrie	58
3.3.1. Analyse descriptive à l'échelle des 8 élevages	58
3.3.2. Analyse descriptive à l'échelle de chaque élevage	59
3.3.3. Corrélations impliquant les mesures d'ATPmétrie	63
3.3.3.1. Corrélations entre ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage	63
3.3.3.2. Corrélations entre ATPmétrie et score visuel	64
3.3.3.3. Corrélations entre ATPmétrie et hygiène de l'opérateur	64
3.3.3.4. Corrélations entre ATPmétrie et hygiène du matériel	65
3.3.3.5. Corrélations entre ATPmétrie et les autres variables de l'étude	65
3.3.4. Effets des changements de pratiques sur les résultats d'ATPmétrie	66
3.3.4.1. Analyse descriptive	66
3.3.4.2. Analyse statistique	67
3.4. Contamination du colostrum évaluée par analyse bactériologique	67
3.4.1. Analyse descriptive à l'échelle des 8 élevages	67
3.4.2. Analyse descriptive à l'échelle de chaque élevage	69
3.4.3. Corrélations impliquant les données bactériologiques du colostrum	73
3.4.3.1. Corrélations entre flore totale et flore coliforme	74
3.4.3.2. Corrélations entre comptages bactériens et hygiène de l'opérateur	74

3.4.3.3.	Corrélation entre comptages bactériens et hygiène des trayons	75
3.4.3.4.	Corrélation entre comptages bactériens et hygiène du matériel	75
3.4.3.5.	Corrélations entre comptages bactériens et les autres variables de l'étude	76
3.4.4.	Effets des changements de pratiques sur les comptages bactériens du colostrum	76
3.4.4.1.	Analyse descriptive	76
3.4.4.2.	Analyse statistique	77
3.5.	Transfert d'immunité passive mesuré par dosage sérique des IgG	78
3.5.1.	Analyse descriptive du transfert d'immunité passive	78
3.5.2.	Evaluation de la qualité du transfert colostrale	80
3.5.3.	Corrélations impliquant les concentrations sériques en IgG	81
3.5.3.1.	Corrélation entre concentration sérique en IgG et hygiène de l'opérateur	81
3.5.3.2.	Corrélation entre concentration sérique en IgG et hygiène du matériel	81
3.5.3.3.	Corrélation entre concentration sérique en IgG et les autres variables de l'étude	82
3.5.4.	Effets des changements de pratiques sur la concentration sérique en IgG	82
4.	Discussion	83
4.1.	Contamination du matériel et facteurs de variation	83
4.2.	Contamination du colostrum et facteurs de variation	85
4.3.	Concentration sérique de IgG et facteurs de variation	87
4.4.	Pratiques hygiéniques autour de la prise colostrale : que retenir ?	88
	Conclusion	89
	Références bibliographiques	90
	Annexes	97

Table des abréviations

AEA : « *Apparent Efficiency of Absorption* » soit Efficacité Apparente d’Absorption

AFDM : Analyse Factorielle de Données Mixtes

DTIP : Défaut de Transfert d’Immunité Passive

FC : Flore Coliforme

FT : Flore Totale

GMQ : Gain Moyen Quotidien

IDR : Immuno Diffusion Radiale

Ig : Immunoglobuline

PT : Protéines Totales

TIP : Transfert d’Immunité Passive

UFC : « *Colonies-Forming Units* » soit nombre de colonies formées

URL : Unité Relative de Lumière

Table des figures

<u>Figure 1</u> : Composition du colostrum, du lait de transition et du lait dans un troupeau de vaches laitières Prim Holstein (Godden, 2008)	17
<u>Figure 2</u> : Schéma résumant l'impact de la consommation d'un colostrum contaminé sur l'absorption intestinale des IgG chez le veau	22
<u>Figure 3</u> : Probabilité de non-morbidité en fonction de la concentration sérique en IgG chez des veaux laitiers selon leur âge (Urie et al. 2018)	23
<u>Figure 4</u> : Les cinq piliers de la gestion colostrale 5Q et leurs caractéristiques résumées (adapté de Geiger, 2020)	25
<u>Figure 5</u> : Scoring visuel de la propreté de la mamelle (objectif ≤ 1) (Bareille et Madouasse, 2024)	29
<u>Figure 6</u> : Principe de l'ATPmétrie	30
<u>Figure 7</u> : Comptage bactérien de flore totale (ufc/mL) dans des échantillons de colostrum bovins selon le mois de prélèvement (Fecteau et al. 2002)	32
<u>Figure 8</u> : Facteurs influençant la qualité du transfert d'immunité passive chez le veau (Résumé inspiré des travaux de Dusty et al, 2000 ; Quaile, 2015 ; Lora et al, 2017)	42
<u>Figure 9</u> : Frise chronologique résumant les étapes de l'étude	45
<u>Figure 10</u> : Exemples de scoring visuels effectués au cours de l'étude	48
<u>Figure 11</u> : Protocole d'ATPmétrie de surface	48
<u>Figure 12</u> : Protocole d'ATPmétrie du liquide de rinçage	49
<u>Figure 13</u> : Distribution des mesures d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage du matériel à l'échelle des 8 élevages en phases 1 et 2	59
<u>Figure 14</u> : Distribution des mesures d'ATPmétrie de surface du matériel dans chaque élevage en phase 1	60
<u>Figure 15</u> : Distribution des mesures d'ATPmétrie du liquide de rinçage du matériel dans chaque élevage en phase 1	61
<u>Figure 16</u> : Distribution des mesures d'ATPmétrie de surface du matériel dans chaque élevage en phase 2	62
<u>Figure 17</u> : Distribution des mesures d'ATPmétrie du liquide de rinçage du matériel dans chaque élevage en phase 2	63
<u>Figure 18</u> : Régression linéaire entre ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage	63
<u>Figure 19</u> : Valeurs d'ATPmétrie de surface (à gauche) et du liquide de rinçage (à droite) en fonction du score visuel	64
<u>Figure 20</u> : Valeurs d'ATPmétrie de surface (à gauche) et du liquide de rinçage (à droite) en fonction de l'hygiène de l'opérateur	64
<u>Figure 21</u> : Valeurs d'ATPmétrie de surface (à gauche) et du liquide de rinçage (à droite) en fonction de l'hygiène du matériel	65
<u>Figure 22</u> : Évolution des valeurs moyennes d'ATPmétrie de surface (à gauche) et du liquide de rinçage (à droite) par élevage pour chaque phase de l'étude	67
<u>Figure 23</u> : Distribution des comptages bactériens (FT et FC) mesurés dans les 8 élevages en phases 1 et 2 (P1 : phase 1 ; P2 : phase 2)	68
<u>Figure 24</u> : Distribution des comptages de flore totale dans chaque élevage en phase 1	69
<u>Figure 25</u> : Distribution des comptages de flore coliforme dans chaque élevage en phase 1	70
<u>Figure 26</u> : Distribution des comptages de flore totale dans chaque élevage en phase 2	72
<u>Figure 27</u> : Distribution des comptages de flore coliforme dans chaque élevage en phase 2	73

<u>Figure 28</u> : Régression linéaire entre les comptages de flores totale et coliforme	74
<u>Figure 29</u> : Valeurs de flore totale (à gauche) et flore coliforme (à droite) en fonction de l'hygiène de l'opérateur	74
<u>Figure 30</u> : Valeurs de flore totale (à gauche) et flore coliforme (à droite) en fonction de l'hygiène des trayons	75
<u>Figure 31</u> : Valeurs de flore totale (à gauche) et flore coliforme (à droite) en fonction de l'hygiène du matériel	75
<u>Figure 32</u> : Évolution des valeurs moyenne de flore totale (à gauche) et de flore coliforme (à droite) par élevage entre les deux phases de l'étude	77
<u>Figure 33</u> : Distribution des concentrations sériques en IgG des veaux pour chaque élevage en phase 1	79
<u>Figure 34</u> : Distribution des concentrations sériques en IgG des veaux pour chaque élevage en phase 2	80
<u>Figure 35</u> : Concentration sérique moyenne en IgG en fonction de l'hygiène de l'opérateur ...	81
<u>Figure 36</u> : Concentration sérique moyenne en IgG en fonction de l'hygiène du matériel	81
<u>Figure 37</u> : Évolution des valeurs moyennes de concentrations sériques en IgG chez les veaux prélevés par élevage pour les 2 phases de l'étude	82
<u>Figure 38</u> : Formule de calcul de l'efficacité d'absorption apparente	88

Table des tableaux

<u>Tableau 1</u> : Actions antimicrobiennes spécifiques de certains agents antimicrobiens non spécifiques présents dans le colostrum bovin (Playford et al. 2021)	19
<u>Tableau 2</u> : Comparaison de la concentration sérique en IgG chez des veaux ayant consommé du colostrum faiblement contaminé VS fortement contaminé (Gelsinger et al, 2015)	21
<u>Tableau 3</u> : Valeurs seuils de qualité microbiologique du colostrum bovin (inspiré des données de Fecteau et al. 2002 et Stewart et al. 2005)	26
<u>Tableau 4</u> : Groupes de bactéries fréquemment retrouvées dans le colostrum bovin contaminé (Inspiré de Fecteau et al, 2002)	27
<u>Tableau 5</u> : Description des comptages bactériens dans des échantillons de colostrum selon les conditions de conservations appliquées (inspiré de Stewart et al. 2005)	34
<u>Tableau 6</u> : Exemples de concentrations moyennes en IgG obtenues à partir d'études récentes menées sur des vaches laitières dans différents pays	36
<u>Tableau 7</u> : Valeurs seuils de concentrations en IgG de colostrums bovins permettant sa qualification à partir de deux études menées sur des vaches laitières	37
<u>Tableau 8</u> : Qualification du TIP en fonction de la concentration sérique en IgG chez les veaux (adapté de Lombard et al. 2020)	41
<u>Tableau 9</u> : Caractéristiques des 8 élevages participant à l'étude	53
<u>Tableau 10</u> : Variables qualitatives de l'étude associées à leurs modalités et aux élevages les respectant pour la phase 1	56
<u>Tableau 11</u> : Variables qualitatives de l'étude, associées à leurs modalités et aux élevages les respectant pour la phase 2	57
<u>Tableau 12</u> : Statistiques descriptives des valeurs d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage du matériel dans les 8 élevages en phases 1 et 2	58
<u>Tableau 13</u> : Statistiques descriptives des mesures d'ATPmétrie de surface du matériel mesurée par ATPmétrie dans chaque élevage en phase 1	59
<u>Tableau 14</u> : Statistiques descriptives des mesures d'ATPmétrie du liquide de rinçage du matériel dans chaque élevage en phase 1	60
<u>Tableau 15</u> : Statistiques descriptives des mesures d'ATPmétrie de surface du matériel dans chaque élevage en phase 2	61
<u>Tableau 16</u> : Statistiques descriptives des mesures d'ATPmétrie du liquide de rinçage du matériel dans chaque élevage en phase 2	62
<u>Tableau 17</u> : Valeurs moyennes d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage pour chaque phase et leur pourcentage d'évolution pour chaque élevage	66
<u>Tableau 18</u> : Statistiques descriptives des comptages bactériens (FT et FC) dans les 8 élevages de l'étude en phases 1 et 2	68
<u>Tableau 19</u> : Statistiques descriptives du comptage de flore totale dans chaque élevage en phase 1	69
<u>Tableau 20</u> : Statistiques descriptives des comptages de flore coliforme par élevage en phase 1	70
<u>Tableau 21</u> : Nombre et proportions de colostrums testés selon leur position par rapport aux valeurs seuils de FT et FC pour la phase 1	71
<u>Tableau 22</u> : Statistiques descriptives du comptage de flore totale dans chaque élevage en phase 2	71

<u>Tableau 23</u> : Statistiques descriptives du comptage de flore coliforme dans chaque élevage en phase 2	72
<u>Tableau 24</u> : Nombre et proportions de colostrums testés selon leur position par rapport aux valeurs seuils de FT et FC dans chaque élevage pour la phase 2	73
<u>Tableau 25</u> : Valeurs moyennes des comptages de FT et FC pour chaque phase et leur pourcentage d'évolution pour chaque élevage	76
<u>Tableaux 26</u> : Nombre et proportion de colostrums testés selon leur position par rapport aux valeurs seuils de FT et FC pour les 2 phases	77
<u>Tableau 27</u> : Statistiques descriptives des concentrations sériques en IgG dans chaque élevage en phase 1	78
<u>Tableau 28</u> : Statistiques descriptives de la concentration sérique en IgG dans chaque élevage en phase 2	79
<u>Tableau 29</u> : Nombre et proportion de sérums testés dans chaque catégorie de TIP pour chaque phase ([IgG] en g/L)	80
<u>Tableau 30</u> : Exemple de valeurs de comptages bactériens colostraux obtenus dans plusieurs études menées dans différents	85

Introduction

Le colostrum représente la première sécrétion mammaire disponible immédiatement après la mise-bas et il est vital pour le veau nouveau-né. Il lui apporte de l'énergie, des vitamines, des minéraux, des facteurs de croissance ainsi que des immunoglobulines maternelles. Le colostrum n'est pas un simple aliment, il joue un rôle crucial pour la survie du veau. En effet, la placentation syndesmochoriale des bovins ne permet pas la transmission des immunoglobulines maternelles au fœtus durant la gestation. Le veau naît donc agammaglobulinémique ce qui le rend particulièrement vulnérable face aux agressions, en particulier microbiennes, de son environnement. Pour lui permettre de se défendre, il est indispensable qu'il consomme du colostrum dans l'optique d'assurer une protection primaire en attendant la mise en fonction de son propre système immunitaire. On parle de transfert d'immunité passive (TIP).

La santé du veau est un élément essentiel en élevage. Dès la naissance, le veau est soumis à une certaine pression microbienne de l'environnement dans lequel il vit d'où l'importance d'une consommation précoce d'un colostrum de bonne qualité. Ces dernières années, beaucoup d'études ont été menées sur la qualité immunologique du colostrum ainsi que sur les méthodes permettant son évaluation rapide sur le terrain. En revanche, la qualité microbiologique de ce dernier n'a pas été autant étudiée. Pourtant, le colostrum représente un des moyens les plus précoces pour les jeunes veaux d'être en contact avec des agents infectieux bactériens, viraux ou encore parasitaires. De plus, certaines études ont montré que la contamination bactérienne du colostrum pourrait avoir un impact sur le TIP (*Godden et al. 2019*).

L'un des principaux points de contrôle de la contamination microbienne du colostrum sont les pratiques des éleveurs autour de la prise colostrale. C'est pour cette raison que nous avons décidé de nous intéresser à la manière dont ces pratiques influencent la qualité microbiologique du colostrum. Au-delà de l'aspect hygiénique qui représente le cœur de notre sujet, c'est aussi la problématique des conséquences possibles sur la santé du veau qui ont motivé l'élaboration de cette étude.

Notre étude s'organise autour de 3 attentes. Premièrement, récolter des données issues de 8 élevages laitiers en termes de pratiques autour de la prise colostrale afin d'avoir une idée des habitudes les plus répandues. Deuxièmement, évaluer le niveau de contamination bactérienne du matériel servant à la récolte / distribution du colostrum ainsi que la qualité microbiologique du colostrum dans chaque élevage dans l'optique d'établir un lien entre les deux. Troisièmement, formuler des recommandations en matière d'hygiène autour de la prise colostrale permettant de limiter le risque de contamination bactérienne du colostrum.

Nous reviendrons d'abord sur les principales données bibliographiques relatives au colostrum, à sa qualité ainsi qu'au transfert d'immunité passive et à l'influence des pratiques d'élevage sur la prise colostrale. Nous présenterons ensuite le protocole d'étude ainsi que les résultats obtenus qui seront discutés dans la dernière partie.

Première partie :
Étude bibliographique

La partie bibliographique porte sur la gestion colostrale par les éleveurs bovins laitiers et leurs pratiques, ses bénéfices pour la santé du veau et s'articule autour du concept des "5Q" (*Quickness* : rapidité ; *Quality* : qualité ; *Quantity* : quantité ; *Quantify* : quantifier et *Quite clean* : hygiène). Nous allons développer la partie hygiène du colostrum de manière plus conséquente puisqu'il s'agit du cœur de notre sujet.

1. Importance du colostrum pour la santé du veau

1.1. Définition du colostrum

Physiologiquement, le colostrum est un mélange de sécrétions lactées et de constituants du sérum sanguin qui s'accumule dans la glande mammaire, sous l'influence d'hormones comme la prolactine, durant les 2 à 3 semaines qui précèdent la mise-bas (*Foley et al. 1978*). Il correspond au produit de la première traite. Dès le 2^{ème} jour post-partum, on parle de lait de transition (*Godden. 2008*). En moyenne chez la vache laitière, colostrum et lait de transition sont sécrétés dans les 4 à 5 jours qui suivent le vêlage (*Meyer and Denis. 1999*). Le colostrum sert principalement à la transmission de l'immunité passive de la mère vers le veau dans les 24 à 48 premières heures post-partum. Il assure le transfert, entre autres, des immunoglobulines (Ig) maternelles circulantes qui constituent la première immunité systémique du veau nouveau-né. Une immunité locale digestive est également mise en place via le colostrum et le lait de transition.

D'après le décret du 25 mars 1924 relatif au lait et aux produits laitiers, modifié et complété par le décret du 4 janvier 1971, le colostrum est défini réglementairement comme étant "le produit de la traite des six premiers jours suivant le vêlage". On parle de phase colostrale. Avant ce délai, il est considéré "comme lait impropre à la consommation humaine".

1.2. Composition du colostrum

Le colostrum bovin est un liquide jaune visqueux et acide (pH autour de 6,4) (*Puppel and al. 2019*). Il se caractérise par une densité et une teneur en protéines (en particulier les Ig) ainsi qu'en matières grasses plus élevées que dans le lait. À l'inverse, la concentration en lactose est plus faible. Il est également plus riche en peptides, vitamines et minéraux, hormones, facteurs de croissance, cytokines et enzymes (*Godden. 2008*). Sa composition est à mettre en relation avec les besoins essentiels du veau en croissance. Cette dernière évolue dans les jours qui suivent la mise-bas : les concentrations en protéines totales et en matières grasses diminuent tandis que la teneur en lactose augmente (*figure 1*). Ces modifications traduisent la transition de la phase colostrale vers la production de lactée caractérisée par la sécrétion du lait de transition.

Parameter	Composition of colostrum, transition milk and whole milk of Holstein cows			
	Colostrum	Transition milk (milking postpartum)		Milk
		1	2	
Specific gravity	1.056	1.040	1.035	1.032
Total solids (%)	23.9	17.9	14.1	12.9
Fat (%)	6.7	5.4	3.9	4.0
Total protein (%)	14.0	8.4	5.1	3.1
Casein (%)	4.8	4.3	3.8	2.5
Albumin (%)	6.0	4.2	2.4	0.5
Immunoglobulins (%)	6.0	4.2	2.4	0.09
IgG (g/100 mL)	3.2	2.5	1.5	0.06
Lactose (%)	2.7	3.9	4.4	5.0
IGF-I (µg/L)	341	242	144	15
Insulin (µg/L)	65.9	34.8	15.8	1.1
Ash (%)	1.11	0.95	0.87	0.74
Calcium (%)	0.26	0.15	0.15	0.13
Magnesium (%)	0.04	0.01	0.01	0.01
Zinc (mg/100 mL)	1.22	—	0.62	0.3
Manganese (mg/100 mL)	0.02	—	0.01	0.004
Iron (mg/100 g)	0.20	—	—	0.05
Cobalt (µg/100 g)	0.5	—	—	0.10
Vitamin A (µg/100 mL)	295	190	113	34
Vitamin E (µg/g fat)	84	76	56	15
Riboflavin (µg/mL)	4.83	2.71	1.85	1.47
Vitamin B ₁₂ (µg/100 mL)	4.9	—	2.5	0.6
Folic acid (µg/100 mL)	0.8	—	0.2	0.2
Choline (mg/mL)	0.7	0.34	0.23	0.13

Figure 1 : Composition du colostrum, du lait de transition et du lait dans un troupeau de vaches laitières Prim Holstein (Godden. 2008)

Les principaux constituants du colostrum bovin sont :

➤ **Des protéines :**

- Principalement les immunoglobulines maternelles qui représentent presque 50% de la fraction protéique le 1er jour post-partum (Foley et al. 1978). Trois types d'Ig sont présents : IgG, IgM et IgA dont les parts respectives sont de 85 à 90 %, 5% et 7% du total des immunoglobulines présentes dans le colostrum. Les IgG étant les plus abondantes et divisées en deux sous-classes : IgG1 (qui représentent 80 à 90% des IgG) et IgG2 (Butler. 1973).
- On retrouve également d'autres protéines comme la caséine (digestion lactée par formation du caillé dans la caillette), l'albumine sérique ou encore la lactoferrine.

➤ **Des oligosaccharides :** Surtout du lactose mais aussi du glucose et du fructose.

➤ **Des lipides :** Des oméga 3 et 6 ou encore des phospholipides.

➤ **Des minéraux et des oligo-éléments** (calcium, magnésium, zinc, phosphore, manganèse, cuivre et fer) ainsi que **des vitamines** (vitamines A, D, E, B1, B2 et B12).

➤ **Des facteurs de croissance :** IGF 1 et 2 (Insulin-like Growth Factors) et EGF (Epidermal Growth Factor).

➤ **Des cellules immunitaires :** Des leucocytes (20 à 40% de macrophages, 22 à 25% de lymphocytes T et 1 à 2% de lymphocytes B puis 22 à 25% de granulocytes neutrophiles) (McGrath and al. 2016) associée à des cytokines et des interleukines.

➤ **Des molécules anti-microbiennes non spécifiques :** La lactoferrine déjà évoquée précédemment, le lysozyme ou encore la lactoperoxydase.

➤ **Des inhibiteurs d'enzymes** comme l'inhibiteur de la trypsine.

Pour finir, on retrouve également des bactéries dans le colostrum. Pendant très longtemps, il était considéré comme stérile. Cependant, ces dernières années, de nombreuses études menées sur le lait maternel humain ont permis de montrer l'existence d'un microbiote colostrumal (Lyons *et al.* 2020). Le colostrum bovin possède en fait une riche population microbienne dont des bactéries bénéfiques qui contribuent à l'installation de la flore digestive chez le veau (Addis *et al.* 2016). Dans l'étude récente de Van Hese *et al.* (2022), les colostrums de 62 vaches Prim Holstein et 46 vaches Bleu Blanc Belge ont été analysés afin de mettre en évidence les bactéries les plus représentées. Les résultats ont montré la dominance de 4 phylums principaux : Proteobacteria, Bacillotas, Bacteroidetes et Actinobacteria. Les 10 genres les plus abondants pour compléter ces données sont : *Acinetobacter* (16.2%), *Pseudomonas* (15.1%), une partie de la famille des *Enterobacteriaceae* (4.9%), *Lactococcus* (4.0%), *Chryseobacterium* (3.9%), *Staphylococcus* (3.6%), *Proteus* (1.9%), *Streptococcus* (1.8%), *Enterococcus* (1.7%) et *Enhydrobacter* (1.5%). Ces valeurs sont similaires à celles retrouvées dans d'autres études (Lima *et al.* 2017).

L'origine de ces bactéries a été largement étudiée mais reste encore incertaine. La présence de bactéries strictement anaérobies serait associée à un phénomène de translocation bactérienne de l'intestin de la vache vers sa glande mammaire (Young *et al.* 2015) puis, d'une transmission verticale de ces bactéries au veau nouveau-né. Ces bactéries coloniseraient ainsi le tube digestif du veau et permettraient d'assurer la maturation de son système immunitaire intestinal (Jost *et al.* 2014). Certaines de ces bactéries seraient même impliquées dans l'absorption intestinale des immunoglobulines mais les mécanismes ne sont pas encore complètement élucidés. De plus, certaines bactéries présentes dans le colostrum sont issues de contaminations extérieures environnementales comme explicité plus tard.

1.3. Bénéfices apportés par le colostrum

1.3.1. Source d'énergie

L'un des rôles les plus importants du colostrum est d'apporter de l'énergie en grande quantité au veau. En effet, il est admis que pour un même volume, le colostrum est deux fois plus énergétique que le lait (Foley *et al.* 1978). Ce sont les lipides, les protéines et certains oligosaccharides comme le lactose qui représentent les principales sources d'énergie. Sans oublier les vitamines et les minéraux qui jouent également un rôle essentiel pour la croissance du veau. Aussi, la vitamine A serait dotée de propriétés protectrices de l'épithélium digestif et le sélénium ainsi que la vitamine E interviendraient dans l'activité de phagocytose des macromolécules (McGrath *and al.* 2016). Pour les autres, leur rôle n'est clairement établi. Le colostrum permet de couvrir l'ensemble des besoins organiques du veau et de favoriser le bon fonctionnement des différents systèmes (en particulier digestif et endocrinien).

1.3.2. Protection immunitaire locale et générale

Le colostrum permet le transfert au veau de nombreux constituants cellulaires et moléculaires issus du système immunitaire de la vache. Ces derniers assurent aussi bien un rôle de protection locale que générale en attendant la mise en fonctionnement de son propre système immunitaire.

L'immunité locale est assurée par des constituants spécifiques : les immunoglobulines maternelles (en particulier IgG1) mais également certaines cellules immunitaires comme les lymphocytes. De nombreuses études ont déjà montré l'importance de ces constituants dans la prévention et la résolution d'infections microbiennes chez le veau nouveau-né (*Barrington et Parrish. 2001*) ainsi que dans l'efficacité de la défense immunitaire locale, particulièrement pour les IgG (*Parreno et al. 2010*). En effet, les IgG empêchent la fixation de bactéries au niveau de la muqueuse intestinale, donc leur résorption, et diminuent même l'excrétion de certaines bactéries. De même, *E. coli* entérotoxigène est excrétée en quantité beaucoup plus limitée chez les veaux ayant consommé un colostrum contenant des cellules immunitaires contrairement à un colostrum acellulaire (*Barrington et Parrish. 2001*).

De plus, *Playford et al. (2021)* ont montré dans leur article l'importance d'autres constituants colostraux non spécifiques comme la lactoperoxydase, le lysozyme ou encore la lactoferrine (*tableau 1*). Ces derniers participent à la protection contre les agents pathogènes en agissant sur le développement de la flore bactérienne commensale ou encore en tant qu'inhibiteurs compétitifs de certaines bactéries en se fixant sur leurs récepteurs (en particulier *E. coli* et *Salmonella*). A titre d'exemples :

- La lactoferrine qui possède de nombreuses propriétés : anti-bactérienne, anti-virale, anti-fongique, anti-parasitaire et immunomodulatrice. Elle empêche l'adhésion des agents pathogènes aux cellules épithéliales intestinales (activité bactériostatique). Il est aussi connu qu'elle assure la stabilité de la perméabilité de la muqueuse intestinale (*Arslan and al. 2021*).
- La lactoperoxydase catalyse des réactions d'oxydation à l'origine de molécules intermédiaires à activité anti-microbienne.
- L'inhibiteur de la trypsine inhibe la protéolyse. Il préserve donc l'intégrité des IgG le long du tractus digestif et favorise leur absorption intestinale.
- Les oligosaccharides interviennent aussi puisqu'ils entrent en compétition avec les agents pathogènes au niveau de leur site de fixation sur la muqueuse intestinale.

Tableau 1 : Actions antimicrobiennes spécifiques de certains agents antimicrobiens non spécifiques présents dans le colostrum bovin (Playford et al. 2021)

	Actions spécifiques
Lactoperoxydase	Action toxique contre de nombreuses bactéries Gram + et -
Lysozyme	Lyse cellulaire bactéries G- et inhibition de la croissance des bactéries G+
Lactoferrine	Développement des défenses immunitaires contre les pathogènes digestifs
Oligosaccharides	Interaction compétitive avec certains agents pathogènes digestifs

Au niveau général, le colostrum constitue la seule source d'immunité du veau dans ses premiers jours de vie. Les immunoglobulines sériques absorbées à travers la paroi intestinale vont subir un ensemble de réactions cataboliques physiologiques et disparaître progressivement selon leur demi-vie qui est de 15 jours pour les IgG, 4 jours pour les IgM et seulement 2 jours pour les IgA (*Serieys. 1993*). En parallèle, le système immunitaire du veau commence à devenir compétent et les premières immunoglobulines endogènes sont produites. On estime que la synthèse des IgG débute entre 8 et 15 jours après la naissance.

On assiste donc à la fois à une diminution de la concentration sérique en immunoglobulines maternelles et à une augmentation progressive de la production des immunoglobulines endogènes : l'association de ces deux phénomènes mène à une concentration sérique en immunoglobuline minimale vers la 3^{ème} semaine de vie. On parle de "trou immunitaire". Cela peut expliquer une sensibilité plus marquée des veaux pour les affections néonatales à cette période, l'immunité étant parfois insuffisante. À noter que la demi-vie des immunoglobulines agissant localement au niveau intestinal est plus courte car elles sont éliminées plus rapidement (*Parreno et al. 2010*). Ainsi, en l'absence de consommation de lait de transition, le "trou immunitaire" local apparaît dès 3 à 4 jours d'âge ce qui explique la survenue plus précoce des problèmes de diarrhée chez les veaux (*Parreno et al. 2010*).

1.3.3. Soutien de la croissance

Ce sont les facteurs de croissance qui assurent ce rôle. Ils assurent le développement des organes et leur mise en fonctionnement. En particulier, on sait que IGF1 est impliqué dans le développement de la muqueuse intestinale du veau nouveau-né. Il est responsable de la multiplication rapide des entérocytes et donc, de la croissance des villosités intestinales (*Godden. 2008*).

1.3.4. Thermorégulation

L'ingestion d'un colostrum à la température de 38°C est favorable pour réchauffer le veau. Mais c'est surtout la résorption de molécules énergétiques telles que les lipides et les protéines qui favorisent la mise en route des métabolismes associés et donc, de la production de chaleur.

1.3.5. Effet laxatif

Par sa forte concentration en matière grasse, protéique et minérale, le colostrum possède un effet laxatif qui permet l'évacuation des premières matières fécales (=méconium). Il a donc la capacité de stimuler le péristaltisme intestinal ce qui, en plus de l'effet laxatif, éviterait l'attachement des bactéries pathogènes au niveau de la muqueuse intestinale (*Moran et al. 2002*).

1.4. Transfert d'immunité passive chez le veau

La placentation syndesmochoriale de la vache sépare les circulations sanguines maternelle et fœtale ce qui empêche la transmission des immunoglobulines maternelles in utero. Par conséquent, le veau naît agammaglobulinémique et l'acquisition de son immunité dépend exclusivement de l'absorption intestinale des immunoglobulines maternelles durant ses 24 premières heures de vie. Ce phénomène de concentration des immunoglobulines maternelles dans le sang du veau, via le colostrum, s'appelle le transfert d'immunité passive (TIP). Ce transfert lui permettra de se défendre jusqu'à ce que son système immunitaire soit compétent. Ainsi, il est indispensable que le veau consomme ce colostrum le plus rapidement possible après sa naissance car il représente son seul moyen de défense immunitaire locale et systémique.

1.4.1. Absorption intestinale des immunoglobulines maternelles

À la suite de la consommation du colostrum, les immunoglobulines et autres macromolécules colostrales sont absorbées au niveau de l'intestin grêle afin de rejoindre la circulation sanguine. Cette absorption se fait par pinocytose via les entérocytes de la muqueuse intestinale et elle est non sélective (*Barrington et Parrish. 2001*). Les immunoglobulines rejoignent ensuite la circulation lymphatique puis veineuse en passant par le canal thoracique. On évalue le délai pour que les premières immunoglobulines (IgG) arrivent dans la circulation sanguine à 3 heures en moyenne (*Bush et Staley. 1980 ; Jochims et al. 1994*).

La capacité d'absorption des immunoglobulines par la muqueuse de l'intestin grêle décroît physiologiquement avec le temps. Elle est optimale dans les 4 premières heures de vie du veau puis diminue rapidement après 12h post-partum jusqu'à devenir nulle au bout de 24h : on parle de "fermeture de la barrière intestinale" (*Weaver et al. 2000*). Elle serait due à un remplacement progressif des entérocytes immatures par des cellules plus matures et moins perméables ainsi qu'à l'arrêt du transport vésiculaire des immunoglobulines.

Différents facteurs peuvent affecter la capacité d'absorption intestinale des immunoglobulines, en particulier la consommation d'un colostrum contaminé. Effectivement, la présence de certaines bactéries en quantité excessive dans le colostrum, donc dans la lumière intestinale, a un effet délétère sur l'absorption des IgG (*Poulsen et al. 2002 ; Godden et al. 2012 ; Van Hese et al. 2022*).

En 2015, *Gelsing et al.* ont montré au cours d'une étude sur une cinquantaine de veaux aux USA que la consommation d'un colostrum contaminé provoque une réduction significative de la concentration sérique en IgG chez le veau dans les 48h qui suivent la première buvée. En effet, les résultats d'IDR montrent que la concentration sérique en IgG à 48h est presque diminuée de moitié avec un colostrum fortement contaminé contrairement à un colostrum faiblement contaminé (*tableau 2*).

Tableau 2 : Comparaison de la concentration sérique en IgG chez des veaux ayant consommé du colostrum faiblement contaminé VS fortement contaminé (Gelsing et al. 2015)

	Colostrum faiblement contaminé	Colostrum fortement Contaminé
[IgG] _{sérique} (mg/mL)	20,19	10,72

Deux hypothèses pourraient expliquer ce phénomène :

- La première étant que les bactéries et les IgG seraient en compétition pour les mêmes récepteurs localisés sur la muqueuse intestinale (*Staley et Bush. 1985*).
- La seconde est, qu'en présence de nombreuses bactéries, les IgG se lieraient à elles afin de les neutraliser et donc, ne seraient plus disponibles (*Johnson et al. 2007*).

Dans les deux cas, la présence de bactéries au niveau de la muqueuse intestinale est à l'origine d'une interférence avec l'absorption des IgG et donc, d'une perturbation du TIP (*Elizondo-Salazar and Heinrichs. 2009 ; Godden et al. 2019*). On parle de défaut de transfert d'immunité passive (DTIP) dont les conséquences sur l'immunité et la santé du veau ne peuvent être exclues.

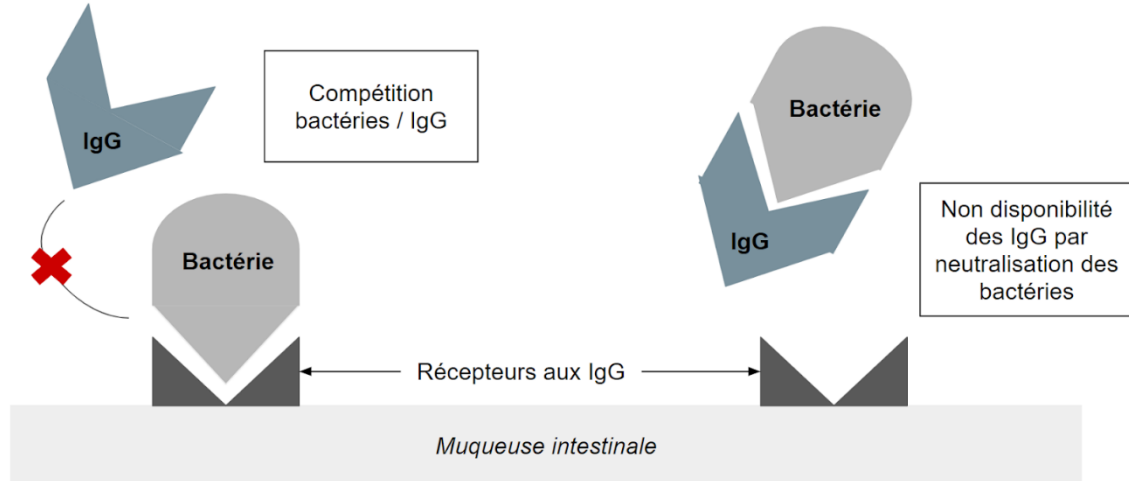


Figure 2 : Schéma résumant l'impact de la consommation d'un colostrum contaminé sur l'absorption intestinale des IgG chez le veau.

1.4.2. Défaut de transfert d'immunité passive et conséquences

De très nombreuses études ont montré l'importance d'un TIP adéquat afin de diminuer la morbidité et la mortalité des veaux nouveau-nés. En effet, un bon TIP est essentiel pour le veau, en particulier pour lui permettre de se défendre contre les maladies infectieuses néonatales courantes, comme les gastro-entérites ou les infections respiratoires (*Barrington et Parrish. 2001*). Par conséquent, des veaux n'ayant pas eu un TIP correct sont plus à risque de développer ces maladies.

Le DTIP représente donc la principale problématique autour de la période colostrale. Il se caractérise, historiquement, par une concentration sérique en IgG chez le veau inférieure à 10 g/L dans les 24-48h après sa naissance (*Pritchett et al. 1991*). Depuis, les seuils ont été réévalués ce qui sera expliqué par la suite.

Les conséquences induites par les DTIP entraînent des coûts pour l'éleveur (frais vétérinaire, temps passé pour les soins aux animaux malades, etc...) qui peuvent être associés à des répercussions à court, moyen et/ou long terme.

Conséquences à court terme

➤ **Mortalité**

Tyler et al. (1999) ont mené une étude sur 3479 génisses Prim'Holstein afin d'établir un lien entre mortalité et DTIP. Les résultats montrent que le risque de mortalité dans les 16 premières semaines de vie est presque 4 fois plus élevé lors de DTIP (seuil de 10 g/L). Une autre étude concernant 9484 génisses laitières rapporte des résultats semblables avec 31% de mortalité dans les 3 premières semaines de vie imputable à une mauvaise qualité de prise colostrale (modalités de distribution, délai et volume consommé en particulier) (*Wells et al. 1996*).

