



Traite automatisée dans les filières de fromages AOP

Etude sur la compatibilité d'un système de traite automatisée dans les filières fabriquant des fromages AOP

Autrices et auteurs

John Haldemann, Thomas Manser, Linda Reissig, Hélène Berthoud et Jeanine Ammann

Partenaire

Office fédéral de l'agriculture OFAG



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Impressum

Éditeur	Agroscope Rte de la Tioleyre 4, Postfach 64 1725 Posieux www.agroscope.ch
Renseignements	john.haldemann@agroscope.admin.ch
Rédaction	John Haldemann, Thomas Manser, Linda Reissig, Hélène Berthoud et Jeanine Ammann
Mise en page	John Haldemann, Blaise Demierre
Photos de couverture	Thomas Manser
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2025
ISSN	AS: 2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as206f

Exclusion de responsabilité

Les informations contenues dans cette publication sont destinées uniquement à l'information des lectrices et lecteurs. Agroscope s'efforce de fournir des informations correctes, actuelles et complètes, mais décline toute responsabilité à cet égard. Nous déclinons toute responsabilité pour d'éventuels dommages en lien avec la mise en œuvre des informations contenues dans les publications. Les lois et dispositions légales en vigueur en Suisse s'appliquent aux lectrices et lecteurs; la jurisprudence actuelle est applicable.

Table des matières

Résumé	5
Zusammenfassung	7
Summary	9
Riassunto	11
1 Introduction	13
2 Qualité du lait	14
2.1 Introduction	14
2.1.1 Lipolyse induite	14
2.1.2 Lipolyse microbienne	15
2.1.3 Lipolyse spontanée	15
2.1.4 Acides gras libres mesurés lors du contrôle du lait	17
2.2 Objectifs	18
2.3 Matériel et méthode	19
2.3.1 Suisselab - contrôle du lait	19
2.3.2 Agroscope - acides carboxyliques volatils	19
2.3.3 Détermination des trois groupes en fonction du degré de lipolyse	20
2.3.4 Extraction de l'ADN	21
2.3.5 Séquençage des amplicons du gène de l'ARNr 16S	21
2.3.6 Quantification de l'ARNr 16S par qPCR	21
2.3.7 Visite d'étable	22
2.4 Résultats	25
2.4.1 Informations générales relatives aux exploitations	25
2.4.2 Changements lors du passage au STA (indications des exploitants)	25
2.4.3 Résultats de la lipolyse	30
2.4.4 Biodiversité	35
2.5 Conclusions	44
3 Aspects sociaux	47
3.1 Objectif de l'enquête	47
3.2 Marche à suivre	47
3.2.1 Etude quantitative	47
3.2.2 Etude qualitative	48
3.3 Résultats	49
3.3.1 Résultats quantitatifs: niveau d'utilisation du STA	49
3.3.2 Résultats qualitatifs	50
3.4 Conclusion	51
4 Image	52
4.1 Introduction	52
4.2 Etude 1	52
4.3 Etude 2	53
4.4 Discussion et conclusions	54
5 Remerciements	55

6	Bibliographie.....	55
7	Annexe.....	58
7.1	Annexe 1: questionnaire.....	58
7.2	Annexe 2: bactéries associées à la pâte du fromage	60
7.3	Annexe 3: bactéries associées à la croûte du fromage	61

Résumé

Traite automatisée dans les filières de fromages AOP

Etude sur la compatibilité d'un système de traite automatisée dans les filières fabriquant des fromages AOP

Les systèmes de traite automatisée (STA) sont autorisés dans certaines filières fromagères AOP, mais interdits par d'autres qui craignent une altération de l'image artisanale et de la qualité du lait. Leur adoption peut également influencer la gestion des exploitations, notamment en ce qui concerne la pâture des vaches. Cette étude vise à évaluer l'impact des STA sur la qualité du lait, son lien au terroir, la biodiversité bactérienne, l'aspect social et l'image afin d'aider l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) à prendre des décisions éclairées. Les résultats permettront de renforcer la base législative pour l'enregistrement des fromages et produits laitiers en AOP.

Les études antérieures ainsi que la littérature scientifique indiquent que le lait issu de la traite avec des STA présente systématiquement un taux plus élevé d'acides gras libres par rapport à celui issu des salles de traite conventionnelles (traite 2x/jour). Cette lipolyse peut avoir différentes origines: microbienne, induite ou spontanée.

La première partie de cette étude a examiné les données disponibles sur les taux d'acides gras libres mesurés entre 2017 et 2024 lors du contrôle officiel du lait chez 73 producteurs de lait de non-ensilage de la filière Emmentaler AOP. Tous utilisent actuellement un STA, mais 50 d'entre eux l'ont installé au cours de la période examinée. Les résultats montrent que chez 22 producteurs, le taux d'acides gras libres a significativement augmenté, tandis que dans 9 exploitations, il a significativement diminué.

Pour la seconde partie de l'étude, 46 producteurs de lait avec un STA ont été sélectionnés puis visités un à un afin de collecter les données des exploitations. Le questionnaire comprenait différents paramètres relatifs à l'élevage et à la gestion de l'exploitation, ainsi qu'à l'installation, aux composants utilisés, aux réglages et aux données de traite du STA. La collecte de données s'est concentrée sur les facteurs susceptibles d'influencer la qualité du lait. L'hygiène de l'étable et des animaux a également été prise en compte.

En ce qui concerne la détention, il a été confirmé que le STA et le pâturage peuvent être combinés lorsque les conditions de l'exploitation sont réunies (pâturages regroupés). 89 % des exploitations visitées pratiquaient le pâturage en blocs ou avec un portail de pâturage.

Dans la troisième partie, trois échantillons de lait ont été prélevés en hiver 2024 auprès de ces 46 producteurs avec un STA et de 46 autres producteurs de lait équipés de salles de traite, appartenant aux mêmes fromageries. Les teneurs en acides caproïque et butyrique ont été déterminées. Les valeurs de ces dernières analyses ainsi que celles obtenues par le contrôle du lait ont ainsi été utilisées afin de classer les 46 STA en trois groupes en fonction du degré de lipolyse: basse, moyenne et élevée. Les données de chaque paramètre ont été comparées dans les trois groupes. Même si tous les paramètres de l'exploitation et de l'installation sont déterminant pour un maintien de la bonne qualité du lait, seul le nombre de vaches laitières (moyennes des 3 groupes: lipolyse basse 48 ; lipolyse moyenne 42 ; lipolyse élevée 39) et la quantité de lait par vache par traite (moyennes des 3 groupes: lipolyse basse 10,7 kg ; lipolyse moyenne 9,5 kg ; lipolyse élevée 9,7 kg) démontre une différence légèrement significative. Aucune différence significative n'a pu être constatée pour tous les autres paramètres relevés concernant le STA et les données de traite.

En comparant les systèmes de traite, le centile 25 % des acides butyriques 24h présentent des différences hautement significatives (test de T, valeur $P < 0.0001$). Les STA présentent une moyenne de 76 mmol/kg alors que les salles de traite se situent vers 57 mmol/kg. Cependant, l'étude n'a pas permis de déterminer quels facteurs jouent un rôle déterminant dans l'augmentation des acides gras libres.

En parallèle, la biodiversité bactérienne des laits provenant des 46 STA et 46 salles de traite a été déterminée par séquençage des gènes codant pour l'ARNr 16S. L'indice de diversité de Shannon ainsi que la quantité bactérienne n'ont montré aucune différence significative entre les deux groupes. En analysant les abondances relatives des espèces bactériennes, on remarque que la teneur en agents pathogènes responsables de mammites avait tendance à être plus élevée dans les exploitations avec salle de traite. La fréquence de détection des agents pathogènes responsables des mammites avait tendance à être plus élevée dans les exploitations équipées de salle de traite. La désinfection intermédiaire des outils de préparation et des manchons trayeurs s'est avérée bénéfique.

Au niveau de la biodiversité microbienne des souches typiques de la pâte et de la croûte du fromage, il y a peu de différence entre les STA et les salles de traites. En revanche, certains agents de désinfection, comme l'acide lactique utilisé pour la désinfection des trayons post-traite, semblent mieux contribuer à la préservation des bactéries utiles à la fabrication du fromage.

L'étude n'a pas porté sur la compatibilité des STA utilisés en continu avec les exigences des cahiers des charges de certaines dénominations enregistrées en tant qu'AOP comme la limitation du nombre de traites à deux par jour; la livraison du lait directement après la traite; le stockage du lait dans des cuves en cuivre et/ou à des températures supérieures à 8 °C. Ces critères étant définis individuellement par chaque filière afin de garantir la typicité des produits.

Les systèmes de traite automatisée (STA) sont de plus en plus utilisés dans l'élevage laitier suisse, mais les facteurs de décision pour leur adoption ont été peu étudiés. Cette étude a examiné les facteurs d'influence sociaux et psychologiques sur l'adoption des STA, en particulier dans le contexte de la production de lait de fromagerie AOP, au moyen d'une enquête quantitative et d'entretiens qualitatifs. Les résultats montrent que l'éducation supérieure, les compétences numériques et la taille de l'exploitation jouent un rôle, tandis que le revenu n'a pas d'influence significative. Les interviews mettent en évidence que la décision d'opter ou non pour le STA s'explique en premier lieu par des raisons économiques et d'organisation de l'exploitation et dépend moins des réglementations AOP. Dans l'ensemble, on constate une tension entre tradition et innovation, les deux modes de production pouvant atteindre la qualité de lait requise.

Plusieurs études ont déjà examiné les facteurs qui influencent l'utilisation des technologies dans l'agriculture. En revanche, la perception des consommateurs a été moins bien étudiée jusqu'à présent. Une première étude menée en Suisse alémanique auprès de 287 personnes a montré que les consommateurs évaluent les technologies agricoles de manière fondamentalement positive (valeur moyenne de 70,4 sur une échelle de 0 = très négatif à 100 = très positif). Les systèmes de traite automatisée (STA) ont également été perçus de manière généralement positive en termes d'associations spontanées, mais des préoccupations ont également été exprimées concernant le bien-être des animaux et la relation entre l'homme et l'animal. Une seconde enquête, plus importante, menée auprès de 485 personnes, tant en Suisse alémanique qu'en Suisse romande, a confirmé cette perception positive avec de légères différences régionales. En Suisse romande, par exemple, les valeurs moyennes mesurées pour la disposition à consommer des produits fabriqués à l'aide de STA étaient légèrement plus élevées (80,3) qu'en Suisse alémanique (77,9). Les résultats montrent qu'une communication ciblée est nécessaire pour mieux informer les consommateurs et renforcer leur confiance dans les nouvelles technologies agricoles.

Zusammenfassung

Automatisches Melken in der Produktion von AOP-Käse

Studie über die Kompatibilität automatischer Melksysteme mit der Produktionskette von AOP-Käse.

Der Einsatz von Automatischen Melksystemen (AMS) ist in einigen Sortenorganisationen von AOP-Käse erlaubt, in anderen jedoch verboten, da ein Imageschaden für die Branche und die Milchqualität befürchtet wird. Ihre Einführung kann die Betriebsführung beeinflussen, insbesondere was die Weidehaltung der Kühe betrifft. Ziel dieser Studie ist es, die Auswirkungen von AMS auf die Milchqualität, den Bezug zur Ursprungsregion, die bakterielle Biodiversität, soziale Aspekte und das Image zu bewerten. Die Erkenntnisse sollen das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) dabei unterstützen, fundierte Entscheidungen zu treffen. Die Ergebnisse werden dazu beitragen, die gesetzliche Grundlage für die Registrierung von Käse und Milchprodukten als AOP-Produkte zu stärken.