➤ Morbidité

La morbidité, que ce soit en période néonatale ou autour du sevrage, varie également sous l'influence d'un DTIP. De manière générale, *Wittum et Perino (1995)* rapportent que le risque de morbidité en période néonatale est 6 fois plus élevé chez les veaux en DTIP et que ce risque est 3 fois supérieur pour la période pré-sevrage (163 jours). *Urie et al. (2018)* montrent même que le risque de morbidité est d'autant plus faible que la concentration sérique en IgG du veau est élevée, d'où l'importance d'un bon TIP (*figure 3*). Globalement, on associe un DTIP avec un risque plus important pour le veau de tomber malade, surtout en période néonatale (septicémie, pneumonies, diarrhées néonatales, omphalites, etc...). Un exemple précis que l'on peut évoquer est qu'il a été prouvé dans une étude que les veaux avec un DTIP sont plus à risque d'avoir la giardiose (*Urie et al. 2018*).

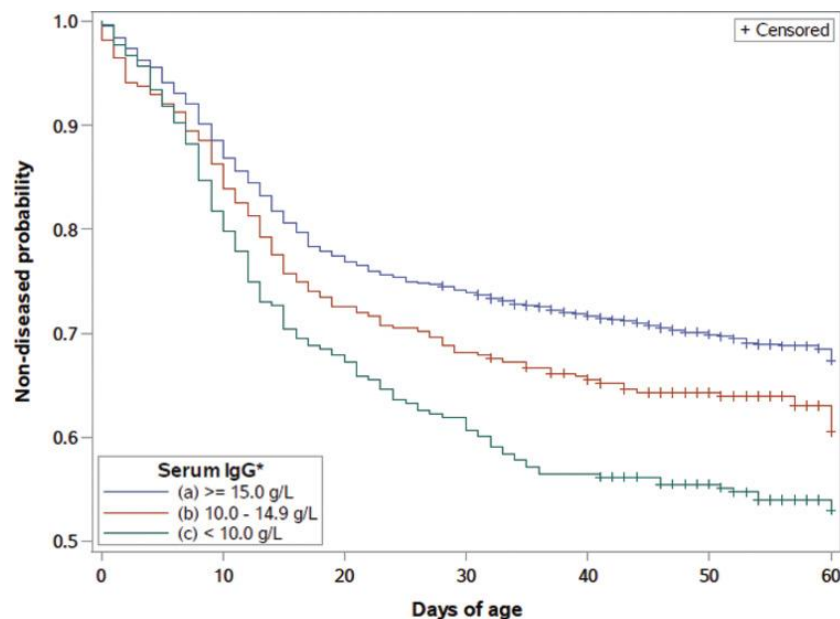


Figure 3 : Probabilité de non-morbidité en fonction de la concentration sérique en IgG chez des veaux laitiers selon leur âge (Urie et al. 2018)

Conséquences à long terme

➤ Performances de croissance

Le TIP conditionne également les performances futures de l'animal. Plusieurs études ont montré une relation positive entre le transfert d'immunité colostrale et gain moyen quotidien (GMQ) dans les 3 à 7 premiers mois de vie (*Dewell et al. 2006 ; Windeyer et al. 2014*). Ce lien est en réalité indirect puisque c'est surtout la morbidité liée au DTIP qui explique cet impact sur les performances de croissance. À titre d'exemple, dans l'étude menée par *Wittum et Perino (1995)* déjà citée précédemment, un retard de 16 kg par rapport au poids attendu au sevrage est à prévoir lorsque les veaux ont été malades dans leurs premiers mois de vie. Ces retards de croissance sont généralement difficilement compensés par la suite.

➤ Performances de reproduction

L'étude de *Furmann-Fratczak et al. (2011)* a montré qu'un retard de croissance dû à un DTIP peut mener à reculer l'âge de la mise à la reproduction et donc, l'âge au premier vêlage.

➤ **Performances laitières**

Une étude menée sur 641 vaches Prim'Holstein a montré une augmentation moyenne de 8,5 kg de lait produit au cours de leur première lactation par augmentation de 1 g/L d'immunoglobulines dans leur sérum à 24-48h d'âge (*Denise et al. 1989*). Ainsi, le TIP d'une génisse influence aussi sa future production laitière.

➤ **Pertes économiques**

Les conséquences d'un DTIP à l'échelle d'un élevage ne sont pas négligeables : perte d'animaux, frais vétérinaires pour soigner les animaux malades, temps supplémentaire pour réaliser les soins, baisse des performances zootechniques, etc... Les pertes économiques qui en découlent peuvent être importantes. *Raboisson et al (2018)* ont étudié le coût du DTIP chez le veau et mis en évidence des stratégies économiques optimales pour un élevage dans ce contexte. Les pertes économiques moyennes pour un DTIP chez un veau laitier ont été évaluées entre 60 et 120€. Ces chiffres sont susceptibles de varier mais donnent une réelle preuve de l'impact économique du DTIP.

1.4.3. Bénéfices d'une gestion colostrale adaptée à la réussite du TIP

Beaucoup d'études ont été menées autour du DTIP ce qui a permis de montrer que la prévalence de ce dernier est variable selon les pays. Aux Etats-Unis, le *National Animal Health Monitoring System (NAHMS)* a conduit une vaste étude en 2007 dont un des volets était d'évaluer la situation du TIP en élevage laitier. Parmi les 1816 veaux testés, 19,2% étaient en DTIP avec une concentration sérique en IgG inférieure au seuil de 10 g/L (*Veterinary Services. 2010*). Au Royaume-Uni, une étude menée en 2011 sur 392 veaux issus de 7 élevages laitiers rapporte une prévalence de 26% de DTIP (*McFarlane et al. 2015*). En Australie, une étude portant sur 1018 veaux dans 100 élevages laitiers montre une prévalence de 38% de DTIP (*Vogels et al. 2013*). Enfin, au Canada, une étude plus récente a montré que sur 866 veaux, 16% étaient en DTIP (< 52 g/L) (*Atkinson et al. 2017*).

La variabilité de prévalence observée s'explique très certainement par la variation des échantillons d'étude, des mesures effectuées mais aussi des pratiques d'éleveurs ainsi que du choix des valeurs seuils de DTIP. En effet, les pratiques peuvent différer d'élevage en élevage mais aussi selon les pays (habitudes, taille de l'élevage, méthodes employées, etc...).

L'influence des pratiques d'élevage autour de la prise colostrale est donc un élément essentiel à prendre en compte dans la bonne gestion du transfert colostrale.

D'ailleurs, les rapports *NAHMS de 1993, 1996 et 2002* ont rapporté une mortalité anormalement haute (8,4 à 10,7%) des veaux nouveau-nés dans les élevages laitiers aux Etats-Unis. Le DTIP a été identifié comme étant le facteur de risque majeur expliquant ce constat. Pour améliorer la situation, les experts ont formulé les recommandations pratiques évoquées précédemment : distribuer un colostrum de qualité, en quantité suffisante, rapidement après la naissance et quantifier le TIP. Les rapports des années suivantes montrent que ces recommandations sont encore en cours d'acquisition dans les élevages et surtout, que les chiffres de mortalité néonatale ne s'améliorent pas de manière significative ce qui indique qu'il y a encore une marge d'amélioration dans la gestion colostrale en élevage.

L'hygiène autour de la prise colostrale est alors pointée du doigt et représente désormais le cinquième point de contrôle à prendre en considération (*figure 4*).

Le transfert d'immunité passive, et par conséquent la santé du veau, dépend de la gestion colostrale par les éleveurs. Cette dernière repose sur les cinq piliers évoqués précédemment. Nous allons désormais nous pencher sur ces piliers à tour de rôle, en commençant par l'hygiène ("Quite clean") autour de la prise colostrale.

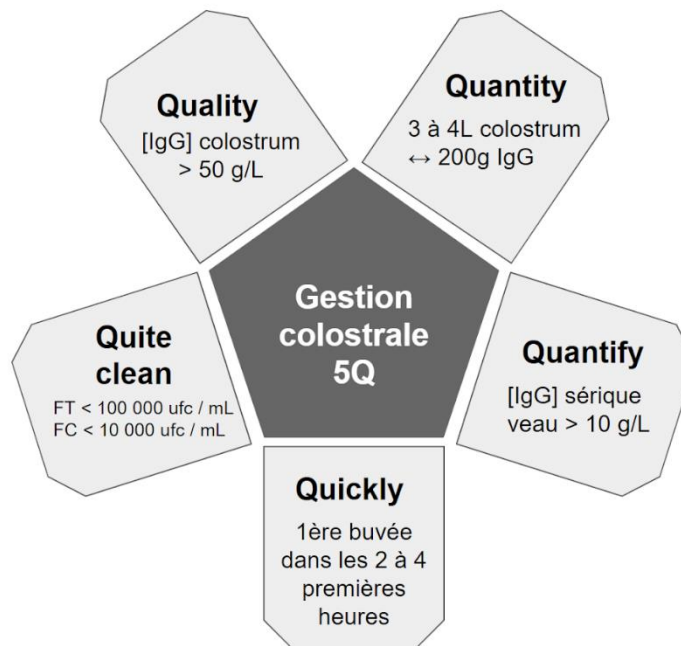


Figure 4 : Les cinq piliers de la gestion colostrale 5Q et leurs caractéristiques résumées (Adapté de Geiger. 2020).

2. Hygiène et contamination bactérienne du colostrum

L'hygiène autour de la prise colostrale représente un des cinq piliers de la gestion colostrale (Geiger. 2020). Elle est déterminante, en particulier pour gérer la qualité microbiologique du colostrum et éviter les contaminations bactériennes pouvant avoir un impact sur le transfert colostrale comme nous allons le voir dans cette partie.

2.1. Qualité microbiologique du colostrum bovin

2.1.1. Définition et seuils de concentrations bactériennes

La qualité microbiologique d'un colostrum se réfère à la teneur en bactéries présentes dans ce dernier. Comme évoqué précédemment (*partie 1.2*), il existe un microbiote inhérent au colostrum bovin représenté par un ensemble de bactéries qui participent à la mise en place de la flore intestinale chez le veau. Cependant, le colostrum bovin est aussi fortement exposé à un risque de contamination par d'autres agents bactériens qui, selon la quantité présente, peuvent altérer sa qualité et entraîner des perturbations du TIP.

L'évaluation de la qualité microbiologique d'un colostrum bovin passe par la réalisation de comptages bactériens, le plus souvent des flores totale (FT) et coliforme (FC). L'intérêt d'étudier ces deux types de flore réside dans l'identification de l'origine de la contamination, la flore coliforme illustrant une contamination plutôt fécale. Dans certaines études, des comptages d'autres flores comme celle non coliforme Gram négatif sont réalisés (Šlosárková *et al.* 2021). Il existe des valeurs seuils (tableau 3) qui, lorsqu'elles sont dépassées, indiquent une teneur en bactéries dans le colostrum anormalement élevée. On parlera donc de colostrum contaminé.

*Tableau 3 : Valeurs seuils de qualité microbiologique du colostrum bovin
(Inspiré des données de Fecteau *et al.* 2002 et Stewart *et al.* 2005)*

Type de flore bactérienne	Valeur seuil
Flore totale (FT)	100 000 ufc/mL
Flore coliforme (FC)	10 000 ufc/mL
Flore non coliforme Gram -	5 000 ufc/mL

*ufc = "colonies-forming units" soit le nombre de colonies bactériennes formées.

2.1.2. Méthode d'évaluation de la qualité bactérienne du colostrum

En pratique, le test de référence pour mesurer la contamination bactérienne du colostrum est le comptage bactérien réalisé en laboratoire après mise en culture des échantillons de colostrum. C'est une méthode classique mais qui reste assez coûteuse et peu accessible aux éleveurs. Il existe néanmoins une alternative à cette technique traditionnelle qui consiste en des tests de numérations à usage unique permettant de réaliser une analyse bactériologique des échantillons sur le terrain, en élevage ou encore en clinique vétérinaire. En effet, Morin *et al.* (2021) ont utilisé le Test de numération 3M™ Petrifilm™ pour réaliser les comptages bactériens de leurs échantillons. Cette technique est peu utilisée en pratique.

2.2. Etat des lieux des données sur la contamination bactérienne du colostrum

Une étude québécoise réalisée sur 2 ans a montré que sur 234 échantillons de colostrum analysés, au moins un type de bactérie était cultivé dans 94,4% des échantillons (Fecteau *et al.* 2002). Cette même étude a montré que pour près de 40% des échantillons, le colostrum était contaminé c'est-à-dire qu'il présentait une concentration en FT supérieure à 100 000 ufc / mL. Des résultats similaires ont été obtenus dans l'étude australienne de Phipps *et al.* (2016). Ces résultats montrent que beaucoup de veaux sont à risque de recevoir un colostrum contaminé lors de leur première buvée (Fecteau *et al.* 2002 ; Šlosárková *et al.* 2021). Le colostrum représente donc une source d'exposition précoce pour les veaux à des agents pathogènes dont les possibles conséquences sur leur santé sont à prendre en considération (Phipps *et al.* 2016). Les éleveurs se doivent également de connaître le statut infectieux de leurs vaches afin d'éviter la transmission d'agents pathogènes encore plus

critiques comme *Mycoplasma spp.*, *Mycobacterium avium subsp paratuberculosis* et *Salmonella spp* (Godden et al. 2019). Ces bactéries peuvent se retrouver dans le colostrum par excrétion directe dans la glande mammaire ou bien, par contamination durant la collecte, la distribution et/ou le stockage du colostrum.

Fecteau et al. ont défini 4 groupes de bactéries à partir des résultats d'identification des types bactériens les plus représentés dans les échantillons de colostrum contaminé (FT > 100 000 ufc/mL) (tableau 4). Parmi les bactéries isolées, les plus fréquemment retrouvées sont : *Staphylococcus spp.* (57,7%), les bacilles gram négatifs (47,9%), les coliformes (44%) et *Streptococcus uberis* (20,5%).

Tableau 4 : Groupes de bactéries fréquemment retrouvées dans le colostrum bovin contaminé
(Inspiré de Fecteau et al. 2002)

Pathogènes strictement mammaires	Hôtes normaux de la peau des trayons
<i>Streptococcus uberis</i> <i>Streptococcus dysgalactiae</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Arcanobacterium pyogenes</i> <i>Corynebacterium spp.</i> <i>Pasteurella spp.</i> <i>Streptococcus spp.</i> <i>Staphylococcus spp.</i>
Contaminants fécaux	Contaminants environnementaux
<i>Enterococcus spp.</i> <i>Streptococcus bovis</i> <i>Proteus spp.</i> <i>Escherichia coli</i> Autres coliformes (<i>Klebsiella spp.</i> , <i>Enterobacter spp.</i>)	<i>Micrococcus spp.</i> <i>Bacillus spp.</i> Bacilles Gram négatifs (<i>Acinetobacter spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Flavobacterium spp.</i>)

Il existe une grande variation de prévalences de groupes, genres ou encore espèces de bactéries qui peuvent être dues à différents facteurs comme l'individu en lui-même (donc la vache), la géographie, le climat, la technologie, les pratiques des éleveurs ou encore le niveau d'hygiène des élevages (Šlosárková et al. 2021). Van Hese et al. (2022) ont démontré que la composition bactérienne d'un colostrum menant à une bonne concentration sérique en IgG (> 15 g/L) chez le veau était différente de celle d'un colostrum menant à une mauvaise concentration sérique en IgG (< 10 g/L). En revanche, ils n'ont pas établi de relation précise entre des types bactériens particuliers et l'interférence avec l'absorption intestinale des IgG. D'autres études mériteraient d'être menées sur le sujet. En revanche, la classification établie permet connaître l'origine de ces agents pathogènes et donc, oriente sur les mesures à mettre en place afin d'éviter qu'ils se retrouvent dans le colostrum.

A ce stade, il est donc admis que la consommation par le veau d'un colostrum contaminé interfère avec l'absorption intestinale des IgG. Ainsi, connaître les modes de contamination du colostrum est essentiel afin de la prévenir et d'éviter les échecs de transfert d'immunité.

2.3. Modes de contamination bactérienne du colostrum bovin

La contamination bactérienne du colostrum est inhérente aux pratiques d'élevage mises en place autour de la prise colostrale. *Stewart et al. (2005)* ont mené une étude afin d'identifier les points de contrôle de la contamination bactérienne du colostrum de sa récolte à sa distribution aux veaux. Cette étude a montré que les étapes de récolte et de distribution sont les plus critiques. En effet, 100% des échantillons de colostrum prélevés aseptiquement directement depuis la mamelle respectaient la valeur seuil de moins de 100 000 ufc/mL pour le comptage de FT (donc considérés comme "non contaminés"). En revanche, les échantillons de colostrum prélevés dans les contenants de récolte et de distribution (seau ou encore sonde œsophagienne) montraient des valeurs beaucoup plus élevées avec seulement 64% des échantillons au-dessous de la norme. Cela montre donc que la manipulation du colostrum avant de le distribuer au veau engendre un risque conséquent de contamination. Et plus encore, que la contamination du colostrum ne vient pas seulement de la vache mais surtout des habitudes des préleveurs, des équipements de traite, des contenants de récoltes ainsi que du matériel de distribution et/ou de stockage (*Hyde et al. 2020*).

Ce sont surtout les conditions d'hygiène autour de la récolte, de la distribution et/ou du stockage du colostrum qui sont souvent négligées. C'est ce qu'ont expliqué *Šlosárková et al. (2021)* dans leur étude tchèque. Selon eux, la contamination bactérienne fréquente du colostrum est multifactorielle : elle pourrait être liée à une mauvaise hygiène du logement et/ou de la mamelle des mères, à un manque de précautions prises par le préleveur / distributeur, à un défaut de nettoyage des appareils de traite ainsi que tous les équipements qui servent à la collecte, la distribution et au stockage du colostrum (pot de prélèvement, seau, sonde œsophagienne, biberon, etc...).

Nourrir le veau avec un colostrum de bonne qualité, en particulier microbienne, est essentiel pour sa santé. La première étape pour atteindre cet objectif est donc de prévenir toute contamination bactérienne durant les étapes de récolte, de distribution et encore de stockage du colostrum.

2.4. Prévention de la contamination bactérienne du colostrum

Différents points de contrôles ont été mis en évidence par de nombreuses études comme étant particulièrement à risque en termes de contamination bactérienne du colostrum. Nous allons donc balayer ces différents points afin de faire ressortir les recommandations pour prévenir cette contamination.

2.4.1. Hygiène des locaux et de la mamelle

L'hygiène de la mamelle est essentielle pour prévenir la contamination bactérienne du colostrum. On l'a vu précédemment, les pathogènes mammaires et les hôtes normaux de la peau des trayons font partie des populations bactériennes les plus retrouvées dans les échantillons de colostrum contaminés (*partie 1.2*). Ainsi, une bonne préparation de la mamelle

avant la récolte du colostrum est préconisée. *Hyde et al. (2020)* montrent que l'application d'un produit de pré-trempeage (ie, avec une action désinfectante) avant la collecte permet de diminuer la charge bactérienne du colostrum ($-1.85 \log \text{ ufc/mL}$) et recommandent ensuite d'essuyer les trayons avec un papier absorbant à usage unique propre.

La propreté des locaux est à mettre en relation avec celle de la mamelle. En effet, de nombreuses bactéries environnementales et/ou contaminants fécaux peuvent se retrouver dans le colostrum (*partie 1.2*). Et la probabilité est fortement augmentée si l'hygiène de la litière est mauvaise puisque la mamelle est plus à risque d'être souillée. De ce fait, il convient de porter une attention particulière à la propreté des locaux de vêlage pour limiter le risque de contamination bactérienne du colostrum. Des grades de propreté de la mamelle existent afin d'aider les éleveurs à évaluer le niveau d'hygiène mammaire dans leur troupeau (*figure 5*).

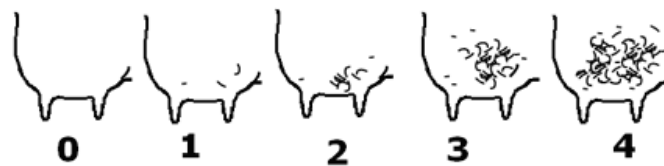


Figure 5 : Scoring visuel de la propreté de la mamelle (objectif ≤ 1)
(Bareille et Madouasse. 2024)

Pour information, aucun lien n'a été établi entre la parité et le comptage bactérien dans le colostrum (*Fecteau et al. 2002*). C'est une conclusion que l'on retrouve également dans l'étude plus récente de *Šlosárková et al. (2021)*. De même, la race ne semble pas impacter la teneur en bactéries du colostrum (*Šlosárková et al. 2021*).

Une bonne propreté des locaux de vêlage associée à une hygiène satisfaisante de la mamelle et des trayons limiterait la contamination bactérienne du colostrum.

2.4.2. Hygiène du matériel de récolte et de distribution

L'hygiène du matériel servant à la récolte et la distribution est un point de contrôle essentiel pour limiter la contamination bactérienne du colostrum (*Foley et al. 1978 ; Stewart et al. 2005 ; Godden et al. 2019*).

Plusieurs études ont été menées afin de formuler des recommandations hygiéniques sur le sujet. En particulier, une étude britannique (*Hyde et al. 2020*) portant sur 328 échantillons récoltés dans 26 élevages laitiers a montré que l'utilisation d'eau chaude pour rincer le matériel est corrélée à une diminution de la charge bactérienne colostrale ($-2,72 \log \text{ ufc/mL}$). De même que pour l'utilisation de désinfectants tels que l'acide peracétique ($-2.04 \log \text{ ufc/mL}$) ou encore l'eau de Javel ($-1.60 \log \text{ ufc/mL}$). Ce sont des recommandations que l'on retrouve également dans l'article de *Phipps et al. (2016)* qui évoque aussi l'utilisation pertinente de la chlorhexidine. L'idéal est d'associer l'action mécanique d'une brosse ou d'une éponge pour frotter les parois ainsi que de démonter les équipements pour pouvoir accéder à toutes les parties à nettoyer (*Stewart et al. 2005*). L'utilisation de savon classique (type liquide vaisselle) n'a pas montré d'effet significatif. Pourtant, c'est une pratique largement répandue

en élevage (*Van Driessche et al. 2022*). Enfin, *Hyde et al. (2020)* démontrent que le fait de ne pas nettoyer les équipements après chaque utilisation est en faveur d'une augmentation de la charge bactérienne dans le colostrum (+1.75 log ufc/mL).

De plus, la personne qui assure le prélèvement et la distribution du colostrum constitue un vecteur non négligeable de bactéries et représente ainsi un risque de contamination du colostrum. Il est donc important que des mesures hygiéniques soient prises aussi pour le préleveur : lavage et désinfection des mains, port de gants à usage unique, etc... (*Stewart et al. 2005*).

Enfin, s'assurer de la bonne qualité de l'eau utilisée est essentiel (*Amenu et al. 2016*). L'eau utilisée en élevage peut elle aussi être contaminée par des agents pathogènes (spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs, coliformes dont *E. coli* d'origine fécale ou encore entérocoques). Et l'utilisation d'une eau de mauvaise qualité pour le nettoyage du matériel peut être à l'origine d'une contamination additionnelle du colostrum.

Ainsi, un bon protocole d'hygiène du matériel de récolte repose sur un nettoyage systématique entre chaque utilisation en utilisant préférentiellement de l'eau froide pour rincer puis de l'eau chaude nettoyer avec un produit détergent, une brosse pour frotter les parois ainsi qu'un agent désinfectant pour l'action anti-bactérienne (acide peracétique, eau de Javel ou encore chlorhexidine). L'égouttage et le séchage à l'air libre dans un endroit propre sont recommandés pour terminer le protocole.

Il existe plusieurs méthodes permettant d'évaluer la propreté du matériel. La plus simple à mettre en œuvre sur le terrain est le score visuel. Cependant, c'est une technique très subjective et qui manque de sensibilité. En effet, les surfaces peuvent très bien apparaître propres à l'œil nu tout en étant contaminées (*Van Driessche et al. 2022*). Pour plus de précision, les méthodes d'analyses microbiologiques sont recommandées comme l'ATPmétrie par exemple (*Minvielle et Rugraff. 1999*). L'ATPmétrie est une technique de biologie moléculaire, basée sur le principe de la bioluminescence, qui permet de mesurer une quantité d'ATP (en Unité Relative de Lumière - URL) présente dans un liquide, dans l'air ou sur une surface et témoignant d'une activité bactérienne (*figure 6*).

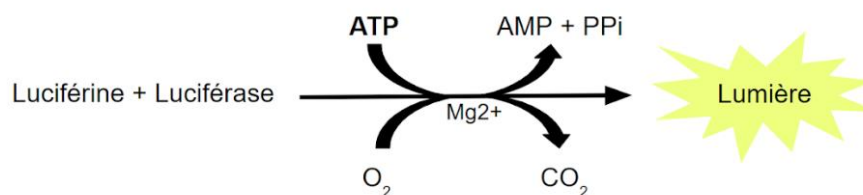


Figure 6 : Principe de l'ATPmétrie

C'est une méthode pratique et facilement utilisable sur le terrain. Elle a récemment été utilisée dans plusieurs études portant sur l'hygiène des équipements utilisés lors de la récolte et de la distribution du colostrum. Dans l'étude de *Van Driessche et al. (2022)*, une corrélation positive a été mise en évidence entre les résultats de bactériologie et d'ATPmétrie des liquides de rinçage des équipements de récolte et de distribution du colostrum. Cela montre que c'est une technique pertinente pour évaluer le niveau de contamination du matériel. En se basant sur des études menées dans l'industrie agroalimentaire, *Buczinski et*

al (2023) ont utilisé les valeurs de < 1000 URL pour des surfaces “non contaminées” et ≥ 1000 URL pour des surfaces “contaminées”. Avec ces valeurs, tous les équipements analysés étaient contaminés. Les chercheurs suggèrent la réalisation d’autres études pour obtenir des valeurs seuils généralisables à tout appareil (*Buczinski et al. 2023*).

2.4.3. Précautions autour de la distribution du colostrum

Il existe différents moyens de distribuer le colostrum aux veaux nouveau-nés : tétée naturelle, seau, biberon ou encore sonde œsophagienne. En élevage laitier, ce sont principalement les méthodes nécessitant une intervention humaine qui sont utilisées (biberon et seau, sondage œsophagien plus rarement). Dans l’étude française de *Allix (2013)*, 89% des éleveurs laitiers interrogés assurent la distribution du colostrum. En effet, elles permettent de réduire le risque de DTIP, contrairement à la tétée naturelle, puisqu’il y a un contrôle du délai de distribution et de la quantité distribuée voire de la qualité lorsque l’éleveur la teste (*Besser et Gay. 1991*).

En revanche, assurer la distribution du colostrum de manière artificielle implique une étape de récolte préalable. Comme cela a été explicité précédemment, *Stewart et al. (2005)* ont montré que c’est la manipulation la plus risquée en termes de contamination bactérienne du colostrum (*partie 2.3*). La grande majorité des échantillons issus des contenants de récolte présentaient une teneur en FT > 100 000 ufc/mL. Néanmoins, aucune différence significative de contamination n’est observée entre l’étape de récolte et celle de distribution (*Phippis et al. 2016*). Ainsi, la méthode de distribution ne semble pas avoir d’impact sur la contamination bactérienne du colostrum.

Ce qui est important à prendre en compte est le délai entre la récolte et la distribution du colostrum frais. En effet, la croissance bactérienne dans le colostrum est très rapide dans les 24h suivant la récolte, d’autant plus si aucune précaution de stockage n’est prise (*Stewart et al. 2005*). Ainsi, si le colostrum n’est pas distribué dans l’heure après sa récolte, *Godden et al. (2008)* recommande une conservation au réfrigérateur à court terme ou au congélateur à long terme (*partie 2.4.4.1*).

2.4.4. Méthodes de conservation du colostrum

2.4.4.1. Traitements thermiques

La température de conservation du colostrum est un paramètre essentiel à prendre en considération dans la gestion de la qualité bactérienne de ce dernier. En effet, on observe une charge bactérienne plus importante en période de fortes chaleurs avec 27,8% des échantillons contaminés (FT > 100 000 ufc/mL) contre seulement 7,7% de contamination en période “froide” dans l’étude de *Fecteau et al. (2002)* (*figure 7*).

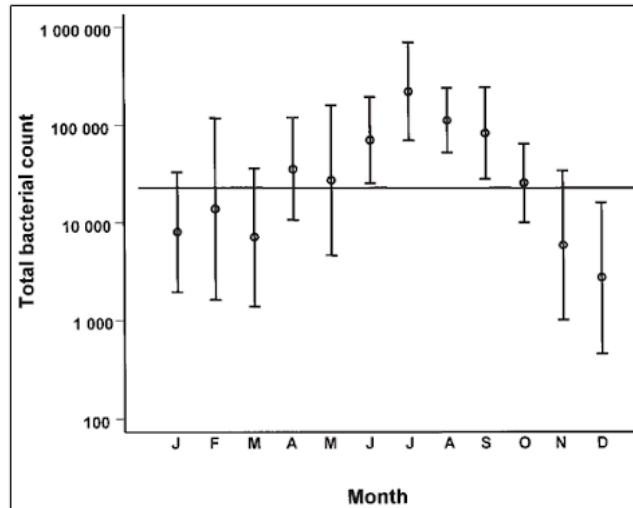


Figure 7 : Comptage bactérien de flore totale (ufc/mL) dans des échantillons de colostrum bovin selon le mois de prélèvement (Fecteau et al. 2002)

De plus, il est admis que la charge bactérienne des colostrums stockés à température ambiante augmente très rapidement dans les 24 premières heures puis se stabilise (Stewart et al. 2005). Pourtant, une étude australienne menée dans une centaine d'élevages laitiers a montré que stocker le colostrum à température ambiante avant de le distribuer au veau était une pratique répandue dans 71% des fermes interrogées (Vogels et al. 2013).

La pratique consistant à stocker le colostrum à température ambiante doit être remise en cause. C'est un facteur de risque majeur qui favorise la multiplication bactérienne dans le colostrum.

Pour pallier cette problématique, une autre étude australienne réalisée dans 24 fermes a montré que la réfrigération (4°C) du colostrum apparaît comme la méthode de conservation la plus efficace sur le court terme (Phipps et al. 2016). Au total, 68 % des échantillons réfrigérés respectent la valeur seuil de FT contre seulement 58% des échantillons conservés à température ambiante. Cela est en accord avec les résultats de Stewart et al. (2005) qui ont montré que les bactéries se multiplient beaucoup plus rapidement dans un environnement tempéré alors que la multiplication est fortement ralentie lors de réfrigération. De plus, il a été prouvé que conserver le colostrum à 4°C n'affecte pas la concentration colostrale en IgG (Cummins et al. 2016). Ainsi, si le colostrum n'est pas directement distribué aux veaux après sa récolte, il est fortement recommandé de le conserver rapidement au réfrigérateur (moins d'1h après la récolte) dans un contenant propre et fermé avec un couvercle (Fecteau et al. 2022 ; Godden. 2008).

Il y a cependant des précautions à prendre concernant les délais d'utilisation du colostrum réfrigéré. Si le colostrum est réfrigéré sans conservateurs, comme le sorbate de potassium, les immunoglobulines et les composants cellulaires sont conservés jusqu'à 1 semaine (Manoher et al. 1997). En revanche, il est préférable de le distribuer aux veaux dans les deux jours car la quantité de bactéries croît après ce délai (Stewart et al. 2005).

Enfin, la congélation du colostrum est une méthode souvent mise en œuvre dans l'optique d'assurer une conservation sur le long terme. Congeler le colostrum immédiatement après la récolte permet d'éviter la multiplication bactérienne et préserve les composants nutritionnels et les immunoglobulines. En revanche, cela diminue fortement les constituants cellulaires (Foley et Otterby. 1978 ; Manohar et al. 1996). C'est une méthode largement utilisée dans le cadre de la création de banque de colostrum. Concernant la décongélation, une bonne pratique consiste à utiliser un bain marie à 40°C (Robbers et al. 2021). Dans l'étude française de Allix (2013), 1 éleveur sur 2 respectait cette recommandation.

La congélation du colostrum assure une stabilité bactérienne sur le long terme. Il est recommandé de conserver le colostrum congelé entre 6 mois et 1 an maximum.

La pasteurisation du colostrum est suggérée dans plusieurs études comme étant un des meilleurs moyens de réduire voire d'empêcher la transmission d'agents pathogènes au veau (Elizondo-Salazar et Heinrichs. 2009 ; Hyde et al. 2020 ; Robbers et al. 2021). En pratique, les recommandations sont un traitement thermique à 60°C pendant 30 à 60 minutes selon les publications. L'effet d'une forte température sur les bactéries est favorable à leur élimination. Sur 1071 veaux nouveau-nés, Godden et al. (2019) ont montré que ceux nourris avec un colostrum pasteurisé avait une concentration sérique en IgG supérieure à celle des veaux nourris avec un colostrum frais (18 g/L et 15,4 g/L respectivement). La pasteurisation favoriserait donc l'absorption intestinale des IgG, certainement en lien avec la réduction de la charge bactérienne du colostrum. Des objectifs en termes de valeurs de FT (< 20 000 ufc / mL) et FC (< 100 ufc / mL) ont été établis pour qualifier l'efficacité de la pasteurisation (Godden et al. 2019).

La pasteurisation est une technique reconnue comme efficace pour contrôler la charge bactérienne du colostrum. Néanmoins, elle demande un certain investissement de la part des éleveurs pour être réalisée sur le terrain.

2.4.4.2. Traitements chimiques

Des études avaient aussi été menées sur l'utilisation de l'acide formique comme agent conservateur pour le colostrum. L'efficacité est reconnue puisqu'il permet la diminution de la charge bactérienne du colostrum en faisant baisser le pH entre 4 et 4,5 (Hennessy et al. 2022). Dans l'étude récente de Collings et al. (2010), l'utilisation de l'acide formique a permis d'obtenir une valeur moyenne de FT de 540 ufc / mL et pour la FC, les valeurs étaient trop basses pour être mesurées par les méthodes classiques. Néanmoins, cette même étude montre que la présence de ce produit dans le colostrum le rendait moins appétent pour les veaux. A cause de cela, son utilisation en pratique n'est pas recommandée.

Toujours afin d'optimiser la lutte contre la multiplication bactérienne, il est également possible d'ajouter des conservateurs dans le colostrum comme le sorbate de potassium. En effet, l'étude de Stewart et al. (2005) a montré que la charge bactérienne d'un colostrum traité au sorbate de potassium et stocké à température ambiante était plus faible que celle d'un colostrum stocké à température ambiante sans conservateur (tableau 5). De plus, ils ont

avancé que la méthode permettant d'obtenir la plus faible charge bactérienne était celle associant conservateur et réfrigération (*tableau 5*).

Tableau 5 : Description des comptages bactériens dans des échantillons de colostrum selon les conditions de conservations appliquées (inspiré de Stewart et al. 2005).

Traitement appliqué	FT (log10, ufc/mL)	FC (log 10, ufc/mL)
Réfrigération à 24h	5,75	5,50
Réfrigération à 48h	6,03	5,55
Température ambiante à 24h	7,26	6,39
Température ambiante à 48h	6,62	4,96
Réfrigération + conservateur à 24h	3,60	3,14
Réfrigération + conservateur à 48h	3,64	3,39
Température ambiante + conservateur à 24h	5,43	4,71
Température ambiante + conservateur à 48h	6,48	5,02

Sur le court terme, les conditions idéales de stockage du colostrum frais sont la réfrigération à 4°C avec, éventuellement, l'ajout de conservateurs.

2.4.5. Utilisation de colostrums de remplacement

Les colostrums de remplacement sont des formulations dont la composition se rapproche du colostrum naturel et qui permettent de le remplacer s'il est produit en quantité insuffisante ou si le veau n'a pas assez bu. L'utilisation de colostrums de remplacement apparaît comme étant une méthode sûre du point de vue de la stérilité des produits. En effet, ce sont des produits commercialisés qui reçoivent un traitement permettant de rompre le cycle de nombreux agents pathogènes offrant ainsi un produit sain d'un point de vue bactérien. De plus, ils sont faits pour assurer un bon TIP en étant favorablement dosé en IgG (*Godden et al. 2018*). Même constat pour les colostro-suppléments, qui eux servent plutôt à apporter des éléments nutritifs et immunitaires supplémentaires, dont la formulation offre une sécurité équivalente concernant la stérilité du produit.

Cette partie résume l'importance de l'hygiène autour de la prise colostrale dans l'optique de prévenir la contamination bactérienne du colostrum. Souvent négligée, cet aspect mérite une attention particulière de la part des éleveurs au même titre que les 4Q suivants.

3. Quantité, qualité, rapidité d'ingestion du colostrum bovin et quantification du TIP

3.1. Quantité de colostrum consommée par le veau

Un bon transfert colostral est corrélé positivement à la quantité de colostrum bu par le veau pendant ses premières heures de vie. Cela renvoie au pilier *Quantity* des 5Q. Plusieurs auteurs (*Stott et al. 1979b* ; *Chigerwe et al. 2008b*) montrent que l'efficacité d'absorption intestinale des immunoglobulines par le veau est meilleure lorsque le volume de la première buvée augmente. *Chigerwe et al. (2008b)* précisent même que la probabilité de DTIP est plus élevée avec la prise d'1L de colostrum à 100 g/L comparée à celle de 2L de colostrum à 50 g/L dans les 2 heures. Cela montre l'importance d'un volume de colostrum suffisant à la première buvée afin de stimuler efficacement les entérocytes et ainsi, optimiser l'absorption intestinale des immunoglobulines.

Les recommandations actuelles préconisent qu'un veau laitier reçoive 10 à 12% de son poids en colostrum dans les 4 premières heures de vie, soit environ **3 à 4 L** pour un veau Prim'Holstein (*Godden et al. 2019*). De plus, il est aussi recommandé l'ingestion d'un colostrum avec une certaine teneur en IgG. Dans l'article de *Chigerwe et al. (2008b)*, ils recommandent au moins 200 g d'IgG ce qui, pour un colostrum avec une concentration en IgG de 50 g/L, représente les volumes évoqués ci-dessus. Enfin, *Shivley et al. (2018)* avancent que pour chaque litre de colostrum reçu en plus par le veau dans les 24 premières heures, la concentration en IgG sérique augmente de 0,57 g/L.

En pratique, les éleveurs laitiers ont tendance à donner de plus faibles volumes de colostrum que ces recommandations, ce qui peut être problématique d'autant plus avec un colostrum de qualité médiocre (*Kehoe et al. 2007* ; *Abuelo et al. 2019*). Dans l'étude française de *Allix (2013)*, les résultats ont montré que parmi les 35% d'éleveurs laitiers interrogés distribuant le colostrum, plus de la moitié ne donnaient qu'1L de colostrum lors de la première buvée, ce qui est clairement insuffisant d'après les recommandations. Et en même temps, certaines études comme celle de *Gourdon (2021)* n'ont pas mis en évidence d'influence du volume de colostrum ingéré sur le TIP.

Enfin, la question du nombre de buvées a également été soulevée. Dans son étude récente, *Abuelo et al. (2021)* a montré une diminution du taux de DTIP chez les veaux ayant reçu une seconde buvée de 2L de colostrum comparativement à ceux n'ayant reçu qu'une buvée initiale de 3L (avec un colostrum de bonne qualité > 22%Brix). Ainsi, fournir une seconde buvée de colostrum 5 à 6h après la première réduirait significativement les risques de DTIP même chez les veaux qui auraient reçu une quantité correcte d'IgG (au moins 150g) lors de la première buvée.

La quantité de colostrum ainsi que le nombre de buvées reçus par le veau sont donc des paramètres à prendre en compte afin d'assurer le succès du TIP. Mais plus encore, il est recherché l'ingestion d'une quantité suffisante de colostrum de <u>bonne qualité</u> .
--

3.2. Qualité du colostrum bovin et concentration en IgG

Un colostrum de “bonne qualité” est un colostrum qui assure un bon transfert d’immunité de la mère vers le veau nouveau-né. Ainsi, la qualité du colostrum bovin est, entre autres, évaluée à partir de sa teneur en immunoglobulines (particulièrement en IgG). Néanmoins, il est important de noter qu’elles ne représentent qu’une partie des propriétés immunologiques du colostrum. En effet, d’autres éléments colostraux comme des enzymes, des facteurs de croissances, des cellules immunitaires ou encore des minéraux interviennent dans le transfert de l’immunité au veau (*Nissen et al. 2017*).

3.2.1. Seuils de concentration en IgG utilisés pour qualifier le colostrum

La teneur en IgG la plus communément décrite chez les vaches laitières pour discriminer un bon colostrum d’un mauvais est de 50 g/L (*Pritchett et al. 1994 ; Biemann et al. 2010 ; Godden et al. 2019*). C’est aussi cette valeur qui est à l’origine de la recommandation des 4L de colostrum à consommer afin d’atteindre les 200 g d’IgG ingérés par le veau nouveau-né. Néanmoins, la quantité moyenne d’IgG contenue dans le colostrum des vaches laitières est très variable selon les études, et très majoritairement au-dessus de 50 g/L (*tableau 6*). Il est d’ailleurs très fréquent que les auteurs accompagnent leurs données avec la proportion de colostrum ayant une concentration en IgG supérieure à 50 g/L (96% des échantillons dans l’étude de *Conneely et al. 2013*).

Tableau 6 : Exemples de concentrations moyennes en IgG obtenues à partir d’études récentes menées sur des vaches laitières dans différents pays.

Pays	Nombre de colostrums analysés	Méthode de mesure	Concentration moyenne en IgG (g/L)	Source
USA	1972	IDR	74,4	<i>Shivley et al. (2018)</i>
USA	160	IDR	68,5 ± 32,4	<i>Chigerwe et al. (2008)</i>
Canada	273	IDR	94,4	<i>Bielmann et al. (2010)</i>
Suisse	377	IDR	74.8	<i>Reschke et al (2017)</i>
Irlande	704	ELISA	112 ± 51	<i>Conneely et al. (2013)</i>
Royaume-Uni	444	Réfractomètre Brix	51	<i>McFarlane et al (2015)</i>
France	55	IDR	78,93 ± 5,6	<i>Quaile (2015)</i>
France	98	IDR	55,01 ± 27,96	<i>Gourdon (2021)</i>
France	> 2000	BRIX	77	<i>Rialet (2022)</i>

Afin d'être plus précis sur la qualification du colostrum, certains auteurs ont déterminé plusieurs valeurs seuils dans l'optique de différencier un colostrum de qualité excellente, bonne, moyenne ou mauvaise (*tableau 7*).

Tableau 7 : Valeurs seuils de concentration en IgG de colostrum bovin permettant sa qualification à partir de deux études menées sur des vaches laitières.

Qualité du colostrum	Excellent	Bon	Moyen	Mauvais
<i>Moran et al. (2002) - USA</i>	> 90 g/L	90 - 65 g/L	65 - 40 g/L	< 40 g/L
<i>Rialet (2022) - France</i>	> 105 g/L	105 - 70 g/L	70 - 47 g/L	< 47 g/L

Les valeurs obtenues sont assez similaires, quoique plus élevées dans l'étude française de *Rialet (2022)* ce qui s'explique par le choix de l'échantillon représenté par des éleveurs laitiers ayant de bonnes pratiques autour de la prise colostrale. Enfin, le volume de colostrum que le veau doit consommer afin d'atteindre les 200 g d'IgG peut être calculé à partir de sa qualité ce qui permet de s'adapter à la situation de chaque produit.

3.2.2. Méthodes de mesure de la qualité colostrale

Il existe d'abord des méthodes directes. La première méthode est l'immunodiffusion radiale (IDR) qui est le "gold standard" pour quantifier les IgG du colostrum (*Levieux 1991*). Elle repose sur une réaction IgG / anticorps anti-IgG qui forment un anneau de complexes immuns dont le diamètre est proportionnel à la quantité d'IgG présentes dans le colostrum. C'est une technique de laboratoire qui n'est donc pas disponible immédiatement sur le terrain. La seconde méthode qui peut être utilisée est le test immuno-enzymatique (ELISA). Le principe est assez similaire.

Parmi les méthodes indirectes, on retrouve le réfractomètre (optique ou digital). La mesure de la qualité du colostrum se base sur la réfraction de la lumière par ses constituants. La valeur obtenue se lit sur l'échelle de % Brix (allant de 0 à 32). C'est un outil pratique qui est utilisable sur le terrain par les éleveurs et qui permet d'avoir une idée immédiate de la qualité d'un colostrum. Par ailleurs, *Bielmann et al. (2010)* montrent que les valeurs données par le réfractomètre et les résultats obtenus avec de l'IDR sont très similaires, avec un coefficient de corrélation compris entre 0,71 et 0,74. Cette étude stipule également que l'obtention au réfractomètre d'une valeur supérieure ou égale à 22% Brix témoigne d'un colostrum de bonne qualité ([IgG] > 50 g/L). De manière plus anecdotique, il est également possible d'utiliser la densité du colostrum pour obtenir des informations sur la teneur en IgG grâce au pèse colostrum et aux colostro balls.

Systématiser la mesure de la qualité colostrale sur le terrain semble être une solution efficace afin de s'assurer de la consommation par le veau d'un produit de bonne qualité. Mais c'est une technique qui est peu réalisée en pratique. Dans leur étude canadienne, *Vasseur et al. (2010)* rapporte qu'aucun des éleveurs interrogés ne testent la qualité du colostrum. Aux Etats-Unis, ils n'étaient que 8,3% à la faire en 2002 (*USDA. 2003*) et seulement 27% dans l'étude de *Kehoe et al. (2007)*. Dans l'article de *Atkinson et al. (2017)*, sur 18

élevages laitiers, 17 ne testaient jamais la qualité du colostrum et 1 le faisait très rarement. En revanche, cette pratique semble plus commune en Australie où 51% des éleveurs de l'étude de *Abuelo et al. (2019)* utilisent le réfractomètre optique au quotidien. Des résultats similaires sont obtenus dans l'étude française de *Rialet (2022)*. L'aspect contraignant de cette pratique peut expliquer son utilisation limitée en élevage. C'est d'ailleurs ce que rapporte *Rialet (2022)* dans son étude française. La moitié des éleveurs interrogés ne testaient pas leur colostrum et la principale raison évoquée était le manque de temps.

3.2.3. Facteurs de variation de la qualité colostrale

De nombreux facteurs influencent la qualité d'un colostrum bovin, dont la grande majorité sont liés à la vache elle-même. Les principaux sont listés ci-dessous.

- **Type de production** : La qualité du colostrum des vaches laitières est en général moins bonne que celle des vaches allaitantes (*Guy et al. 1994 ; Gourdon. 2021*). Ceci s'expliquerait par la dilution des IgG dans un plus grand volume de mamelle chez les vaches laitières (*Weaver et al. 2000*).
- **Rang de lactation** : La concentration colostrale en IgG augmente avec la parité, surtout à partir du 3ème vêlage (*Shivley et al. 2018*). Une hypothèse pour l'expliquer serait que les vaches plus âgées sont exposées à des pathogènes depuis plus longtemps donc produisent un colostrum avec une concentration en IgG supérieure.
- **Tarissement** : Généralement, la période de tarissement dure entre 6 et 8 semaines. La mise en place d'une période sèche permet d'obtenir un colostrum plus riche en IgG. En effet, il a été montré qu'une absence de période sèche est associée à une baisse significative de la concentration en IgG du colostrum : 49,8 g/L contre 77,9 g/L pour une durée de tarissement de 30 jours (*Rastani et al. 2005*). Concernant la durée, *Rialet (2022)* montre dans son étude qu'une période sèche de 2 à 3 mois améliore la qualité colostrale ([IgG] = 79,6 g/L pour les vaches tarées moins de 2 mois contre 99,6 g/L pour les vaches tarées entre 2 et 3 mois). Mais d'autres études montrent qu'au-delà de 30 jours de tarissement, il n'y a pas d'influence sur la qualité du colostrum (*Watters et al. 2008 ; Mayasari et al. 2015*).
- **Délai vêlage - prise colostrale** : La concentration en IgG dans le colostrum diminue au fil des traites (*Maillard et Guin. 2013*). Ainsi, plus on s'éloigne du vêlage, moins le colostrum est riche en IgG.
- **Moment de vêlage** : Un lien entre le stress thermique, donc de la saison de vêlage, et la qualité colostrale n'est pas complètement établi (*Godden et al. 2019*).
- **Statut vaccinal de la mère** : La vaccination des mères oriente la production d'anticorps du colostrum vers les anticorps spécifiques de certaines maladies, sans avoir d'influence sur la quantité totale d'IgG colostrale (*Godden et al. 2019*).
- **État de santé de la mère** : Peu importe la pathologie autour du vêlage (principalement mammites et métrites), *Dardillat et al. (1978)* ont montré que les vaches en bonne santé

produisent un colostrum plus riche en IgG que des vaches malades. Pourtant, aucune influence de l'état de santé de la mère sur la qualité colostrale n'est mise en évidence dans l'étude de *Gulliksen et al. (2008)*.

- **Génétique** : Dès 1978, *Dardillat et al.* émettent l'hypothèse d'une influence de la génétique sur la qualité colostrale. Récemment, des chercheurs ont mis en évidence une héritabilité de la part de protéines présentes dans le colostrum bovin égale à 0,22 (c'est-à-dire une variation du taux de protéines, donc indirectement d'Ig, due à la génétique) (*Soufleri et al. 2019*).

La qualité du colostrum est essentielle pour un bon transfert colostrale. Afin d'optimiser la réussite de ce dernier, il convient de respecter le délai de distribution de ce produit de qualité.

3.3. Rapidité d'ingestion du colostrum

L'existence du phénomène de "fermeture de barrière intestinale" déjà évoqué précédemment (*partie 1.4.1*) limite l'absorption digestive des immunoglobulines dans le temps. Pour mémoire, il est retenu que celle-ci est maximale dans les 4 premières heures de vie du veau (*Weaver et al. 2000*). De plus, il a été démontré que la concentration colostrale en IgG diminue par effet de dilution lorsqu'on s'éloigne par rapport à la mise-bas (*Moore et al. 2005*). Enfin, de manière générale, il est prouvé que les veaux ayant bu leur colostrum précocement ont une concentration sanguine en IgG plus élevée que ceux l'ayant consommé tardivement (pour des volumes de colostrum et des concentrations colostrales en immunoglobulines similaires) (*Dusty et al. 2000*). Ainsi, la consommation précoce du colostrum favorise un meilleur TIP.

Les recommandations actuelles sont telles qu'une première buvée doit être réalisée dans les **2 à 4 premières heures de vie**. Elles font référence à l'aspect "Quickly" de la règle des 5Q. On peut noter que *Morin et al. (2021)* montrent même qu'une première buvée dans les 3 premières heures de vie est favorable pour un bon TIP. A titre d'exemples, l'étude américaine de *Kehoe et al. (2017)* montre que la moitié des veaux ont reçu leur colostrum entre 2 et 6h après la mise-bas et celle de *Urie et al. (2018)* a mis en évidence un intervalle vêlage - buvée colostrale de moins de 3h. Dans l'idéal, il est même recommandé qu'une seconde buvée soit consommée dans les 6 à 8 heures suivantes (*Stott et al. 1979a ; Chigerwe et al. 2009 ; Veterinary Service. 2010*). Cela permet à la fois d'améliorer le TIP comme évoqué précédemment (*partie 3.1*) mais aussi d'insister sur la nécessité d'une première buvée préalable rapide après la naissance afin de respecter les délais (*Abuelo et al. 2021*).

Dans leur étude canadienne, *Atkinson et al. (2017)* mettent en relation les pratiques de plusieurs élevages laitiers avec leurs performances en termes de TIP. D'après les résultats obtenus, le délai moyen de première buvée colostrale était de 9,3 +/- 3,9 heures et variait de 3 à 16h. Cela montre que l'application de ces recommandations n'est pas toujours simple car le respect des délais de prise colostrale nécessite une intervention humaine quasiment systématique. La difficulté est d'autant plus présente pour les vêlages de nuit qui sont beaucoup moins surveillés et donc pour lesquels la prise colostrale est bien souvent retardée.

Ainsi, assurer la prise colostrale précoce du veau après sa naissance demande une grande implication de la part des éleveurs. Même si les délais précis ne sont pas toujours respectés pour des raisons logistiques, on note une prise de conscience des éleveurs à

Diminuer le délai entre la mise-bas et la première buvée colostrale semble être un des moyens d'optimiser le transfert colostrale. Néanmoins, c'est un ajustement qui n'est pas majoritairement pris en considération par les éleveurs car il demande du temps et de la disponibilité (Atkinson et al. 2017). Par exemple, Allix (2013) montre dans son étude française que, sans forcément distribuer le colostrum dans les 4 premières heures de vie, la majorité des éleveurs laitiers interrogés le distribue dans les 12h qui suivent la naissance au plus tard. On peut évoquer ici l'intérêt de la constitution d'une banque de colostrum "sain" afin de se libérer du facteur "traite colostrale" et permettre la distribution rapide d'une première buvée colostrale après la naissance.

Par ailleurs, une autre étude canadienne (Vasseur et al. 2010) rapporte que 15,6% des élevages laitiers interrogés comptaient sur la tétée naturelle. Néanmoins, cette pratique est risquée car elle ne permet pas de savoir si le veau a bu suffisamment et dans les bons délais.

Faire boire précocement un colostrum de bonne qualité en quantité suffisante au veau représente une ligne de conduite menant à la réussite du TIP. Pour s'assurer de son efficacité, le dernier point consiste à quantifier le TIP ("Quantify" de la règle des 5Q).

3.4. Quantification du TIP

3.4.1. Seuils d'évaluation du TIP

L'évaluation du TIP se fait en mesurant la concentration en IgG dans le sérum du veau nouveau-né. Le seuil classiquement reconnu correspond à une immunoglobulinémie d'au moins 10 g/L (Weaver et al. 2000 ; Godden et al. 2008). En effet, en dessous de cette valeur, des conséquences sur la santé des veaux comme une mortalité importante avant le sevrage peuvent être observées (Lombard et al. 2020). Néanmoins, d'autres valeurs seuils sont utilisées dans d'autres études comme un autre seuil de 15 g/L dans l'étude de Veterinary Services (2010). Le seuil de 10 g/L est utilisé depuis des années et certains chercheurs comme Godden et al. (2019) suggèrent qu'il soit réévalué.

Une étude plus récente (Lombard et al. 2020) s'est intéressée à la qualité du TIP à l'échelle du troupeau en considérant que sur l'ensemble des veaux d'un élevage, il est possible que quelques-uns soient en DTIP malgré une bonne qualité colostrale. Pour cela, de nouveaux seuils ont alors été définis (tableau 8).

*Tableau 8 : Qualification du TIP en fonction de la concentration sérique en IgG chez les veaux
(Adapté de Lombard et al. 2020)*

Qualité du TIP	Concentration en IgG (g/L)	Équivalent en PT sérique (g/dL)	Équivalent % Brix	Pourcentage de veaux par catégorie
Excellent	≥ 25	≥ 6,2	≥ 9,4	> 40%
Bon	18 - 24,9	5,8 - 6,1	8,9 - 9,3	~ 30%
Moyen	10 - 17,9	5,1 - 5,7	8,1 - 8,8	~ 20%
Mauvais	< 10	< 5,1	< 8,1	< 10%

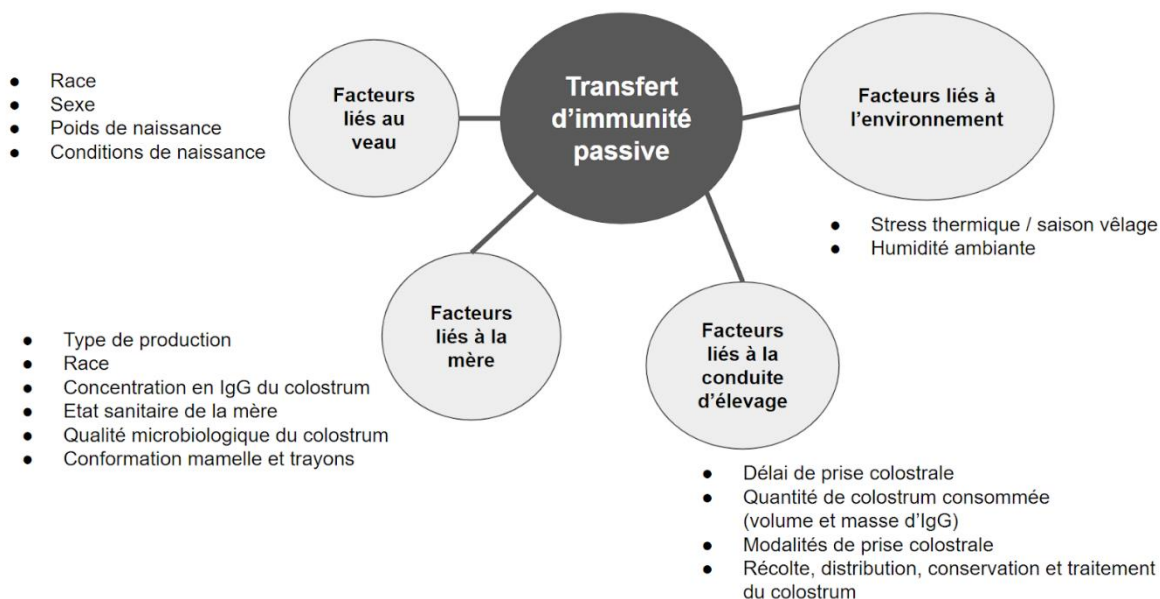
En termes de prévalence de DTIP, avec un seuil fixé à 10 g/L et un échantillon de taille similaire, *Quaile (2015)* rapporte un taux de DTIP à 24,2% et *Abuelo et al. (2019)* un taux compris entre 36,2 et 41,9%. Pour rappel, d'autres valeurs ont été évoquées dans la partie 1.4.2.

3.4.2. Méthodes d'évaluation de la qualité du TIP

Plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre afin d'évaluer la qualité du TIP. Elles consistent en la mesure de la concentration sérique en IgG dans le sérum des veaux ayant reçu le colostrum. On réalise des prises de sang sur les veaux de 2 à 7 jours car au-delà de ce délai, ils synthétisent leurs propres immunoglobulines et celles maternelles tendent à disparaître. Tout comme pour l'évaluation de la qualité du colostrum, la méthode de référence est également l'IDR et il est aussi possible de recourir au test enzymatique ELISA. Sur le terrain, le réfractomètre Brix (digital ou optique) est la méthode la plus utilisée. Il existe également d'autres méthodes pour évaluer le TIP, comme le test au glutaraldéhyde ou celui de précipitation au sulfate de zinc (*Dusty et al. 2000*), mais elles ne seront pas développées ici.

3.4.3. Facteurs influençant la qualité du TIP

De nombreux facteurs influencent la qualité du TIP. Ils sont liés à la mère et au veau mais aussi à l'environnement et surtout, aux pratiques d'élevage autour de la prise colostrale (*figure 8*).



*Figure 8 : Facteurs influençant la qualité du transfert d'immunité passive chez le veau
(Résumé inspiré des travaux de Dusty et al. 2000 ; Quaille. 2015 ; Lora et al. 2017)*

En particulier, nous avons vu précédemment comment la consommation d'un colostrum avec une charge bactérienne excessive pouvait interférer avec l'absorption des IgG au niveau intestinal, et donc entraver la qualité du TIP (*partie 1.4.1*). Nous avons également montré que ce sont surtout les pratiques (en particulier hygiéniques) des éleveurs autour de la prise colostrale qui sont majoritairement en cause pour expliquer le niveau de contamination bactérienne du colostrum.

Conclusion bibliographique

La problématique autour de la prise colostrale est essentielle en élevage bovin. La période colostrale est critique pour le veau nouveau-né ainsi que pour l'éleveur qui joue un rôle essentiel. La gestion colostrale nécessite donc la mise en place de bonnes pratiques afin d'optimiser le TIP chez les veaux.

Aujourd'hui, de nombreuses recommandations existent concernant la gestion colostrale. Néanmoins, leur application sur le terrain n'est pas systématique. En particulier du point de vue de l'hygiène. Améliorer ses pratiques demande à l'éleveur de s'interroger afin de mettre en évidence des points critiques à corriger dans son élevage. Cela implique un changement d'habitudes et il n'est pas toujours facile pour les éleveurs de remettre en cause des années de pratique.

Pour faciliter cela, confronter les éleveurs à leurs pratiques, à celles d'autres élevages et aux résultats de la littérature est un bon moyen de les accompagner dans le changement. A titre d'exemple, dans l'étude de *Atkinson et al. (2017)*, 83% des éleveurs ont effectivement souhaité opérer des changements dans leurs pratiques à la suite de l'étude proposée par les chercheurs. C'est tout l'objectif de l'étude de terrain à venir.

Seconde partie :
Étude de terrain

1. Contexte et objectifs de l'étude

1.1. Contexte et enjeux de l'étude

La problématique de la santé du veau est essentielle pour les laboratoires pharmaceutiques vétérinaires et repose sur différents éléments thérapeutiques : les solutions réhydratantes orales et parentérales, les antibiotiques et enfin, la vaccination. Dans le cadre de la commercialisation d'un nouveau vaccin contre *Cryptosporidium parvum*, le laboratoire **MSD Santé Animale** a lancé un service dont l'objectif est de permettre à tout vétérinaire partenaire d'effectuer dans les élevages bovins de sa clientèle des analyses autour de la qualité du colostrum : mesure de la teneur en IgG et analyses bactériologiques des prélèvements de colostrum chez les mères et mesure de la concentration sérique en IgG chez les veaux correspondants. Ce programme s'inscrit dans la problématique d'amélioration de la gestion colostrale en élevage bovin laitier et en particulier, dans la recherche de solutions adaptées pour y parvenir.

Si la gestion de la prise colostrale est essentielle pour la santé du veau en règle générale, elle l'est d'autant plus dans le cadre de la vaccination des mères puisque c'est via le colostrum que les immunoglobulines vaccinales sont transmises au veau. Que ce soit dans le cadre du transfert d'immunité passive ou d'un programme de vaccination, une prise colostrale optimale est requise. Elle repose sur cinq points de contrôle définis par la règle des 5Q (*figure 4*). Parmi eux, l'hygiène ("*Quite Clean*") est le point le moins étudié jusqu'à maintenant. Pourtant, on peut noter que la consommation d'un colostrum contaminé à la suite d'un défaut d'hygiène représente un point critique pouvant entraîner un déficit d'absorption intestinale des immunoglobulines et donc, un défaut de transfert d'immunité passive et/ou une perte d'efficacité vaccinale.

C'est dans ce contexte d'interférence potentielle avec l'absorption intestinale des immunoglobulines maternelles que nous avons souhaité étudier l'impact des pratiques hygiéniques autour de la prise colostrale sur la qualité bactérienne du colostrum.

1.2. Déroulement et objectifs de l'étude

Notre étude s'est déroulée en deux parties.

Première phase :

- *MSD Santé Animale* : Recueil d'informations sur les pratiques hygiéniques initiales autour de la prise colostrale dans chaque élevage puis analyses ATPmétriques de surface et du liquide de rinçage du matériel utilisé pour la collecte et la distribution du colostrum au démarrage de l'étude dans chaque élevage.
- *Vétérinaire traitant* : Prélèvements sanguins des 5 veaux issus des mères prélevées pour dosage des IgG sériques.
- *Éleveur* : Prélèvements de colostrum sur 5 vaches dans chaque élevage pour réalisation d'analyses bactériologiques.

À l'issue de la première phase, après avoir recueilli les informations sur les pratiques initiales des 8 élevages via un questionnaire (*annexe 1*) et identifié les points à améliorer, une liste personnalisée de changements de pratiques a été élaborée pour chaque

élevage. L'ensemble des recommandations que nous avons pu suggérer au cours de l'étude sont résumées en annexe (annexe 2). Elle a été fournie aux vétérinaires référents afin de faciliter l'accompagnement de leurs éleveurs. Les vétérinaires devaient expliquer et former les éleveurs à l'hygiène du matériel. Pour cela, une fiche explicative a également été distribuée par *MSD Santé Animale* (annexe 3). Idéalement, nous avons demandé aux vétérinaires de faire une démonstration de la procédure de nettoyage aux éleveurs avant de commencer la phase 2. Cette dernière a débuté 2 à 3 semaines après la mise en place des changements acceptés par l'éleveur.

Seconde phase :

- **Éleveur :** Prélèvements de colostrum sur 5 vaches dans chaque élevage pour réalisation d'analyses bactériologiques.
- **Vétérinaire traitant :** Prélèvements sanguins des 5 veaux issus des mères prélevées pour dosage des IgG.
- **MSD Santé Animale :** Analyses ATPmétriques de surface et du liquide de rinçage du matériel utilisé pour la collecte et à la distribution du colostrum au cours de la phase 2 et remplissage avec les éleveurs d'un questionnaire "post changements de pratiques" (annexe 4).

À la suite de cette étude de terrain, les résultats d'ATPmétrie, de bactériologie des colostrums et de dosage des IgG sériques ont été analysés afin de comparer les valeurs avant et après les changements de pratiques hygiéniques. Une fiche a été conçue pour chaque élevage afin de leur communiquer leurs résultats (annexe 5).

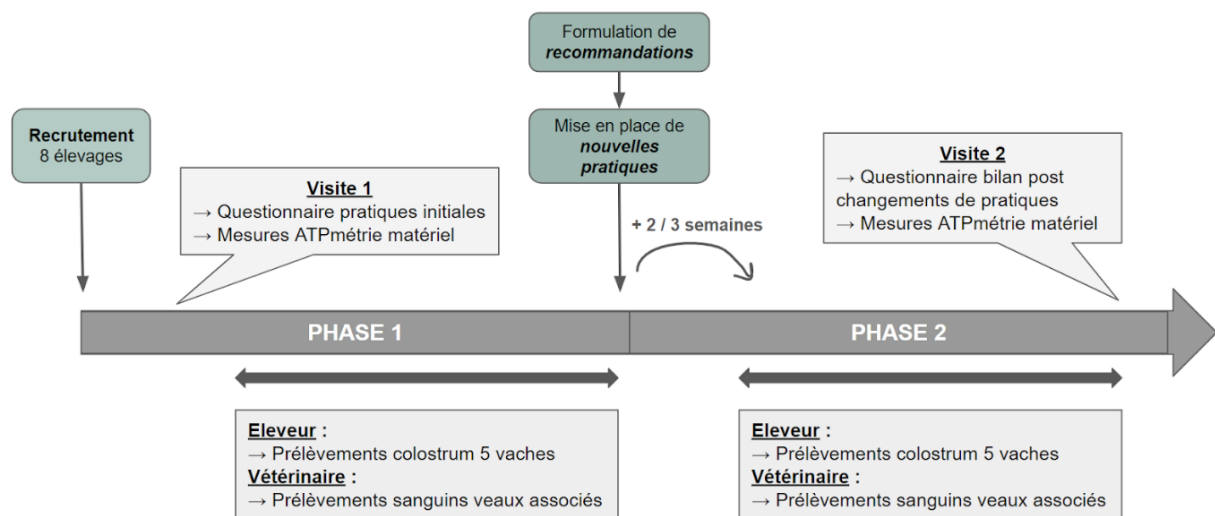


Figure 9 : Frise chronologique résumant les étapes de l'étude.

Les objectifs de cette étude sont donc :

1. De faire un état des lieux des pratiques hygiéniques autour de la prise colostrale avant le démarrage de l'étude chez 8 éleveurs bovins laitiers.
2. D'identifier les pratiques à risque en lien avec la contamination bactérienne potentielle du colostrum et de formuler des recommandations à appliquer pour les améliorer.

3. D'évaluer si les changements de pratiques opérés ont eu un impact sur la contamination bactérienne du matériel utilisé ainsi que du colostrum mais aussi sur le TIP chez les veaux.

2. Matériel et méthodes

2.1. Population et échantillon d'étude

Notre population cible se limitait aux élevages bovins laitiers. En effet, nous avons souhaité nous concentrer sur ce type d'élevage en considérant que la collecte et la distribution du colostrum étaient des facteurs de risque importants dans cette production.

La présente étude étant en collaboration avec *RC Services*, le choix des élevages participant à l'étude s'est d'abord fait sur la base du volontariat des cliniques adhérentes au réseau à participer à l'étude. Sur l'ensemble des cliniques contactées par le réseau, les 7 structures suivantes ont accepté de participer à l'étude :

- Clinique Vétérinaire Optivet (Jayat - 01)
- Clinique Vétérinaire Animovet (Maïche - 25)
- Clinique Vétérinaire de la Forêt (Yzernay - 49)
- Clinique Vétérinaire Innovet (Segré – 49)
- Clinique Vétérinaire Vet&Sphère (Saint-Marcel - 56)
- Clinique Vétérinaire EVA (Argentonay - 79)
- Clinique Vétérinaire Meveto (Chiché - 79)

La population d'étude était donc représentée par les élevages bovins laitiers appartenant à la clientèle de ces 7 cliniques. Pour ce qui est de l'échantillon d'étude, l'objectif était de recruter 8 élevages laitiers, dont 4 en traite manuelle et 4 en traite robotisée. Le choix que ces deux modes de traite soient représentés s'est fait dans l'optique de les comparer tout au long de l'étude. Un vétérinaire référent a été désigné dans chaque structure pour sélectionner un élevage de sa clientèle respectant ces conditions et intéressé pour participer à l'étude (2 élevages pour la clinique d'Yzernay). Le nombre de vêlages par an dans les élevages recrutés variait entre 65 et 160.

Afin d'identifier les élevages de manière anonyme dans la suite de l'étude et d'identifier leurs prélèvements respectifs, il a été attribué à chacun un chiffre allant de 1 à 8.

2.2. Informations collectées

2.2.1. Recueil des pratiques des éleveurs

Avant le démarrage de l'étude, chaque éleveur a été invité à répondre à un questionnaire concernant ses pratiques habituelles autour de la période colostrale dont le détail est présenté en annexe (*annexe 1*). Les principales informations demandées étaient :

- *Pour l'intervention humaine dans la prise colostrale :*
 - Absente, occasionnelle ou systématique

- *Pour la récolte du colostrum :*
 - Délai de récolte par rapport au vêlage
 - Méthode de récolte (= type de traite : robotisée ou manuelle)
 - Matériel de récolte
 - Hygiène de la mamelle, de l'opérateur et du matériel

- *Pour la distribution du colostrum :*
 - Délai entre la récolte et la distribution de la 1ère buvée
 - Étapes entre la récolte et la distribution
 - Modalités de distribution
 - Hygiène du matériel de distribution

- *Pour le stockage du colostrum :*
 - Modalités de conservation
 - Contenant utilisé pour la conservation

Une dernière partie visait à interroger les éleveurs sur la problématique de la contamination bactérienne du colostrum en leur demandant globalement s'ils étaient conscients de ce problème, s'ils étaient au courant de l'existence de traitements hygiéniques du colostrum et s'ils les mettaient en œuvre dans leur élevage.

2.2.2. Recueil des commémoratifs pour les bovins prélevés

Sur les deux phases de l'étude, l'objectif était qu'il y ait au moins 5 vêlages dans l'élevage afin de respecter le nombre de prélèvements imposé par période. Pour chaque naissance étudiée, il a été demandé aux éleveurs de remplir un formulaire "Couple Mère-Veau" dont les principales informations demandées étaient (*annexe 6*) :

- *Pour l'identification des échantillons :* numéro à 4 chiffres de la mère et du veau.

- *Pour décrire la gestion de la prise colostrale par l'éleveur :*
 - Date du prélèvement
 - Délai entre le vêlage et la traite colostrale
 - Contenant dans lequel le colostrum a été prélevé
 - Délai entre le vêlage et les 2 premières buvées du veau
 - Volume bu lors des 2 premières buvées du veau

2.3. Nature des prélèvements effectués

2.3.1. Score visuel et mesures d'ATPmétrie sur le matériel

Le choix de l'ATPmétrie pour évaluer la contamination bactérienne du matériel s'est fait par la facilité de mise en œuvre de cette technique sur le terrain et des preuves déjà apportées dans le milieu agroalimentaire (*bibliographie, partie 2.4.2*). Nous avons utilisé l'ATPmètre *3M Clean Trace*[®] commercialisé par Neogen. Cet appareil est utilisable pour des mesures de

surface et de liquide. Les informations relevées ont été retranscrites sur une fiche adaptée (*annexe 7*). Ainsi, pour chaque matériel utilisé nous avons réalisé :

- Un scoring visuel comprenant 3 catégories (hygiène globale, résidus lait/colostrum et résidus matières fécales) pour lequel il fallait attribuer une note allant de 1 à 4 (*figure 10*).



Figure 10 : Exemples de scoring visuels effectués au cours de l'étude.

- Des mesures d'ATPmétrie de surface en suivant le protocole standardisé ci-dessous (*figure 11*) pour réaliser les prélèvements. L'écouvillon a ensuite été placé dans l'appareil de mesure réglé en mode "surface" pour être analysé deux fois. Ainsi, un résultat correspond à la moyenne de deux mesures consécutives.



Figure 11 : Protocole d'ATPmétrie de surface.

- Des mesures d'ATPmétrie du liquide de rinçage en suivant le protocole standardisé ci-dessous (figure 12) pour réaliser les prélèvements. L'écouvillon a ensuite été placé dans l'appareil de mesure réglé en mode "liquide" pour être analysé deux fois également. Un résultat correspond également à la moyenne de deux mesures consécutives.



Figure 12 : Protocole d'ATPmétrie du liquide de rinçage.

L'utilisation de cette méthode dans le cadre de l'évaluation des facteurs de risque menant à la contamination bactérienne du colostrum est encore récente. Ainsi, il n'existe pas de valeurs seuils extrapolables à tout appareil de mesure. De plus, dans les études déjà menées sur le terrain, les deux techniques (surface et liquides de rinçage) n'ont pas été largement associées. Nous avons donc souhaité les combiner pour chaque matériel analysé afin de déterminer si l'une des deux méthodes est plus fiable qu'une autre.

2.3.2. Prélèvements des colostrums

Durant chaque phase de l'étude, il a été demandé aux éleveurs de prélever le colostrum de 5 vaches. Les prélèvements de colostrum devaient se faire dans le contenant servant à la buvée du veau à l'aide de pots de prélèvements fournis par le laboratoire. Il leur a été recommandé de prélever la vache le plus rapidement possible afin d'obtenir le premier colostrum et d'éviter que le veau ait bu avant la récolte. Le pot de prélèvement devait être identifié avec la date du prélèvement et le numéro de la vache. Les échantillons de colostrum devaient être congelés immédiatement dans le congélateur de l'élevage. Toutes ces recommandations apparaissaient sur le formulaire de recueil des commémoratifs (annexe 6) que l'éleveur devait compléter au fur et à mesure.

2.3.3. Prélèvements sanguins des veaux

Les prises de sang des veaux nouveau-nés étaient effectuées par le même opérateur au sein de chaque élevage (ie, le vétérinaire référent). Ce prélèvement sur tube sec était réalisé dans les 24h à 7 jours de vie de l'animal, idéalement dans les 24 à 48 premières heures. Chaque tube était identifié avec la date du prélèvement et le numéro du veau puis le vétérinaire l'acheminait jusqu'à la clinique. Un délai de 2h était recommandé entre la récolte et la centrifugation. Le sérum récolté était ensuite conservé au congélateur.

2.3.4. Acheminement des prélèvements

À l'occasion des visites des vétérinaires référents pour les prises de sang, les échantillons de colostrums congelés étaient récoltés et placés avec les tubes secs dans des glacières munies de pains de glace pour assurer leur conservation au froid négatif jusqu'au retour à la clinique. Les colostrums n'avaient donc pas le temps de décongeler pendant la durée du trajet et ils étaient immédiatement placés au congélateur à la clinique.