Sowohl frühere Studien als auch die wissenschaftliche Literatur weisen darauf hin, dass mit AMS gesammelte Milch im Vergleich zu Milch aus konventionellen Melkständen (Melken 2x/Tag) durchwegs einen höheren Anteil an freien Fettsäuren aufweist. Zu dieser Freisetzung von Fettsäuren kann es durch mikrobielle, induzierte oder spontane Lipolyse kommen.

Im ersten Teil dieser Studie wurden die verfügbaren Daten zum Gehalt freier Fettsäuren untersucht, die zwischen 2017 und 2024 im Rahmen der amtlichen Milchprüfung bei 73 Produzenten von silofreier Milch der Produktionskette von Emmentaler AOP gesammelt wurden. Heute setzen alle diese Produzenten ein AMS ein, 50 von ihnen haben das System aber während des Untersuchungszeitraums installiert. Die Ergebnisse zeigen, dass bei 22 Produzenten der Gehalt an freien Fettsäuren signifikant anstieg, während er in 9 Betrieben signifikant abnahm.

Im zweiten Teil der Studie wurden 46 Milchproduzenten mit AMS ausgewählt und dann einzeln besucht, um vor Ort Daten in den Betrieben zu sammeln. Der Fragebogen umfasste verschiedene Parameter zur Tierhaltung und dem Betriebsmanagement sowie zur Installation, zu den eingesetzten Komponenten, Einstellungen und Melkdaten des AMS. Der Fokus der Datenerhebung lag bei den Faktoren, die die Milchqualität beeinflussen könnten. Auch die Stall- und Tierhygiene wurde berücksichtigt.

Bezüglich der Haltung bestätigte sich, dass sich AMS und Weide kombinieren lassen, wenn die betrieblichen Voraussetzungen gegeben sind (arrundierte Weideflächen). 89% der besuchten Betriebe praktizierten den Weidegang zu Blockzeiten oder mittels Steuerung mit einem Weidetor.

Im dritten Teil der Studie schliesslich wurden im Winter 2024 bei denselben 46 Produzenten mit AMS sowie bei 46 anderen Milchproduzenten mit traditionellen Melkständen, die alle zu denselben Käsereien gehörten, jeweils drei Milchproben entnommen. Es wurde der Gehalt an Capronsäure und Buttersäure bestimmt. Aufgrund der Werte dieser Analysen und der Ergebnisse der Milchprüfung wurden die 46 AMS-Betriebe nach dem Grad der Lipolyse in drei Gruppen eingeteilt (gering, mittel und stark). Die Daten für jeden Parameter wurden in den drei Gruppen verglichen. Obwohl alle Parameter des Betriebs und der Anlage für die Aufrechterhaltung einer guten Milchqualität wichtig sind, zeigen nur die Anzahl der Milchkühe (Mittelwerte der 3 Gruppen: geringe Lipolyse 48, mittlere Lipolyse 42, starke Lipolyse 39) und die Milchmenge pro Kuh und Melkung (Mittelwerte der 3 Gruppen: geringe Lipolyse 10,7 kg, mittlere Lipolyse 9,5 kg, starke Lipolyse 9,7 kg) einen leicht signifikanten Unterschied. Bei allen anderen untersuchten Parametern bezüglich AMS und Melkdaten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Beim Vergleich der Melksysteme waren beim 25. Perzentil des Buttersäuregehalts nach 24 Stunden hochsignifikante Unterschiede festzustellen (T-Test, P-Wert <0,0001). Bei den AMS lag der durchschnittliche Gehalt bei 76 mmol/kg, während Milch konventioneller Melkstände einen Gehalt von etwa 57 mmol/kg aufwies. Durch die Studie konnte jedoch nicht festgestellt werden, welche Faktoren eine entscheidende Rolle bei der Erhöhung des Gehalts freier Fettsäuren spielen.

Parallel dazu wurde die bakterielle Biodiversität in der Milch aus den 46 AMS und 46 Melkständen durch Sequenzierung der Gene, die für 16S-rRNA kodieren, bestimmt. Sowohl der Shannon-Index als auch die bakterielle Belastung zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Bei der Analyse der relativen Häufigkeit der Bakterienarten fiel auf, dass der Gehalt an Krankheitserregern, die Mastitis verursachen können, in

Betrieben mit Melkstand tendenziell höher war. Die Häufigkeit, mit der potenzielle Mastitis-Erreger entdeckt wurden, war in Betrieben mit Melkstand ebenfalls tendenziell höher. Die Zwischendesinfektion der Vorbereitungsgeräte und der Zitzengummis erwies sich als vorteilhaft.

In Bezug auf die Diversität mikrobieller Stämme, die für den Käseteig und die Käserinde typisch sind, gab es kaum Unterschiede zwischen AMS und Melkständen. Im Gegensatz dazu scheinen bestimmte Desinfektionsmittel, wie Milchsäure, die zur Desinfektion der Zitzen nach dem Melken verwendet wird, besser zur Erhaltung der für die Käseherstellung nützlichen Bakterien beizutragen.

In der Studie wurde nicht untersucht, ob kontinuierlich eingesetzte AMS mit den Anforderungen an die für bestimmte AOP-Produkte festgelegten Spezifikation vereinbar sind, z. B. bezüglich der Begrenzung auf zwei Melkungen pro Tag, der Lieferung der Milch direkt nach dem Melken, der Lagerung der Milch in Kupferkessi und/oder bei Temperaturen von über 8 °C. Diese Kriterien werden von der betreffenden Branche individuell mit dem Ziel festgelegt, die erwünschte Typizität der Produkte zu wahren.

Automatische Melksysteme (AMS) werden in der Schweizer Milchwirtschaft zunehmend genutzt, jedoch sind die Entscheidungsfaktoren für deren Einführung wenig erforscht. Diese Studie untersuchte soziale und psychologische Einflussfaktoren auf die AMS-Adoption, insbesondere im Kontext der AOP-Käsemilchproduktion, mittels einer quantitativen Umfrage und qualitativer Interviews. Die Ergebnisse zeigen, dass höhere Bildung, Digitalkompetenz und die Betriebsgröße eine Rolle spielen, während das Einkommen keinen signifikanten Einfluss hat. Die Interviews verdeutlichen, dass die Entscheidung für oder gegen AMS primär ökonomische und betriebsorganisatorische Gründe hat und weniger von AOP-Regularien abhängt. Insgesamt zeigt sich ein Spannungsfeld zwischen Tradition und Innovation, wobei beide Produktionsweisen die geforderte Milchqualität erreichen können.

Welche Faktoren die Nutzung von Technologien in der Landwirtschaft beeinflussen, wurde schon in verschiedenen Studien untersucht. Die Wahrnehmung der KonsumentInnen wurde bisher hingegen weniger gut erforscht. Eine erste Studie in der Deutschschweiz mit 287 Personen zeigte, dass KonsumentInnen landwirtschaftliche Technologien grundsätzlich positiv bewerten (Mittelwert von 70.4 auf einer Skala von 0 = sehr negativ bis 100 = sehr positiv). Auch die automatischen Melksysteme (AMS) wurden bezüglich spontaner Assoziationen generell positiv wahrgenommen, es wurden aber auch Bedenken hinsichtlich des Tierwohls und der Beziehung zwischen Mensch und Tier geäußert. Eine zweite, grössere Studie mit 485 Personen, die sowohl in der deutsch- als auch in der französischsprachigen Schweiz durchgeführt wurde, bestätigte diese positive Wahrnehmung mit leichten regionalen Unterschieden. In der französischsprachigen Schweiz wurden beispielsweise für die Konsumbereitschaft von Produkten, die mittels AMS produziert wurden, mit 80.3 leicht höhere Mittelwerte als in der deutschsprachigen Schweiz mit 77.9 gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass gezielte Kommunikation notwendig ist, um KonsumentInnen besser zu informieren und ihr Vertrauen in neue landwirtschaftliche Technologien zu stärken.

Diese Publikation ist integral auf Deutsch verfügbar unter <https://doi.org/10.34776/as206g>

Summary

Automatic Milking in PDO Cheese Sectors

Study on the compatibility of an automated milking system in PDO cheese-making sectors

Automated milking systems (AMS) are authorised in certain PDO cheese sectors but prohibited by others that worry about impairing their artisanal image and the quality of the milk they use. Adoption of AMS may also influence farm management, especially as regards cow-grazing. This study aims to evaluate the impact of AMS on the quality of the milk and its link to terroir as well as their impact on microbial biodiversity, the social aspect and image, with a view to helping the Swiss Federal Office for Agriculture (FOAG) make informed decisions. The findings will allow a consolidation of the legislative basis for registering cheeses and other dairy products as PDOs.

Previous studies as well as the scientific literature suggest that milk from AMS parlours consistently exhibits higher levels of free fatty acids compared with milk from conventional milking parlours (2x/daily milking). This lipolysis can be microbial, induced or spontaneous in origin.

The first part of this study examined the available data on free-fatty-acid levels measured between 2017 and 2024 during the official inspection of the milk at 73 non-silage milk producers of the Emmentaler PDO sector. All currently use an AMS, but 50 of the farms had only installed theirs over the course of the period examined. The findings show that free-fatty-acid levels increased significantly in the case of 22 producers, while decreasing significantly on 9 farms.

For the second part of the study, 46 milk producers using AMS were selected then visited individually for farm-data collection. The questionnaire comprised various parameters on animal husbandry and farm management as well as on the installation, components used, settings and milking data of the AMS. Data collection focused on the factors which could influence milk quality. Stable- and animal hygiene were also taken into account.

In terms of husbandry approaches, it was confirmed that AMS and grazing can be combined, provided that the operational prerequisites are met (grouped grazing areas). Eighty-nine per cent of the visited farms practised on/off grazing or grazing with access controlled by a grazing gate.

In the third part of the study, three milk samples were taken in winter 2024 on the farms of these 46 producers with AMS and on the farms of 46 other milk producers equipped with milking parlours, belonging to the same cheese dairies. Caproic and butyric acid levels were determined. The values of the latter analyses as well as those obtained from the milk inspection were used to classify the 46 AMS into three groups based on the degree of lipolysis: low, average and high. The data for each parameter were compared within the three groups. Although all of the parameters relating to the farm and installation were crucial for maintaining good milk quality, it is only the number of dairy cows (the averages being: low lipolysis 48; medium lipolysis 42; high lipolysis 39) and the amount of milk per cow per milking (the averages being: low lipolysis 10.7 kg; medium lipolysis 9.5 kg; high lipolysis 9.7 kg) that exhibited a slightly significant difference. No significant difference was noted for all other recorded parameters concerning the AMS and the milking data.

Comparing the milking systems, the 25th centile of the 24h butyric acids presented highly significant differences (T test, P value <0.0001). The AMS showed an average of 76 mmol/kg, while the figure for the milking parlours was around 57 mmol/kg. However, the study failed to identify which factors played a key role in the increase in free fatty acids.

At the same time, the microbial biodiversity of the milk from the 46 AMS and 46 milking parlours was determined by sequencing the genes coding for 16S rRNA. There was no significant difference between the two groups in terms of either the Shannon diversity index or the bacterial count. Analysing the relative abundances of the bacterial species, we note that the level of pathogens responsible for mastitis tended to be higher on the farms with milking parlours. The frequency of detection of potential mastitis pathogens tended to be higher on farms equipped with a milking parlour. The intermediate disinfection of preparation tools and milking cluster liners proved beneficial.