Deux laboratoires ont été mis à contribution pour la réalisation des analyses bactériologiques des échantillons de colostrum :

- Laboratoire Alvetys (Segré - 49) : Pour les élevages de la clinique Innovet.
- Laboratoire Vet&Sphère (Malestroit - 56) : Pour les autres élevages.

Tous les échantillons ont été acheminés congelés accompagnés de la fiche de commémoratifs. L'analyse des sérums a été centralisée au *laboratoire* Vet&Sphère de Malestroit (56) pour l'ensemble des élevages. L'acheminement des sérums s'est effectué dans les mêmes conditions que pour les colostrums.

2.4. Analyses de laboratoire

2.4.1. Analyses bactériologiques des colostrums

Après réception par les laboratoires, les échantillons de colostrums ont été décongelés à température ambiante. Après homogénéisation, les colostrums étaient prélevés afin de réaliser une série de dilution puis d'être ensemencés sur un milieu VRBL (gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre). Les boîtes de Pétri ensemencées ont ensuite été placées à l'étuve pour une incubation de 72h à 30°C pour la flore totale et de 24h à 30-37°C pour la flore coliforme. Les protocoles et principes de ces analyses bactériologiques sont résumés en annexes 8 et 9.

2.4.2. Dosage des IgG sériques

Après décongélation à température ambiante, chaque sérum a été analysé par IDR afin de connaître la concentration sérique en IgG du veau. Le kit utilisé par le laboratoire était le *ID-Ring Bov IgG[®] Test* commercialisé par la société IDbiotech. Ce kit est utilisable à la fois pour les colostrums bovins et produits dérivés, ainsi que pour les sérums et plasmas bovins. Le protocole et le principe de l'analyse par IDR sont résumés en annexe 10.

2.5. Stratégie d'analyse des données

Les données obtenues au cours de l'étude ont fait l'objet de statistiques descriptives et analytiques. Préalablement, les caractéristiques de chaque élevage étudié (race, type de traite, nombre de vêlages / an et lieu de vêlage) ont été résumées.

2.5.1. Statistiques descriptives

➤ Description des pratiques autour de la prise colostrale

Pour chaque catégorie sur laquelle les éleveurs ont été interrogés dans les questionnaires (phases 1 et 2), nous avons décrit les pratiques mises en œuvre sur le terrain (récolte, distribution, conservation et contamination du colostrum). Cela nous a permis de faire un état des lieux des habitudes avant le début de l'étude, de mettre en évidence des pratiques à risque méritant d'être revues et d'étudier les changements qui ont effectivement été réalisés lors de la seconde partie de l'étude.

➤ Description de la contamination bactérienne du matériel mesurée par ATPmétrie

Pour les deux phases de l'étude, les statistiques descriptives suivantes (moyenne, écart-type, médiane, quartiles, minimum et maximum) de la contamination de surface et du liquide de rinçage mesurée par ATPmétrie ont été décrites :

- ➔ Pour l'ensemble du matériel de l'étude.
- ➔ Pour le matériel à l'échelle de chaque élevage.

De plus, une étude comparative des résultats d'ATPmétrie obtenus lors des deux phases a été réalisée afin d'évaluer l'impact des changements de pratiques sur la contamination du matériel.

Critères de contamination via méthode d'ATPmétrie de surface (Buczinski et al, 2023)

< 1 000 URL pour des surfaces "non contaminées"

≥ 1 000 URL pour les surfaces "contaminées"

➤ Description de la contamination bactérienne du colostrum

Les statistiques descriptives suivantes (moyenne, écart-type, médiane, quartiles, minimum et maximum) ont été réalisées pour étudier les résultats des analyses bactériologiques des colostrum lors des deux phases de l'étude :

- ➔ Flores totale et coliforme pour l'ensemble des colostrums de l'étude.
- ➔ Flores totale et coliforme pour les colostrums de chaque élevage.

De plus, le nombre et la proportion de colostrums testés selon leur position par rapport aux valeurs seuils de flores totale et coliforme ont été évalués pour les deux phases.

Critères de contamination bactérienne du colostrum (Fecteau et al, 2002)

Contamination flore totale (FT) : > 100 000 ufc / mL
Contamination flore coliforme (FC) : > 10 000 ufc / mL

➤ Description des TIP mesurés par IDR

Les statistiques descriptives (moyenne, écart-type, médiane, quartiles, minimum et maximum) des concentrations sériques en IgG chez le veau ont été décrites pour les prélèvements sanguins aux cours des deux phases. De plus, la proportion d'échecs de transfert d'immunité passive a été calculée en fonction de la valeur seuil retrouvée dans la littérature : 10 g/L chez les veaux laitiers. La qualité du transfert colostrale a aussi été décrite par le classement des TIP dans les catégories de seuils définies par *Lombard et al. (2020)*. Les proportions de veaux dans chaque catégorie ont été calculées pour chaque élevage et chaque phase.

Catégories de seuils de qualité du TIP définies par Lombard et al. (2020)

Faible : [IgG] < 10 g/L
Correct : 10 < [IgG] < 17,9 g/L
Bon : 18 < [IgG] < 24,9 g/L
Excellent : [IgG] ≥ 25 g/L

2.5.2. Analyse statistique

➤ Normalisation des variables quantitatives

La normalisation des variables quantitatives a été obtenue via une transformation logarithmique (*annexe 11*). Les variables quantitatives de notre étude étaient :

- ➔ L'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage du matériel.
- ➔ Les comptages bactériens du colostrum (flores totale et coliforme).
- ➔ La concentration sérique en IgG des veaux.

➤ Analyse factorielle de données mixtes (AFDM)

Afin d'étudier la tendance de l'ensemble données de l'étude, une analyse factorielle de données mixtes (AFDM) a été réalisée par la société *INNOZH* (Ploufragan 22440). Les données ont été saisies informatiquement dans deux fichiers Excel® : un premier avec les données d'ATPmétrie puis un second avec les données de bactériologie du colostrum ainsi que les dosages sériques en IgG associés. Les analyses statistiques multivariées ont été réalisées à l'aide du logiciel RStudio®, en particulier avec les packages FactoMineR et FactoExtra. L'intérêt de l'utilisation de cette méthode statistique est d'étudier simultanément les variables quantitatives et qualitatives afin de mettre en évidence des regroupements de variables et d'établir d'éventuels liens entre elles.

Les variables qualitatives de notre étude étaient :

- ➔ Le score visuel (1, 2, 3 ou 4)
- ➔ Le type de traite (robotisée ou manuelle)

- ➔ Le type de matériel (récolte ou distribution)
- ➔ La précision sur le type de matériel (seau robot, pot de traite, seau de buvée, biberon, tétine, pot drencheur, sonde)
- ➔ L'hygiène de l'opérateur (rien, rinçage des mains à l'eau, lavage des mains au savon, port de gants jetables, port de gants réutilisable)
- ➔ L'hygiène des trayons (rien, essuyage avec du papier sec, essuyage avec une lavette humide, désinfection avec un produit de pré-trempeage, désinfection avec une lingette désinfectante, désinfection via le robot de traite)
- ➔ L'hygiène du matériel (rinçage à l'eau, rinçage + détergent, rinçage + désinfectant, protocole complet)

Les résultats de cette analyse statistique préliminaire ne seront pas détaillés dans la suite de notre rapport.

➤ Corrélations entre variables

Afin d'étudier les relations entre variables, des analyses de variances ANOVA ont été réalisées. En particulier, elles ont été utilisées pour étudier les éventuelles corrélations entre les variables quantitatives et qualitatives de l'étude. La corrélation était significative si la p-value était inférieure à 0,05. Les liens entre variables quantitatives (ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage ; comptages flores totale et coliforme) ont également été étudiées via des régressions linéaires.

3. Résultats

3.1. Descriptif de l'échantillon d'étude

Les informations obtenues pour chaque élevage sont issues des fiches commémoratives accompagnant les prélèvements colostraux et sanguins ainsi que du questionnaire rempli au début de l'étude (*annexes 1 et 6*). Elles sont résumées dans le tableau 9 ci-dessous.

Tableau 9 : Caractéristiques des 8 élevages participant à l'étude.

Élevage	Département	Type	Race	Nombre de vêlage / an	Lieu de vêlage
E1	49	Robot	Prim Holstein	82	Case individuelle
E2	49	Robot	Prim Holstein	120	Case individuelle
E3	01	Robot	Montbéliarde	110	Stabulation collective
E4	37	Robot	Prim Holstein	130	Stabulation collective
E5	49	SDT	Prim Holstein	160	Stabulation collective
E6	25	SDT	Montbéliarde	90	Case individuelle
E7	56	SDT	Prim Holstein	65	Case individuelle
E8	79	SDT	Prim Holstein	100	Stabulation collective

3.2. Description des pratiques autour de la prise colostrale

3.2.1. Description des pratiques au démarrage de l'étude

3.2.1.1. Intervention dans la prise colostrale

L'ensemble des élevages de l'étude assurent, en règle générale, la récolte et la distribution du colostrum aux veaux rapidement après la naissance. Parmi eux, la moitié déclare néanmoins ne pas le faire lorsque les vêlages ont lieu la nuit et/ou le week-end (E2, E3, E4, E5). Concernant le nombre de personnes impliquées dans les étapes de la prise colostrale, sur les sept élevages ayant répondu à cette question, plus d'une personne intervient dans cinq élevages (E3, E4, E6, E7, E8). Pour les deux autres, une seule personne est responsable.

3.2.1.2. Récolte du colostrum

Concernant les informations autour de la récolte du colostrum :

- **Délai vêlage - traite colostrale** : La majorité des élevages de l'étude (5/8) récolte le colostrum entre 1 et 3h après le vêlage. Pour les autres élevages, le délai varie entre 3 à 6h (2/8) et 6 à 12h (1/8). Les délais sont identiques pour les élevages en traite robotisée contrairement aux élevages en traite manuelle.
- **Hygiène de l'opérateur** : Dans certains élevages, aucune mesure n'est prise concernant l'hygiène de l'opérateur (3/8). Pour les autres élevages, on distingue deux mesures habituellement mises en place : le rinçage des mains à l'eau claire (3/8) et le port de gants à usage unique (2/8). C'est principalement en élevage robotisé qu'on observe l'absence de mesure hygiénique pour l'opérateur.
- **Nettoyage des trayons** : De même, aucune mesure n'est prise concernant l'hygiène des trayons dans certains élevages (3/8). Pour les autres élevages, deux mesures sont habituellement mises en œuvre : l'essuyage des trayons soit avec un papier absorbant sec jetable soit avec une lavette humide réutilisable (3/8) ou la désinfection des trayons soit via le robot de traite soit par l'application d'un produit de pré-trempage (2/8). Le nettoyage des trayons est moins fréquent en élevage robotisé.
- **Contenant de récolte / mode de traite** : Le choix du contenant de récolte est inhérent au mode de traite de chaque élevage. Pour les quatre élevages en traite robotisée, il correspond à un seau adapté au robot de traite. Dans le cas des élevages en traite manuelle, il s'agit d'un pot séparateur.
- **Hygiène du matériel de récolte** : La principale mesure hygiénique prise par les éleveurs concernant le matériel de récolte est un simple rinçage à l'eau froide ou chaude (7/8). Seulement un éleveur utilise un produit à visée anti-microbienne pour la désinfection du matériel de récolte (acide peracétique - E4). Concernant la fréquence, le nettoyage est réalisé après chaque utilisation du matériel par la majorité des élevages (7/8). Le dernier élevage ne le fait qu'1 à 2 fois par semaine.

Les pratiques autour de la récolte du colostrum sont assez similaires entre les huit élevages du point de vue de la méthode (inhérente au mode de traite), de l'hygiène du matériel (simple rinçage à l'eau) et de la fréquence de ce rinçage (après chaque utilisation). En revanche, on peut mettre en évidence trois points de divergence entre les élevages en traite robotisée et ceux en traite manuelle. D'une part, le délai de récolte est globalement plus important pour les élevages en traite manuelle. Cette divergence s'explique certainement par l'accès au poste de traite qui est disponible 24h/24h en élevage robotisé contrairement aux élevages en traite manuelle qui doivent ouvrir la salle de traite donc s'alignent sur les horaires de traite ce qui peut augmenter le délai par rapport au vêlage. D'autre part, une différence marquée concernant l'hygiène des trayons est visible. En effet, aucune mesure n'est prise pour l'hygiène des trayons avant la récolte du colostrum dans 3 des 4 élevages robotisés. En effet, il implique une programmation spécifique du robot qui n'est pas toujours réalisée en pratique. De plus, selon le rang de lactation, certains éleveurs choisissent de ne pas activer l'option de nettoyage des trayons pour ne pas effrayer les génisses lors de leur première lactation et généralisent finalement cette pratique à l'ensemble du troupeau. Enfin, l'absence de mesure concernant l'hygiène de l'opérateur se retrouve dans 3 des 4 élevages robotisés. En traite robotisée, les éleveurs peuvent intervenir à tout moment pour envoyer une vache fraîche vêlée au robot ce qui peut expliquer l'absence de réflexe concernant l'hygiène des mains contrairement aux éleveurs en traite manuelle qui ont accès à l'eau et aux produits en salle de traite.

3.2.1.3. Distribution du colostrum

Concernant les informations autour de la distribution du colostrum :

- **Délai récolte - distribution 1ère buvée** : La distribution de la première buvée s'effectue dans les 30 minutes après la récolte pour la majorité des élevages de l'étude (6/8). Pour les autres (2/8), elle a lieu entre 30 minutes et 3h après la récolte.
- **Étapes entre la récolte et la distribution** : Pour la majorité des élevages (5/8), le colostrum passe dans 2 récipients entre la récolte et la distribution. C'est-à-dire qu'il est d'abord récolté dans un récipient puis transféré dans le contenant servant à la distribution au veau. Parmi ces élevages, deux peuvent utiliser un troisième récipient, en particulier lorsque le veau a du mal à boire et qu'il est nécessaire de transférer le colostrum dans le pot drencher afin de le sonder. Pour les autres élevages (3/8), 3 récipients sont utilisés habituellement.
- **Modalité de distribution** : La modalité de distribution la plus utilisée est le biberon (4/8) suivi du seau de buvée (3/8) et enfin de la sonde (1/8). A noter que la sonde est parfois utilisée en deuxième intention dans trois élevages lorsque le veau n'arrive pas à boire seul.
- **Nettoyage du matériel de distribution** : Parmi les huit élevages de l'étude, deux procèdent différemment pour le nettoyage du matériel de distribution par rapport à celui de récolte. On retrouve donc trois pratiques habituelles : rinçage à l'eau uniquement (5/8), rinçage à l'eau + détergent (1/8) et rinçage à l'eau + désinfectant (2/8). La fréquence de nettoyage est identique à celle du matériel de récolte pour l'ensemble des élevages.

Contrairement à l'étape de récolte, on n'observe pas de différence marquée entre les pratiques des élevages en traite robotisée et ceux en traite manuelle pour l'étape de distribution.

Tableau 10 : Variables qualitatives de l'étude associées à leurs modalités et aux élevages les respectant pour la phase 1.

Variables qualitatives	Modalités associées
Récolte du colostrum	
<i>Mode de traite</i>	Traite robotisée (E1 - E2 - E3 - E4) Traite manuelle (E5 - E6 - E7 - E8)
<i>Délai vêlage - traite colostrale</i>	1 - 3h (E1 - E2 - E3 - E4 - E6) 3 - 6h (E7 - E8) 6 - 12h (E5)
<i>Hygiène de l'opérateur</i>	Aucune mesure (E2 - E4) Rinçage des mains à l'eau (E3 - E6 - E7 - E8) Port de gants jetables ou réutilisables (E1 - E5)
<i>Hygiène des trayons</i>	Aucune mesure (E2 - E3 - E4) Essuyage avec un papier sec jetable ou une lavette humide réutilisable (E5 - E6 - E8) Désinfection via le robot de traite ou un produit de pré-trempage (E1 - E7)
<i>Type de matériel de récolte</i>	Seau adapté au robot (E1 - E2 - E3 - E4) Pot trayeur (E5 - E6 - E7 - E8)
<i>Hygiène du matériel de récolte</i>	Rinçage à l'eau (E1 - E2 - E3 - E5 - E6 - E7 - E8) Rinçage à l'eau + désinfection (E4)
<i>Fréquence de nettoyage du matériel de récolte</i>	Après chaque utilisation (E1 - E2 - E4 - E5 - E6 - E7 - E8) 1 à 2 fois par semaine (E3)
Distribution du colostrum	
<i>Délai récolte - distribution</i>	< 30 min (E1 - E2 - E4 - E5 - E6 - E7) 30 min - 3h (E3 - E8)
<i>Nombre de contenant utilisés entre la récolte et la distribution</i>	2 (E1 - E2 - E4 - E5 - E6) 3 (E3 - E7 - E8)
<i>Type de matériel de distribution</i>	Seau de buvée (E2 - E5 - E8) Sonde de drenchage (E4) Biberon (E1 - E3 - E6 - E7)
<i>Hygiène du matériel de distribution</i>	Rinçage à l'eau (E3 - E5 - E6 - E7 - E8) Rinçage à l'eau + détergent (E1) Rinçage à l'eau + désinfectant (E2 - E4)
<i>Fréquence de nettoyage du matériel de distribution</i>	Après chaque utilisation (E1 - E2 - E4 - E5 - E6 - E7 - E8) 1 à 2 fois par semaine (E3)

3.2.1.4. Conservation du colostrum

Quelques questions à propos du stockage du colostrum ont également été posées. Sur les huit éleveurs de l'étude, cinq ont l'habitude de conserver du colostrum. Parmi eux, trois le conservent exclusivement dans le but de créer une banque de colostrum, un le conserve afin de le distribuer au veau lors d'une seconde buvée et le dernier le conserve pour ces deux raisons. Concernant la modalité de stockage, tous utilisent la congélation que ce soit à court (distribution pour une seconde buvée) ou à long terme (banque de colostrum). La réfrigération est aussi utilisée dans deux élevages pour une conservation à court terme (distribution pour une seconde buvée). Le stockage se fait exclusivement dans des bouteilles en plastique pour l'ensemble des élevages. Enfin, le réchauffage s'effectue au bain-marie en respectant la température recommandée de 40°C pour trois des élevages tandis que deux des élevages dépassent les 60°C.

3.2.1.5. Connaissances sur la contamination bactérienne du colostrum

Seulement deux éleveurs sur huit ont déjà suspecté avoir distribué un colostrum contaminé à leurs veaux. Les raisons invoquées sont un défaut de propreté du biberon pour l'un des élevages et un problème au niveau de la tuyauterie du robot de traite pour l'autre élevage. De plus, parmi les huit éleveurs, seulement trois connaissent l'existence de traitements anti-microbiens du colostrum (que ce soit la pasteurisation ou l'ajout de conservateurs) mais aucun n'en met en place dans son élevage. S'ils avaient des problèmes de colostrums contaminés, cinq éleveurs seraient prêts à mettre en place une de ces techniques. Parmi les critères influençant le plus le choix de mise en place d'un de ces traitements, le temps de travail supplémentaire est celui qui aurait le plus d'importance, peu devant le coût d'achat du matériel et la facilité d'utilisation.

3.2.2. Description des changements de pratiques

Les principaux changements qui ont été effectués concernaient l'hygiène des trayons, de l'opérateur ainsi que du matériel. Le protocole de nettoyage appliqué par les éleveurs en phase 2 était identique pour le matériel de récolte et de distribution. Les mesures mises en place par chaque élevage lors de la phase 2 sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Variables qualitatives de l'étude, associées à leurs modalités et aux élevages les respectant pour la phase 2.

Variables qualitatives	Modalités associées
Récolte du colostrum	
<i>Hygiène de l'opérateur</i>	Aucune mesure (E3 - E4) Rinçage des mains à l'eau (E8) Port de gants jetables ou réutilisables (E2 - E5 - E6) Lavage des mains au savon (E1 - E7)
<i>Hygiène des trayons</i>	Aucune mesure (E2 - E3 - E4) Essuyage avec un papier sec jetable ou une lavette humide réutilisable (E5 - E6 - E8) Désinfection via le robot de traite ou un produit de pré-trempage (E1 - E7)

<i>Hygiène du matériel de récolte</i>	Rinçage à l'eau (E3) Rinçage à l'eau + détergent (E4) Rinçage à l'eau + désinfectant (E1 - E5) Protocole complet (E2 - E6 - E7 - E8)
<i>Fréquence de nettoyage du matériel de récolte</i>	Après chaque utilisation (<i>tous les élevages</i>)
Distribution du colostrum	
<i>Type de matériel de distribution</i>	Seau de buvée (E2 - E5 - E8) Biberon (E1 - E3 - E6 - E7) Sonde de drençage (E4)
<i>Hygiène du matériel de distribution</i>	Pareil que pour le matériel de récolte.
<i>Fréquence de nettoyage du matériel de distribution</i>	Après chaque utilisation (<i>tous les élevages</i>)

3.3. Contamination bactérienne du matériel mesurée par ATPmétrie

3.3.1. Analyse descriptive à l'échelle des 8 élevages

Les contaminations moyennes de surface et du liquide de rinçage de l'ensemble du matériel à l'échelle des 8 élevages sont respectivement de **125421** ± 173472 URL et **55023** ± 79568 URL pour la phase 1. Pour la phase 2, elles sont respectivement de **57235** ± 106084 URL et **4456** ± 10735 URL. Les statistiques descriptives correspondantes sont détaillées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Statistiques descriptives des valeurs d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage du matériel dans les 8 élevages en phases 1 et 2.

ATPmétrie (URL)	Phase 1		Phase 2	
	<i>Surface</i>	<i>Liquide</i>	<i>Surface</i>	<i>Liquide</i>
<i>Minimum</i>	225	42	8	0,5
<i>Q1</i>	10531	1968	329	57
<i>Médiane</i>	52347	22768	2471	209
<i>Q3</i>	157658	61353	86737	1354
<i>Maximum</i>	768631	296232	465224	50861
<i>Moyenne</i>	125421	55023	57235	4456
<i>Ecart-type</i>	173472	79568	106084	10735
<i>Effectifs</i>	39		27	

La distribution des résultats globaux d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage pour les deux phases de l'étude sont présentés dans la figure 13.

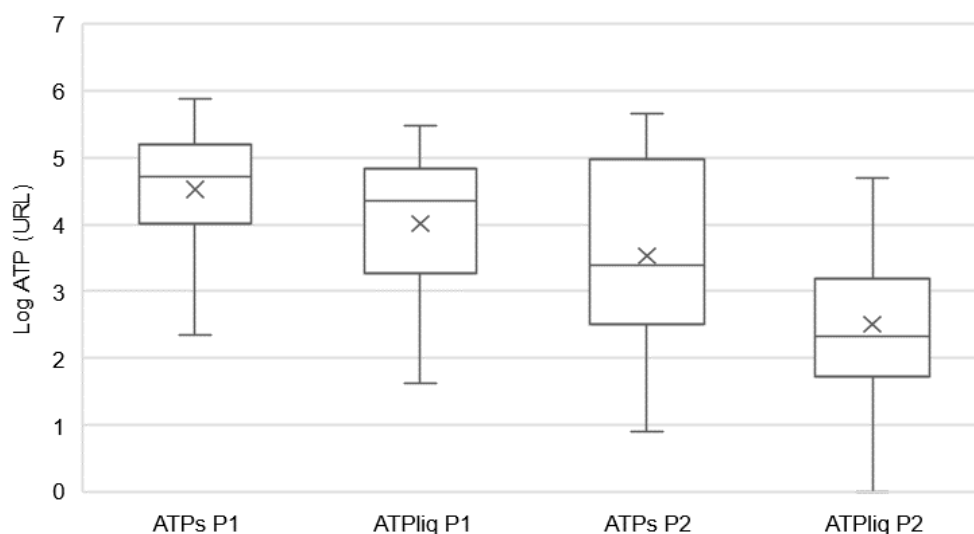


Figure 13 : Distribution des mesures d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage du matériel à l'échelle des 8 élevages en phases 1 et 2 (ATPs : surface ; ATPliq : liquide ; P1 : phase 1 ; P2 : phase 2).

3.3.2. Analyse descriptive à l'échelle de chaque élevage

➤ Phase 1

Les statistiques descriptives de la contamination de surface du matériel pour chaque élevage en phase 1 sont présentées dans le tableau 13.

Tableau 13 : Statistiques descriptives des mesures d'ATPmétrie de surface du matériel mesurée par ATPmétrie dans chaque élevage en phase 1.

ATPmétrie Surface Phase 1 (URL)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
<i>Minimum</i>	21345	10194	125308	484	69107	225	15595	415
<i>Q1</i>	21756	10868	138382	571	79981	5092	20552	1804
<i>Médiane</i>	32965	24521	213784	9044	154110	29531	90798	7106
<i>Q3</i>	56840	68325	405778	350686	305372	78831	175302	14417
<i>Maximum</i>	95245	205340	768631	469504	393009	158281	521182	68211
<i>Moyenne</i>	45630	63850	330377	166058	200316	54392	153163	16621
<i>Ecart-type</i>	34725	82572	300778	226727	143177	73040	194759	25947
<i>Effectif</i>	4	5	4	5	5	4	6	6

La distribution des résultats d'ATPmétrie de surface dans ces élevages en phase 1 est présentée dans la figure 14.

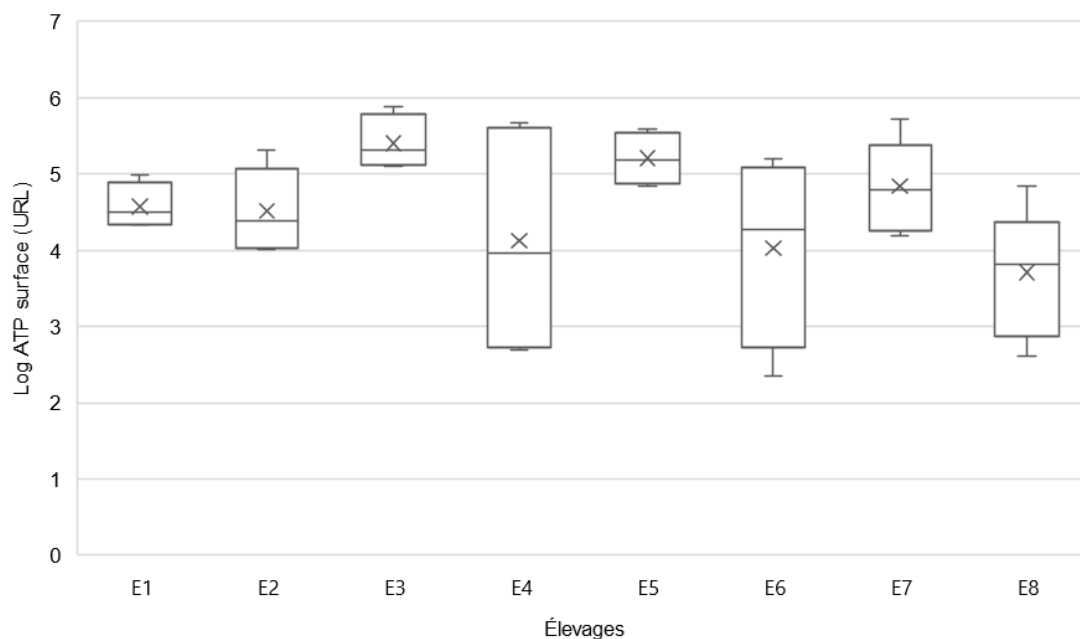


Figure 14 : Distribution des mesures d'ATPmérie de surface du matériel dans chaque élevage en phase 1.

Les statistiques descriptives de la contamination du liquide de rinçage du matériel pour chaque élevage en phase 1 sont présentées dans le tableau 14.

Tableau 14 : Statistiques descriptives des mesures d'ATPmérie du liquide de rinçage du matériel dans chaque élevage en phase 1.

ATP métrie Liquide Phase 1 (URL)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
<i>Minimum</i>	16181	2088	4552	42	11912	661	124	274
<i>Q1</i>	37073	40318	20285	127	22768	918	322	728
<i>Médiane</i>	57203	108045	26479	6950	34837	3770	1680	3516
<i>Q3</i>	116281	163655	53525	19172	55082	78960	32344	52015
<i>Maximum</i>	254017	222877	131813	41018	132836	296232	44639	239979
<i>Moyenne</i>	96151	107396	47331	13462	51487	76108	15093	52544
<i>Ecart-type</i>	107544	57267	57267	17264	48215	146774	21956	95528
<i>Effectif</i>	4	5	4	5	5	4	6	6

La distribution des résultats d'ATPmérie du liquide de rinçage dans ces élevages en phase 1 est présentée dans la figure 15.

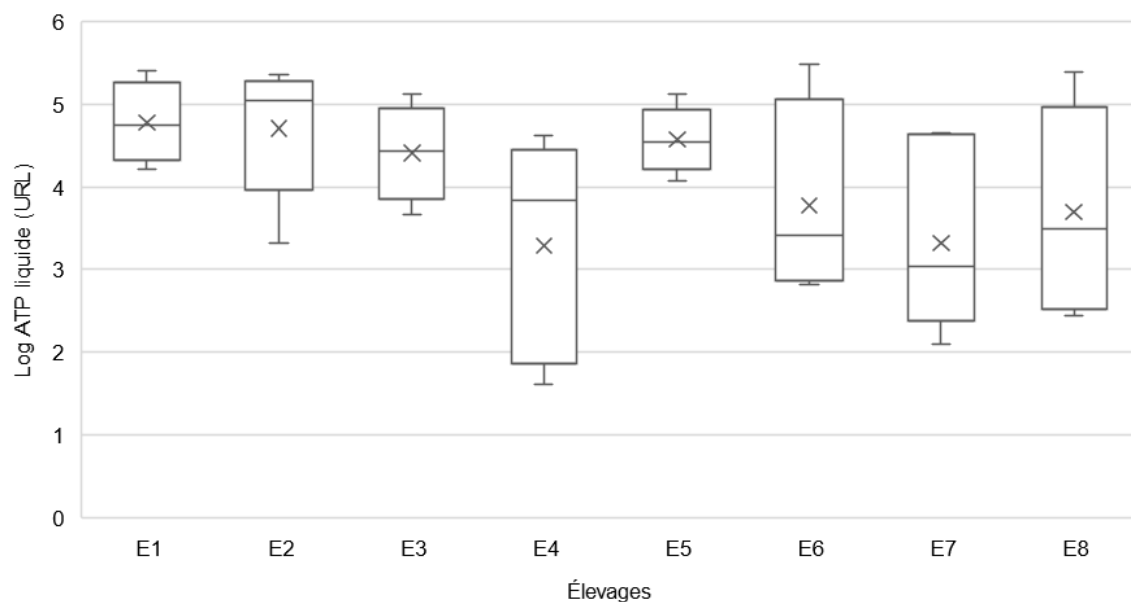


Figure 15 : Distribution des mesures d'ATPmètre du liquide de rinçage du matériel dans chaque élevage en phase 1.

➤ **Phase 2**

Les statistiques descriptives de la contamination de surface du matériel pour chaque élevage en phase 2 sont présentées dans le tableau 15.

Tableau 15 : Statistiques descriptives des mesures d'ATPmètre de surface du matériel dans chaque élevage en phase 2.

ATPmètre Surface Phase 2 (URL)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
<i>Minimum</i>	8	316	30160	342	2471	151	71	78
<i>Q1</i>	24	323	79724	1930	3065	1190	114	176
<i>Médiane</i>	40	330	119376	19482	3659	2229	674	274
<i>Q3</i>	8531	337	171683	208359	51261	47990	1552	372
<i>Maximum</i>	17023	345	465224	225707	98864	93751	2550	471
<i>Moyenne</i>	5690	330	173233	91164	34998	32043	992	274
<i>Ecart-type</i>	9814	20	171301	115311	55313	53450	1165	278
<i>Effectif</i>	3	2	5	5	3	3	4	2

La distribution des résultats d'ATPmètre de surface dans ces élevages en phase 2 est présentée dans la figure 16.

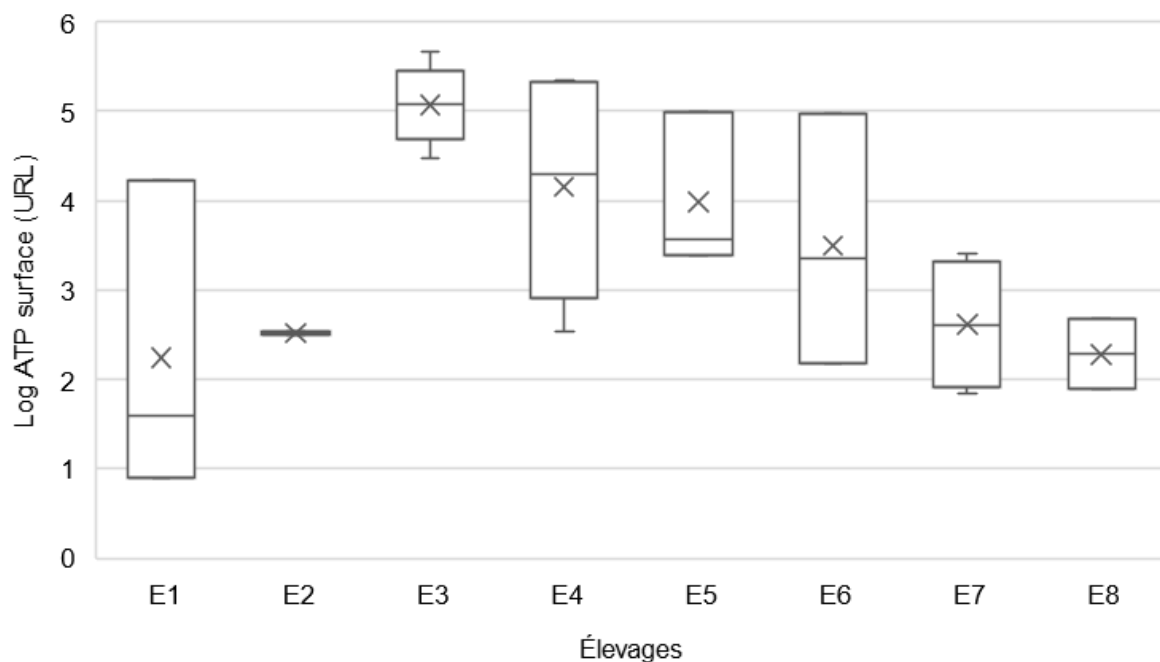


Figure 16 : Distribution des mesures d'ATPmétrie de surface du matériel dans chaque élevage en phase 2.

Les statistiques descriptives de la contamination du liquide de rinçage du matériel pour chaque élevage en phase 2 sont présentées dans le tableau 16.

Tableau 16 : Statistiques descriptives des mesures d'ATPmétrie du liquide de rinçage du matériel dans chaque élevage en phase 2.

ATPmétrie Liquide Phase 2 (URL)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Minimum	0,5	33	690	59	204	144	9	38
Q1	26	44	11331	209	265	153	9	103
Médiane	52	55	14156	740	327	161	32	169
Q3	808	66	21788	1144	379	2843	68	235
Maximum	1564	77	50861	10301	432	5525	111	301
Moyenne	539	55	19765	2491	321	1943	46	169
Ecart-type	888	31	18957	4387	114	3102	48	186
Effectif	3	2	5	5	3	3	4	2

La distribution des résultats d'ATPmétrie du liquide de rinçage dans ces élevages en phase 2 est présentée dans la figure 17.

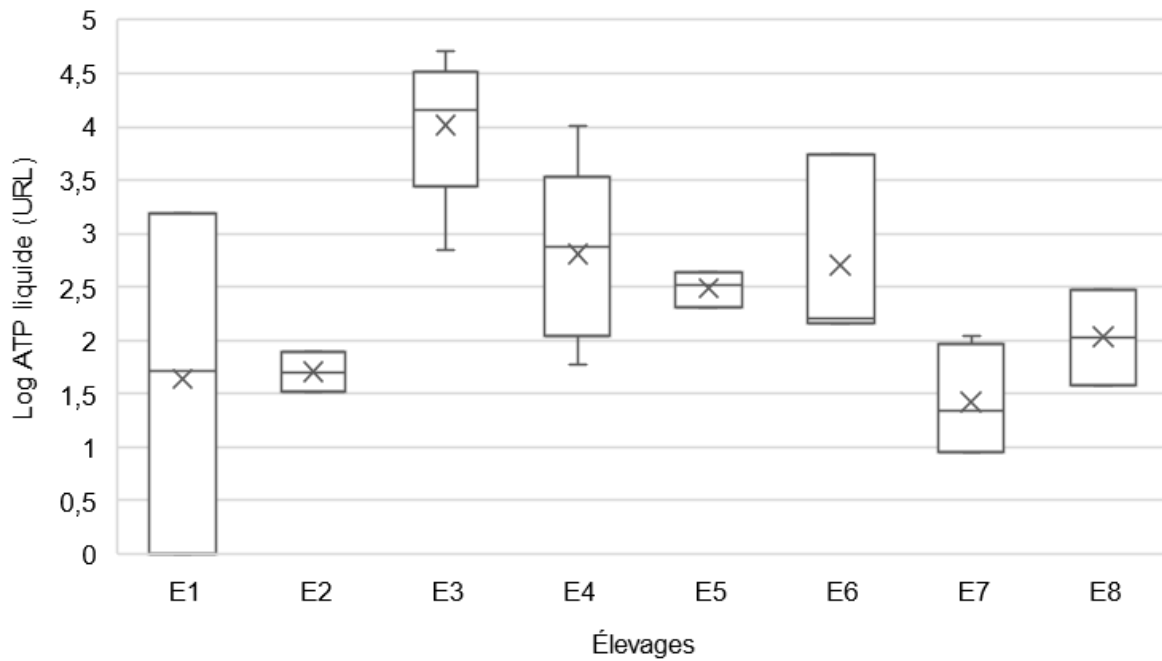


Figure 17 : Distribution des mesures d'ATPmétrie du liquide de rinçage du matériel dans chaque élevage en phase 2.

3.3.3. Corrélations impliquant les mesures d'ATPmétrie

Une transformation logarithmique en base 10 des données d'ATPmétrie donne une distribution acceptable pour pouvoir traiter ces données avec des tests paramétriques par la suite (*annexe 11*).

3.3.3.1. Corrélation entre ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage

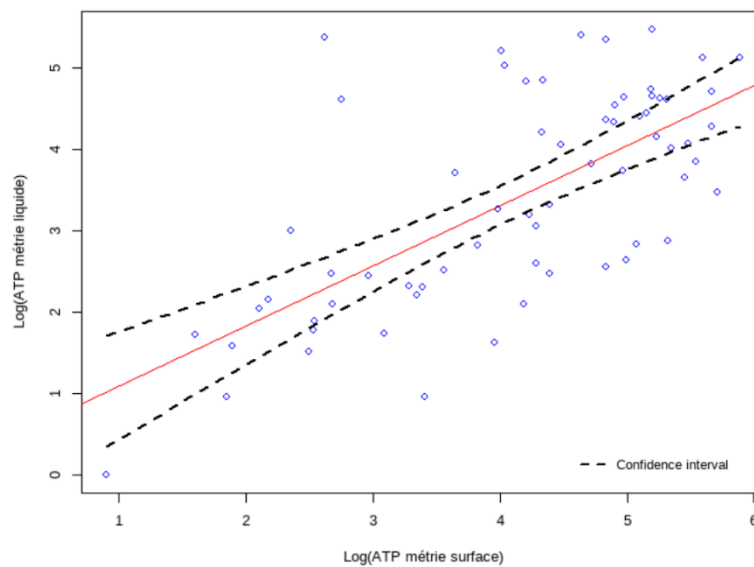


Figure 18 : Régression linéaire entre ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage.

L'application d'une régression linéaire entre les données d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage permet de quantifier l'influence de l'une sur l'autre (*figure 18*). **Il existe une corrélation significative entre ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage** (p -value < 0,05). Avec un $R^2 = 0.46$, on peut néanmoins dire que cette corrélation est modérée.

3.3.3.2. Corrélation entre ATPmétrie et score visuel

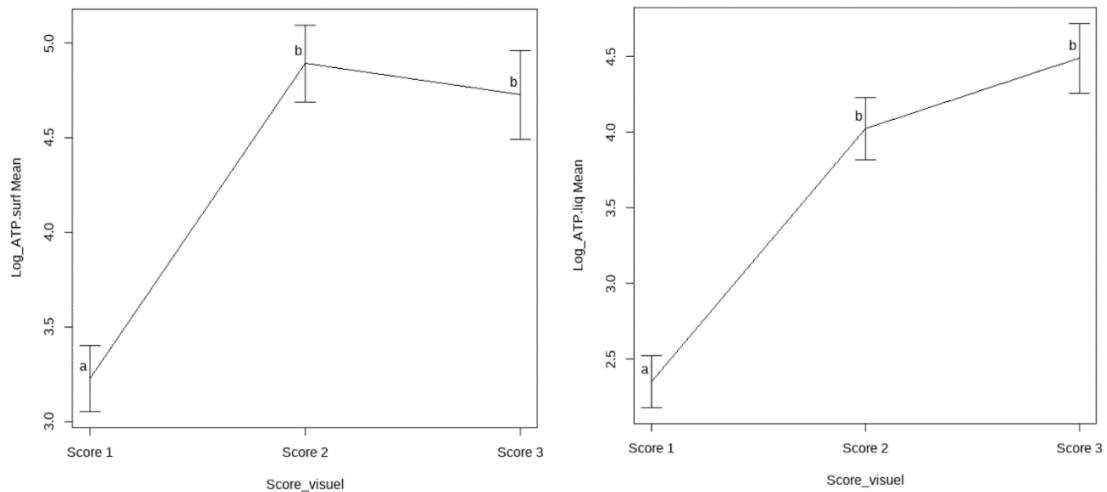


Figure 19 : Valeurs d'ATPmétrie de surface (à gauche) et du liquide de rinçage (à droite) en fonction du score visuel.

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il existe une corrélation significative entre score visuel et ATPmétrie (p -value < 0,05). **Les valeurs d'ATPmétrie associées au score visuel 1 sont significativement différentes de celles associées aux scores visuels 2 et 3** (*figure 19*). Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs d'ATPmétrie correspondantes aux scores 2 et 3. Cela montre les limites du score visuel pour évaluer la propreté du matériel : au-delà d'une note de 2, l'attribution est subjective et non discriminante.

3.3.3.3. Corrélation entre ATPmétrie et hygiène de l'opérateur

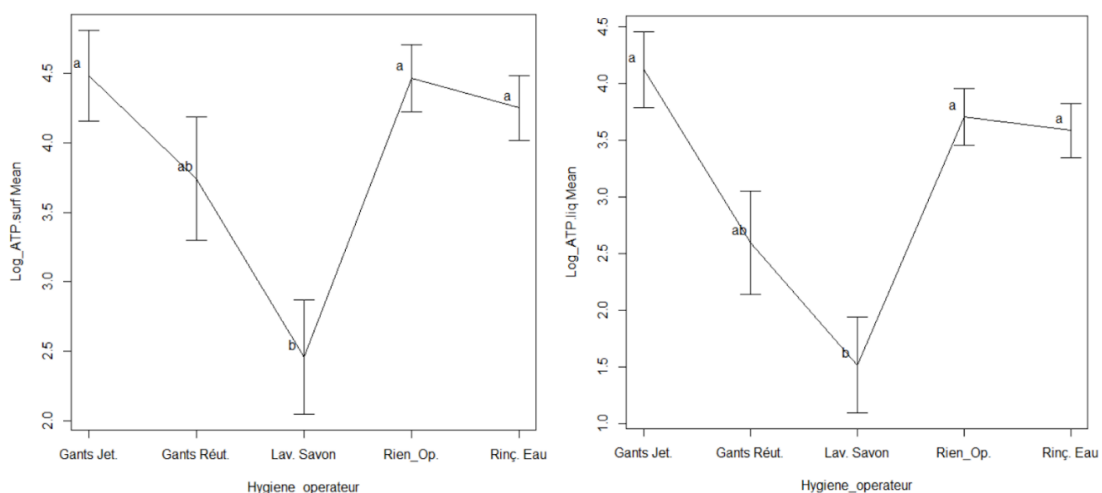


Figure 20 : Valeurs d'ATPmétrie de surface (à gauche) et du liquide de rinçage (à droite) en fonction de l'hygiène de l'opérateur.

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il existe une corrélation significative entre les valeurs d'ATPmétrie et l'hygiène de l'opérateur (p -value < 0,05). **Les valeurs d'ATPmétrie les plus basses sont corrélées avec la réalisation d'un lavage des mains de l'opérateur au savon** (figure 20). Pour les autres facteurs (port de gants jetables ou réutilisables, rinçage des mains à l'eau ou absence de précautions), les valeurs d'ATPmétrie sont plus élevées mais il n'y a pas de différence significative entre ces facteurs.

3.3.3.4. Corrélation entre ATPmétrie et hygiène du matériel

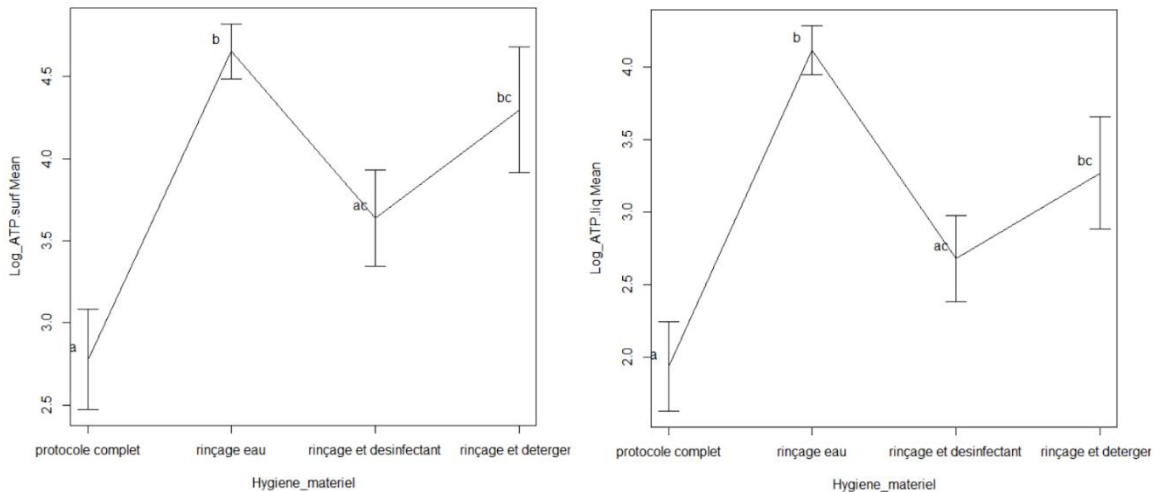


Figure 21 : Valeurs d'ATPmétrie de surface (à gauche) et du liquide de rinçage (à droite) en fonction de l'hygiène du matériel.

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il existe une corrélation significative entre les valeurs d'ATPmétrie et l'hygiène du matériel (p -value < 0,05). **Les valeurs d'ATP métrie les plus basses sont corrélées avec l'application du protocole complet de nettoyage / désinfection** (figure 21). De manière croissante, on retrouve ensuite les valeurs d'ATPmétrie liées au facteur "rinçage et désinfection" puis "rinçage et détergent", sans différence significative. Enfin, les valeurs d'ATPmétrie les plus élevées sont obtenues pour un "simple rinçage à l'eau".

3.3.3.5. Corrélations entre ATPmétrie et les autres variables de l'étude

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il n'existe pas de corrélation significative (p -value > 0,05) entre les données d'ATPmétrie et les facteurs suivants : "hygiène des trayons", "type de matériel" et "mode de traite".

3.3.4. Effets des changements de pratiques sur les résultats d'ATPmétrie

3.3.4.1. Analyse descriptive

Globalement, la valeur moyenne d'ATPmétrie de surface pour l'ensemble du matériel prélevé dans les 8 élevages est passée de **125421** à **57235** URL (-54,7%) entre les 2 phases. Pour le liquide de rinçage, de **55023** à **4456** URL (-92%). On observe donc une diminution des valeurs moyennes compatibles avec une baisse de la contamination de surface et du liquide de rinçage du matériel entre les deux phases.

Le tableau 17 montre les pourcentages de variation des valeurs moyennes d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage de l'ensemble du matériel dans chaque élevage entre les deux phases. On observe également une diminution des valeurs moyennes pour chaque élevage. De plus, lorsque l'on compare les valeurs atteintes avec la valeur seuil d'ATPmétrie de surface utilisée par *Buczinski et al (2023)*, on observe que 3 élevages sont passés en dessous des 1000 URL (E2, E7 et E8) signifiant une contamination négligeable du matériel.

Tableau 17 : Valeurs moyennes d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage pour chaque phase et leur pourcentage d'évolution pour chaque élevage.

ATPmétrie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Surface								
<i>Moyenne Phase 1 (URL)</i>	45630	63850	330377	166058	200316	54392	153163	16621
<i>Moyenne Phase 2 (URL)</i>	5690	330	173233	91164	34998	32043	992	274
<i>Pourcentage de variation (%)</i>	-87,5	-99,5	-47,5	-45,1	-82,5	-56	-99,6	-98
Liquide de rinçage								
<i>Moyenne Phase 1 (URL)</i>	96151	107396	47331	13462	51487	76108	15093	52544
<i>Moyenne Phase 2 (URL)</i>	539	55	19765	2491	321	1943	46	169
<i>Pourcentage de variation (%)</i>	-99,5	-99,9	-58,2	-81,5	-99,3	-97,5	-99,7	-99,7

3.3.4.2. Analyse statistique

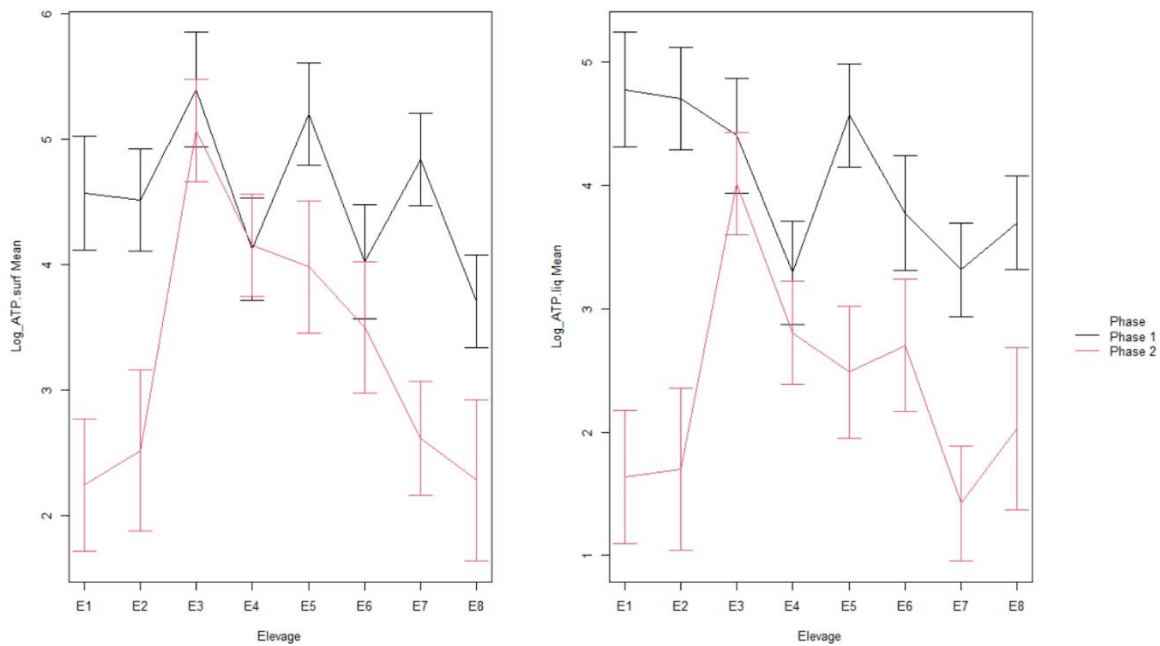


Figure 22 : Évolution des valeurs moyennes d'ATPmétrie de surface (à gauche) et du liquide de rinçage (à droite) par élevage pour chaque phase de l'étude.

Les valeurs moyennes d'ATPmétrie (surface et liquide de rinçage) ont diminué pour l'ensemble des élevages entre les phases 1 et 2. Une analyse ANOVA montre que la diminution est clairement significative pour 5 élevages (E1, E2, E5, E7 et E8) pour lesquels p-value < 0,05. L'évolution est variable selon les élevages montrant un effet élevage-dépendant, certainement lié aux différentes pratiques mises en œuvre.

3.4. Contamination du colostrum évaluée par analyse bactériologique

3.4.1. Analyse descriptive à l'échelle des 8 élevages

Les concentrations moyennes en flore totale et flore coliforme des colostrums prélevés lors de la phase 1 sont respectivement de **3448150 ± 11033937 ufc/mL** et **83518 ± 410922 ufc/mL**. Pour la phase 2, elles sont respectivement de **223668 ± 657341 ufc/mL** et de **610 ± 2096 ufc/mL**. Les statistiques descriptives correspondantes sont détaillées dans le tableau 18.

Tableau 18 : Statistiques descriptives des comptages bactériens (FT et FC) dans les 8 élevages de l'étude en phases 1 et 2.

Concentration bactérienne colostrale (ufc/mL)	Phase 1		Phase 2	
	Flore totale	Flore coliforme	Flore totale	Flore coliforme
Minimum	1600	10	100	10
Q1	48750	100	8800	10
Médiane	318000	100	32500	40
Q3	993750	1928	182000	401
Maximum	53000000	2500000	4100000	13000
Moyenne	3448150	83518	223668	610
Ecart-type	11033937	410922	657341	2096
Effectifs	38		40	

La distribution des résultats globaux de comptages bactériens du colostrum pour les deux phases de l'étude sont présentés dans la figure 23.

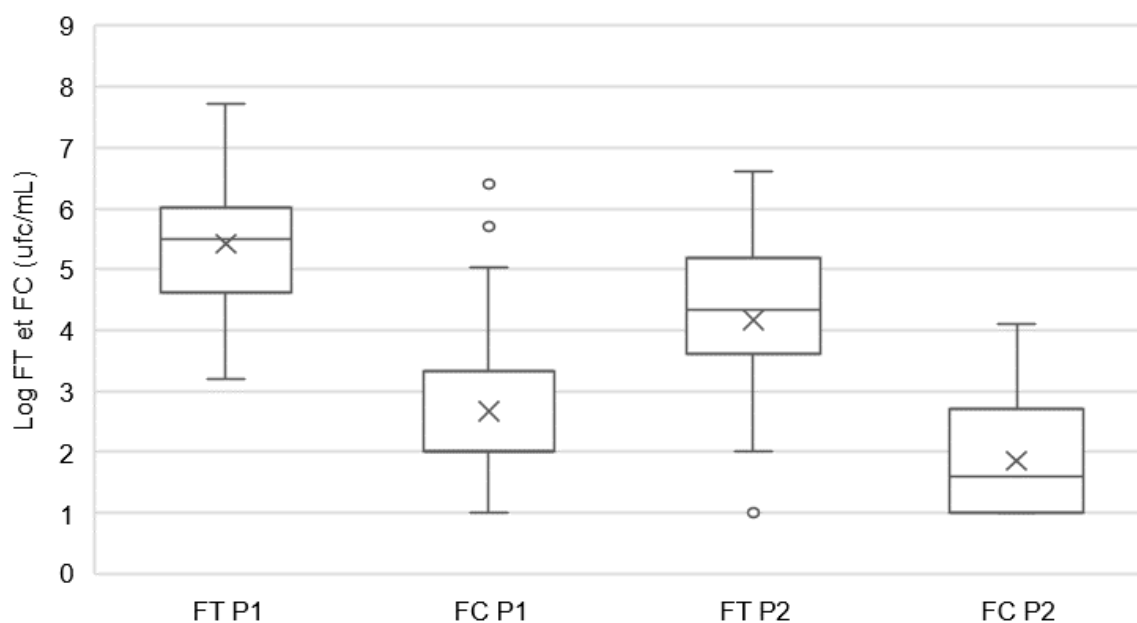


Figure 23 : Distribution des comptages bactériens (FT et FC) mesurés dans les 8 élevages en phases 1 et 2 (P1 : phase 1 ; P2 : phase 2).

3.4.2. Analyse descriptive à l'échelle de chaque élevage

➤ Phase 1

Les statistiques descriptives des comptages en flore totale du colostrum pour chaque élevage en phase 1 sont résumées dans le tableau 19. Nous retiendrons surtout les valeurs moyennes propres à chaque élevage afin de les comparer à celles obtenues lors de la phase 2. Pour information, seulement 3 échantillons ont été analysés pour l'élevage E3 car parmi les 5 échantillons envoyés au laboratoire, 2 n'avaient pas été congelés ce qui ne respectait pas le protocole imposé.

Tableau 19 : Statistiques descriptives du comptage de flore totale dans chaque élevage en phase 1.

FT (ufc/mL)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
<i>Min</i>	12000	33000	372000	1600	975000	93000	7600	1900
<i>Q1</i>	590000	44000	22686000	17200	1975000	168000	212000	4600
<i>Méd</i>	640000	206000	45000000	63000	2790000	180000	316000	20800
<i>Q3</i>	940000	502000	49000000	204000	3900000	320000	795000	32000
<i>Max</i>	1680000	1260000	53000000	208000	7150000	416000	5900000	1000000
<i>Moy</i>	772400	409000	32790667	98760	3358000	235400	1446120	211860
<i>Ecart-type</i>	608448	512021	28358904	100474	2376291	130061	2506520	440754
<i>Effectif</i>	5	5	3	5	5	5	5	5

La distribution des comptages de flore totale dans ces élevages en phase 1 est présentée dans la figure 24.

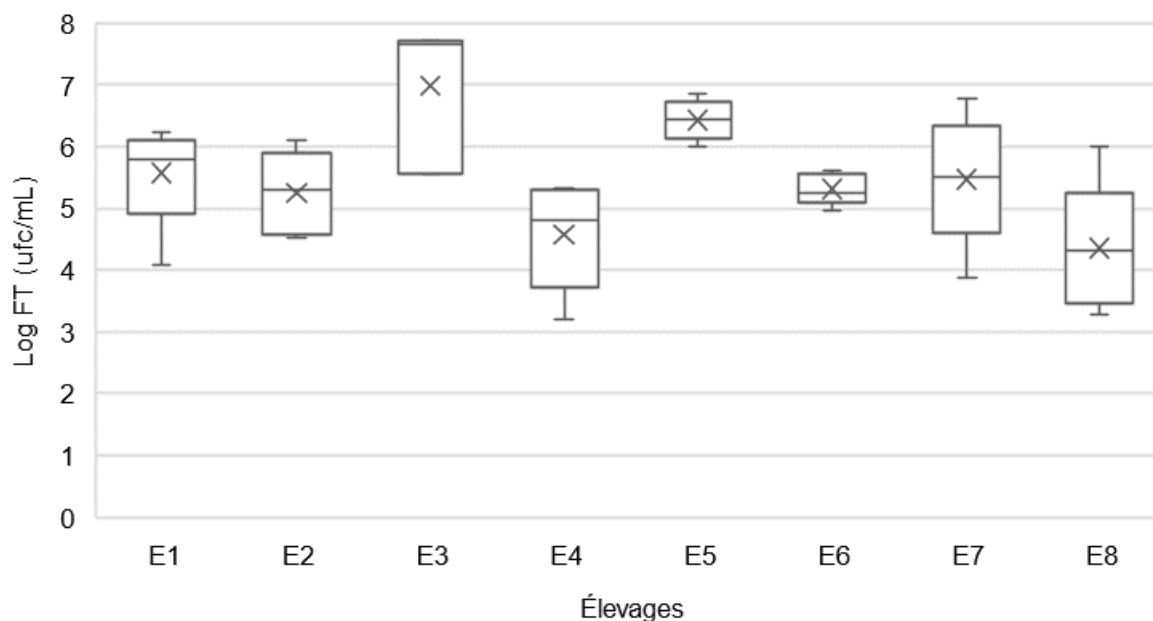


Figure 24 : Distribution des comptages de flore totale dans chaque élevage en phase 1.

Les statistiques descriptives des comptages de flore coliforme dans le colostrum pour chaque élevage en phase 1 sont résumées dans le tableau 20.

Tableau 20 : Statistiques descriptives des comptages de flore coliforme par élevage en phase 1.

FC (ufc/mL)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
<i>Min</i>	570	10	10	100	875	100	100	100
<i>Q1</i>	600	10	250005	200	1710	100	100	100
<i>Méd</i>	1500	10	500000	700	6950	100	100	100
<i>Q3</i>	8000	10	1500000	1200	11100	100	100	100
<i>Max</i>	110000	40	2500000	2000	20000	100	4000	2800
<i>Moy</i>	24134	16	1000003	840	8127	100	880	640
<i>Ecart-type</i>	48101	13	1322872	783	7826	0	1744	1207
<i>Effectif</i>	5	5	3	5	5	5	5	5

La distribution des comptages de flore coliforme dans ces élevages en phase 1 est présentée dans la figure 25.

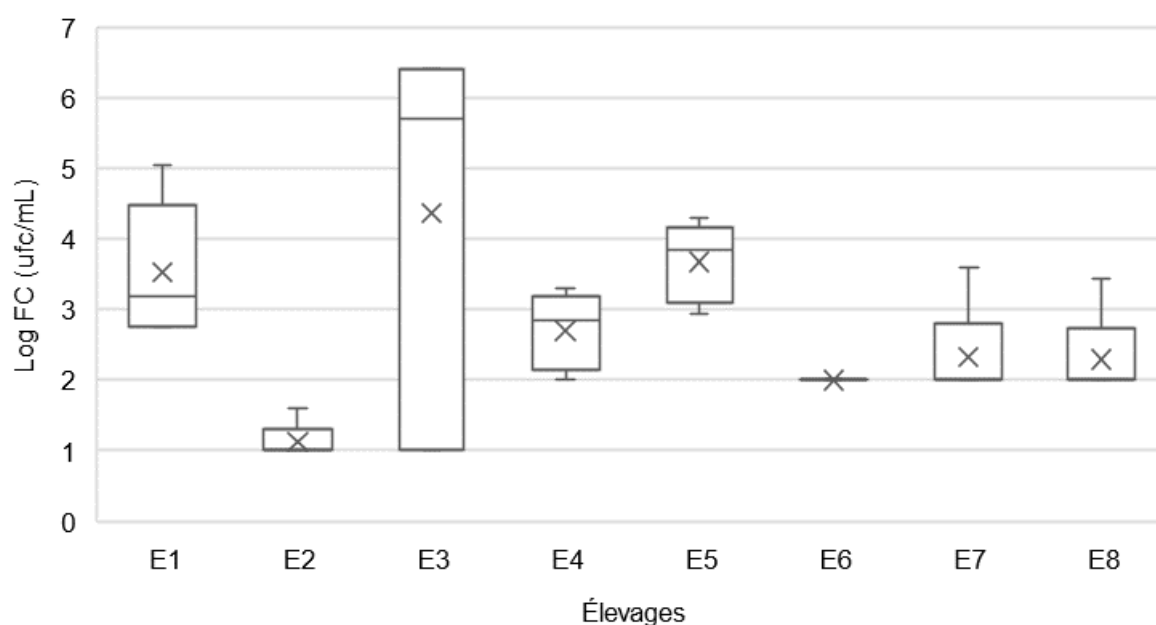


Figure 25 : Distribution des comptages de flore coliforme dans chaque élevage en phase 1.

Les résultats bactériologiques des colostrums de la phase 1 montrent que la majorité des échantillons (**68,4%**) se situent au-dessus de la valeur seuil de 100000 ufc/mL pour la flore totale ce qui signifie qu'ils sont fortement contaminés. On n'observe pas de différence significative entre les élevages en traite robotisée (67% > 100000 ufc/mL) et ceux en traite manuelle (70% > 100000 ufc/mL). Du point de vue de la flore coliforme, seulement **13,1%** des échantillons se situent au-dessus de la valeur seuil de 10000 ufc/m (*tableau 21*).

Tableau 21 : Nombre et proportions de colostrums testés selon leur position par rapport aux valeurs seuils de FT et FC pour la phase 1.

Concentration bactérienne - Phase 1 (ufc/mL)	Flore totale			Flore coliforme		
	> 100 000	≤ 100 000	Total	> 10 000	≤ 10 000	Total
Effectif	26	12	38	5	33	38
Pourcentage	68,4%	31,6%	100%	13,1%	86,8%	100%

➤ Phase 2

Les statistiques descriptives des comptages de flore totale dans le colostrum pour chaque élevage en phase 2 sont résumées dans le tableau 22.

Tableau 22 : Statistiques descriptives du comptage de flore totale dans chaque élevage en phase 2.

FT (ufc/mL)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Min	5000	1700	27000	150000	135000	100	4000	4000
Q1	9000	7400	32000	188000	315000	1100	17000	14800
Méd	13000	8200	48600	196000	410000	1400	27000	34000
Q3	15000	11000	103000	320000	835000	7400	288000	36000
Max	180000	12000	133000	660000	4100000	33000	520000	44000
Moy	44400	8060	68720	302800	1159000	8600	171200	26560
Ecart-type	75900	4033	46906	109655	1664059	13939	227942	16552
Effectif	5	5	5	5	5	5	5	5

La distribution des comptages de flore totale dans ces élevages en phase 2 est présentée dans la figure 26.

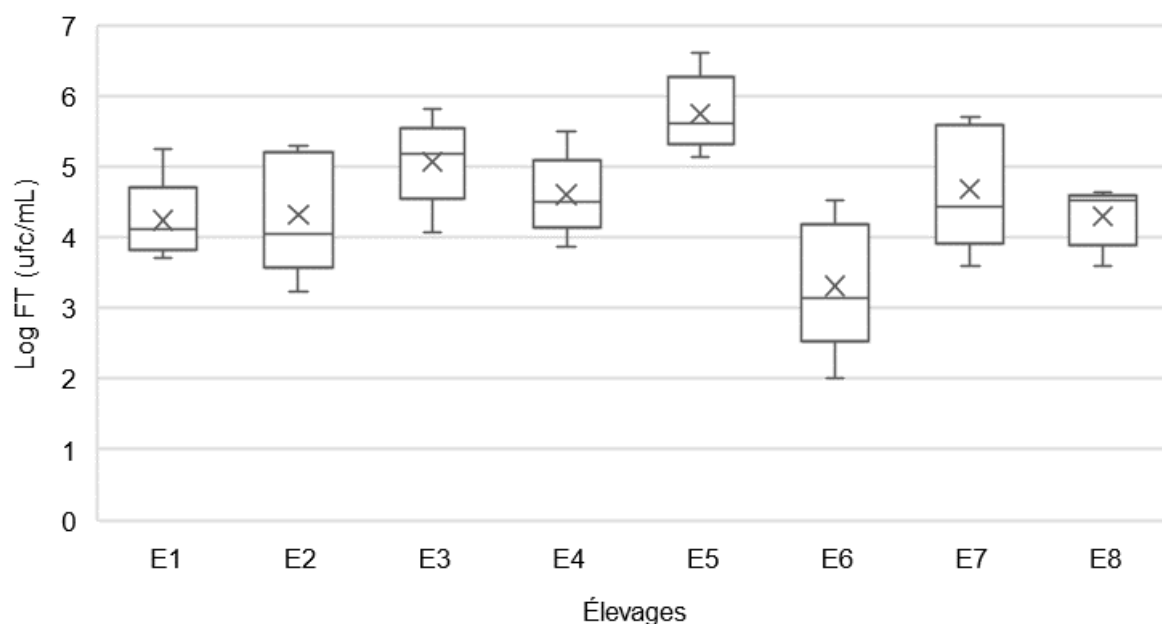


Figure 26 : Distribution des comptages de flore totale dans chaque élevage en phase 2.

Les statistiques descriptives des comptages de flore coliforme dans le colostrum pour chaque élevage en phase 2 sont résumées dans le tableau 23.

Tableau 23 : Statistiques descriptives du comptage de flore coliforme dans chaque élevage en phase 2.

FC (ufc/mL)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Min	10	10	70	10	100	10	20	10
Q1	20	10	400	20	200	10	30	10
Méd	30	23	600	50	320	10	80	10
Q3	1100	50	700	500	405	10	110	10
Max	13000	110	1400	1100	510	10	3300	10
Moy	2832	41	634	336	307	10	708	10
Ecart-type	5703	42	491	474	162	0	1449	/
Effectif	5	5	5	5	5	5	5	5

La distribution des comptages de flore coliforme dans ces élevages en phase 2 est présentée dans la figure 27.

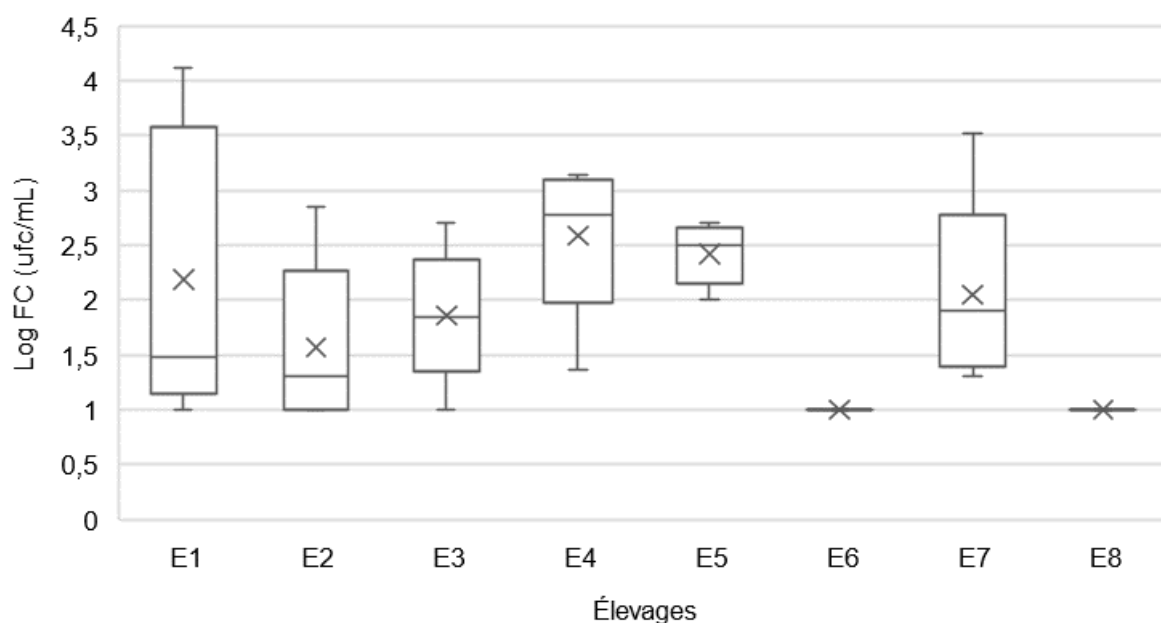


Figure 27 : Distribution des comptages de flore coliforme dans chaque élevage en phase 2.

Les résultats bactériologiques de la phase 2 montrent que la majorité des échantillons (**62,5%**) se situent sous la valeur seuil de 100000 ufc/mL pour la flore totale ce qui signifie qu'ils ne sont pas contaminés. On n'observe pas de différence significative entre les élevages en traite robotisée (40% > 100000 ufc/mL) et ceux en traite manuelle (35% > 100000 ufc/mL). Du point de vue de la flore coliforme, les résultats sont encore meilleurs puisque **97,5%** des échantillons se situent sous la valeur seuil de 10.000 ufc/mL (tableau 24).

Tableau 24 : Nombre et proportions de colostrums testés selon leur position par rapport aux valeurs seuils de FT et FC dans chaque élevage pour la phase 2.

Concentration bactérienne – Phase 2 (ufc/mL)	Flore totale			Flore coliforme		
	> 100 000	≤ 100 000	Total	> 10 000	≤ 10 000	Total
Effectif	15	25	40	1	39	40
Pourcentage	37,5%	62,5%	100%	2,5%	97,5%	100%

3.4.3. Corrélations impliquant les données bactériologiques du colostrum

Une transformation logarithmique en base 10 des données de comptages bactériens du colostrum (flores totale et coliforme) donne une distribution acceptable pour pouvoir traiter ces données avec des tests paramétriques par la suite (annexe 11).

3.4.3.1. Corrélation entre flore totale et flore coliforme

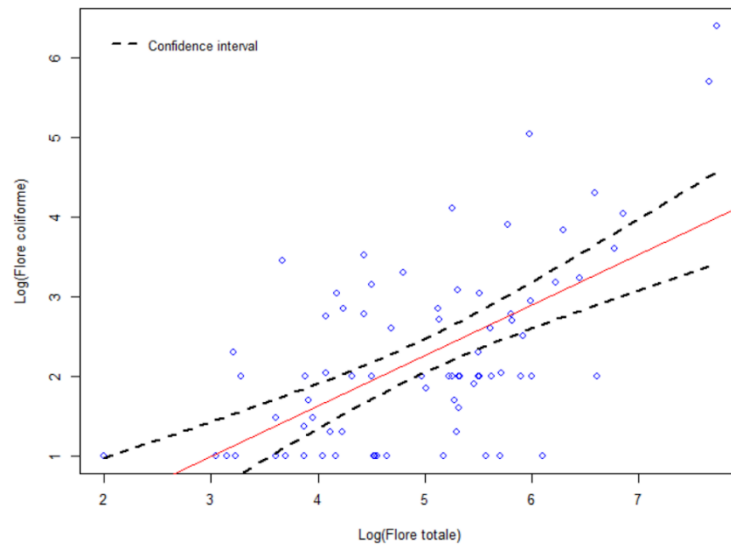


Figure 28 : Régression linéaire entre les comptages de flores totale et coliforme.

L'application d'une régression linéaire entre les données de flore totale et de flore coliforme permet de quantifier l'influence de l'une sur l'autre (*figure 28*). **Il existe une corrélation significative entre les comptages de flores totale et coliforme** (p -value < 0,05). Cependant, avec un $R^2 = 0.35$, on peut caractériser cette corrélation de faible.

3.4.3.2. Corrélation entre comptages bactériens et hygiène de l'opérateur

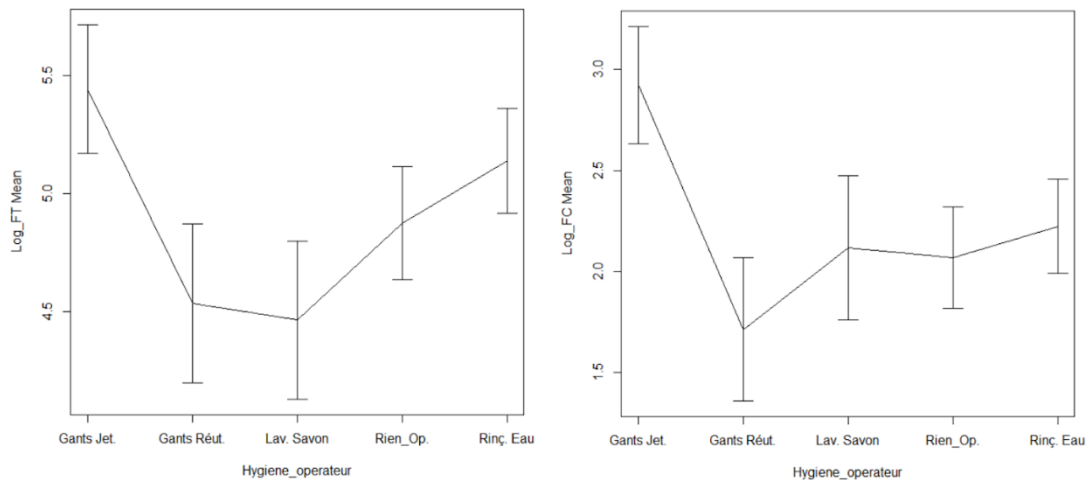


Figure 29 : Valeurs de flore totale (à gauche) et flore coliforme (à droite) en fonction de l'hygiène de l'opérateur.