In terms of the microbial biodiversity of the typical strains found in the cheese's curd and rind, there is little difference between the AMS and the milking parlours. By contrast, certain disinfectants, such as the lactic acid used for post-milking teat disinfection, appear better able to help preserve the bacteria useful for cheesemaking.

The study did not touch on the compatibility of those AMS in continuous use with the requirements of the specifications of certain denominations registered as PDOs, such as limiting the number of milkings to two per day, delivering the milk directly after milking, or storing the milk in copper vats and/or at temperatures above 8 °C. These criteria are defined individually by each sector in order to guarantee product typicity.

Although AMS are increasingly being used in the Swiss dairy sector, the factors leading to the decision to introduce them have scarcely been researched. This study examined social and psychological influencing factors for AMS adoption, particularly in the context of PDO-cheese milk production, by means of a quantitative survey and qualitative interviews. The results show that higher education, digital skills and farm size all play a role, while income has no significant impact. The interviews highlight the fact that the decision for or against AMS is based primarily on economic and organisational factors, and depends less on PDO rules and regulations. Overall, there is a trade-off between tradition and innovation, with both types of production being capable of achieving the required milk quality.

Although a number of studies have already examined which factors influence the use of technologies in agriculture, consumer perception has been less well researched to date. A first study of 287 people in German-speaking Switzerland showed that consumers on the whole rate agricultural technologies positively (an average of 70.4 on a scale of 0 = very negative to 100 = very positive). The AMS were also generally positively perceived in terms of spontaneous associations, although some voiced concerns regarding animal welfare and the relationship between human and animal. A second, larger study with 485 people, conducted in both German- and French-speaking Switzerland, confirmed this positive perception with slight regional differences. In French-speaking Switzerland, for example, slightly higher averages of 80.3% were willing to consume products produced using AMS, compared to 77.9% in German-speaking Switzerland. The results show that targeted communication is necessary in order to better inform consumers and strengthen their trust in new agricultural technologies.

Riassunto

Mungitura automatizzata nelle filiere di formaggi DOP

Studio sulla compatibilità di un sistema di mungitura automatizzata nelle filiere che producono formaggi DOP

L'impiego dei sistemi di mungitura automatizzata (AMS) è autorizzato in determinate filiere lattiero-casearie DOP, ma è vietato in altre che temono di danneggiare la propria immagine artigianale e la qualità del latte. Il loro uso può anche influenzare la gestione delle aziende, soprattutto per quanto riguarda il pascolo. L'obiettivo di questo studio è valutare l'impatto dell'AMS sulla qualità del latte, il suo legame al territorio, la biodiversità microbica, l'aspetto sociale e l'immagine al fine di aiutare l'Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG) a prendere delle decisioni informate. I risultati permetteranno di rafforzare la base legislativa per la registrazione dei formaggi e dei latticini DOP.

Sia gli studi precedenti che la letteratura scientifica indicano che il latte ottenuto dalla mungitura AMS presenta sistematicamente un tasso di acidi grassi liberi più elevato rispetto a quello ottenuto nelle sale di mungitura tradizionali (mungitura 2 volte al giorno). Questa lipolisi può avere diverse origini: microbica, indotta o spontanea.

La prima parte di questo studio ha esaminato i dati disponibili sul tasso di acidi grassi liberi rilevati tra il 2017 e il 2024 in occasione del controllo ufficiale del latte presso i 73 produttori di latte senza insilati della filiera dell'Emmentaler DOP. Attualmente usano tutti un AMS, ma 50 di loro lo hanno installato durante il periodo in esame. I risultati mostrano che presso 22 produttori il tasso di acidi grassi liberi è significativamente aumentato, mentre in 9 aziende è significativamente diminuito.

Per la seconda parte dello studio, sono stati selezionati 46 produttori di latte che adottano l'AMS per una visita finalizzata a raccogliere i dati delle aziende. Il sondaggio comprendeva diversi parametri relativi all'allevamento e alla gestione dell'azienda, nonché l'impianto, i componenti utilizzati, le impostazioni e i dati di mungitura dell'AMS. Il rilevamento dei dati si è concentrato su quei fattori che potrebbero influenzare la qualità del latte, prendendo in considerazione anche l'igiene della stalla e degli animali.

Per quanto riguarda l'allevamento, è stato confermato che AMS e pascolo possono essere combinati se vengono soddisfatti i requisiti operativi (raggruppamento delle superfici da pascolo). L'89% delle aziende visitate praticava la messa al pascolo a fasce orarie o tramite cancello da pascolo.

Nella terza parte, nell'inverno del 2024 sono stati prelevati tre campioni di latte presso i 46 produttori dotati di AMS e presso altri 46 produttori con sala di mungitura appartenenti agli stessi caseifici. Sono stati quindi determinati i tenori di acido caproico e butirrico. Si è in seguito utilizzato i valori di queste ultime analisi e di quelle ottenute tramite il controllo del latte per classificare le 46 AMS in tre gruppi in funzione del grado di lipolisi: bassa, media e alta. Nei tre gruppi sono stati paragonati i dati di ciascun parametro. Sebbene tutti i parametri dell'azienda e dell'impianto siano determinanti per il mantenimento della buona qualità del latte, solo il numero di vacche da latte (le medie sono: lipolisi bassa 48, lipolisi media 42, lipolisi alta 39) e la quantità di latte per vacca a mungitura (le medie sono: lipolisi bassa 10,7 kg, lipolisi media 9,5 kg, lipolisi alta 9,7 kg) mostrano una differenza lievemente significativa. Non è stato possibile constatare alcuna differenza significativa per tutti gli altri parametri rilevati concernenti l'AMS e i dati di mungitura.

Confrontando i sistemi di mungitura, il 25° percentile degli acidi burritici nelle 24 ore presentano delle differenze altamente significative (test t, valore di $p < 0.0001$). Le AMS presentano una media di 76 mmol/kg, mentre le sale di mungitura si attestano intorno ai 57 mmol/kg. Tuttavia, lo studio non è stato in grado di determinare quali fattori abbiano un ruolo determinante nell'aumento degli acidi grassi liberi.

Allo stesso tempo, la biodiversità microbica del latte proveniente da 46 AMS e 46 sale di mungitura è stata determinata per sequenziamento dei geni che codificano per l'rRNA 16S. L'indice di diversità di Shannon, così come la carica microbica, non hanno mostrato alcuna differenza significativa tra i due gruppi. L'analisi dell'abbondanza delle specie microbiche ha evidenziato che il tenore di agenti patogeni che causano la mastite tendeva a essere più elevato nelle aziende con sala di mungitura. La frequenza di rilevamento di potenziali patogeni della mastite tendeva a essere più alta nelle aziende con sala di mungitura. La disinfezione intermedia dei manici degli utensili di preparazione e delle guaine mungitrici ha avuto effetti positivi.

In termini di biodiversità microbica dei ceppi tipici della pasta e della crosta del formaggio, non c'è molta differenza tra AMS e sale di mungitura. D'altra parte, alcuni agenti disinfettanti, come l'acido lattico utilizzato per la disinfezione delle mammelle in seguito alla mungitura, sembrano contribuire meglio alla preservazione dei batteri utili alla fabbricazione del formaggio.

Lo studio non ha esaminato la compatibilità degli AMS utilizzati in modo continuativo con i requisiti del capitolato d'onori di determinate denominazioni DOP, come la limitazione del numero di mungiture a due al giorno, la consegna del latte direttamente dopo la mungitura, la conservazione del latte in vasche di rame e/o a temperature superiori agli 8 °C. Questi criteri sono definiti individualmente da ciascuna filiera per garantire la tipicità dei prodotti.

I sistemi di mungitura automatizzata (AMS) sono sempre più utilizzati nell'industria lattiero-casearia svizzera, ma sono state condotte poche ricerche sui fattori che risultano decisivi per la loro introduzione. Lo studio ha analizzato i fattori sociali e psicologici che portano all'adozione di un AMS, in particolare nel quadro della produzione di latte per formaggi DOP, tramite un'indagine quantitativa e interviste qualitative. I risultati mostrano che un'istruzione superiore, competenze digitali e dimensioni dell'azienda svolgono un ruolo importante, mentre il reddito non ha un'influenza significativa. Dalle interviste emerge chiaramente che la decisione a favore o contro l'AMS si basa principalmente su ragioni economiche e organizzative ed è meno dipendente dai regolamenti DOP. Nel complesso, esiste una tensione tra tradizioni e innovazione, in cui entrambi i metodi di produzione possono raggiungere la qualità del latte richiesta.

Diversi studi hanno già analizzato i fattori che influenzano l'impiego delle tecnologie in agricoltura. La percezione di consumatrici e consumatori è stata invece finora meno studiata. Da un primo studio condotto su 287 persone nella Svizzera tedesca è emerso che consumatrici e consumatori valutano in genere positivamente le tecnologie agricole (valore medio di 70,4 su una scala da 0 = molto negativo a 100 = molto positivo). Anche i sistemi di mungitura automatica (AMS) sono stati generalmente percepiti positivamente in termini di associazioni spontanee, ma sono state espresse anche preoccupazioni sul benessere degli animali e sul rapporto tra uomo e animale. Un secondo studio più ampio, condotto su 485 persone sia nella Svizzera tedesca che in quella francese, ha confermato questa percezione positiva con lievi discrepanze regionali. Nella Svizzera francese, ad esempio, sono stati registrati valori medi leggermente più alti (80,3) rispetto alla Svizzera tedesca (77,9) per quanto riguarda la disponibilità a consumare prodotti realizzati con l'impiego dell'AMS. I risultati dimostrano che è necessaria una comunicazione mirata per informare meglio consumatrici e consumatori e rafforzare la loro fiducia nelle nuove tecnologie agricole.

1 Introduction

Les systèmes de traite automatisée (STA) font partie des évolutions technologiques majeures dans le domaine de la production laitière. Ils sont autorisés dans plusieurs filières fromagères AOP. Cependant, certaines l'interdisent par crainte de nuire à l'image artisanale de la filière ou/et de diminuer la qualité du lait et du produit fini. En outre, l'automatisation de la traite peut influencer la conduite de l'exploitation, comme par exemple, la pâture des vaches. Malgré un prix du lait souvent plus élevé dans les filières fromagères AOP, l'attrait de la production laitière tend à diminuer chez les jeunes pour diverses raisons comme la vie sociale, la flexibilité du travail et le manque de main d'œuvre.

La question de la compatibilité de ces STA pour la transformation du lait à haute valeur ajoutée sous forme de fromage AOP et de la prolongation éventuelle induite du délai de transformation revêt une grande importance pour l'Office fédéral de l'agriculture OFAG.

Cette étude a pour but d'évaluer la production laitière avec les STA afin d'évaluer leur effet:

- sur la qualité du lait respectivement du fromage,
- sur leur lien au terroir,
- sur l'image des fromages AOP et son acceptation par le consommateur.

Conformément à l'article 16 de la Loi sur l'agriculture, qui stipule que le Conseil fédéral établit un registre des appellations d'origine et des indications géographiques, l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG), chargé de la gestion de ce registre en vertu de l'ordonnance sur les AOP et les IGP, doit disposer de bases scientifiques solides pour justifier ses décisions. Les résultats de cette étude doivent permettre de renforcer la base décisionnelle et législative relative aux enregistrements de fromages et produits laitiers en tant qu'AOP et permettre l'exécution de la base législative y relative.