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il n'existe pas de corrélation significative entre les valeurs de comptages bactériens (FT et FC) et l'hygiène de l'opérateur (p -value = 0,118) (*figure 29*). **L'hygiène de l'opérateur n'a donc pas d'influence significative sur la qualité microbiologique du colostrum dans notre étude.**

3.4.3.3. Corrélation entre comptages bactériens et hygiène des trayons

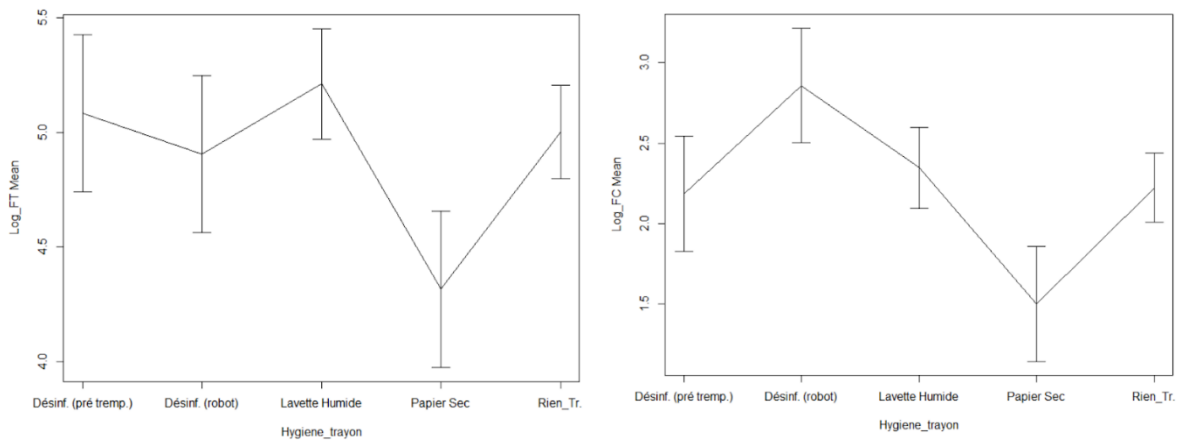


Figure 30 : Valeurs de flore totale (à gauche) et flore coliforme (à droite) en fonction de l'hygiène des trayons.

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il n'existe pas de corrélation significative entre les valeurs de comptages bactériens (FT et FC) et l'hygiène des trayons (p -value = 0,315) (figure 30). **L'hygiène des trayons n'a donc pas d'influence significative sur la qualité microbiologique du colostrum dans notre étude.**

3.4.3.4. Corrélation entre comptages bactériens et hygiène du matériel

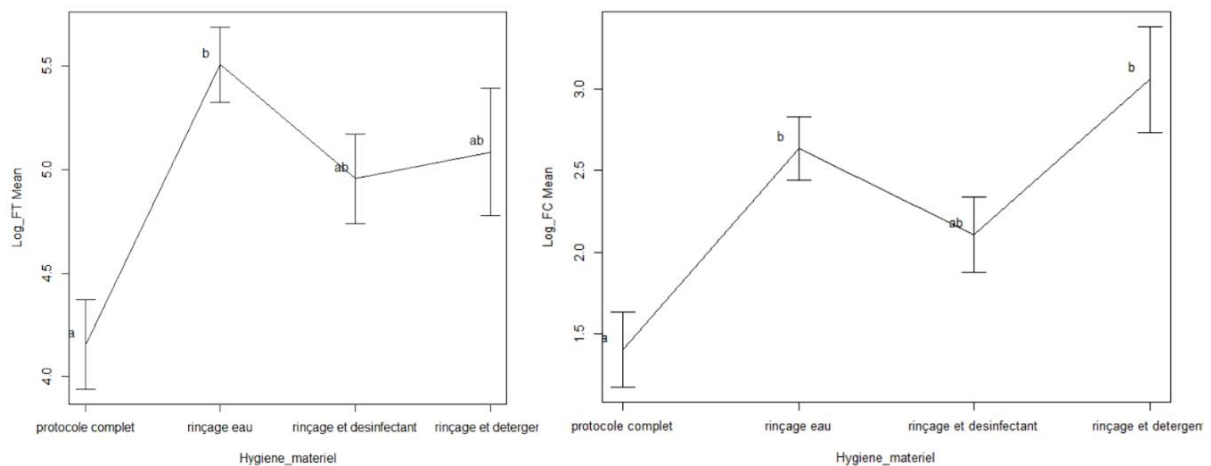


Figure 31 : Valeurs de flore totale (à gauche) et flore coliforme (à droite) en fonction de l'hygiène du matériel.

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il existe une corrélation significative entre les valeurs de comptages bactériens (FT et FC) et l'hygiène du matériel (p -value < 0,05). **L'hygiène du matériel a une influence significative sur la qualité microbiologique du colostrum dans notre étude.** De plus, les valeurs les plus basses de flore totale et flore coliforme sont obtenues lors de l'application du protocole complet de nettoyage du matériel (p -value < 0,05). Pour les autres facteurs (rinçage à l'eau +/- détergent +/- désinfectant), les valeurs de comptages bactériens sont plus élevées mais ne sont pas significativement différentes entre elles.

3.4.3.5. Corrélations entre comptages bactériens et les autres variables de l'étude

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il n'existe pas de corrélation significative (p -value > 0,05) entre les comptages bactériens et les facteurs suivants : "type de traite" et "type de matériel"

3.4.4. Effets des changements de pratiques sur les comptages bactériens du colostrum

3.4.4.1. Analyse descriptive

Globalement, la valeur moyenne de flore totale pour l'ensemble des colostrums analysés est passée de **3448150** à **223668** ufc/mL entre les 2 phases. Pour la flore coliforme, elle est passée de **83518** à **610** ufc/mL. On remarque donc une diminution globale des concentrations bactériennes colostrales moyennes à la suite de la mise en place des nouvelles pratiques au cours de la phase 2.

Le tableau suivant montre l'évolution des valeurs moyennes de flores totale et coliforme obtenues dans chaque élevage pour les 2 phases ainsi que leur pourcentage de variation.

Tableau 25 : Valeurs moyennes des comptages de FT et FC pour chaque phase et leur pourcentage d'évolution pour chaque élevage.

Résultats bactériologie colostrum	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Flore totale (FT)								
<i>Moyenne Phase 1 (ufc/mL)</i>	772400	409000	32790667	98760	3358000	235400	1446120	211860
<i>Moyenne Phase 2 (ufc/mL)</i>	44400	8060	68720	302800	1159000	8600	171200	26560
<i>Pourcentage de variation (%)</i>	-94,3	-98	-99,8	+206	-65,5	-96,3	-88	-87,5
Flore coliforme (FC)								
<i>Moyenne Phase 1 (ufc/mL)</i>	24134	16	1000003	840	8127	100	880	640
<i>Moyenne Phase 2 (ufc/mL)</i>	2832	41	634	336	307	10	708	10
<i>Pourcentage de variation (%)</i>	-88	+156	-99,9	-60	-96	-10	-20	-98,4

Concernant la flore totale, on observe que la valeur moyenne a diminué dans tous les élevages excepté dans l'élevage E4 pour lequel la valeur moyenne est passée de 98760 à 302800 ufc/mL entre les deux phases. Pour la flore coliforme, la valeur a également diminué pour tous les élevages (sauf éventuellement pour l'élevage E2 pour qui la valeur est passée de 16 à 41 ufc/mL mais cette augmentation n'est pas significative).

La proportion de colostrums analysés respectant les valeurs seuils (que ce soit en termes de flore totale ou de flore coliforme) a augmenté entre les deux phases en passant de 59% à 80% montrant une amélioration de la qualité microbiologique des colostrums en phase 2 (tableau 26).

Tableau 26 : Nombre et proportion de colostrums testés selon leur position par rapport aux valeurs seuils de FT et FC pour les 2 phases.

Bactériologie des colostrums (ufc/mL)	Phase 1			Phase 2		
	≥ VS	< VS	Total	≥ VS	< VS	Total
FT	26 68%	12 32%	38	15 38%	25 62%	40
FC	5 13%	33 87%	38	1 2%	39 98%	40
Total	31 41%	45 59%	76	16 20%	64 80%	80

VS : Valeur seuil ; Valeur seuil FT : 100 000 ufc/mL ; Valeur seuil FC : 10 000 ufc/mL

3.4.4.2. Analyse statistique

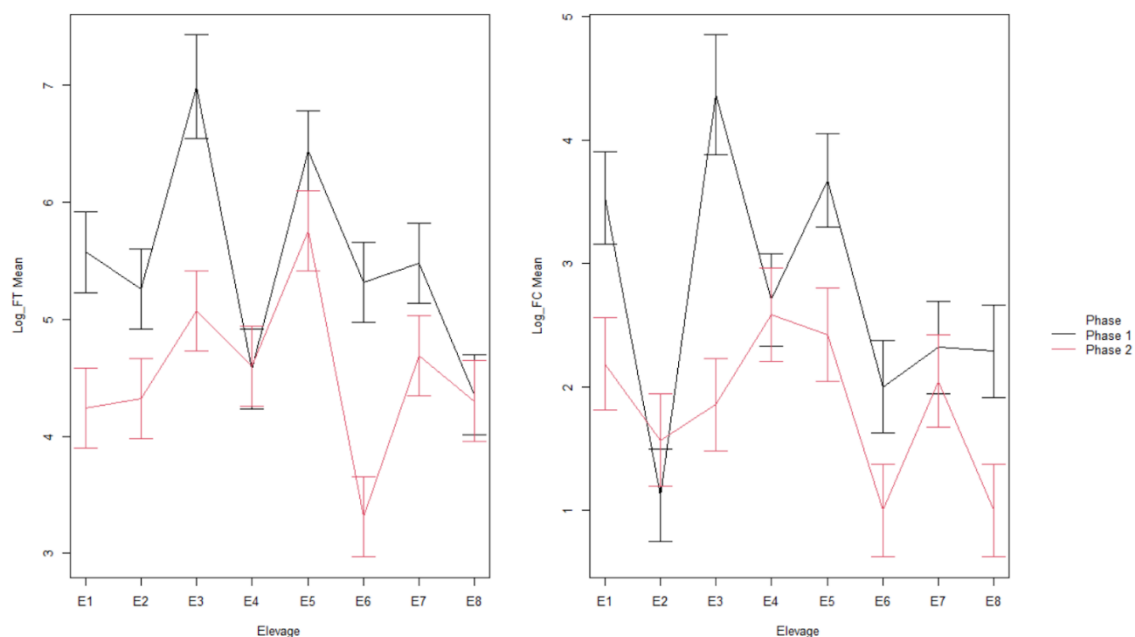


Figure 32 : Évolution des valeurs moyennes de flore totale (à gauche) et de flore coliforme (à droite) par élevage entre les deux phases de l'étude.

Les valeurs moyennes de flore totale ont diminué pour l'ensemble des élevages entre les phases 1 et 2. La diminution est significative pour 5 élevages (E1, E2, E3, E6 et E7). **Les résultats sont similaires pour les valeurs moyennes de flore coliforme.** La diminution est significative pour 5 élevages également (E1, E3, E5, E6, E8). L'évolution est très discrète pour l'élevage E4 mais les résultats initiaux étaient déjà corrects pour cet élevage en phase 1. L'évolution aussi est variable selon les élevages montrant un effet élevage-dépendant, certainement lié aux différentes pratiques mises en œuvre.

3.5. Transfert d'immunité passive mesuré par dosage sérique des IgG

3.5.1. Analyse descriptive du transfert d'immunité passive

➤ Phase 1

La valeur moyenne de concentration sérique en IgG obtenue pour l'ensemble des veaux prélevés lors de la phase 1 est de **20,4 ± 11,7 g/L**. Les statistiques descriptives des concentrations sériques par élevage pour la phase 1 sont résumées dans le tableau 27.

Tableau 27 : Statistiques descriptives des concentrations sériques en IgG dans chaque élevage en phase 1.

TIP (g/L)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
<i>Min</i>	30,4	2,9	6,7	8,2	7,5	12,2	6,5	10,1
<i>Q1</i>	33,7	6,4	8,4	12,2	12,7	22,6	25,7	10,1
<i>Méd</i>	40	6,7	10	12,2	14,8	22,6	29	14,5
<i>Q3</i>	40,9	21,5	10	19,7	17	24,2	36,2	19,7
<i>Max</i>	40,9	27,3	10	19,7	40,2	32,5	40,1	26,6
<i>Moy</i>	31,2	13	8,9	14,4	18,4	22,8	27,5	16,2
<i>Ecart-type</i>	4,8	10,7	1,9	5,1	12,7	7,2	13	7
<i>Effectif</i>	5		3	5				

On remarque que seulement 3 élevages (E1, E6 et E7) se situent au-dessus de la valeur moyenne de TIP calculée pour l'ensemble des veaux en phase 1.

La distribution des résultats de TIP dans ces élevages en phase 1 est présentée dans la figure 33.

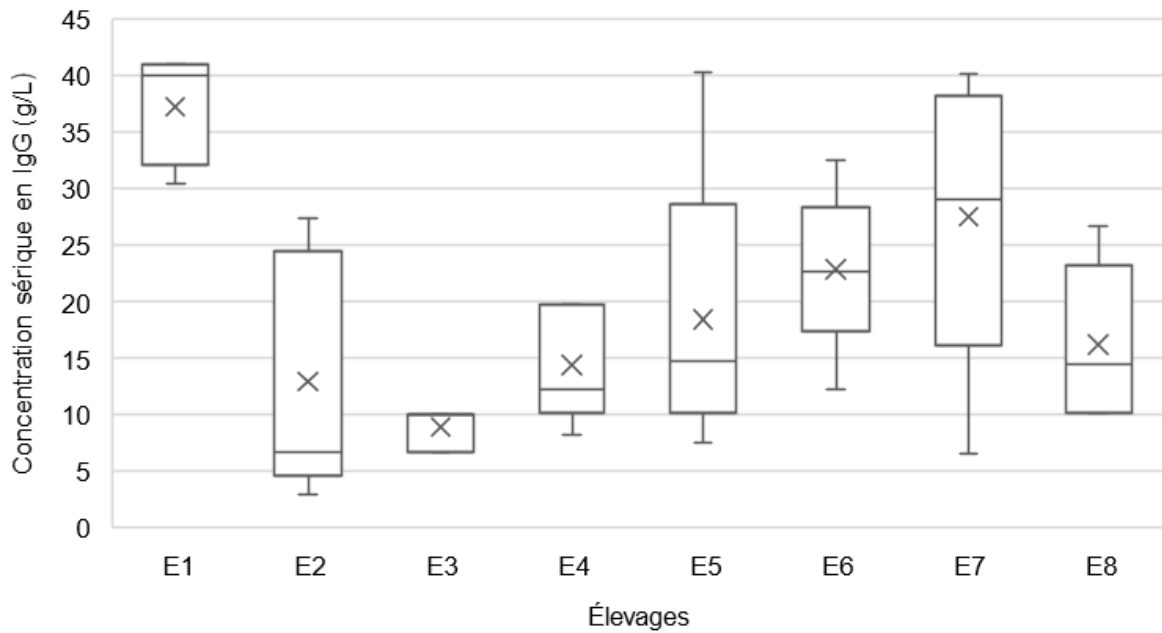


Figure 33 : Distribution des concentrations sériques en IgG des veaux pour chaque élevage en phase 1.

➤ Phase 2

La valeurs moyenne de concentration sérique en IgG obtenue pour l'ensemble des veaux prélevés lors de la phase 2 est de **18,9 ± 10,6 g/L**. Les statistiques descriptives des concentrations sériques par élevage pour la phase 2 sont résumées dans le tableau 28.

Tableau 28 : Statistiques descriptives de la concentration sérique en IgG dans chaque élevage en phase 2.

TIP (g/L)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
<i>Min</i>	7,3	6	0,1	13	1,8	6,7	16,4	6
<i>Q1</i>	15,9	12	14,1	15,2	17	8,3	25,9	9
<i>Méd</i>	15,9	13,9	14,1	20,2	22,7	16,4	27,3	12,7
<i>Q3</i>	27,8	20,2	16,4	25,9	24,5	21,5	32,3	12,7
<i>Max</i>	36,5	25,1	48,7	35,8	27,3	37,2	33,7	14,8
<i>Moy</i>	20,7	15,4	18,7	22	18,7	18	27,1	11
<i>Ecart-type</i>	11,5	7,4	17,9	9,2	10,1	12,3	6,8	3,5
<i>Effectif</i>	5							

La distribution des résultats de TIP dans ces élevages en phase 2 est présentée dans la figure 34.

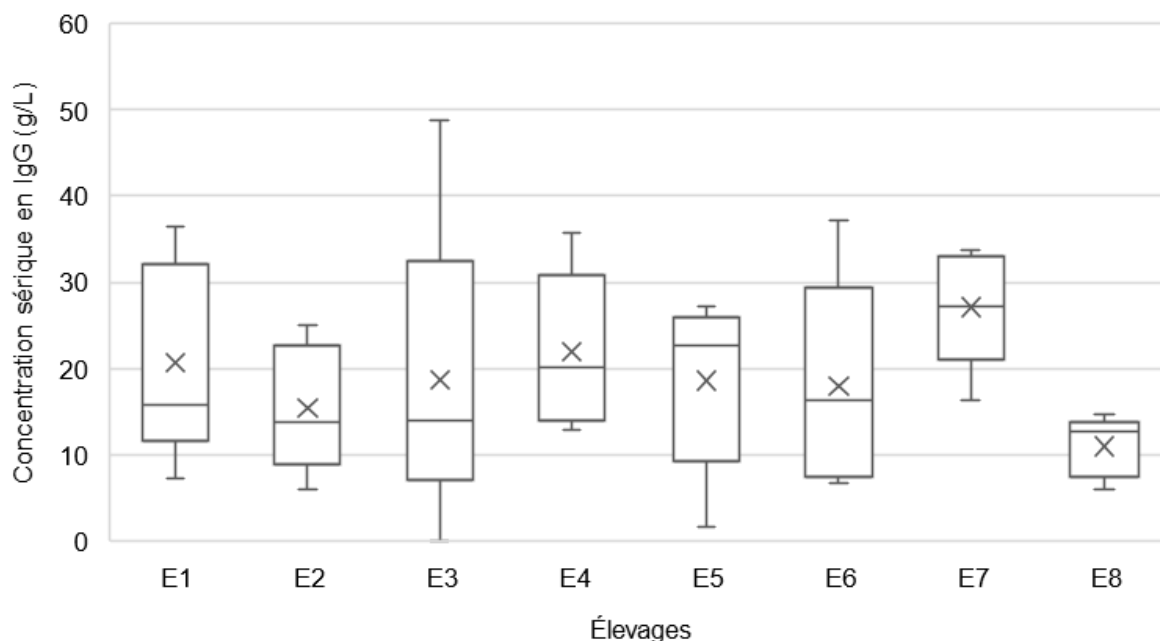


Figure 34 : Distribution des concentrations sériques en IgG des veaux pour chaque élevage en phase 2.

3.5.2. Evaluation de la qualité du transfert colostral

Le nombre et la proportion de veaux analysés pour chaque phase dans les catégories de TIP définies par Lombard et al (2020) est présentée par le tableau 29.

Tableau 29 : Nombre et proportion de sérums testés dans chaque catégorie de TIP pour chaque phase ([IgG] en g/L).

	<i>[IgG]<10</i>	<i>10≤[IgG]<17,9</i>	<i>18≤[IgG]<24,9</i>	<i>25≤[IgG]</i>	Total
Phase 1					
Effectif	7	11	7	13	38
Pourcentage	18,4%	28,9%	18,4%	34,2%	
Phase 2					
Effectif	15	15	5	12	40
Pourcentage	20%	37,5%	12,5%	30%	

Si l'on utilise la valeur seuil de 10 g/L pour évaluer les échecs de transfert d'immunité passive, le taux d'échec est de **18,4%** pour la phase 1. On notera tout de même que la proportion de veaux ayant un TIP qualifié d'excellent ($25 \leq [IgG]$) est la plus élevée avec 34,2% en comparaison aux autres catégories. Pour la phase 2, le taux d'échec est de **20%**.

3.5.3. Corrélations impliquant les concentrations sériques en IgG

La distribution des concentrations sériques en IgG des veaux suit une loi normale donc il n'a pas été nécessaire de réaliser une transformation logarithmique afin d'appliquer les tests paramétriques par la suite (*annexe 11*).

3.5.3.1. Corrélation entre concentration sérique en IgG et hygiène de l'opérateur

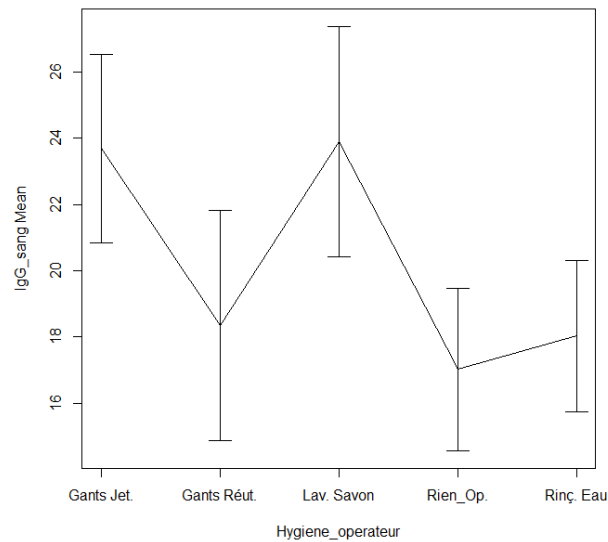


Figure 35 : Concentration sérique moyenne en IgG en fonction de l'hygiène de l'opérateur.

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il n'existe pas de corrélation significative entre la concentration sérique en IgG et l'hygiène de l'opérateur (p -value = 0,269) (*figure 35*). **L'hygiène de l'opérateur n'a donc pas d'influence significative sur la concentration sérique en IgG chez les veaux dans notre étude.**

3.5.3.2. Corrélation entre concentration sérique en IgG et hygiène du matériel

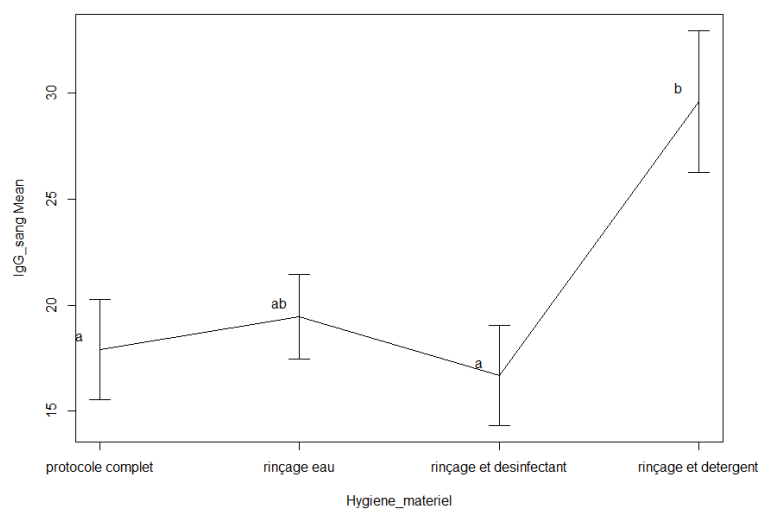


Figure 36 : Concentration sérique moyenne en IgG en fonction de l'hygiène du matériel.

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il n'existe pas de corrélation significative entre la concentration sérique en IgG et l'hygiène du matériel (p-value > 0,05) (*figure 36*). **L'hygiène du matériel n'a donc pas d'influence significative sur la concentration sérique en IgG chez les veaux dans notre étude.** La valeur de concentration sérique en IgG la plus élevée est obtenue lors du rinçage et d'utilisation de détergent pour nettoyer le matériel mais elle n'est pas significativement différente des autres valeurs liées aux facteurs "protocole complet", "rinçage à l'eau" et "utilisation de désinfectant" (p-value > 0,05).

3.5.3.3. Corrélation entre concentration sérique en IgG et les autres variables de l'étude

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre qu'il n'existe pas de corrélation significative non plus entre la concentration sérique en IgG et les variables suivantes : "type de traite", "type de matériel" et "hygiène des trays" (p-value > 0,05).

3.5.4. Effets des changements de pratiques sur la concentration sérique en IgG

La valeur moyenne de TIP a diminué entre les deux phases en passant de **20,4** à **18,9** g/L. Le tableau suivant montre l'évolution des valeurs moyennes de TIP entre les deux phases pour chaque élevage.

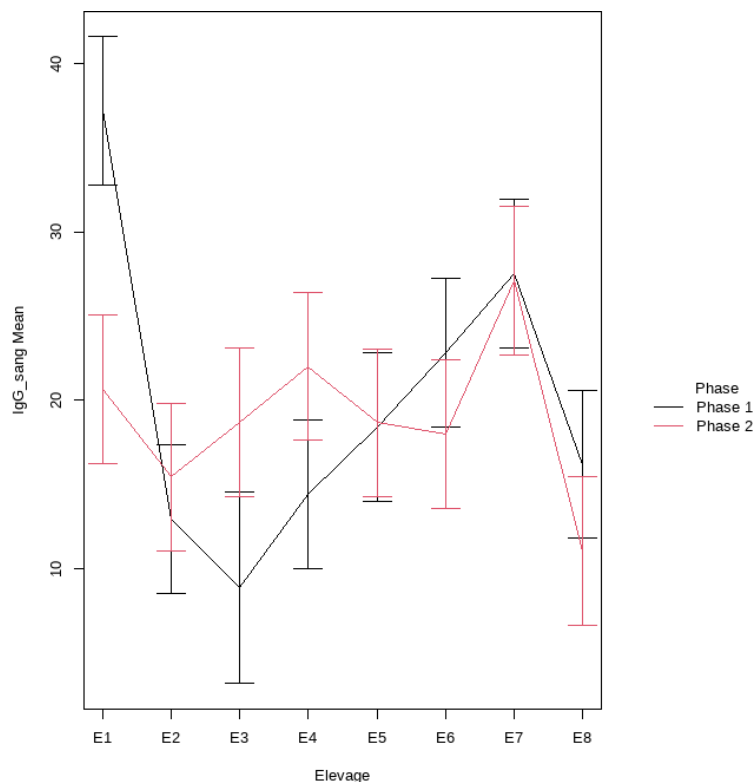


Figure 37 : Évolution des valeurs moyennes de concentrations sériques en IgG chez les veaux prélevés par élevage pour les 2 phases de l'étude.

L'application d'une analyse de variance ANOVA montre que **les changements de pratiques n'ont pas eu d'influence significative sur la concentration sérique en IgG chez les veaux (p-value = 0,14)**. En revanche, on observe une grande disparité des résultats obtenus entre les 8 élevages (*figure 37*).

Conclusion de l'étude de terrain

Les changements de pratiques effectués entre les deux phases de l'étude ont permis d'obtenir des profils des résultats différents, que ce soit à l'échelle de tous les élevages ou à l'échelle de l'élevage individuellement. Nous allons maintenant discuter ces résultats dans la dernière partie du rapport.

4. Discussion

4.1. Contamination du matériel et facteurs de variation

Globalement, la contamination du matériel a diminué entre les deux phases. Les valeurs d'ATPmétrie sont passées de 125421 à 57235 URL pour les valeurs de surface et de 55023 à 4456 URL pour les valeurs du liquide de rinçage. Cette tendance s'observe clairement en figure 12. Le constat est le même à l'échelle des 8 élevages de l'étude où les valeurs moyennes respectives d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage ont également diminué entre les deux phases. À noter qu'une corrélation significative et modérée existe entre les valeurs d'ATPmétrie de surface et du liquide de rinçage dans notre étude (*partie 3.3.3.1*).

Il n'existe cependant pas de valeurs seuils standardisées pour caractériser les mesures d'ATPmétrie dans le cadre de l'évaluation de la contamination du matériel en élevage laitier. En effet, l'utilisation de cette technologie est encore récente sur le terrain et il faudrait réaliser d'autres études à plus grande échelle afin d'établir ce genre de normes. Cependant, en se basant sur des résultats d'études menées dans l'industrie agroalimentaire et ceux de leur étude, *Buczinski et al. (2022)* ont choisi la valeur seuil de 1000 URL pour caractériser la contamination de surface d'un matériel. En se basant sur cette valeur, 67% (28/42) des élevages de leur étude avaient une valeur moyenne d'ATPmétrie de surface supérieure à 1000 URL. Dans notre cas, 100% des élevages avaient une valeur moyenne d'ATPmétrie de surface supérieure à 1000 URL en phase 1 contre 62,5% en phase 2 (5/8). Aucune valeur seuil n'a, à ce jour, été utilisée pour des valeurs d'ATPmétrie du liquide dans la bibliographie. Dans notre cas, l'ATPmétrie nous a servi à comparer les valeurs entre élevage et à faire le lien avec les pratiques mises en œuvre. Ainsi, en l'absence de valeurs seuils standardisées, **l'utilisation de l'ATPmétrie comme « outil comparatif » semble être pertinente afin de rendre compte du niveau de contamination du matériel d'un élevage à un autre.**

Parmi l'ensemble des facteurs étudiés, **seules l'hygiène de l'opérateur et du matériel exercent une influence significative sur la contamination du matériel dans notre étude.** Ces résultats sont cohérents avec de nombreuses études s'intéressant aux facteurs de risque de contamination bactérienne du colostrum (*Stewart et al. 2005 ; Godden et al. 2019 ; Hyde et al, 2020*). Concernant l'opérateur, la meilleure pratique hygiénique semble

être le lavage des mains avec un produit détergent. Cependant, la corrélation avec la contamination du matériel est probablement indirecte puisqu'il est difficilement envisageable de penser que se laver les mains suffit à ne pas contaminer la surface du matériel. En revanche, il est possible que les éleveurs ayant une meilleure hygiène des mains soient plus consciencieux concernant la propreté de leur matériel. Pour l'hygiène du matériel, c'est l'application du protocole hygiénique complet recommandé dans notre étude qui permet d'obtenir le niveau de contamination du matériel le plus faible. Ainsi, ces résultats confirment l'importance de bonnes pratiques hygiéniques de la part de l'éleveur afin de limiter la contamination du matériel servant à la récolte et à la distribution du colostrum. *Van Driessche et al (2023)* n'avaient pas trouvé de corrélation générale évidente entre ATPmétrie et protocole hygiénique. En revanche, certaines pratiques étaient associées à des valeurs plus basses d'ATPmétrie comme l'utilisation d'eau chaude plutôt que froide ainsi que l'utilisation d'une brosse pour frotter le matériel.

Nous n'avons pas montré d'influence significative du type de matériel sur la contamination de ce dernier. La même conclusion a été établie dans l'étude de *Van Driessche et al (2023)*. Cependant, nous pensons qu'il ne faut pas complètement ignorer l'impact de ce paramètre. En effet, nous avons observé lors de nos visites d'élevage que l'efficacité du nettoyage n'est pas la même en fonction du type de matériel. Celle-ci dépend de la forme mais aussi de l'aspect pratique, en particulier lorsqu'il s'agit de démonter des pièces. C'est le cas de la sonde de drenchage : la forme tubulaire rend l'intérieur peu accessible donc plus propice à ce qu'il y ait des dépôts résiduels de colostrum. De même, il faudrait idéalement démonter chaque partie de la sonde afin qu'elles soient nettoyées indépendamment et améliorer l'efficacité du nettoyage. Seulement, en pratique, les éleveurs de l'étude utilisant la sonde ne le font pas systématiquement à cause du temps supplémentaire que cela demande.

Notre étude montre les limites de l'utilisation du score visuel pour évaluer la propreté du matériel sur le terrain. Nos résultats ont montré une corrélation positive entre le score visuel et les valeurs d'ATPmétrie. Ce résultat a également été mis en évidence dans l'étude de *Van Driessche et al (2023)*. En revanche, dans notre cas à partir d'un score visuel supérieur ou égal à 2, les valeurs d'ATPmétrie ne sont pas significativement différentes entre elles. Cela confirme le caractère très subjectif du score visuel et l'intérêt de la technique d'ATPmétrie pour mettre en évidence une contamination qui n'est pas visible à l'œil nu. En pratique, on pourrait ainsi recommander l'utilisation de l'ATPmètre à partir du moment où l'on attribue un score visuel supérieur ou égal à 2.

Nous voulions étudier une éventuelle différence selon la modalité de traite (robotisée ou manuelle) mais aucune corrélation n'a été établie entre ATPmétrie et le type de traite.

Nous n'avons pas pu étudier la corrélation entre ATPmétrie et bactériologie du colostrum, notre protocole expérimental ne le permettait pas. En effet, nos données d'ATPmétrie ont été récoltées lors de nos visites ponctuelles en élevage (une fois en phase 1 et une fois en phase 2). Pour pouvoir établir un lien avec les données bactériologiques du colostrum, il aurait fallu réaliser des mesures d'ATPmétrie du matériel utilisé lors de chaque prélèvement de colostrum ce qui n'était pas réalisable en pratique. Néanmoins, plusieurs études récentes sur le sujet ont réussi à montrer une corrélation positive entre ATPmétrie et comptages bactériens colostraux (*Buczinski et al. 2022 ; Van Driessche et al. 2023*). Ces

résultats confirment l'importance d'une bonne hygiène du matériel afin de minimiser la contamination bactérienne du colostrum.

4.2. Contamination du colostrum et facteurs de variation

Une corrélation significative, mais faible, existe entre les comptages bactériens de flore totale et de flore coliforme du colostrum dans notre étude. Ce résultat attendu est compatible avec plusieurs études portant sur la contamination microbienne du colostrum (*Fecteau et al. 2002 ; Poulsen et al. 2002 ; Stewart et al. 2005*).

Globalement, la contamination bactérienne du colostrum a diminué entre les deux phases : 32% des échantillons respectaient la valeur seuil de 100 000 ufc/mL pour la flore totale en phase 1 contre 62% en phase 2 et 87% des échantillons respectaient la valeur seuil de 10 000 ufc/mL pour la flore coliforme en phase 1 contre 98% en phase 2. De plus, les valeurs moyennes des comptages bactériens ont également diminué pour tous les élevages entre les deux phases. Les résultats obtenus à la suite des changements de pratiques sont similaires à ceux obtenus dans une étude australienne menée dans 24 élevages laitiers sélectionnés pour leurs bonnes pratiques de gestion de la période colostrale (*Phipps et al. 2016*). Parmi 240 échantillons de colostrum analysés, 58% avaient une valeur de flore totale inférieure à 100 000 ufc/mL et 94% avaient une valeur de flore coliforme inférieure à 10 000 ufc/mL. Les valeurs retrouvées dans la bibliographie sont très variables selon les études. Cette diversité dépend surtout du pays ainsi que du choix des élevages participant aux études, des pratiques mises en œuvre par les éleveurs mais aussi du design de l'étude (moment de prélèvement, technique d'analyse, etc...).

Tableau 30 : Exemple de valeurs de comptages bactériens colostraux obtenus dans plusieurs études menées dans différents pays.

Pays	Nombre d'échantillons analysés	% > 100 000 ufc/mL (FT)	% > 10 000 ufc/mL (FC)
Canada (<i>Fecteau et al. 2002</i>)	234	36	/
USA (<i>Morrill et al. 2012</i>)	?	43	17
Colombie (<i>Guzmán et al. 2020</i>)	255	18	/
Nouvelle-Zélande (<i>Denholm et al. 2017</i>)	268	91	91
Australie (<i>Abuelo et al. 2019</i>)	221	42	28
Irlande (<i>McAloon et al. 2016</i>)	214	57	33
Grande-Bretagne (<i>Hyde et al. 2020</i>)	270	37	34,4

Parmi l'ensemble des facteurs étudiés, seul le protocole de nettoyage du matériel exerce une influence significative sur la contamination bactérienne du colostrum dans notre étude. Encore une fois, c'est l'application du protocole d'hygiène complet qui permet d'obtenir les comptages bactériens les plus bas. Ces résultats sont encore similaires à ceux obtenus dans l'étude de *Phipps et al (2016)*. Ils ont effectivement montré que la méthode de désinfection du matériel avait une influence significative sur la contamination bactérienne du colostrum. Parmi l'ensemble des élevages de notre étude, 4 ont appliqué le protocole complet en phase 2 et pour 3 d'entre eux (E2, E6, E7), une diminution significative de la valeur moyenne de flore totale a été observée entre les deux phases ($p < 0,05$). Pour les autres élevages, aucune différence significative n'a été montrée entre un simple rinçage à l'eau, un rinçage associé à l'utilisation d'un détergent et un rinçage associé à l'utilisation d'un désinfectant. Néanmoins, leurs valeurs moyennes de flores bactériennes colostrales ont également diminué suggérant que les changements de pratiques réalisés, même minimales, ont eu une influence positive sur la qualité microbiologique de leur colostrum.

Un facteur qui a varié entre les deux phases de l'étude et que nous n'avions pas pris en considération initialement correspond à la saison lors des prélèvements. Les prélèvements de la phase 1 ont eu lieu en été (début juin à début octobre) et ceux de la phase 2, en automne/hiver (début septembre à fin décembre). Dans une étude menée au Québec (*Fecteau et al. 2002*), un lien a été mis en évidence entre la saison et le niveau de contamination bactérienne du colostrum. Sur 234 échantillons analysés, 27,8% des colostrums récoltés en été étaient contaminés ($FT > 100\ 000$ ufc/mL) contre seulement 7,7% en hiver. La principale explication étant que la multiplication bactérienne entre l'étape de récolte et de congélation est d'autant plus rapide lorsque la température est élevée. Ce point est à prendre en compte dans l'interprétation de nos résultats puisque la diminution globale de la contamination bactérienne du colostrum entre les deux phases peut aussi être expliquée par la variation en termes de période de prélèvement.

Une grande variabilité des valeurs de comptage bactérien entre les élevages est notable suggérant un effet élevage-dépendant en partie lié à la manière dont les éleveurs ont appliqué les différents changements de pratiques. Nous pensons que des facteurs comme le niveau de contamination initiale propre à l'élevage ainsi que le respect rigoureux du protocole imposé sont à prendre en considération. Plusieurs échantillons de colostrums ont été retirés de l'étude en phase 1 car l'éleveur concerné les avait congelés trop tardivement après la récolte ($> 24h$). D'ailleurs, plusieurs études dont celle de *Stewart et al (2005)* ont montré que la concentration bactérienne du colostrum augmente de manière significative dans les 24h après la récolte lorsque les échantillons sont conservés à température ambiante, faussant ainsi les résultats bactériologiques. Mais globalement, l'ensemble des éleveurs ont respecté la consigne de congélation immédiate du colostrum.

Nous avons imposé la congélation des échantillons de colostrum comme moyen de conservation avant la réalisation des analyses bactériologiques. C'est une technique classiquement utilisée dans de nombreuses études sur le sujet (*Fecteau et al. 2002 ; Stewart et al. 2005 ; Phipps et al. 2016 ; Hyde et al. 2020*) ce qui explique notre choix. Il existe néanmoins un biais lié à la congélation. Cette dernière pourrait affecter négativement certaines espèces de bactéries retrouvées dans le colostrum et donc, affecter le comptage bactérien global obtenu après analyse bactériologique (*Fecteau et al. 2002*). Une limite potentielle de notre étude en ayant choisi ce protocole serait d'avoir peut-être sous-estimé une proportion

de colostrums ne respectant pas les normes acceptables de FT et FC. Pour y remédier, nous aurions pu utiliser des pots de prélèvements contenant un cryo-conservateur comme l'ont fait *Hyde et al. (2020)* avec du glycérol.

Aucune corrélation n'a été établie entre l'hygiène de l'opérateur et la contamination bactérienne du colostrum. *Phipps et al (2016)* étaient même allés jusqu'à chercher une corrélation entre la contamination bactérienne du colostrum et le sexe de la personne responsable de la distribution du colostrum mais les résultats étaient aussi non significatifs.

Même si nous n'avons pas montré d'influence significative de l'hygiène des trayons sur la contamination du colostrum, *Hyde et al (2020)* ont montré qu'apporter un soin particulier à la propreté des trayons permet de réduire la charge bactérienne dans le colostrum. Dans leur étude, l'application d'un produit de pré-trempage à action désinfectante permet d'obtenir une diminution de la charge bactérienne de l'ordre de $-1.85 \log \text{ ufc/mL}$. On peut donc encourager les éleveurs à être rigoureux sur ce point.

Aucune corrélation n'a été montrée entre le type de matériel et la contamination bactérienne du colostrum dans notre étude ($p\text{-value} > 0,05$). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par *Stewart et al (2005)* à partir de 39 échantillons de colostrum prélevés dans un seul élevage. Aucune différence significative de comptage de FT et FC n'avait été mise en évidence entre les échantillons de colostrum prélevés dans les seaux de buvée ($\log_{10} 4,99 \text{ ufc/mL}$) et ceux issus des sondes de drenchage ($\log_{10} 4,66 \text{ ufc/mL}$).

De même, nous n'avons pas mis en évidence de différence significative de contamination bactérienne du colostrum selon le mode de traite ($p > 0,05$). Une étude récente (*Hyde et al. 2020*) a néanmoins montré que le colostrum récolté au robot de traite était associé avec un niveau de contamination supérieur à celui récolté en salle de traite manuelle. Les raisons mises en causes étaient un défaut de paramétrage pour la collecte du colostrum, une absence de nettoyage des trayons dans la majorité des cas ainsi qu'un nettoyage complet de la machine et de sa tuyauterie trop peu fréquent. Ainsi, même si nous ne l'avons pas montré dans notre étude, un point d'attention particulier est à porter au nettoyage des tuyaux de la zone de tri du robot de traite.

4.3. Concentration sérique en IgG et facteurs de variation

Aucune corrélation n'a été mise en évidence entre la concentration bactérienne du colostrum et la concentration sérique en IgG chez les veaux dans notre étude. Les valeurs moyennes de concentration sériques en IgG sont passées de $20,4 \pm 11,7 \text{ g/L}$ en phase 1 à $18,9 \pm 10,6 \text{ g/L}$ en phase 2 sans que ces résultats ne soient significativement différents ($p = 0,599$). **Les changements de pratiques hygiéniques ne semblent pas avoir eu d'influence sur le transfert d'immunité passive chez les veaux.** En revanche, une disparité importante existe entre les différents élevages de l'étude concernant la valeur moyenne de TIP mais nous l'attribuons plutôt aux nombreux facteurs influençant le transfert colostrale et qui ne faisaient pas l'objet de notre étude : délai de prise colostrale, volume consommé, qualité immunologique, modalité de prise colostrale, etc... (*Dusty et al. 2000 ; Moran et al. 2002 ; Uyama et al. 2022*).

Avec le recul, le design de notre étude ne permettait pas d'étudier le transfert d'immunité passive de manière correcte. En effet, le TIP dépend de nombreux facteurs qui n'étaient pas standardisés dans notre protocole (heure de buvée, volume consommé, concentration des colostrums en IgG, etc...). De plus, la taille de l'échantillon ne permettait pas d'avoir une bonne représentativité. Une mesure qu'il aurait été intéressant de réaliser, moyennant d'obtenir le poids du veau, est l'efficacité d'absorption apparente (*AEA = Apparent Efficiency of Absorption* en anglais) qui correspond à la quantité d'IgG sanguine (*Halleran et al, 2017*) (*figure 38*). Nous ne nous en sommes pas servi dans cette étude mais nous avons les informations du volume de colostrum bu dans les fiches commémoratives et les concentrations en IgG des colostrums ont été mesurées. Ainsi, il pourrait être intéressant de mesurer ce paramètre avec nos données en prenant un poids de veau standard selon la race. Une comparaison d'AEA entre les phases mais également selon la qualité microbiologique des colostrums de chaque élevage pourrait être envisageable et pertinente pour évaluer la qualité du transfert d'immunité passive par la suite.

$$AEA (\%) = \frac{[IgG] \text{ sérique (g/L)} \times \text{Poids Vif (kg)} \times 0,07}{[IgG] \text{ colostrum (g/L)} \times \text{Volume colostrum (L)}} \times 100$$

Figure 38 : Formule de calcul de l'efficacité d'absorption apparente.

4.4. Pratiques hygiéniques autour de la prise colostrale : que retenir ?

Notre étude confirme l'importance de l'hygiène du matériel pour prévenir la contamination bactérienne du colostrum. Parmi l'ensemble des recommandations que nous avons formulé, nos résultats montrent que suivre un protocole complet et rigoureux pour l'entretien du matériel permet évidemment de limiter la contamination du matériel mais aussi de prévenir la contamination du colostrum. Idéalement, nous recommandons de suivre l'ensemble des étapes du protocole (*annexe 3*). Mais l'application d'au moins quelques pratiques essentielles est déjà acceptable. *Hyde et al. (2020)* ont montré dans leur étude l'importance du rinçage à l'eau chaude, de l'utilisation d'un produit désinfectant comme l'acide peracétique ainsi que l'application de ces recommandations après chaque utilisation pour réduire la contamination bactérienne du colostrum. De manière plus globale, l'hygiène de l'opérateur est aussi à prendre en considération. Enfin, l'hygiène des trayons reste un point essentiel. *Hyde et al (2020)* le confirment dans leur étude en conseillant l'application d'un produit de pré-trempage à visée désinfectante puis l'essuyage des trayons avec un papier absorbant sec avant de récolter le colostrum.

À la question "*Cette étude a-t-elle eu un impact durable sur vos pratiques hygiéniques autour de la prise colostrale ?*", l'ensemble des éleveurs de notre étude ont répondu "*Oui*". L'objectif pour chaque éleveur était donc de continuer à mettre en place les changements qu'ils avaient choisi d'opérer au cours de la phase 2. Objectif motivé en grande partie par l'amélioration des résultats d'ATPmétrie et de bactériologie du colostrum obtenue entre les deux phases.

Conclusion

Cette étude est l'une des premières à apporter des connaissances sur la contamination du colostrum en élevage bovin laitier en France. Même si les huit élevages enquêtés sont loin d'être représentatifs de l'ensemble des élevages français, la description de leurs pratiques donne un aperçu des habitudes que l'on peut rencontrer sur le terrain et montre que la gestion hygiénique autour de la prise colostrale peut largement être améliorée. À la suite des changements de pratiques effectués par les éleveurs sur la base des recommandations proposées, une augmentation de la proportion d'échantillons de colostrum respectant les valeurs seuils de flore totale et flore coliforme a été observée. L'amélioration de la qualité microbiologique colostrale consécutive au perfectionnement des pratiques de nettoyage confirme l'importance de l'hygiène dans la prévention de la contamination bactérienne du colostrum.

Les principales recommandations fondées sur les résultats de notre étude et visant à réduire cette contamination suggèrent l'application d'un protocole hygiénique complet incluant le démontage du matériel lorsque cela est nécessaire, un premier rinçage à l'eau froide pour décoller les particules de colostrum, un lavage à l'eau chaude en utilisant un produit détergent et une brosse pour avoir une action mécanique sur la surface du matériel, un second rinçage à l'eau chaude, une désinfection par pulvérisation à l'aide d'un désinfectant (acide peracétique par exemple) et enfin, un séchage à l'air libre dans un lieu propre. Il est recommandé d'appliquer ce protocole après chaque utilisation du matériel.

Même si nous n'avons pas mis en évidence de lien entre la contamination du colostrum et la concentration sérique en IgG dans notre étude, l'impact de la consommation d'un colostrum contaminé sur la santé du veau ne doit pas être négligé. Plusieurs études ont montré que cette consommation pourrait être à l'origine d'un défaut d'absorption intestinale des immunoglobulines maternelles (*Poulsen et al. 2002 ; Godden et al. 2012 ; Van Hese et al. 2022*). En revanche, nous avons montré grâce aux résultats des analyses bactériologiques des colostrums qu'un large nombre de veaux sont à risque de recevoir un colostrum contaminé et donc, susceptible d'être en défaut de transfert d'immunité passive.

Ainsi, notre rôle en tant que vétérinaire est d'accompagner les éleveurs et de leur faire prendre conscience de l'importance de la gestion globale de la prise colostrale. Que ce soit au niveau pratique (délai de prise colostrale et volume distribué), au niveau qualitatif (mesure réfractométrique de la qualité immunologique du colostrum et dosage des IgG sériques chez les veaux) mais aussi et surtout, au niveau hygiénique. L'accompagnement des éleveurs doit se faire sur la durée et nécessite de prendre le temps de faire, de faire faire et d'évaluer régulièrement (grâce à des outils comme l'ATPmétrie notamment). Si le point de l'hygiène autour de la prise colostrale a longtemps été négligé, nous disposons désormais de données nous permettant de guider les éleveurs vers les meilleures pratiques.

Références bibliographiques

- Abuelo A., Harvlant P., Wood N. and Hernandez-Jover M. (2019) "An investigation of dairy calf management practices, colostrum quality, failure of transfer of passive immunity, and occurrence of enteropathogens among Australian dairy farms." *Journal of Dairy Science*. 102:8352–8366.
- Abuelo A., Cullens F., Hanes A., Brester JL. (2021) "Impact of 2 Versus 1 Colostrum Meals on Failure of Transfer of Passive Immunity, Pre-Weaning Morbidity and Mortality, and Performance of Dairy Calves in a Large Dairy Herd." *Animals*. 11(3):782.
- Addis M. F., A. Tanca, S. Uzzau, G. Oikonomou, R. C. Bicalho, and P. Moroni. (2016) "The bovine milk microbiota: Insights and perspectives from-omics studies." *Mol. Biosyst.* 12:2359–2372.
- Allix, Jean-Philippe. (2013) "Description des perceptions et des pratiques des éleveurs et des vétérinaires sur le transfert de l'immunité et l'intérêt du sélénium et de la vitamine E." Thèse d'exercice vétérinaire. Oniris - Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes Atlantique.
- Amenu K., Shitu D. and Abera M. (2016) "Microbial contamination of water intended for milk container washing in smallholder dairy farming and milk retailing houses in southern Ethiopia." *SpringerPlus* 5:1195 DOI 10.1186/s40064-016-2841-x
- Arslan A, Kaplan M, Duman H, Bayraktar A, Ertürk M, Henrick BM, Frese SA and Karav S (2021) "Bovine Colostrum and Its Potential for Human Health and Nutrition." *Front. Nutr.* 8:651721. doi: 10.3389/fnut.2021.651721
- Atkinson D. J., Von Keyserlingk M. A. G. and Weary D. M. (2017) "Benchmarking passive transfer of immunity and growth in dairy calves." *Journal of Dairy Sciences*. 100:3773–3782.
- Baintner K. (2007) "Transmission of antibodies from mother to young : Evolutionary strategies in a proteolytic environment." *Vet. Immunol. Immunopathol.* 117:153–161.
- Bareille N., Madouasse A., (2024). "Lactation et production de lait chez les bovins laitiers." Polycoopié d'enseignement Oniris, formation vétérinaire UE 047, 3, 41 pp.
- Barrington George M. and Parish Steven M. (2001) "Bovine Neonatal Immunology." *Veterinary Clinics of North America : Food Animal Practice*.
- Besser T. E. (1993b) "Concentrations of passively acquired IgG1 antibodies in the intestinal lumen of the neonatal calf." *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 38(1-2): 103-112.
- Besser T. E. and Gay C.C. (1991) "Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves." *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 198(3): 419-22.
- Bielmann V., Gillan J., Perkins N. R., Skidmore A. L., Godden S. and Leslie K. E. (2010) "An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*. 93 :3713–3721 doi: 10.3168/jds.2009-2943
- Buczinski S., Morin M.P., Roy J.P., Rousseau M., Villettaz-Robichaud M. et Dubuc J. (2022) "Use of ATP luminometry to assess the cleanliness of equipment used to collect and feed colostrum on dairy farms." *J. Dairy Sci.* 105:1638–1648
- Bush L. J. and Staley T. E. (1980) "Absorption of Colostral Immunoglobulins in Newborn Calves." *Journal of Dairy Science*. 63(4): 672-680.

- Butler J. E. (1973) "Synthesis and distribution of immunoglobulins." *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 163: 795-798.
- Chigerwe M., Tyler J. W., Nagy D. W. and Middleton J. R. (2008b) "Frequency of detectable serum IgG concentrations in precolostral calves." *American Journal of Veterinary Research*. 69 (6) : 791-95.
- Chigerwe M., Tyler J. W., Summers M. K., Middleton J. R., Schultz L. G., Nagy D. W. (2009) "Evaluation of factors affecting serum IgG concentrations in bottle-fed calves." *Journal of American Veterinary Medical Association*. 234 (6): 785-89.
- Collings L. K. M., Proudfoot K. L. and Veira D. M. (2010) "The effects of feeding untreated and formic acid-treated colostrum ad libitum on intake and immunoglobulin levels in dairy calves." *Can. J. Anim. Sci.* (2011) 91: 5559 doi:10.4141/CJAS10043
- Conneely, M., D. P. Berry, R. Sayers, J. P. Murphy, I. Lorenz, M. L. Doherty, et E. Kennedy. (2013) "Factors Associated with the Concentration of Immunoglobulin G in the Colostrum of Dairy Cows." *Animal* 7 (11): 1824-32.
- Conneely M., Berry D.P., Murphy J.P., Lorenz I., Doherty M.L. and Kennedy E. (2014) "Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves." *Journal of Dairy Science*. 97 :6991–7000.
- Cummins C., Lorenz I. and Kennedy E. (2016) "The effect of storage conditions over time on bovine colostrum immunoglobulin G concentration, bacteria, and pH." *Journal of Dairy Science*. 99:4857–63. doi: 10.3168/jds.2015-10276
- Dardillat J., Trillat G. et Larvor P. (1978) "Colostrum immunoglobulin concentration in cows : relationship with their calf mortality and with the colostrum quality of their female offspring." *Annales de Recherches Vétérinaires, INRA Editions*, no 9 (2): 375-84.
- Denholm K, Hunnam JC, Cuttance EL and McDougall S. "Associations between management practices and colostrum quality on New Zealand dairy farms." *N Z Vet J.* (2017) 65:257–63. doi: 10.1080/00480169.2017.1342575
- Denholm K. (2022) "A review of bovine colostrum preservation techniques." *Journal of Dairy Research*. 89, 345–354.
- Denise S. K., Robinson J. D. et al. (1989) "Effects of Passive Immunity on Subsequent Production in Dairy Heifers." *Journal of Dairy Science*. 72(2): 552-554.
- Dewell R. D., Hungerford L. L. et al. (2006) "Association of neonatal serum immunoglobulin G1 concentration with health and performance in beef calves." *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 228(6): 914-921.
- Dusty M. Weaver, Jeff W. Tyler, David C. VanMetre, Douglas E. Hostetler, and George M. Barrington. (2000) "Passive Transfer of Colostral Immunoglobulins in Calves." *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 14: 569–577
- Elizondo-Salazar J.A. and Heinrichs A.J. (2009) "Feeding heat-treated colostrum or unheated colostrum with two different bacterial concentrations to neonatal dairy calves." *Journal of Dairy Science*. 92: 4565–4571. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2188>.
- Fecteau Gilles, Baillargeon Paul, Higgins Robert, Pare Julie et Fortin Madeleine. (2002) "Bacterial contamination of colostrum fed to newborn calves in Québec dairy herds." *Canadian Veterinary Journal*.
- Foley J. A. and Otterby D. E. (1978) "Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum : A review." *Journal of Dairy Science*. 61:1033–1060.

- Furman-Fratczak K., Rzasas A. et al. (2011) "The influence of colostrum immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth." *Journal of Dairy Science* 94: 5536-5543.
- Geiger Adam J. (2020) "Colostrum: back to basics with immunoglobulins." *Journal of Animal Science*, 2020, Vol. 98, No. Suppl. 1, S126–S132
- Gelsinger S. L., Jones C. M. and Heinrichs A. J. (2015) "Effect of colostrum heat treatment and bacterial population on immunoglobulin G absorption and health of neonatal calves." *Journal of Dairy Science*. 98:4640–4645
- Godden S. (2008) "Colostrum management for dairy calves." *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 24:19–39.
- Godden S. M. (2009) "Microbial hazards associated with feeding colostrum." Accessed Dec. 5. <http://www.dairyweb.ca/Resources/SWNMC2009/Godden.pdf>.
- Godden S. M., Smolenski D. J., Donahue M., Oakes J. M., Bey R., Wells S., Sreevatsan S., Stabel J. and Fetrow J. R. (2012) "Heat-treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: Results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness." *Journal of Dairy Science*. 95:4029–4040.
- Godden S. (2015) "No bugs please - How to feed clean colostrum to baby calves ?" <http://www.extension.umn.edu/agriculture/dairy/calves-and-heifers/no-bugs-please/>. Accessed Dec 5.
- Godden S. M., Lombard J. E. and Woolums A. R. (2019) "Colostrum Management for Dairy Calves." *Vet Clin Food Anim.* 35 (2019) 535–556.
- Gourdon, Jonathan. (2021) "La qualité du transfert d'immunité passive comme levier pour la santé des veaux : mise en place d'un Benchmarking pour améliorer les pratiques des éleveurs - Étude dans 16 élevages." Thèse d'exercice vétérinaire, Oniris - Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation. Nantes.
- Gulliksen, S. M., K. I. Lie, L. Sølverød, et O. Østerås. (2008) "Risk Factors Associated with Colostrum Quality in Norwegian Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 91 (2): 704-12.
- Guzmán V., Reyes-Vélez J., Elsohaby I., Olivera-Angel M. (2020) "Factors associated with microbiological quality of bovine colostrum in Colombian dairy herds." *Int Dairy J.* 105:104670. doi: 10.1016/j.idairyj.104670
- Guy M. A., McFadden T. B. et al. (1994) "Regulation of Colostrum Formation in Beef and Dairy Cows." *Journal of dairy science* 77(10): 3002-3007.
- Halleran J., Sylvester H.J. and Foster D.M. (2017) "Short communication: Apparent efficiency of colostrum immunoglobulin G absorption in Holstein heifers." *J. Dairy Sci.* 100:3282–3286
- Hennessy M., Kristula M., Cady S., Smith B., Indugu N., Vecchiarelli B., and Pitta D. (2022) "Acidification of colostrum affects the fecal microbiota of preweaning dairy calves." *JDS Communications*. 2023; 4:80–85.
- Hyde R. M., Green M. J., Hudson Ch. and Down P. M. (2020) "Quantitative analysis of colostrum bacteriology on British dairy farms." *Frontiers in Veterinary Science*. 7:601227.
- Jochims K., Kaup F. J. et al. (1994) "An immunoelectron microscopic investigation of colostrum IgG absorption across the intestine of newborn calves." *Research in Veterinary Science*. 57(1): 75- 80.
- Johnson J. L., Godden S. M., Molitor T., Ames T. and Hagman D. (2007) "Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves." *Journal of Dairy Science*. 90:5189–5198.

- Jost, T., C. Lacroix, C. P. Braegger, F. Rochat, and C. Chassard. (2014) "Vertical mother-neonate transfer of maternal gut bacteria via breastfeeding." *Environ. Microbiol.* 16:2891–2904.
- Kehoe S. I., Jayarao B. M. and Heinrichs A. J. (2007) "A Survey of Bovine Colostrum Composition and Colostrum Management Practices on Pennsylvania Dairy Farms." *Journal of Dairy Science.* 90:4108–4116.
- Levieux D. (1991) "Dosage des IgG du lait de vache par immunodiffusion radiale semi-automatisée, pour la détection du colostrum, des laits de mammites ou de fin de gestation. I. Mise au point du dosage." *Le Lait.* 71 (3), pp.327-338. fahal-00929249f
- Lima, S. F., A. G. V. Teixeira, E. K. Ganda, C. H. Higgins, G. Oikonomou, and R. C. Bicalho. (2017) "The bovine colostrum microbiome and its association with clinical mastitis." *J. Dairy Sci.* 100:3031–3042.
- Lombard J., Urie N., Garry F., Godden S. and al. (2020) "Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States." *J. Dairy Sci.* 103:7611–7624
- Lora I., Barberio A., Contiero B., Paparella P., Bonfanti L., Brscic M., Stefani A. L. and Gottardo F. (2018) "Factors associated with passive immunity transfer in dairy calves: combined effect of delivery time, amount and quality of the first colostrum meal." *Animal.* 12:5, pp 1041–1049. doi:10.1017/S1751731117002579
- Lyons, K. E., C. A. Ryan, E. M. Dempsey, R. P. Ross, and C. Stanton. (2020) "Breast milk, a source of beneficial microbes and associated benefits for infant health." *Nutrients* 12:1039.
- McAloon CG, Doherty ML, Donlon J, Lorenz I, Meade J, O'grady L, et al. (2016) "Short Communication Microbiological contamination of colostrum on Irish dairy farms." *Vet Rec.* 178:474. doi: 10.1136/vr.103641
- McFarlane J. A., Grove-White D. H. et al. (2015) "Identification and quantification of factors affecting neonatal immunological transfer in dairy calves in the UK." *Veterinary Record* : 1-7.
- McGrath Brian A., Fox Patrick F., McSweeney Paul L. H. and Kelly Alan L. (2016) "Composition and properties of bovine colostrum: a review." *Dairy Sci. & Technol.* 96:133–158 DOI 10.1007/s13594-015-0258-x
- Maillard R. and B. Guin. (2013) "Immunité colostrale chez les bovins." *Bull. GTV,* 71 : 17-24
- Manoher A. A., Williamson M. and Kappikar G. V. (1996) "Effects of storage of colostrum in various containers." *Indian Pediatr.* 34:293– 296.
- Mayasari, N., G. de Vries Reilingh, M. G. B. Nieuwland, G. J. Remmelink, H. K. Parmentier, B. Kemp, et A. T. M. van Knegsel. (2015) "Effect of Maternal Dry Period Length on Colostrum Immunoglobulin Content and on Natural and Specific Antibody Titers in Calves." *Journal of Dairy Science* 98 (6):
- Meyer C. and Denis J.-P. (1999) "Élevage de la vache laitière en zone tropicale [Dairy cattle production in the tropics]". Montpellier, France, Cirad-emvt, Cirad. ed., Collection technique, 1 vol., 314 p.
- Minvielle B. et Rugraff Y. (1999) "Intérêt de l'ATP-métrie pour la validation et l'optimisation du nettoyage-désinfection dans le secteur abattage-découpe." *TechniPorc - Vol. 22, n° 5.*
- Moore M., Tyler J. W., Chigerwe M., Dawes M. E., and Middleton J R. (2005) "Effect of delayed colostrum collection on colostrum IgG concentration in dairy cows." *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 226 (8) : 1375-77.
- Moran J. (2002) *Calf Rearing : A Practical Guide.* Landlinks Press.

- Morrill KM., Conrad E., Lago A., Campbell J., Quigley J. et Tyler H. (2012) “*Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States.*” J Dairy Sci. 95:3997–4005. doi: 10.3168/jds.2011-5174
- Morin M.P., Dubuc J., Freycon P. and Buczinski S. (2021) “*A herd-level study on colostrum management factors associated with the prevalence of adequate transfer of passive immunity in Québec dairy herds.*” Journal of Dairy Science. 104(4):4914-4922.
- National Animal Health Monitoring System (NAHMS). (1993) “*National Dairy Heifer Evaluation Project : Dairy Herd Management Practices Focusing on Preweaned Heifers.*” USDA-APHIS Veterinary Services. Ft. Collins, CO.
- National Animal Health Monitoring System (NAHMS). (1996) “*National Dairy Health Evaluation Project : Dairy heifer morbidity, mortality, and health management focusing on preweaned heifers.*” USDA-APHIS Veterinary Services. Ft. Collins, CO.
- National Animal Health Monitoring System (NAHMS). (2002) “*Dairy 2002. Part 1: Reference of Dairy Health and Management in the United States.*” USDA-APHIS Veterinary Services. Ft. Collins, CO.
- Nissen Asger, Andersen Pia Haubro, Bendixen Emøke, Ingvarsten Klaus Lønne and Røntved Christine Maria. (2017) “*Colostrum and milk protein rankings and ratios of importance to neonatal calf health using a proteomics approach.*” Journal of Dairy Science. 100:2711–2728
- Parreno A., Marcoppido G., Vega C., Garaicoechea L., Rodriguez D., Saif L., Fernandez F. (2010) “*Milk supplemented with immune colostrum: Protection against rotavirus diarrhea and modulatory effect on the systemic and mucosal antibody responses in calves experimentally challenged with bovine rotavirus.*” doi:10.1016/j.vetimm.2010.01.003
- Peterson J., Godden S. and Bey R. (2008) “*Relationship between bacteria levels in colostrum and efficiency of absorption of immunoglobulin G in newborn dairy calves.*” Proc Forty-First Annu Conf Am Assoc Bov Pract. 2008;September: 248.
- Phipps A. J., Beggs D. S., Murray A. J., Mansell P. D., Stevenson M. A. and Pyman M. F. (2016) “*Survey of bovine colostrum quality and hygiene on northern Victorian dairy farms.*” J. Dairy Sci. 99:8981–8990
- Playford Raymond John and Weiser Michael James. (2021) “*Bovine Colostrum : Its Constituents and Uses.*” Nutrients. 13, 265.
- Poulsen K. P., Hartmann F. A. and McGuirk S. M. (2002) “*Bacteria in colostrum: Impact on calf health.*” Page 773 in Proc. 20th Am. Coll. Intern. Vet. Med., Dallas, TX.
- Pritchett Lori C., Gay Cluve C., Hancock Dale D. and Besser Thomas E. (1994) “*Evaluation of the Hydrometer for Testing Immunoglobulin G Concentrations in Holstein Colostrum.*” Journal of Dairy Science Vol. 77, No. 6
- Puppel K., Gołębiowski M., Grodkowski G., Ślósarz J., Kunowska-Slósarz M., Solarczyk P., Łukasiewicz M., Balcerak M. and Przysucha T. (2019) “*Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum : A Review.*” Animals, 9, 1070; doi:10.3390/ani9121070
- Quigley J. D., Kost C. J. and Wolfe T. M. (2002) “*Absorption of protein and IgG in calves fed a colostrum supplement or replacer.*” Journal of Dairy Science. 85 (5): 1243-48
- Raboisson D., Trillat P., Dervillé M., Cahuzac C. and Maigné E. (2018) “*Defining Health Standards through Economic Optimisation : The example of colostrum management in Beef and Dairy Production.*” PLoS ONE 13 (5): 1-16.

- Rastani R. R., Grummer R. R. et al. (2005) *"Reducing Dry Period Length to Simplify Feeding Transition Cows: Milk Production, Energy Balance, and Metabolic Profiles."* Journal of dairy science 88(3): 1004-1014.
- Reschke C., Schelling E., Michel A., Remy-Wohlfender F. and Meylan M. (2017) *"Factors Associated with Colostrum Quality and Effects on Serum Gamma Globulin Concentrations of Calves in Swiss Dairy Herds."* J Vet Intern Med 2017;31:1563–1571.
- Rialet, H. (2022) *"Observatoire national de la qualité des colostrums bovins : description de l'étude et perspectives pour la relation éleveur-vétérinaire."* Thèse d'exercice vétérinaire, Oniris - Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation. Nantes.
- Robbers Lisa, Jorritsma Ruurd, Nielen Mirjam and Koets Ad. (2021) *"A scoping review of On-Farm Colostrum Management Practices for Optimal Transfer of Immunity in Dairy Calves."* Frontiers in Veterinary Science. 8:668639. doi: 10.3389/fvets.2021.668639
- Serieys F. (1993) *"Le colostrum de vache."* Ed. Smithkline-Beecham, Ploufragan. p. 88.
- Shivley C.B., Lombard J.E., Urie N.J. et al. (2018) *"Prewaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves."* Journal of Dairy Science. 2018;101:9168–84.
- Soufleri, A., G. Banos, N. Panousis, D. Fletouris, G. Arsenos, et G. E. Valergakis. (2019) *"Genetic Parameters of Colostrum Traits in Holstein Dairy Cows."* Journal of Dairy Science 102 (12): 11225-32.
- Soňa Šlosárková, Alena Pechová, Stanislav Staněk, Petr Fleischer, Monika Zouharová and Eliška Nejedlá. (2021) *"Microbial contamination of harvested colostrum on Czech dairy farms."* Journal of Dairy Science. 104:11047–11058.
- Staley T. E. and Bush L. J. (1985) *"Receptor mechanisms of the neonatal intestine and their relationship to immunoglobulin absorption and disease."* Journal of Dairy Science. 68:184–205.
- Stewart S., Godden S., Bey R., Rapnicki P., Fetrow J., Farnsworth R., Scanlon M., Arnold Y., Clow L., Mueller K. and Ferrouillet C. (2005) *"Preventing Bacterial Contamination and Proliferation During the Harvest, Storage, and Feeding of Fresh Bovine Colostrum."* J. Dairy Sci. 88:2571–2578
- Stott G. H., Marx D. B., Menefee B. E. and Nightengale G. T. (1979a) *"Colostrum immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption."* Journal of Dairy Science. 62 (10): 1632-38.
- Stott G. H., Marx D. B., Menefee B. E., and Nightengale G. T. (1979b) *"Colostrum immunoglobulin transfer in calves II. Amount of Absorption."* Journal of Dairy Sciences 62.
- Stott G. H. and Fella A. (1983) *"Colostrum Immunoglobulin Absorption Linearly Related To Concentration for Calves."* Journal of Dairy Science. 66 (6) : 1319 - 28.
- Tyler J. W., H. D. D. et al. (1999) *"Partitioning the Mortality Risk Associated with Inadequate Passive Transfer of Colostrum Immunoglobulins in Dairy Calves."* Journal of Veterinary Internal Medicine. 13: 335-337.
- USDA. (2003) *"Part III : Reference of dairy cattle health and health management practice in the United States, 2002."* USDA, National Animal Health Monitoring System, Fort Collins, Colorado.
- Urie N. J., Lombard J. E., Shivley C. B., Koprak C. A., Adams A. E., Earleywine T. J., Olson J. D. and Garry F. B. (2018) *"Prewaned heifer management on US dairy operations: Part I. Descriptive characteristics of preweaned heifer raising practices."* J. Dairy Sci. 101:9168–9184

- Van Driessche L., E. Santschi D., Paquet E., Renaud D., Charbonneau E., Gauthier M.L., Chancy A., Barbeau-Grégoire N. et Buczinski S. (2023) "*Hygiene management practices and ATP luminometry of feeding equipment in preweaned calves on dairy farms in Quebec, Canada.*" J. Dairy Sci. TBC
- Van Hese I., Goossens K., Ampe B., Haegeman A. and Opsomer G. (2022) "*Exploring the microbial composition of Holstein Friesian and Belgian Blue colostrum in relation to the transfer of passive immunity.*" J. Dairy Sci. 105:7623–7641
- Vasseur E., Borderas F., Cue R. I., Lefebvre D., Pellerin D., Rushen J., Wade K. M. and A. M. de Passillé. (2010) "*A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare.*" American Dairy Science Association. 93 :1307–1315
- Veterinary Service. (2010) "*Passive transfer status of heifer calves on US dairies, 1991 - 2007.*" Fort Collins, Colorado.
- Vogels Z., Chuck G. M. et al. (2013) "*Failure of transfer of passive immunity and agammaglobulinemia in calves in south-west Victorian dairy herds: prevalence and risk factors.*" Australian Veterinary Journal. 91(4): 150-158.
- Watters, R. D., J. N. Guenther, A. E. Brickner, R. R. Rastani, P. M. Crump, P. W. Clark, et R. R. Grummer. (2008) "*Effects of Dry Period Length on Milk Production and Health of Dairy Cattle.*" Journal of Dairy Science 91 (7): 2595-2603.
- Weaver Dusty M., Tyler Jeff W., VanMetre David C., Hostetler Douglas E. and Barrington George M. (2000) "*Passive Transfer of Colostral Immunoglobulins in Calves.*" Journal of Veterinary Internal Medicine. 14:569–577
- Wells S. J., Dargatz D. A. et al. (1996) "*Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States.*" Preventive Veterinary Medicine. 29(1): 9-19.
- Windeyer M. C., Leslie K. E. et al. (2014) "Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age." Preventive Veterinary Medicine. 113(2): 231-240.
- Wittum T. E. and Perino L. J. (1995) "*Passive immune status at postpartum hour 24 and long-term health and performances of calves.*" American Journal of Veterinary Research. 56(9): 1149- 1154.
- Young, W., B. C. Hine, O. A. Wallace, M. Callaghan, and R. Bibiloni. (2015) "*Transfer of intestinal bacterial components to mammary secretions in the cow.*" PeerJ 3:e888.

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire à destination des éleveurs – Phase 1.



Vos pratiques autour de la prise colostrale

Questionnaire de thèse d'exercice vétérinaire à destination des éleveurs de vaches laitières

Ce questionnaire a été conçu dans le cadre de mon travail de thèse vétérinaire en collaboration avec le laboratoire MSD Santé Animale. Ma thèse vise à étudier l'impact des pratiques des éleveurs autour de la prise colostrale sur la qualité bactériologique du colostrum de leurs vaches.

La qualité bactériologique est un paramètre souvent négligé dans l'approche qualitative du colostrum. Pourtant, les conséquences de la contamination bactérienne du colostrum et de la consommation de ce dernier peuvent être problématiques, en particulier pour la santé du veau : transmission d'agents bactériens ou encore interférence avec la résorption intestinale des anticorps maternels entraînant un déficit de transfert d'immunité passive et donc, aboutissant à des veaux plus à risque d'être malades.

L'objectif de ce questionnaire est d'obtenir un échantillon des pratiques les plus répandues autour de la prise colostrale afin de mettre en évidence des situations à risque concernant la contamination bactérienne du colostrum.

Informations personnelles

Nom :
 Prénom :
 Nom de l'élevage :
 Téléphone :

1

Hygiène de l'opérateur

Mesures particulières concernant l'opérateur réalisant la récolte (plusieurs réponses possibles) :

- Lavage des mains à l'eau Lavage des mains au savon Désinfection des mains
- Port de gants à usage unique Port de gants réutilisables Pas de mesures particulières
- Autre :

Matériel de récolte du colostrum

Dans quel type de récipient récoltez-vous le colostrum au cours de la traite ?

- Seau adapté au robot de traite Pot séparateur Seau Biberon
- Autre :

Hygiène du matériel de récolte

Comment procédez-vous pour le nettoyage du matériel de récolte du colostrum ? (plusieurs réponses possibles – exemple : Rincage à l'eau chaude puis nettoyage avec savon détergent et désinfection à la Javel)

- Rincage à l'eau froide Rincage à l'eau chaude
- Utilisation d'un détergent type savon ou produit alcalin (si oui nom produit : ..)
- Utilisation d'un désinfectant (si oui nom produit : ..)
- Pas de nettoyage Autre :

À quelle fréquence procédez-vous au nettoyage de ce matériel ?