2 Qualité du lait

2.1 Introduction

Lors des précédentes études menées par Agroscope (Jakob 2012, Fehér 2021), il a été démontré que, pour le Gruyère AOP, le lait provenant des installations traites automatisées présentait des valeurs en acide butyrique (C4) et acide caproïque (C6) systématiquement plus élevées que celui issu de salle de traite. Cependant, dans l'étude de 2012, une exploitation, livrant du lait pour l'Emmentaler AOP, présentait des valeurs en acides gras C4 et C6 comparables à une installation de traite non robotisée. Abeni et al. (2005) avait également constaté que le lait provenant de STA présentait plus d'acides gras libres et un moins bon écrémage naturel. Cependant, la taille des globules gras, la surface des globules et la distance interglobulaire n'étaient pas affectées par le système de traite en soi. Wiking (2006) a démontré, que si on doublait le nombre de traites par jour, le rendement laitier augmentait de 9 %, la teneur en acides gras libres ainsi que le diamètre moyen des globules gras augmentaient également. De Marchi et al. (2017) ont étudié les échantillons individuels de 918 vaches de la race Holstein-Friesian réparties dans 8 troupeaux (4 avec un STA, 4 avec une traite conventionnelle). Les vaches traites avec un STA ont produit 1 kg de lait de plus par jour. Cependant, la durée de coagulation du lait était légèrement plus longue (p1,2 min) sans être significative. La teneur en acides gras libres était plus élevée (p0,16 mmol/100 g de matière grasse du lait) dans le lait des vaches traites avec un STA, surtout en début de lactation.

Avec les mêmes races, Simoni (2023) a montré que le STA a entraîné une baisse de la matière grasse du lait, du point de congélation et de la β -lactoglobuline A. Le STA a également engendré un allongement du temps de coagulation du lait et une augmentation de la teneur en potassium (K), du pH et de la β -lactoglobuline B par rapport à un système de traite conventionnel.

Les principaux problèmes relatifs à la qualité du lait liés à l'utilisation d'un STA sont la teneur en acides gras libres et le risque de rancissement du fromage. La présence d'acides gras libres est due à la lipolyse de la matière grasse ou, plus précisément, à la libération d'acide gras du triglycéride par l'enzyme lipoprotéine lipase (LPL). Comme l'explique Vanbergue (2017), la lipolyse est la mise en œuvre du système lipolytique. Il est constitué principalement par la LPL, ses cofacteurs, et son substrat, les triglycérides. Cette action peut provenir de trois types de lipolyse: induite, spontanée ou microbienne.

2.1.1 Lipolyse induite

La lipolyse induite est due à des altérations mécaniques ou thermiques du lait pendant la traite, le stockage et la transformation. Chaque facteur pris séparément n'a pas forcément un impact important, mais le cumul de ces différents facteurs entraîne souvent une augmentation notable de la lipolyse (Vanbergue 2020).

Pompage, cavitation:

Chaque pompage peut altérer la membrane protéique du globule gras. Ce phénomène est accentué si le lait est froid. Le barattage du lait peut également se produire en cas de désamorçage de la pompe à lait, si la chambre de réception est complètement vidangée (Heuchel, 1994, Vanbergue 2020). Cela favorise la cavitation, et donc l'incorporation d'air dans le lait. Chaque chambre de réception a donc un volume utile. Il correspond à la différence entre un volume maximal et minimal qui enclenche et déclenche la pompe à lait. Les paramètres du STA doivent être réglés de manière à limiter au maximum les entrées d'air. Dans les salles de traites, des conduites trop petites et inadaptées, suite par exemple à une augmentation du nombre d'agrégats de traite, peuvent aussi conduire à un endommagement des globules gras.

Agitation, brassage:

Le brassage du lait doit être doux et éviter la formation de mousse. Cette dernière engendre une déformation et une fragilisation de la membrane des globules gras facilitant l'action des lipases (Vanbergue 2020).

Aspiration d'air:

Une aspiration d'air, soit lors de la pose du manchon trayeur, soit en raison de raccords de conduites mal serrés ou de joints défectueux, peut aussi favoriser la formation de mousse.

Refroidissement, congélation:

Lorsque le premier lait arrive dans un tank à détente directe préalablement enclenché, il y a des risques que le lait gèle. La formation de cristaux va déchirer les globules gras et libérer les triglycérides. L'arrivée du lait chaud fraîchement traité dans le lait du tank refroidi va provoquer des variations de températures, qui engendrent une augmentation des acides gras libres. Un pré-refroidisseur, idéalement tubulaire, permet d'éviter ces chocs thermiques.

Dans un lait fraîchement traité, les lipases natives du lait sont liées à la caséine puis, lors du stockage à froid, les lipoprotéines lipases migrent à la surface des globules gras (Dickow et al. 2011, Vanbergue 2020). Le refroidissement du lait entraîne une cristallisation fractionnée de la matière grasse, qui provoque une rétraction des globules gras et une altération de leur membrane (Dickow et al., 2011, Vanbergue 2020).

2.1.2 Lipolyse microbienne

Elle est due à une forte contamination en germes lipolytiques qui peut survenir durant la traite ou dans l'installation. Leurs lipases ont la faculté de résister à la chaleur. Si la qualité sanitaire du lait est satisfaisante, la lipolyse microbienne devient significative après 3 à 4 jours de stockage. L'étude d'Agroscope de 2013 (Jakob 2023) avait montré une légère augmentation des germes lipolytiques dans les STA. Aucune autre étude n'a confirmé ce résultat.

Cependant, Wiking et al. (2019) ont montré qu'un pré-refroidissement du lait à la sortie du STA permettait de diminuer le taux d'acides gras libres. En effet, cette diminution de la température du lait de 35 à 22 °C permet de réduire rapidement le développement d'une grande quantité de germes.

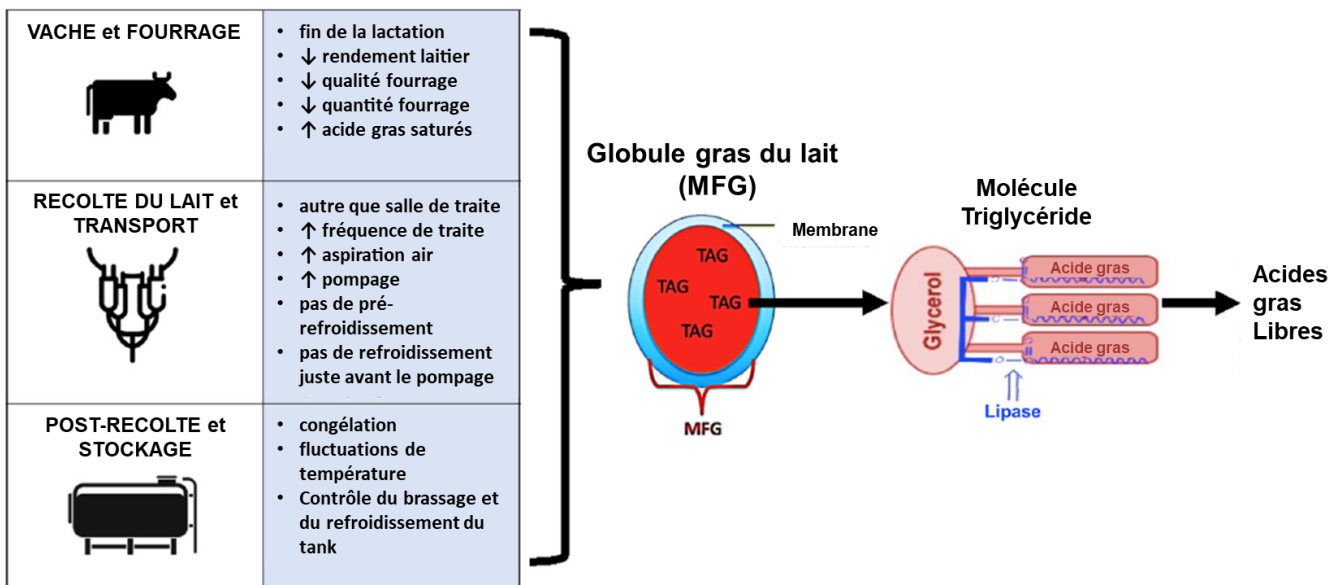


Figure 1: facteurs ayant un impact sur l'augmentation d'acides gras libres dans le lait de tank selon Woodhouse (2023)

2.1.3 Lipolyse spontanée

La lipolyse spontanée peut être liée à la vache (Vanbergue 2020) comme le montrent les divers facteurs ci-dessous:

L'individu

Plusieurs publications et cas pratiques montrent qu'il y a des vaches robustes et des vaches sensibles à la lipolyse. Vanbergue (2017) a identifié deux phénotypes ayant une susceptibilité différente à la lipolyse et basé sur la position K232 dans la séquence du gène spécifiant la diacylglycérol acyltransférase 1 (DGAT1) participant à la synthèse du globule gras dans la cellule alvéolaire. Dans le cas du Gruyère AOP rance de 2006 causé par à un STA, il avait été démontré que les vaches n'avaient pas toutes la même sensibilité à la lipolyse en lien avec l'intervalle de traite.

La race

Plusieurs études se sont intéressées à l'influence de la race des vaches laitières sur la lipolyse. Les résultats divergent mais deux études ont démontré que le lait issu de races Holstein était plus sensible que celui de la race Jersiaise (Bachman et al., 1988) ou que celui de la race Normande (Vanbergue et al., 2017). Cependant, la sensibilité du lait des vaches de race Holstein semble varier selon leur origine (Jurczak, 1995). Quant au lait de la race Montbéliarde, il est plus sensible à la lipolyse que celui de la race Tarentaise (Ferlay et al. 2006).

La parité

Vanbergue et al. (2017), en accord avec Connolly (1978) et Chilliard et Lamberet (1984), ont constaté des niveaux de lipolyse inférieurs chez les vaches laitières multipares par rapport aux primipares.

Le stade de lactation

Selon plusieurs études (Ahrné et Björck, 1985; Chazal et Chilliard, 1986; Bachman et al., 1988 ; Jurczak, 1995; Vanbergue et al., 2017), la lipolyse serait plus importante en fin de lactation/gestation. Elle peut aussi être liée à la faible production laitière ou à la libération d'hormones (œstrogènes, progestérone) (Chazal et Chilliard, 1986). La lipolyse spontanée peut aussi être influencée par la conduite de l'animal et son environnement (Vanbergue 2020).

Le moment de la traite

La traite du soir présente souvent une plus forte lipolyse, selon Vanbergue et al. (2017), mais ce phénomène pourrait être dû à l'intervalle de traite.

La fréquence de traite

Plusieurs publications (Abeni et al. 2005, Wiking et al. 2006, Jakob et al. 2013, Woodhouse et al. 2013) ainsi que diverses analyses internes effectuées par Agroscope montrent que le taux d'acides gras libres du lait augmente avec le passage de 2 à 3 ou 4 traites par jour. En revanche, il se réduit lors du passage à la monotraite (Pomies et al., 2007; Vanbergue et al. 2016).

L'alimentation

Le type de fourrage influence la lipolyse. Deeth et Fitzgerald, 1976; Chazal et al., 1987; Vanbergue et al., 2017 montrent que, lorsque les vaches laitières sont au pâturage, la lipolyse est plus faible. Il en va de même avec du foin de bonne qualité (Deeth et Fitzgerald, 1976; Chazal et al., 1987). Plusieurs études montrent que l'ensilage provoque une augmentation du taux d'acides gras libres. Des rations avec des niveaux de matières azotées totales bas (Hurtaud et al. (2018), une restriction alimentaire (Vanbergue et al. 2017) ou un bilan énergétique négatif engendrent une augmentation de la lipolyse.

Tableau 1: facteurs influençant la lipolyse spontanée liés à la vache et à l'alimentation

	Individu	Race	Parité	Stade de lactation
Facteurs liés à l'animal	↑ vache sensible ↓ vache robuste ↑ gène KK, DGAT1	↑ Holstein>Normande ↑ Holstein>Jersey	↑ primipare	↑ fin de lactation ↑ œstrogène
Facteurs liés à la conduite de l'animal et son environnement.	Moment de traite	Fréquence de traite	Alimentation	
	↑ lait du soir	↑ >2x/jour	↑ carence ↑ restriction alimentaire ↑ bilan énergétique négatif ↑ rations basses en MAT ↑ graisse saturée ↓ pâturage	

2.1.4 Acides gras libres mesurés lors du contrôle du lait

Depuis plusieurs années, les acides gras libres (AGL) sont mesurés sur pratiquement la totalité des échantillons récoltés par Suisselab lors du contrôle du lait au sens de l'ordonnance sur le contrôle du lait (OCL, RS 916.351.0). La mesure des AGL n'est certes pas aussi précise que les valeurs en acides gras butyriques (C4) et caproïques (C6) mesurées par chromatographie en phase gazeuse, mais elle est effectuée systématiquement et les conditions de prélèvement et de transport sont standardisées. Une grande quantité de données est ainsi générée. Les résultats des AGL ne sont cependant pas communiqués systématiquement aux producteurs de lait, car les analyses sont payantes. Les résultats de Suisselab sont communiqués en mmol par 10 kg de lait. Dans diverses publications, les résultats sont indiqués en mmol/100 g de graisse ou en mEq/100 g de graisse. Dans ce cas un milliéquivalent (mEq) correspond au mmol parce que les acides gras sont toujours des monoacides.

Un lait avec un taux de matière grasse de 4,0 % ne devrait pas avoir plus 1 mmol d'acides gras libres par 100 g de matière grasse, ce qui correspond à 400 µmol/kg de lait ou 0,4 mmol/kg.

Tableau 2: méthodes d'analyse de la lipolyse et valeurs limites

	Méthode	Unité	Valeur limite
Suisselab	FTIR (Suisselab)	mmol/10 kg lait	3.3
CNIEL (F)	Savon au cuivre / FTIR	mmol/100 g graisse	0.89*
Agroscope	GC 24h (lait de cuve)	µmol C4/kg lait	75
Agroscope	GC 24h (lait de producteur)	µmol C4/kg lait	105

* correspond à env. 3,56 mmol/10kg de lait pour un taux de matière grasse de 4,0 g/100 g (0.89x4)

1 mmol FFA/kg de matière grasse correspond à 0.1 meq/100 g de matière grasse

2.2 Objectifs

- La première partie de la présente étude vise à examiner les valeurs des acides gras libres et des résultats du contrôle du lait (CL) de ces sept dernières années (2017-2024) provenant de 70 systèmes de traite automatisée (STA) livrant pour la production d’Emmentaler AOP.
- La deuxième partie a pour but de relever les pratiques et les paramètres d’une sélection de 46 STA en effectuant des visites et en s’appuyant sur un questionnaire complet élaboré à cette occasion.
- La troisième partie met en relation le degré de la lipolyse du lait (basé sur les AGL et l’acide butyrique) des 46 STA avec les différents paramètres et données des STA.
- La quatrième partie a pour objectif de mettre en évidence l’influence de différents paramètres de désinfection utilisés par le STA sur la biodiversité du lait et les comparent à une salle de traite.

2.3 Matériel et méthode

2.3.1 Suisselab - contrôle du lait

Le contrôle du lait est réalisé par Suisselab SA à Zollikofen. Ce laboratoire travaille sur mandat de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) et de la filière. Il organise des tournées de collecte d'échantillons du lait et les analyse. Des échantillons de lait de chaque producteur sont prélevés deux fois par mois. Dans le cadre du contrôle du lait (CL) de droit public, le lait est analysé selon trois critères:

- le nombre de germes qui est une unité de mesure de l'hygiène,
- le nombre de cellules somatiques qui permet de tirer des conclusions sur l'état de santé des animaux, ce chiffre augmente par exemple en cas de mammites,
- les substances inhibitrices.

Ce dernier critère n'a pas été pris en considération lors de cette étude. En revanche, deux autres analyses ont été effectuées sur ces mêmes échantillons par le même laboratoire: la cryoscopie et les acides gras libres.

Le nombre de germes est déterminé à l'aide de la cytométrie en flux par fluorescence optique avec des appareils BactoScan-FC. Les acides gras libres et le point de congélation sont déterminés au moyen de la spectroscopie infrarouge avec des appareils Milko-Scan-FT. Enfin, le nombre de cellules est identifié par fluorescence optique avec un appareil Fossomatic-FC.

Les données provenant du CL ont été collectées entre janvier 2017 et avril 2024. Ce qui représente 176 données par producteur de lait et par critère. Les critères d'analyses pris en considération ont été les suivants: la charge en germes, la teneur en cellules, la cryoscopie et la teneur en acides gras libres. Ce dernier critère a été mesuré par le laboratoire. Les résultats n'ont cependant été communiqués qu'aux producteurs de lait ayant fait la demande et payé le surcoût de l'analyse (CHF 1,40 par échantillon).

2.3.2 Agroscope - acides carboxyliques volatils

Les acides carboxyliques volatils (C1 - C6) ont été quantifiés après estérification des acides carboxyliques avec de l'éthanol au moyen de la GC-FID et de l'«Headspace-Technology», comme décrit par Fröhlich-Wyder et al. (2013). Cette analyse a été effectuée sur des échantillons prélevés en janvier, février et mars 2024. Afin d'éviter les biais dus à la manipulation et la congélation des laits entre fromageries, pour chaque échantillon STA, un échantillon témoin de lait d'un producteur équipé de salle de traite a également été prélevé. Tous ces échantillons ont été congelés à la fromagerie directement après la réception du lait. Ils ont ensuite été transportés et conservés à l'état congelé jusqu'à l'analyse.

Les valeurs obtenues ont révélé que la manipulation et le temps de congélation des échantillons variaient d'une fromagerie à l'autre, ce qui a entraîné de grandes différences dans les résultats individuels. Les valeurs des acides butyriques et caproïques ne peuvent donc pas être comparées entre les exploitations. La moyenne des résultats des échantillons STA et de salle traite de chaque fromagerie a été calculée. Afin de comparer les valeurs entre elles, l'acide butyrique d'une exploitation est indiqué en pourcent de la moyenne de la fromagerie.

2.3.3 Détermination des trois groupes en fonction du degré de lipolyse

Les 46 exploitations ont été classées en trois groupes en fonction du degré de lipolyse du lait: n° 1 lipolyse faible, n° 2 lipolyse moyenne et n° 3 lipolyse forte. Pour ce faire, les critères suivants ont été déterminants:

Groupe 1 - lipolyse faible

Les producteurs du groupe n° 1 remplissent les trois conditions suivantes:

- La moyenne des valeurs en AGL mesurées pendant deux ans (de mai 2022 à avril 2024) se situe en-dessous de 2.0 mmol/10 kg lait
- Aucune valeur en acides gras libres était hors normes pendant 2 ans (de mai 2022 à avril 2024)
- La valeur moyenne de l'acide butyrique à 24h était inférieure à 105 µmol/kg

Groupe 2 – lipolyse moyenne

Les producteurs qui ne remplissent ni les conditions du groupe 1 ni celles du groupe 3 se trouvent dans le groupe 2.

Groupe 3 – lipolyse forte

Les producteurs du groupe n° 3 remplissent une des trois conditions suivantes:

- La moyenne des valeurs en AGL mesurées pendant 2 ans (de mai 2022 à avril 2024) se situe au-dessus de 3,0 mmol/10 kg lait.
- Plus de deux valeurs en acides gras libres étaient supérieures à 3,3 mmol/10 kg de lait pendant 2 ans (de mai 2022 à avril 2024).
- La valeur moyenne de l'acide butyrique à 24h dépasse de 150 % la valeur moyenne des échantillons prélevés dans la même fromagerie.

Le groupe 3 doit dans tous les cas présenter une valeur moyenne de l'acide butyrique à 24h supérieure à 105 µmol/kg.

Tableau 3: paramètres déterminant les trois groupes d'exploitations en fonction du degré de lipolyse du lait (1=faible, 2=moyen, 3=fort)

Paramètre	Acides gras libres		Acide butyrique à 24h	
Laboratoire	Suisselab		Agroscope	
Méthode	Spectroscopie infrarouge		Chromatographie en phase gazeuse	
Période	2 ans octobre 2023 – mars 2024		3 mois janvier 2023 - mars 2023	
	Moyenne	Nombre de valeurs hors normes (>3.3 mmol/kg)	Moyenne	Valeur moyenne en proportion de la moyenne de la fromagerie
Groupe	mmol/10kg lait	nb	µmol/kg	%
1 – faible	<2.0	aucune	<105	
2 – moyen				
3 – forte	>3.0	>2	>105	>150 %

2.3.4 Extraction de l'ADN

Pour l'extraction de l'ADN du lait cru, 10 ml ont été mélangés à 3,2 ml de tampon NET (50 mM NaCl, 125 mM EDTA, 50 mM Tris-HCl [pH 7,6]), chauffés à 80 °C pendant 10 minutes et refroidis sur de la glace. Après centrifugation (30 min 4000 x g), environ 1,5 ml contenant le culot restant ont été transférés dans des tubes de 2 ml et centrifugés à nouveau à 12000 x g à 4 °C pendant 5 min.

Les culots bactériens ont été remis en suspension dans 400 µL de tampon G2 (kit EZ1 DNA Tissue, Qiagen, Hilden, Allemagne), transférés dans des tubes à jupe de 0,5 ml contenant 100 mg de billes de zirconium à faible liaison de 0,1 mm (OPS Diagnostics, Lebanon, NJ, USA), et agités 60 s. à vitesse moyenne dans un homogénéisateur (Omni International Inc., Kennesaw, GA, USA). Après centrifugation, 200 µL de lysats cellulaires et 20 µL de protéinase K (Qiagen) ont été incubés durant 1 heure à 56 °C puis traités par la station de travail BioRobot® EZ1 (Qiagen, Hilden, Allemagne).

2.3.5 Séquençage des amplicons du gène de l'ARNr 16S

Les bibliothèques d'amplicons ont été préparées en utilisant la méthode de fusion unidirectionnelle (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). L'amplification a été réalisée comme suit: la température a été maintenue à 98 °C pendant 30 s, suivie de 30 cycles de 98 °C pendant 10 s, 55 °C pendant 20 s et 72 °C pendant 30 s, et d'une élongation finale à 72 °C pendant 5 min. Après le contrôle de qualité et la quantification de la bibliothèque d'amplicons, la préparation de la matrice, le chargement de la puce et le séquençage ont été effectués conformément aux instructions du fabricant en utilisant le système Ion Chef™ et le système Ion S5™ et une puce Ion530 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, États-Unis). Les séquences brutes ont été soumises à l'élimination des amorces par cutadapt (M. Martin, 2011) et les séquences brutes ont été coupées et filtrées en fonction de leur qualité avec DADA2 (Callahan et al., 2016). Les variants de séquence d'amplicon (ASV) ont ensuite été obtenus dans DADA2 avec le paramètre POOL réglé sur «pseudo». L'annotation taxonomique a été réalisée à l'aide de DAIRYdb v3.0.0 (Meola et al., 2019) avec IDTAXA (Murali et al., 2018).