Après chaque utilisation
 Autre, précisez la fréquence :

Partie 3 : Distribution du colostrum

Délai récolte - distribution 1ère buvée colostrale

En général, combien de temps après la récolte assurez-vous la distribution de la première buvée colostrale ? <30 min 30min-3h 3-6h 6-12h >12h

Étapes entre la récolte et la distribution au veau

Entre la récolte et la distribution au veau, le colostrum passe :

- Dans 1 récipient, soit matériel de récolte = matériel de distribution (exemple : mamelle – biberon)
- Dans 2 récipients différents (exemple : mamelle – pot séparateur – biberon)
- Dans 3 récipients différents (exemple : mamelle – pot séparateur – seau – pot d'arrosage)
- Dans 4 récipients différents ou plus

Modalité de distribution du colostrum

Quelle est la modalité principale de distribution du colostrum dans votre élevage ?

- Sonde de drençage Biberon Seau avec tétine Seau classique
- Autre :

Hygiène du matériel de distribution du colostrum

Le nettoyage du matériel de distribution est-il similaire à celui de récolte ? Oui Non

Si non, comment procédez-vous ? (plusieurs réponses possibles – cf exemple hygiène matériel de récolte)

- Rincage à l'eau froide Rincage à l'eau chaude
- Utilisation d'un détergent (ex : liquide vaisselle ou produit alcalin)
- Utilisation d'un désinfectant (ex : eau de javel, peroxyde d'hydrogène)
- Pas de nettoyage Autre :

3

Partie 1 : Période de vêlage

Généralités

> Nombre de vaches dans l'élevage :

> Nombre de vêlages / an :

> Organisation des vêlages :

- Groupés → Quelle(s) saison(s) ? Automne Hiver Printemps Été
- Toute l'année

> Lieu de vêlage : Case de vêlage individuelle Stabulation collective Pré

Intervention humaine dans la prise colostrale

Jamais : Vous laissez systématiquement le veau téter sa mère sans intervenir.

Parfois : Vous intervenez dans certain(s) cas, précisez lesquelles :

Systématiquement : Vous ne laissez jamais le veau téter la mère en assurant la récolte et la distribution du colostrum pour chaque veau.

Les questions suivantes vous concernent si vous procédez à la récolte et la distribution du colostrum, qu'elles soient systématiques ou occasionnelles. Si ce n'est pas le cas, vous pouvez vous rendre directement à la partie 5.

> Nombre de personnes pouvant intervenir dans la récolte / distribution du colostrum :

Partie 2 : Récolte du colostrum

Délai vêlage - récolte colostrum

En général, combien de temps après le vêlage récoltez-vous le colostrum ?

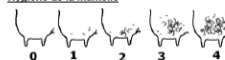
- <1h 1-3h 3-6h 6-12h >12h

Méthode de récolte

Par quel(s) moyen(s) assurez-vous la récolte du colostrum ?

- Robot de traite Salle de traite Poste de traite mobile Manuellement

Hygiène de la mamelle



Quelle note attribueriez-vous à la propreté des mamelles de vos vaches en général ?

Réalisez-vous un nettoyage des trayons avant la récolte du colostrum ? Oui Non

Si oui - comment procédez-vous ? (plusieurs réponses possibles – exemple : Application d'un produit de pré-traitement puis essuyage à l'aide d'un papier absorbant à usage unique)

- Lavage via le robot de traite
- Application d'un produit de pré-traitement
- Essuyage avec un papier absorbant sec à usage unique
- Essuyage avec une lavette réutilisable humide
- Nettoyage avec une lavette réutilisable associée à un produit détergent (ex : savon, liquide vaisselle)
- Désinfection avec une lavette réutilisable associée à un produit désinfectant
- Désinfection avec une lingette désinfectante à usage unique
- Autre :

2

> La fréquence de nettoyage du matériel de distribution est-elle similaire à celle du matériel de récolte ? Oui Non Si non, précisez :

Partie 4 - Stockage du colostrum

Conservation du colostrum

Si vous récoltez un volume de colostrum frais supérieur à celui que vous souhaitez distribuer au veau lors de sa première buvée, conservez-vous l'excédent ? Oui Non

Si oui :

> Dans quel but le conservez-vous ? (plusieurs réponses possibles)

- Pour le distribuer au veau lors d'une seconde buvée
- Délai moyen 1ère buvée - 2ème buvée colostrale (en heures ou jours) :
- Pour le distribuer à d'autres veaux nouveau-nés de l'élevage (banque de colostrum)
- Autre :

> Comment le conservez-vous ? (plusieurs réponses possibles)

Méthode	Contenant	Durée de conservation maximale (En heures, jours ou semaines)
<input type="checkbox"/> Température ambiante	<input type="checkbox"/> Pot séparateur <input type="checkbox"/> Seau <input type="checkbox"/> Biberon <input type="checkbox"/> Autre :	
<input type="checkbox"/> Réfrigérateur (0-4°C)	<input type="checkbox"/> Biberon <input type="checkbox"/> Bouteille <input type="checkbox"/> Autre :	
<input type="checkbox"/> Congélateur (<0°C)	<input type="checkbox"/> Bouteille <input type="checkbox"/> Poche <input type="checkbox"/> Autre :	

Utilisation du colostrum stocké

Comment réchauffez-vous le colostrum au moment de le distribuer au veau ?

Bain marie Chauffe-lait Autre :

> Précisez la température de réchauffage :°C

> Précisez la durée de réchauffage : minutes ou heures (barrez la mention inutile)

Partie 5 : Contamination bactérienne du colostrum

Expérience personnelle

> Avez-vous déjà suspecté avoir récolté et distribué du colostrum contaminé par des bactéries ? Oui Non

Si oui, sur quel(s) critère(s) vous-êtes vous basé ?

Traitement anti-bactérien du colostrum

> Savez-vous qu'il existe des méthodes de traitement du colostrum (pasteurisation ou ajout de conservateurs) afin de limiter le développement bactérien ? Oui Non

Si oui, mettez-vous en œuvre une de ces méthodes dans votre élevage ? Oui Non

Si oui, quelle méthode utilisez-vous ? Pasteurisation

Ajout de conservateurs

→ Précisez : Formol

Sorbate de potassium

Autre :

> Si vous ne connaissez pas l'existence de ces traitements et que vous aviez des problèmes de contamination bactérienne de vos colostrums, seriez-vous prêt à mettre en place ce type de traitement : Oui Non Sans avis

> A quel point les critères suivants influenceraient votre choix ?
(1 = pas d'importance à 10 = énormément d'importance)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coût d'achat du matériel										
Coût d'achat des consommables										
Facilité d'utilisation										
Temps de travail supplémentaire										
Autre :										

Fin du questionnaire

Remerciements

Merci d'avoir pris le temps de répondre à l'ensemble de ces questions.

Retour sur mon travail de thèse

> Seriez-vous intéressé de recevoir mon travail final de thèse ? Oui Non

Si oui, merci de me transmettre votre adresse mail :
.....

Les données personnelles que vous me fournissez sont collectées sous la responsabilité de la directrice générale d'Oniris, responsable de traitement. Elles sont destinées à être traitées dans le cadre de ma thèse d'exercice vétérinaire en collaboration avec le laboratoire MSD Santé Animale. Ces données seront conservées pour une durée de 5 ans. En signant ce questionnaire, vous certifiez consentir à l'utilisation libre de ces données et à leur valorisation de manière anonymisée dans le cadre de mon travail de thèse.

Signature

Me contacter

Pauline HERAMBERT

Étudiante en 5^è année à ONIRIS - Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation


Mail : pauline.herambert@oniris-nantes.fr

Annexe 2 : Ensemble des recommandations proposées pour la phase 2.


Recommandations générales
Achat de matériel neuf (surtout en cas de matériel usagé).
Application de l'ensemble des étapes du protocole de nettoyage et désinfection du matériel après chaque utilisation (<i>détail en annexe 3</i>).
Laisser sécher le matériel à l'air libre et le stocker dans un endroit propre.
Recommandations pour l'étape de récolte
<u>Application de mesures d'hygiène pour l'opérateur</u> : lavage des mains au savon ± désinfection des mains avec un produit désinfectant ± port de gants propres jetables ou réutilisables.
<u>Application de mesures d'hygiène pour les trayons</u> : essuyage ± nettoyage avec un détergent ± désinfection OU lavage via le robot de traite.
<u>Pour les élevages en traite robotisée</u> : <ul style="list-style-type: none">• Utiliser un seau de collecte dédié au colostrum et l'identifier.• Utiliser le système de dérivation du robot de traite pour collecter le colostrum (tuyau souple correctement nettoyé et désinfecté à brancher directement sur le robot pour récolter le colostrum dans le seau dédié).• Réaliser des flushs quotidiens du robot avec des produits désinfectants.
<u>Pour les élevages en traite manuelle</u> : <ul style="list-style-type: none">• Dédier un pot trayeur à la récolte du colostrum et l'identifier.• Privilégier un pot trayeur en inox plutôt qu'en plastique en raison du risque diminué de formation de biofilm.
Recommandations pour l'étape de distribution
<u>Seau classique</u> : Utiliser un seau dédié à la distribution du colostrum et l'identifier.
<u>Seau avec tétine</u> : <ul style="list-style-type: none">• Utiliser un seau dédié à la distribution du colostrum et l'identifier.• Changement régulier des tétines lorsqu'elles deviennent usagées.• Avoir au moins un jeu de tétines neuves en stock.
<u>Biberon</u> : <ul style="list-style-type: none">• Utiliser un biberon dédié à la distribution du colostrum et l'identifier.• Changement régulier des tétines lorsqu'elles deviennent usagées.• Avoir au moins un jeu de tétines neuves en stock.
<u>Drencheur</u> : <ul style="list-style-type: none">• Utiliser un drencheur dédié à la distribution du colostrum et l'identifier.

Annexe 3 : Fiche détaillée du protocole complet de nettoyage.


La bonne méthode pour **NETTOYER** le matériel de COLLECTE et de DISTRIBUTION du colostrum





DÉMONTAGE
Démonter entièrement le matériel après chaque utilisation.





RINÇAGE
Rincer le matériel avec une eau froide/tiède (une eau chaude colle le colostrum aux parois).




LAVAGE
Plonger le matériel dans une eau chaude avec du détergent (type produit à vaisselle). Frotter la surface du matériel à l'aide d'une brosse ou d'un goupillon dédié.



RINÇAGE/ DÉSINFECTION
Rincer à l'eau chaude puis pulvériser un désinfectant acide (acide peracétique 2%).



SÉCHAGE
Disposer le matériel, à l'envers (égouttage) à l'air libre et en hauteur (grille en inox).



gp-FR-NON-230700001

Annexe 4 : Questionnaire à destination des éleveurs – Phase 2.

Confidentiel - Confidential

Bilan d'étude Changements des pratiques autour de la prise colostrale

Élevage :

Changements initiés suite à l'étude de terrain

Changement recommandé par votre vétérinaire	Respect du changement : oui / non / à moitié	Points positifs = qui inciteraient à continuer	Points négatifs = qui inciteraient à arrêter

1

Confidentiel - Confidential

Pratiques hygiéniques actuelles autour de la prise colostrale

Indiquer les mesures hygiéniques que vous mettez actuellement en place dans votre élevage, qu'elles aient changé ou pas suite à l'étude.

> Hygiène des trayons

Réalisez-vous un nettoyage des trayons avant la récolte du colostrum ? Oui Non

Si oui : comment procédez-vous ? (plusieurs réponses possibles)

- Lavage via le robot de traite
- Application d'un produit de pré-trempage
- Essuyage avec un papier absorbant sec à usage unique
- Essuyage avec une lavette réutilisable humide
- Nettoyage avec une lavette réutilisable associée à un produit détergent (ex : savon, liquide vaisselle)
- Désinfection avec une lavette réutilisable associée à un produit désinfectant
- Désinfection avec une lingette désinfectante à usage unique
- Autre :

> Hygiène de l'opérateur

Quelles sont les mesures hygiéniques prises par l'opérateur ?

- Lavage des mains à l'eau
- Lavage des mains au savon
- Désinfection des mains
- Port de gants à usage unique
- Port de gants réutilisables
- Pas de mesures particulières
- Autre :

> Hygiène du matériel (récolte / distribution)

Comment procédez-vous pour le nettoyage du matériel ? (plusieurs réponses possibles)

- Rincage à l'eau froide
- Rincage à l'eau chaude
- Utilisation d'un détergent type savon ou produit alcalin (si oui non produit :
- Utilisation d'un désinfectant (si oui non produit :
- Pas de nettoyage
- Autre :

A quelle fréquence procédez-vous au nettoyage de ce matériel ?

- Après chaque utilisation
- Autre, précisez la fréquence :

2

Confidentiel - Confidential

> Hygiène du colostrum

L'objectif de l'étude était de montrer comment les pratiques autour de la prise colostrale peuvent entraîner une contamination microbienne du colostrum. A l'issue de cette étude, comment considérez-vous la possibilité de traitement anti-microbien (pasteurisation, ajout de conservateurs) du colostrum ?

- Même avis qu'au début de l'étude
- Changement d'avis
- Pourquoi ?

Si vous deviez mettre en place un traitement anti-microbien, lequel prendriez-vous ? Pasteurisation Ajout de conservateurs

3

Confidentiel - Confidential

Impact de l'étude sur vos pratiques

> L'étude a-t-elle eu un impact durable sur vos pratiques (ie, mise en place de nouvelles pratiques sur le long terme) ?

- Oui Non

Si oui, quelle(s) nouvelle(s) pratique(s) allez-vous conserver à l'avenir ?

-
-
-
-

> Quels sont les critères majeurs qui influencent le choix d'un changement de pratique selon vous ? (1 = pas d'importance à 10 = enregistrement d'importance)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coût d'achat du matériel										
Coût d'achat des consommables										
Facilité d'utilisation										
Temps de travail supplémentaire										
Résultats / efficacité										
Changement d'habitudes										
Autre :										

4

Confidentiel - Confidential

Vos impressions sur l'étude

> Indiquez les points positifs et négatifs que vous avez relevés au cours de l'étude :

Points positifs	Points négatifs

> Trouvez-vous avoir été bien informé au cours de l'étude ? Oui Non

> Y-a-t-il des points sur lesquels vous souhaiteriez avoir plus d'informations ? Oui Non

- Si oui, lesquels ?
-
-

Merci de votre participation !

5

Annexe 5 : Exemple de fiche résultats communiquée aux éleveurs.

Résultats d'analyses – Etude contamination du colostrum

Vétérinaire : Dr XXX

Commune : XXX

Elevage : XXX

Type d'animaux prélevés : Bovins laitiers, race XXX

Phase 1 :

N° vache	Numération FT (UFC / ml)	Numération CT (UFC / ml)	Dosage IgG (g/L)	N° veau	Dosage IgG (g/L) veau
1258	7 600	< 100	135,9	6689	40,1
716	5 900 000	4000	54,5	6690	6,5
8936	316 000	< 100	84,9	6691	25,7
9340	212 000	< 100	63,9	6694	29
6568	795 000	< 100	74	6695	36,2

Phase 2 :

N° vache	Numération FT (UFC / ml)	Numération CT (UFC / ml)	Dosage IgG (g/L)	N° veau	Dosage IgG (g/L) veau
6164	2,88 x 10exp5	80	177,2	6709	16,4
7800	520 000	110	75,8	6713	33,7
0188	17 000	20	108,8	6712	27,3
1227	27 000	3300	41	6705	32,3
6566	4 000	30	121,2	6706	25,9

Commentaires de votre vétérinaire traitant :

Annexe 6 : Fiche commémoratifs utilisées par les éleveurs.

INVESTIGATION COLOSTRUM

5 mères (primipares et multipares)		5 veaux (24h à 6 j d'âge)	
PRÉLÈVEMENTS	✓ Vérifier que le veau n'a pas tété	✓ Prélèvement de sang à la jugulaire sur tubes secs (si possible avec gel séparateur)	
	✓ Prélever 10 ml. ou 1 ^{er} colostrum (1/2 pot)	✓ Coagulation (2 heures minimum)	
	✓ Le prélèvement doit se faire dans le dernier contenant de buvée pour le veau (biberon, drencheur, seau...)	✓ Centrifugation et transfert sérum dans un 2 ^e tube sec sans gel	
	✓ Noter le numéro de la mère sur le pot et la date	✓ Congélation possible si envoi différé	
	✓ Congeler immédiatement le pot		
Conservation des colostrums : <input type="checkbox"/> Colostrums congelés		Conservation des sérums : <input type="checkbox"/> Sérums congelés	
Conservation des sérums : <input type="checkbox"/> Sérums frais <input type="checkbox"/> Sérums congelés			

COLOSTRUMS	N° vache prélevée	Date prélèvement	Primipare ou Multipare (P/M)	Délai vêlage → traite colostrale (h)	Lieu de prélèvement (Seau, biberon, drencheur...)
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

SÉRUMS	N° veau prélevé	Date(s) prélèvements	Age du veau (j)	Numéro de la mère	1 ^{re} buvée colostrale		2 ^e buvée colostrale (si réalisée)	
					Volume bu (L)*	Délai vêlage → Buvée 1 (h)	Volume bu (L)*	Délai Buvée 1 → Buvée 2 (h)
	1							
2								
3								
4								
5								

VÉTÉRINAIRE	Nom :	N°ordre :
	Adresse :	
	Code Postal :	Ville :
	Courriel :	

ÉLEVAGE	Nom :	N°EDE :
	Adresse :	
	Code Postal :	Ville :

Bovins lait Bovins viande Race :

HISTORIQUE DES 12 DERNIERS MOIS			
DIARRHÉE :	<input type="checkbox"/> veaux < 3 sem <input type="checkbox"/> veaux > 3 sem <input type="checkbox"/> adultes	Morbidité :	% Mortalité : %
RESPI :	<input type="checkbox"/> veaux < 2 m <input type="checkbox"/> 2-6 m <input type="checkbox"/> veaux > 6 m <input type="checkbox"/> adultes	Morbidité :	% Mortalité : %

VACCINATION DES MÈRES CONTRE LES MALADIES RESPI / DIARRHÉES	
<input type="checkbox"/> Mères RESPI	
<input type="checkbox"/> Mères DNN	

Le lait de transition est-il distribué sur plusieurs jours ?
 non oui pendant : _____ jours

Le colostrum est conservé (plusieurs réponses possibles) :

au réfrigérateur : jamais parfois souvent
 systématiquement → Durée de conservation max. : _____

au congélateur : jamais parfois souvent
 systématiquement → Durée de conservation max. : _____

Le colostrum est réchauffé :

à température ambiante au bain-marie <55°C au bain-marie >55°C

autre : _____

RÉSULTATS	Les résultats des analyses et la copie de la fiche commémoratifs sont à envoyer à :
	✓ vetoural@msd.com ✓ courriel vétérinaire

ENVOI	Date d'envoi avec plaque réfrigérante :
	Collis avec bloc de froid. Enveloppe à envoyer lundi, mardi ou mercredi en fin de matinée.

MODE D'EMPLOI

PRÉLÈVEMENT DES COLOSTRUMS (avant toute tétée) :

1 ^{re}	Porter des gants propres.	
2 ^e	Demander à une personne d'ouvrir le pot bleu et de tenir le bouchon sans toucher l'intérieur.	
3 ^e	Prélever le colostrum à partir du "réceptif" qui servira à la distribution : ✓ Seau : prélever dans le seau, ou laisser couler le colostrum depuis la tétine du seau dans le pot. ✓ Biberon : laisser couler du colostrum dans le pot. ✓ Tube oesophagien : laisser couler du colostrum dans le pot.	
4 ^e	Remplir le pot bleu à moitié, pas plus.	
5 ^e	Identifier le pot (N° de la vache) et bien fermer le couvercle.	
6 ^e	Congeler immédiatement le pot.	
7 ^e	Répéter l'opération pour les 4 colostrums suivants.	

MODE D'EMPLOI

PRÉLÈVEMENT DES SÉRUMS :

Les veaux prélevés devront avoir reçu les colostrums analysés de l'étude

1 ^{re}	Prélever un veau en bonne santé né depuis 24h à 6 jours.	Il est conseillé de prélever les veaux entre 24 et 72h d'âge, car moins de risque de maladie sur cette période.
2 ^e	Prélever le veau avec un tube sec.	
3 ^e	Laisser coaguler le sang au moins 2 heures.	
4 ^e	Centrifuger le tube.	
5 ^e	Transférer le sérum dans un tube sec neuf et identifier le tube.	
6 ^e	Congeler immédiatement le sérum.	
7 ^e	Répéter l'opération pour les 4 sérums suivants.	

01/10/2022 10:00:00 - 10/10/2022

01/10/2022 10:00:00 - 10/10/2022

Annexe 7 : Fiche score visuel et ATPmétrie utilisée sur le terrain.

Confidentiel-Confidential


Visual hygiene assessment scoring chart used to assess contamination of colostrum feeding equipment

Score	Score global d'hygiène	Lait/colostrum	Matières fécales
1	L'équipement d'alimentation est visiblement propre (c.-à-d. pas de matières fécales ni de résidus de lait ou de débris de colostrum).	Aucun résidu de débris de lait/colostrum n'est visible.	Aucune matière fécale n'est visible.
2	Des traces de fumier, de résidus de lait/colostrum, ou les deux, sont visibles.	Des traces de résidus de lait/colostrum sont visibles.	Des traces de résidus de fumier sont visibles.
3	Le fumier, les résidus de lait/colostrum, ou les deux, sont clairement visibles.	Les résidus de lait/colostrum sont clairement visibles.	Le fumier est clairement visible.
4	La contamination par le fumier, les résidus de lait et de colostrum, ou les deux, sont considérables.	Les résidus de lait et de colostrum sont étendus	La contamination du fumier est étendue

Contenant	Date d'achat / mise en service	Matériau	Vetusté	Score visuel			ATP surface		ATP eau	
				Score global d'hygiène	Lait /colostrum	Matières fécales	1er résultat	2e résultat	1er résultat	2e résultat

Vétusté : Neuf, Bon état, Etat moyen, Très abimé

Annexe 8 : Protocole comptage flore totale.

Date de rédaction : Juin 2023 N° document : EXPE-01 Indice de révision : 01 Rédigé par : Aurélie PERRAULT / Denis Rubaux	Mode opératoire : Analyse de colostrum ESSAI MSD Dénombrement de la Flore totale Diffusion : Alvetys / Vet&Sphere	 ZI Route d'Aviré 49500 SEGRE
---	---	--

1. Objet d'application

Le présent document a pour objectif de définir le mode opératoire pour réaliser un dénombrement de la Flore totale aérobie mésophile à 30°C dans les prélèvements de colostrum dans le cadre de l'essai MSD réalisé en 2023.

2. Principe

La flore totale aérobie est constituée de microorganismes mésophiles chimio-organotrophes qui correspondent aux bactéries majoritairement présentes dans les aliments. La quantité de microorganismes dénombrés après incubation à 30°C pendant 3 jours donne une idée de l'efficacité des opérations technologiques de stabilisation mises en œuvre, de la qualité des soins apportés lors du conditionnement et du niveau d'hygiène en général. Une flore mésophile nombreuse peut indiquer que le processus d'altération est bien engagé ou que la présence de pathogène est probable. Le dénombrement de la flore totale s'effectue avec un milieu PCA (Plate Count Agar) qui permet la croissance de toutes les bactéries aérobies à 30°C suivant la méthode normalisée NF EN ISO 4833 :2003.

3. Echantillon

Le colostrum est prélevé par l'éleveur et congelé à -20°C le plus rapidement possible. Les prélèvements sont déposés au laboratoire par l'éleveur ou le vétérinaire préleveur. 2 flacons sont prélevés par colostrum : 1 pour la numération et 1 pour le dosage des IgG par IDR (analyse réalisée au laboratoire Vet&Sphere de Malestroit)
Les prélèvements de colostrum après analyse sont conservés à -20°C jusqu'à leur élimination.

4. Matériel requis

- Bain-marie
- Etuve
- Pipette paille
- Boîtes de pétri stérile Ø 90 mm


5. Milieux utilisés

- PCA (Plate Count Agar)
- Tubes Tryptone sel

6. Préparation du milieu PCA

Placer un flacon de milieu PCA au bain-marie à 90°C jusqu'à ce que le milieu soit totalement fondu. Laisser refroidir le milieu à l'étuve à 42°C (jusqu'à une prise en main facile).

Page 1/2

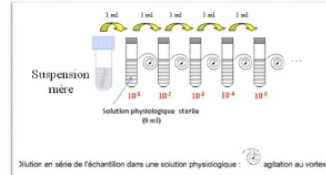
Date de rédaction : Juin 2023 N° document : EXPE-01 Indice de révision : 01 Rédigé par : Aurélie PERRAULT / Denis Rubaux	Mode opératoire : Analyse de colostrum ESSAI MSD Dénombrement de la Flore totale Diffusion : Alvetys / Vet&Sphere	 ZI Route d'Aviré 49500 SEGRE
---	---	--

7. Réalisation des dilutions

Bien homogénéiser le colostrum avant de prélever.

Dilutions à réaliser : colostrum pur, 10¹, 10², 10³

Réaliser des dilutions en série avec la pipette paille : 1 ml + 9 ml Tryptone Sel



Agiter au Vortex

8. Ensemencement des boîtes

Déposer 1 ml avec une pipette paille de chaque dilution dans une boîte de Pétri (1 Boîte par dilution). Commencer avec la dilution la plus faible (10⁰) et utiliser la même pipette pour les dilutions suivantes. Ajouter environ 15 ml de milieu PCA en surfusion.

Bien homogénéiser par mouvement circulaires. Laisser refroidir les boîtes.

9. Incubation

Incubation 72 H à 30°C.

10. Lecture

Compter toutes les colonies visibles à l'œil nu (compter les boîtes entre 10 et 300 colonies). Si la boîte est illisible, rendre > 300 UFC.


Critères de conformité : > 100 000 UFC/ml

11. Restitution des résultats

Reporter les résultats obtenus sur le fichier partagé.

Page 2/2

Annexe 9 : Protocole comptage flore coliforme.

Date de rédaction : Juin 2023 N° document : EXPE-02 Indice de révision : 01 Rédigé par : Aurélie PERRAULT / Denis Rubaux	Mode opératoire : Analyse de colostrum ESSAI MSD Dénombrement des Coliformes Diffusion : Alvetys / Vet&Sphere	 ZI Route d'Aviré 49500 SEGRE
---	---	--

1. Objet d'application

Le présent document a pour objectif de définir le mode opératoire pour réaliser un dénombrement des coliformes dans les prélèvements de colostrum dans le cadre de l'essai MSD réalisé en 2023.

2. Principe

Les coliformes sont des bactéries regroupées artificiellement au sein d'un groupe comprenant les bactéries d'origine tellurique et fécale. Ils sont considérés comme des indicateurs techniques de la maîtrise générale de l'hygiène et des systèmes de nettoyage. Le dénombrement des coliformes s'effectue avec un milieu VRBL (milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) qui permet la sélection des bactéries coliformes suivant la méthode normalisée NF EN ISO 4832 :2006.

3. Echantillon

Le colostrum est prélevé par l'éleveur et congelé à -20°C le plus rapidement possible. Les prélèvements sont déposés au laboratoire par l'éleveur ou le vétérinaire préleveur. 2 flacons sont prélevés par colostrum : 1 pour la numération et 1 pour le dosage des IgG par IDR (analyse réalisée au laboratoire Vet&Sphere de Malestroit)
Les prélèvements de colostrum après analyse sont conservés à -20°C jusqu'à leur élimination.

4. Matériel requis

- Bain-marie
- Etuve
- Pipette paille
- Boîtes de pétri stérile Ø 90 mm


5. Milieux utilisés

- VRBL
- Tubes Tryptone sel

6. Préparation du milieu VRBL

Placer un flacon de milieu VRBL au bain-marie à 90°C jusqu'à ce que le milieu soit totalement fondu. Laisser refroidir le milieu à l'étuve à 42°C (jusqu'à une prise en main facile).

Page 1/2

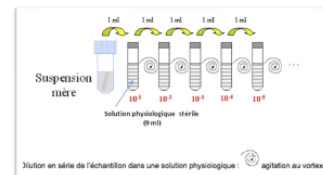
Date de rédaction : Juin 2023 N° document : EXPE-02 Indice de révision : 01 Rédigé par : Aurélie PERRAULT / Denis Rubaux	Mode opératoire : Analyse de colostrum ESSAI MSD Dénombrement des Coliformes Diffusion : Alvetys / Vet&Sphere	 ZI Route d'Aviré 49500 SEGRE
---	---	--

7. Réalisation des dilutions

Bien homogénéiser le colostrum avant de prélever.

Dilutions à ensemer : colostrum pur, 10¹, 10²

Réaliser des dilutions en série avec la pipette paille : 1 ml + 9 ml Tryptone Sel



Agiter au Vortex

8. Ensemencement des boîtes

Déposer 1 ml avec une pipette paille de chaque dilution dans une boîte de Pétri (1 Boîte par dilution). Commencer avec la dilution la plus faible (10⁰) et utiliser la même pipette pour les dilutions suivantes. Ajouter environ 15 ml de milieu VRBL en surfusion.

Bien homogénéiser par mouvement circulaires. Laisser refroidir les boîtes.

9. Incubation

Incubation 24 H (+/- 2H) à 30-37°C.

10. Lecture

Compter toutes les colonies pourpres ayant un diamètre > 0.5 mm. Si la boîte est illisible, rendre > 300 UFC.

Critères de conformité : > 10 000 UFC/ML

11. Restitution des résultats

Reporter les résultats obtenus sur le fichier partagé.

Page 2/2

Annexe 10 : Protocole et principe de l'IDR.

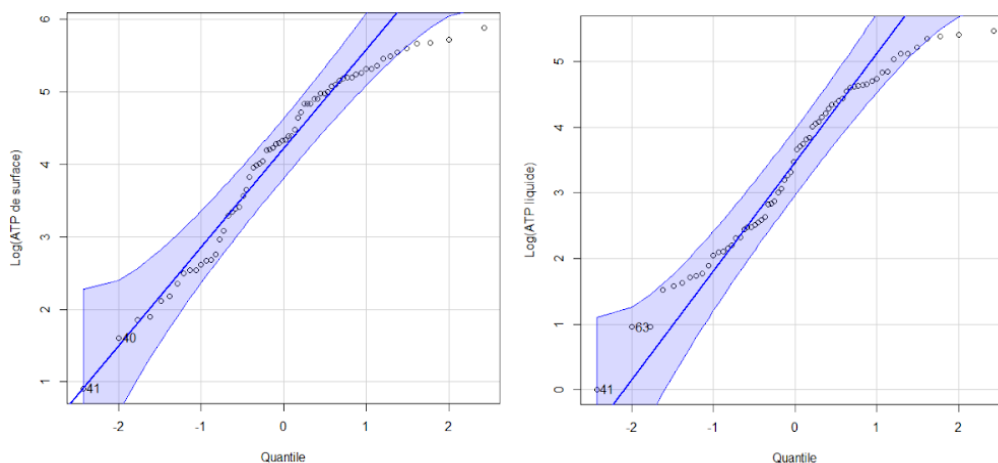
Le kit utilisé par le laboratoire était le *IDRing Bov IgG[®] Test*, utilisable à la fois pour les colostrums bovins et produits dérivés, ainsi que pour les sérums et plasmas bovins. Le kit est constitué d'une vingtaine de plaques de gel d'agar qui contient un antisérum dirigé spécifiquement contre les IgG bovines.

Chaque plaque permet de réaliser 10 analyses grâce à 10 puits permettant de déposer 15 µL des étalons et des échantillons à analyser. Les plaques sont ensuite placées en incubation entre 16 et 20 heures dans une étuve à 35 +/- 5°C. La diffusion est stoppée par l'ajout de 5 mL d'acide acétique à 2% pendant 1 minute à température ambiante. La plaque est ensuite rincée à 2 reprises avant d'être remplie avec 5 mL d'eau déionisée pendant 10 à 15 minutes, toujours à température ambiante. Enfin, un cliché de la plaque est réalisé pour procéder aux mesures.

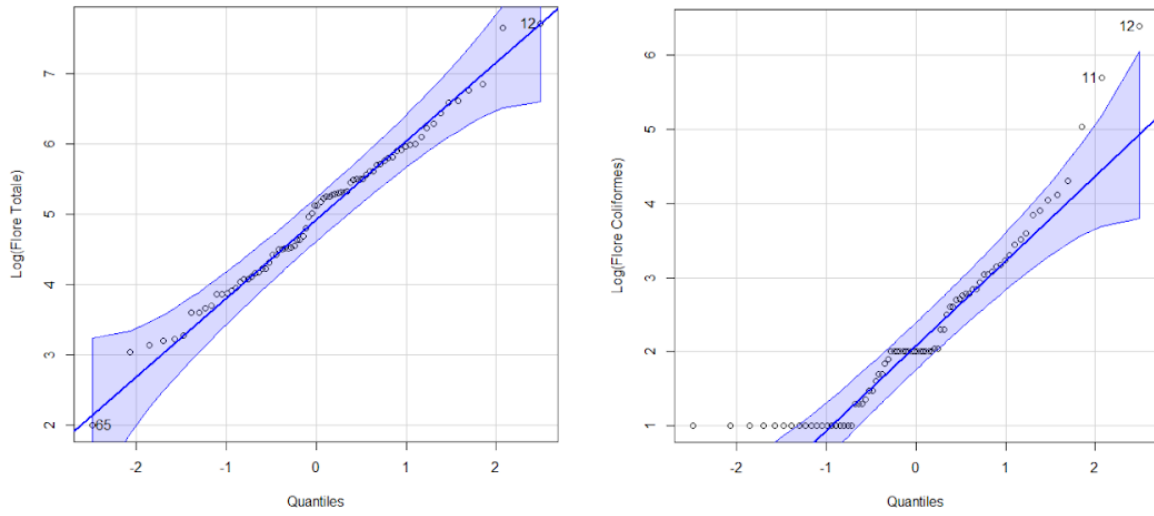
Lorsqu'elles diffusent dans le gel, les IgG réagissent avec l'antisérum et forment un disque de précipitation autour du puits de dépôt. La surface de chaque disque est proportionnelle à la concentration en IgG de l'échantillon. La concentration des étalons étant connue, les diamètres des disques sont mesurés permettent de créer une droite de régression linéaire qui sera utilisée pour calculer la concentration en IgG de chaque échantillon.

Annexe 11 : Normalisation des variables quantitatives de l'étude.

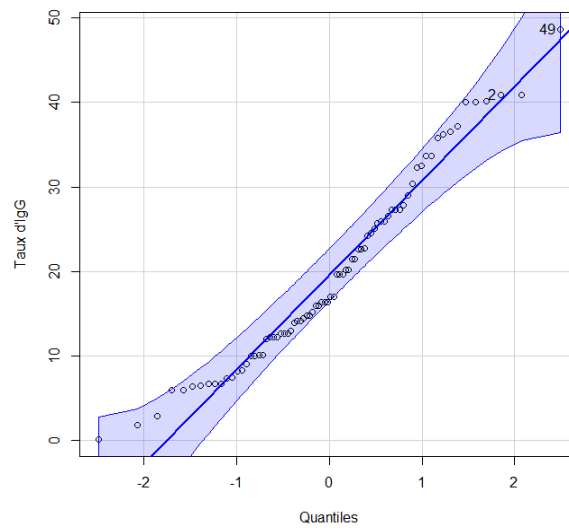
- Normalisation des données d'ATPmétrie de surface (à gauche) et du liquide de rinçage (à droite) :



- Normalisation des comptages bactériens de flore totale (à gauche) et de flore coliforme (à droite) :



- Distribution des concentrations sériques en IgG suivant une loi normale :



Influence des pratiques hygiéniques des éleveurs bovins laitiers sur la contamination bactérienne du colostrum – Étude menée dans 8 élevages français.

Résumé :

Cette étude réalisée dans 8 élevages bovins laitiers français a permis de faire un état des lieux des pratiques hygiéniques couramment utilisées par les éleveurs, d'évaluer la propreté du matériel par ATPmétrie ainsi que la qualité microbiologique des colostrums prélevés via des analyses bactériologiques de flores totale et coliforme. La première étape de notre étude consistait à mettre en évidence des « pratiques à risque » chez nos éleveurs et de leur proposer d'effectuer des changements pour les améliorer. Par la suite, l'objectif a été de comparer les résultats d'ATPmétrie et de bactériologie des colostrums avant et après application de ces nouvelles pratiques afin d'évaluer l'impact qu'elles ont eu sur ces paramètres. Pour cela, 66 mesures d'ATPmétrie ont été réalisées sur le matériel et 78 colostrums ont été analysés au cours des deux phases de l'étude. Une amélioration de la propreté du matériel ainsi que de la qualité bactériologique des colostrums a été mise en évidence à la suite de l'application de ces nouvelles pratiques hygiéniques au sein des 8 élevages. Précisément, nous avons mis en évidence une corrélation significative entre l'hygiène de l'opérateur et celle du matériel avec les données d'ATPmétrie. Pour les données bactériologiques du colostrum, la seule corrélation significative que nous avons établie concernait l'hygiène du matériel. À l'issue de l'étude, chaque éleveur a reçu une fiche bilan et des recommandations fondées sur ses propres résultats. Des dosages en IgG sériques chez les veaux issus des mères prélevées ont également été réalisés afin de caractériser l'évolution du transfert d'immunité passive consécutivement aux changements de pratiques mais aucune corrélation significative n'a été mise en évidence. Globalement, les résultats de notre étude ont confirmé l'importance de l'hygiène dans le cadre de la prévention de la contamination bactérienne du colostrum en élevage bovin laitier.

Mots-clés :

Bovins – Colostrum – Bonnes pratiques d'hygiène – ATPmétrie – Bactériologie

Jury :

Président : Mme Lamia BRIAND, professeure à Oniris - VetAgroBio Nantes

Rapporteur : M. Raphaël GUATTEO, professeur à Oniris – VetAgroBio Nantes

Assesseur : M. Kenny OBERLE, maître de conférences à Oniris – VetAgroBio Nantes

Membre invité : Mme Clara BOUREL-CONROY, vétérinaire technique gamme ruminants – MSD Santé Animale

Adresse de l'auteur :

HERAMBERT Pauline
2077 Route de Paris
76520 FRANQUEVILLE-SAINT-PIERRE