2.3.6 Quantification de l'ARNr 16S par qPCR

Les quantifications de l'ADNr 16S par PCR en temps réel ont été réalisées dans un volume de 12 µl contenant 6 µl de Takyon™ No Rox SYBR® MasterMix Blue dTTP (Eurogentec, Seraing, Belgique), 300 nM de l'amorce F27 (5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3') et 300 nM de l'amorce R355 (5'-GCWGCCTCCCGTAGGAGT-3'). Les conditions d'amplification étaient de 95 °C pendant 3 min, suivies de 40 cycles de 95 °C pendant 10 s et de 60 °C pendant 60 s. La courbe de dissociation a été déterminée entre 60 °C et 90 °C. Tous les tests qPCR ont été effectués sur un Rotor-Gene (Qiagen, Hilden, Allemagne). Une série de dilutions décimales d'un produit d'amplification contenant la séquence a été incluse dans chaque série d'analyses. La concentration d'ADN a été déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre NanoDrop® ND-1000 (NanoDrop Technologies, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, États-Unis). Le nombre de copies, correspondant à la concentration d'ADN, a été estimé en utilisant 660 pmol pg-1 comme poids moléculaire moyen pour une paire de nucléotides. L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Rotor-Gene Q Series Software v2.3.1 (Qiagen).

2.3.7 Visite d'étable

Les données utilisées étaient celles de 46 exploitations laitières disposant d'un STA et fournissant du lait de non-ensilage pour la fabrication de fromage. Les visites ont eu lieu entre novembre 2023 et janvier 2024. La saisie des paramètres s'est faite selon un questionnaire (annexe 1) et a porté sur les domaines suivants:

Informations générales sur l'exploitation

- Taille du troupeau, races de bovins, performance moyenne de lactation
- Stabulation et détention
 - o Type de logettes, type de litière
 - o Conception des couloirs, matériau de la surface, type et fréquence de nettoyage
 - o Type d'aération
 - o Indications relatives à la pâture (fréquence, durée moyenne, consommation estimée de fourrage de base pendant la période de pâture)

Changements suite au passage au STA

- Date de mise en service, âge, marque et type de STA
- Circulation des animaux (libre, dirigé)
- Système de stabulation et de traite avant le passage au STA
- Changement dans la détention et l'affouragement après la conversion (indications des exploitants)
 - o Taille du troupeau, performance laitière, durée de pâture, distribution d'aliments concentrés, pâturage, achat de fourrage de base.
- Changements de la qualité du lait après la conversion (indications des éleveurs)
 - o Critères de qualité de droit public (nombre de cellules, nombre de germes, point de congélation)
 - o Analyses de fromagerie (réductase, acidité, lactofermentateur, acides gras libres, spores butyriques, germes halotolérants, bactéries propioniques)

Installation et réglages du système de traite et des tanks à lait

- Tank à lait
 - o Fixe / mobile
 - o Volume du tank en litres de lait par vache
 - o Longueur du lactoduc (distance entre le tank et le STA)
 - o Différence entre la pompe à lait et la hauteur maximale du lactoduc d'évacuation
- STA
 - o Réglage de l'intervalle de traite pendant les différentes phases de production de lait
 - o Type de nettoyage des trayons (brosses, gobelet de préparation, gobelets trayeurs)
 - o Type de nettoyage/désinfection des ustensiles de préparation de la traite et des manchons trayeurs
 - o Produit utilisé pour la désinfection des trayons post-traite
 - o Type de surveillance de la santé des mamelles (teneur en cellules, indices, conductivité/détection de sang)
 - o Type de pompe à lait
 - o Vidange du lactoduc par poussée d'air et durée jusqu'à cette opération
 - o Utilisation et fréquence de remplacement du filtre à lait
 - o Nettoyage du sol de la stalle du STA
 - o Présence d'un dispositif de nettoyage des onglons dans le STA, utilisation pendant la traite.

Traite: valeurs mesurées lors de la visite de l'exploitation

- Animaux
 - o Nombre de vaches en lactation
 - o Nombre moyen de jours en lactation
 - o Quantité de lait moyenne par jour/vache
- Intervalle de traite / nombre de traites par jour
 - o Nombre moyen, maximum et minimum de traites par jour
 - o Intervalle de traite moyen, minimal et maximal par jour
 - o Quantité moyenne de lait par traite

Refroidissement du lait

- Utilisation d'un pré-refroidisseur

Type: tubulaire ou à plaques

- Tank à lait
 - o Type de refroidissement
 - Refroidissement commandé par le débit de lait
 - Démarrage du refroidissement avec enclenchement manuel ou différé
 - Refroidissement à l'eau glacée
- Valeur affichée de la température de lait dans le tank.

Nettoyage du STA et des tanks à lait

- STA
 - o Type de nettoyage (nettoyage par circulation, à l'eau bouillante, «unique»)
 - o Fréquence de nettoyage par jour
 - o Produits de nettoyage et concentrations
 - Utilisation des détergents acides et alcalins (en alternance ou à un autre rythme)
 - o Température initiale et finale lors du nettoyage principal
 - Si aucun protocole de nettoyage n'a pu être consulté, les données des exploitants ont été enregistrées.
 - o Nettoyage extérieur du STA
 - Fréquence par jour
 - Type d'eau utilisé (eau du réseau, eau de source ou eaux usées)
- Tank à lait
 - o Nettoyage analogue au STA

Intervalle de maintenance

- Nombre de mois (réalisation par le technicien)
- Nombre de traites avant le remplacement des manchons trayeurs

Évaluation de l'hygiène des animaux et des étables

L'évaluation n'a pas eu lieu à un moment défini. Le degré de souillure et l'état des logettes dépendent du moment du dernier nettoyage. C'est pourquoi ces données ne permettent de se faire qu'une idée générale de la situation.

Les pourcentages de quatre différents degrés de souillure ont été relevés:

- Note 1: sans souillure
- Note 2: légèrement souillé
- Note 3: moyennement souillé
- Note 4: fortement souillé

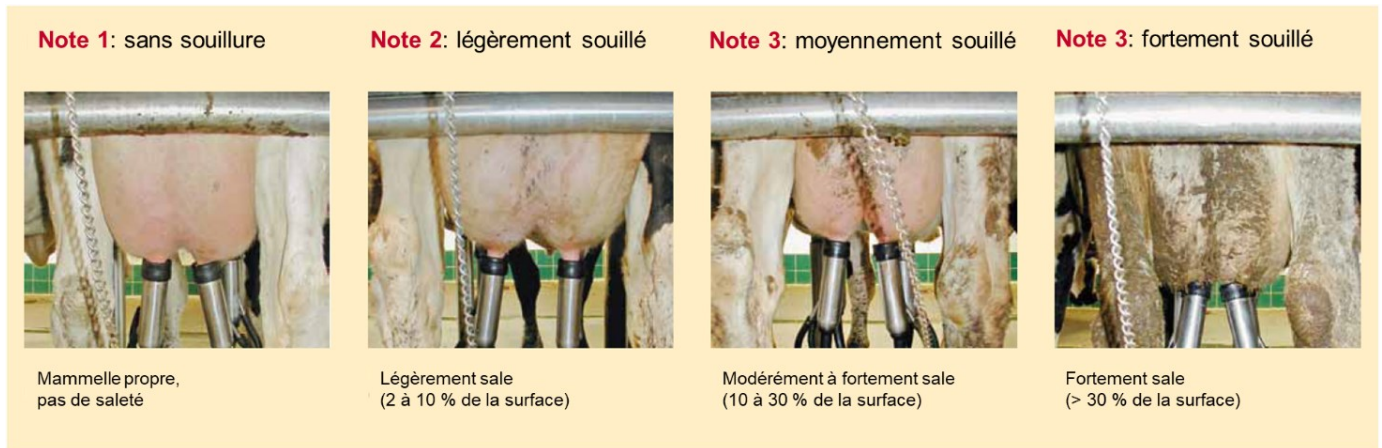


Figure 2: évaluation de l'hygiène des animaux avec répartition du degré de souillure de la mamelle en quatre catégories, pourcentage de chaque catégorie (source: www.elite-magazin.de)

Hygiène de l'étable:

- Fréquence des souillures dues à des déjections au milieu des logettes
- Fréquence des souillures dues à des déjections sous les arceaux des logettes



Figure 3: sans souillure



Figure 4: souillure sous l'arceau de la logette



Figure 5: souillure au milieu des logettes

2.4 Résultats

2.4.1 Informations générales relatives aux exploitations

2.4.1.1 Taille du troupeau et stabulation

Le nombre de vaches détenues dans les 46 exploitations varie entre 22 et 80 animaux (moyenne: 51 vaches). Dans 83 % des cas, des logettes basses sont utilisées, dans les 13 % restants des logettes hautes. Le matériau de litière utilisé est un mélange de paille hachée et de chaux (50 %), de paille et de chaux (24 %), de granulés de paille (20 %) ou de paille hachée sans adjonction de chaux (6 %). Les couloirs sont perforés et non perforés à raison de 30 % chacun, une combinaison des deux variantes étant présente dans 40 % des étables. Le nettoyage se fait le plus souvent à l'aide de racleurs (41 %, fréquence entre 1 et 12 fois par jour), suivi par les robots d'évacuation du fumier (39 %), les monoaxes (11 %, fréquence de nettoyage 1-2 fois par jour) et manuellement (7 %, fréquence de nettoyage 2-3 fois par jour). Dans un cas, le responsable de l'exploitation a opté pour un caillebotis autonettoyant.



Figure 6: porte automatique d'accès à la pâture avec trois possibilités de sélection

2.4.1.2 Pâturation

Dans 89 % des exploitations, les vaches ont accès au pâturage, dont deux exploitations de pâturation intégrale avec vêlage saisonnier. Dans 32 % des cas, l'accès au pâturage est contrôlé par une porte d'accès à la pâture afin de coordonner les autorisations de traite et de pâturage. 68 % font pâturer l'ensemble du troupeau à des horaires fixes. Selon les indications des éleveurs, la durée de la mise au pâturage varie entre 1,5 et 6 heures (valeur moyenne: 3,4 heures). L'estimation de la consommation de fourrage de base pendant la période de pâturage varie entre 10 % et 100 %, la valeur la plus élevée concerne les deux exploitations de pâturation intégrale. En moyenne, la valeur indiquée est de 32 %.

2.4.2 Changements lors du passage au STA (indications des exploitants)

2.4.2.1 Stabulation et animaux

Lors du passage au STA, 17 % des exploitations ont également construit une nouvelle étable, 83 % ont procédé à des transformations. Dans 70 % des cas, les animaux se trouvaient déjà dans une stabulation libre avec salle de traite, dans 28 % des cas dans une stabulation entravée avec une installation de traite par tuyaux et dans 2 % des cas, le changement a eu lieu à partir d'une stabulation entravée avec une installation de pots-trayeurs. L'augmentation moyenne du nombre de vaches était de 43 % avec une variation entre 0 % et 300 %. La production laitière par lactation standard a augmenté en moyenne de 5 %, l'augmentation la plus élevée étant de 21 %. Dans un cas, le rendement a diminué de 5 % selon l'éleveur.

2.4.2.2 Gestion de l'exploitation

Les changements au niveau de la gestion de l'exploitation sont présentés dans le tableau 4. Deux exploitations ont abandonné la pâture et une exploitation a commencé avec la pâture après le passage au STA.

Tableau 4: changements au niveau de la gestion de l'exploitation

	Utilisé avant le changement	Utilisé après le changement	Aucune modif. de la quantité	Augmentation de la quantité	Diminution de la quantité
Distribution d'aliments concentrés	100 %	100 %	46 %	37 %	17 %
Récolte d'herbe fraîche	85 %	76 %	63 %	11 %	26 %
Achat de fourrage de base	89 %	89 %	88 %	11 %	2 %
Pâturage	91 %	89 %	61 %	11 %	28 %

2.4.2.3 Caractéristiques du système de traite

Marques

Les 46 exploitations utilisaient des STA de quatre marques différentes:

- Lely: 27 (59 %)
- DeLaval: 14 (30 %)
- GEA: 4 (9 %)
- Boumatic: 1 (2 %)

L'âge des STA utilisés était compris entre 4 mois à 15 ans, la moyenne étant de 5,7 ans.

Équipement des STA

- Les ustensiles de préparation sont utilisés pour le nettoyage des trayons:

- Brosses: 59 %
- Gobelet de préparation: 32 %
- Gobelets trayeurs: 9 %

L'équipement avec des ustensiles est spécifique à chaque marque. Le gobelet de préparation séparé sert uniquement au tirage des premiers jets et au nettoyage des trayons, alors que certains STA utilisent les gobelets trayeurs pour toutes les étapes (tirage des premiers jets, nettoyage des trayons, traite, désinfection des trayons).

- 39 % des installations sont équipés de manchons trayeurs en caoutchouc et 61 % en silicone. L'utilisation du matériau est spécifique à la marque.
- Nettoyage et désinfection des ustensiles de préparation
 - 17 % sont uniquement rincés à l'eau après une traite.
 - Dans 68 % des cas, une désinfection supplémentaire est effectuée avec de l'acide peracétique et dans 15 % des cas avec de la vapeur.
- Désinfection intermédiaire des manchons trayeurs
 - Rinçage à l'eau sans désinfection: 33 %
 - Vapeur: 56 %
 - Acide peracétique: 11 %
- Produit pour la désinfection des trayons après la traite:
 - Iode: 76 %
 - Acide lactique: 20 %
 - Chlore: 4 %
- Type de pompe à lait:
 - Classique: 48 %
 - À régulation de fréquence: 28 %
 - Pompe à membrane: 24 %
- Vidange du lactoduc

Dans 61 % des installations, la conduite à lait (lactoduc entre la pompe à lait et le tank) est vidée après un certain temps lorsqu'il n'y a pas de traite. La durée moyenne est de 40 minutes.
- Transport et stockage du lait
 - La longueur du lactoduc varie entre 5 et 35 mètres (moyenne: 15 mètres).
 - La différence entre la pompe à lait et la hauteur maximale du lactoduc est comprise entre 2,5 et 6 mètres (moyenne: 2,9 mètres).

2.4.2.4 Tank à lait et refroidissement du lait

- Un pré-refroidissement du lait avant le tank à lait a lieu dans 63 % des systèmes. Dans 89 % des cas, il s'agit d'un refroidissement tubulaire, dans 11 % des cas d'un refroidisseur à plaques.
- La capacité du tank est de 30 à 120 litres par vache (moyenne: 47 litres par vache).
- La commande du refroidissement du tank à lait s'effectue dans 75 % des exploitations via le flux du lait, dans 17 % de manière différée après le début de la traite et dans 4 % manuellement. En outre, 4 % des exploitations ont installé un système de refroidissement à l'eau glacée.
- La température de stockage du lait se situe entre 4 et 10 °C, la valeur moyenne étant de 7 °C.

2.4.2.5 Nettoyage du STA et du tank

En général, le STA est nettoyé trois fois par jour. 6 STA sont nettoyées deux fois par jour et un seul quatre fois. Les produits alcalin et acide sont utilisés en alternance ou alors deux fois de suite l'alcalin, suivi d'une fois l'acide. La solution est utilisée soit en circulation, soit «perdue» après le lavage.

2.4.2.6 Réglages du STA

- Phase de démarrage (premier tiers de la lactation): la durée minimale entre les traites varie entre 5 et 11 heures, la moyenne est de 7,2 heures.
- Phase de production (à partir de 100 jours de lactation environ): la durée minimale entre les traites varie entre 6 et 12 heures, la moyenne est de 8,9 heures.

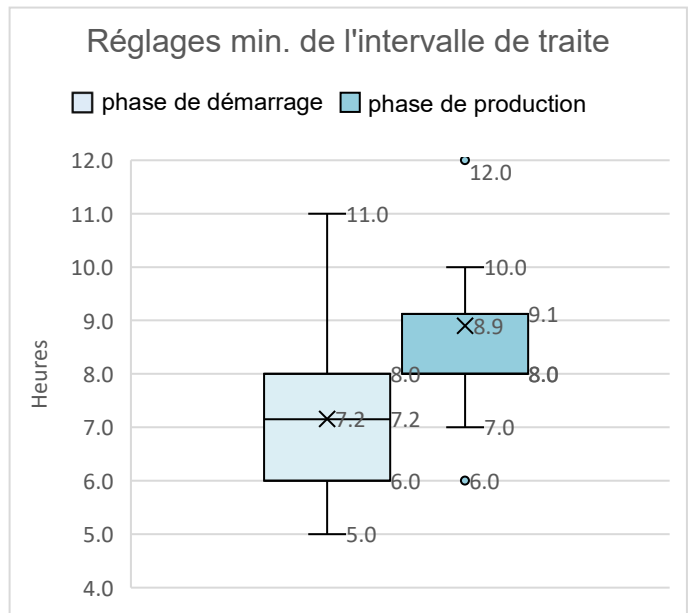


Figure 7: réglages de l'intervalle de traite minimal de la phase de démarrage et celle de production

2.4.2.7 Valeurs relevées

Nombre de traites / intervalles de traite

- Le nombre moyen de traites par vache et par jour relevé au moment de la visite se situe entre 2 et 3,1, la moyenne étant de 2,5. En conséquence, les durées moyennes entre les traites se situent entre 7,7 et 12 heures (moyenne: 9,6 heures).

Production de lait

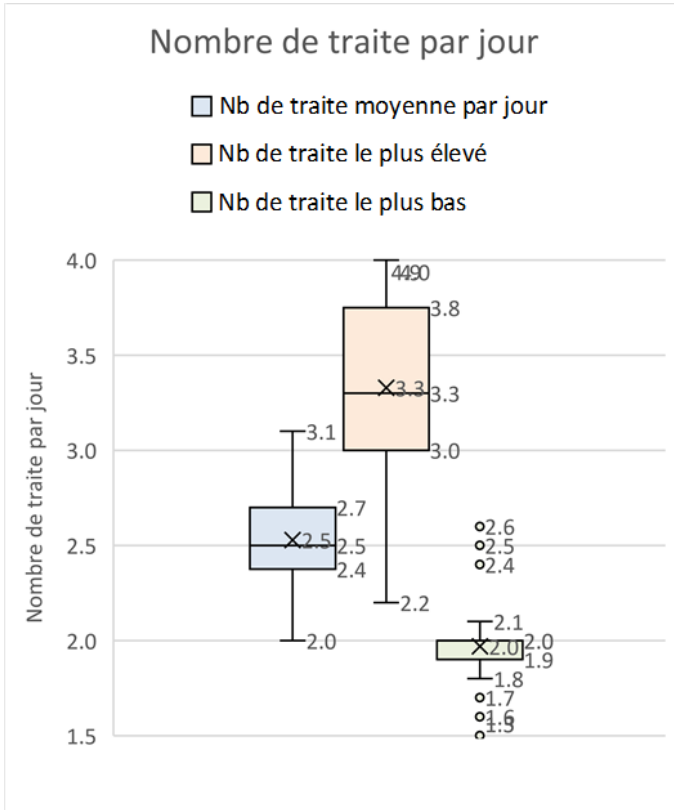


Figure 8: valeurs relevées par rapport à la fréquence de traite

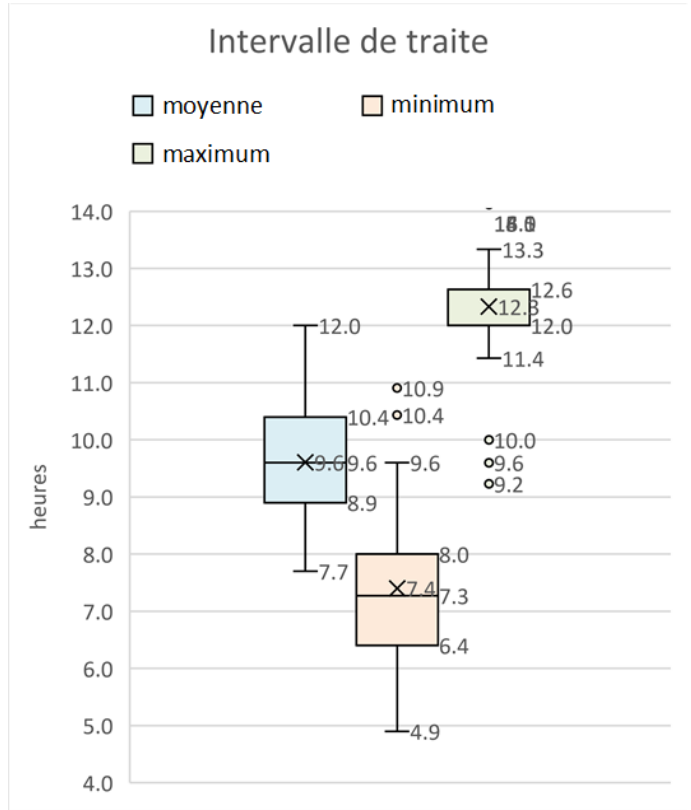


Figure 9: valeurs relevées par rapport aux intervalles de traite

- La quantité de lait quotidienne par vache et par jour est comprise entre 17 kg et 34 kg (moyenne: 26 kg par jour).
- La quantité moyenne de lait par traite varie entre 6,2 et 13,4 kg (moyenne: 10 kg).

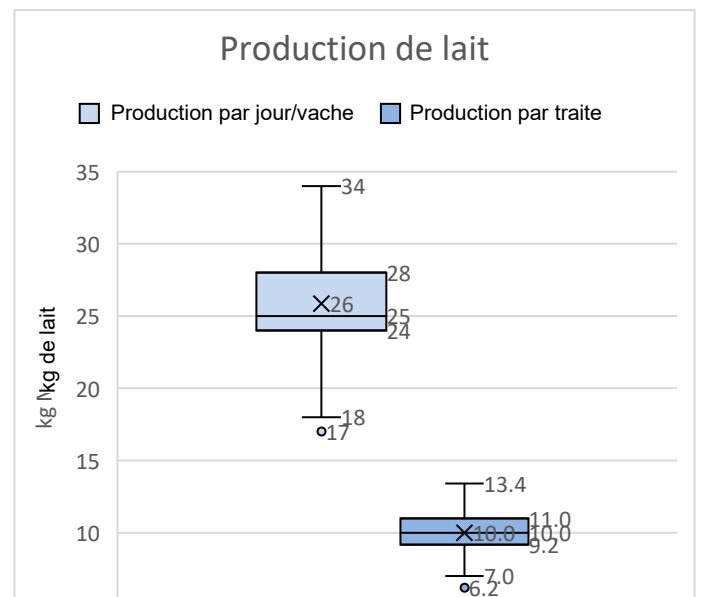


Figure 10: production de lait moyenne par jour et par traite

2.4.2.8 Évaluation de l'hygiène des animaux et des étables

Propreté des mamelles

Répartition des pourcentages des scores respectifs de propreté de la mamelle:

- Score 1: propre
- Score 2: légèrement souillé
- Score 3: moyennement souillé
- Score 4: fortement souillé

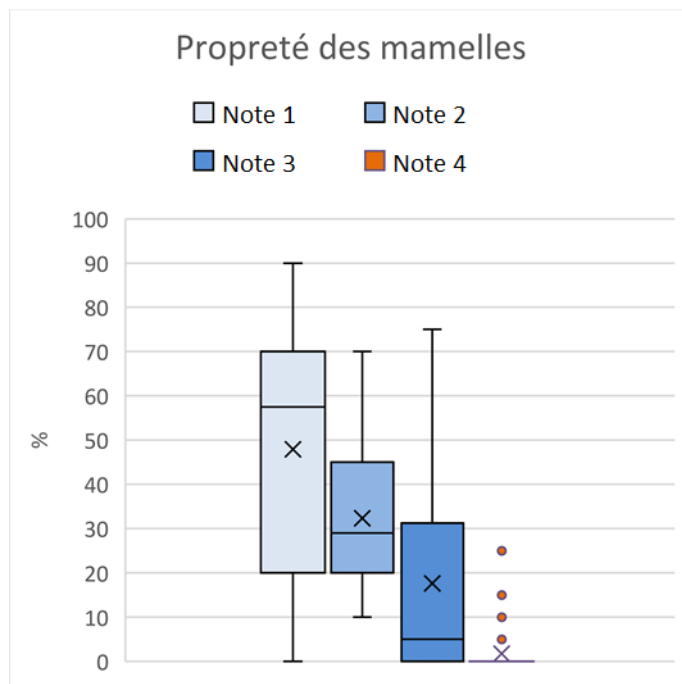


Figure 11: répartition des notes de propreté de la mamelle

Propreté des logettes

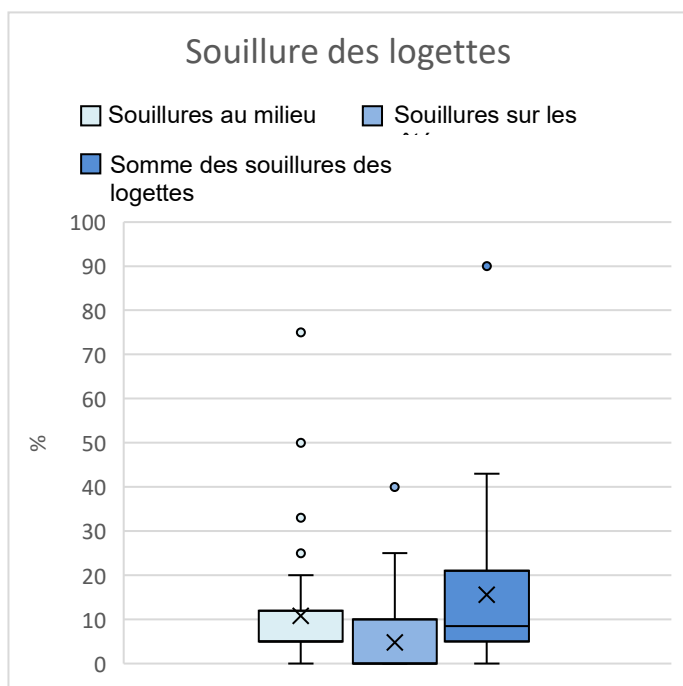


Figure 12: répartition des notes de propreté des logettes

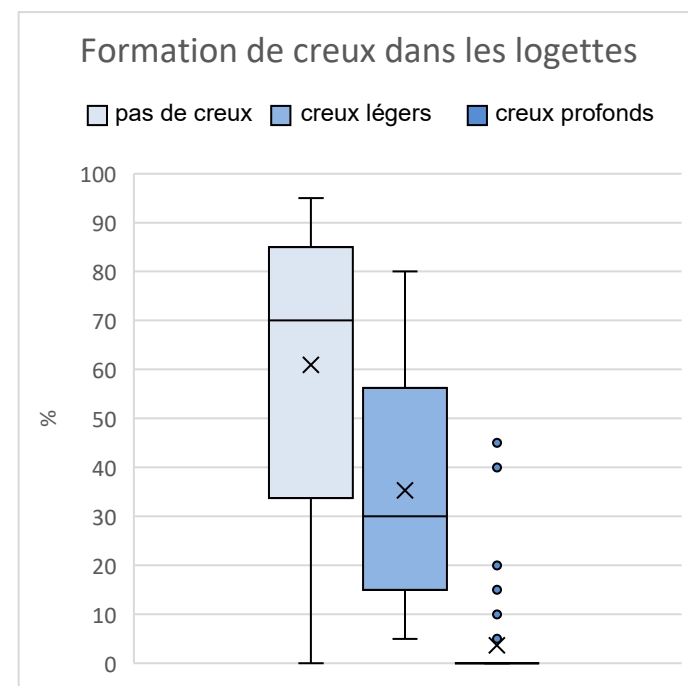


Figure 13: répartition des notes de formation de creux dans les logettes

2.4.3 Résultats de la lipolyse

2.4.3.1 Contrôle du lait et acides gras libres

Les données des analyses du contrôle du lait de 73 STA ont été récoltées de janvier 2017 à avril 2024. Durant cette période, 50 STA ont été installés. Ceci a permis de comparer la qualité du lait avant et après la pose des STA. Le tableau 5 montre que le lait des producteurs avec un STA installé avant 2017 présente des valeurs en AGL, en cellules et en germes plus élevées. De plus, en règle générale, les STA présentent des valeurs plus élevées au niveau de la cryoscopie. En effet, le tableau 6 montre que, sur les 50 producteurs qui ont installé un STA entre 2017 et 2024, 43 ont vu leur point de congélation augmenter, dont 33 de manière significative. En ce qui concerne les acides gras libres, l'utilisation d'un STA a permis de diminuer les AGL chez 21 producteurs, dont 9 significativement. En revanche, 29 producteurs présentent des valeurs plus élevées, dont 22 de manière significative.

Tableau 5: moyenne des analyses effectuées par Suisslab sur les 73 producteurs et durant la période 2017-2024

Année de l'installation du STA	nb	Type de traite	AGL	Cellules	Germes	Cryoscopie
			mmol/10 kg	cellules/ml	germes/ml	°C
entre 2017 - 2024	50	avant STA	1.92	133 491	5 707	-0.525
		STA	2.03	131 123	5 627	-0.522
avant 2017	23	STA	2.40	167 727	6 930	-0.522
Toutes les valeurs des STA	73	STA	2.14	142 656	6 038	-0.522

Tableau 6: comparaison des 50 producteurs qui ont installé un STA durant la période 2017-2024. Les différences des moyennes des valeurs avant et après l'installation du STA sont examinées. Résultats exprimés en nombre d'exploitations.

Période de l'échantillonnage	AGL		Cellules		Germes		Point de congélation	
	moyennes plus basses	différence significative	moyennes plus basses	différence significative	moyennes plus basses	différence significative	moyennes plus basses	différence significative
avant STA	29	22	25	13	25	6	43	33
STA	21	9	25	10	25	10	7	2

En comparant l'ensemble des résultats de cette étude, le tableau 7 montre que la teneur moyenne en AGL des laits provenant de STA est légèrement supérieure à celle des laits issus d'un système de traite conventionnel, avant l'installation du STA.

Tableau 7: AGL dans les laits avant l'installation du STA et tous les résultats STA

	Traite conventionnelle avant STA	STA
N	2162	4086
moyenne	1.86	2.20
médiane	1.75	2.13
min	0.00	0.02
centile 95	3.54	3.69
max	9.47	8.40

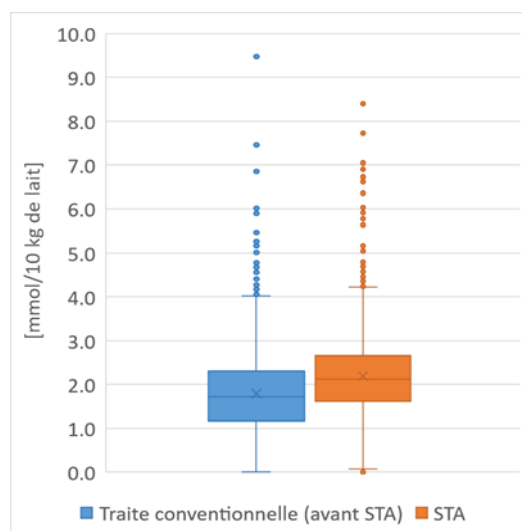


Figure 14: acide gras libres dans les laits avant l'installation du STA et ensemble des résultats STA

2.4.3.2 Acides butyrique et caproïque

Afin de confirmer les résultats des acides gras libres de Suisselab, les échantillons de lait de 46 STA ont été prélevés une fois par mois pendant trois mois (janvier, février, mars 2024). Les 18 fromageries participantes ont également prélevé un nombre d'échantillons provenant de salle de traite, équivalent au nombre de STA. Les fromagers devaient congeler l'échantillon directement après la réception. Malheureusement, les 276 résultats montrent de grandes variations au niveau du prélèvement et de la congélation des laits entre les fromageries. Certaines valeurs se sont révélées particulièrement élevées, tant pour les STA que pour les autres systèmes de traite. Afin de comparer les STA entre eux, la valeur en acide butyrique de chaque producteur est calculée en fonction de la moyenne des valeurs de la fromagerie. Le résultat obtenu est exprimé en pourcentage. Dans tous les cas, les valeurs sont significativement plus élevées dans les STA par rapport aux salles de traite. Cependant, environ la moitié des laits ont été congelés correctement. Ceci nous permet de calculer une valeur de référence en se basant sur le quartile 25 % des résultats de chaque système de traite. Les valeurs obtenues pour l'acide butyrique à 24h sont 68 mmol/kg pour les STA et 50 mmol/kg pour les salles de traite. La différence, qui est hautement significative (test de T, valeur P <0.0001) comme le montre la figure 15, s'élève à 19 mmol/kg.

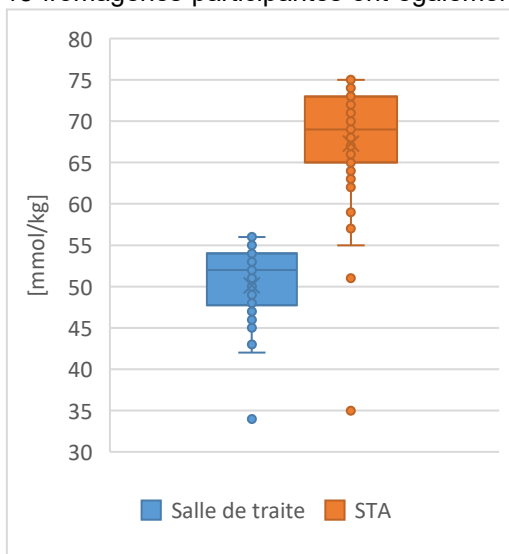


Figure 15: acide butyrique 24h de tous les résultats inférieurs au quartile 25 % (N: STA=35, salle de traite=34)

Tableau 8: acides butyrique et caproïque correspondant au quartile 25 % des valeurs obtenues durant l'étude

[mmol/kg]	Acide butyrique (C4)			Acide caproïque (C6)		
	0h	24h	augmentation	0h	24h	augmentation
Salle de traite	47	57	8	16	20	3
STA	64	76	13	23	27	4
Normes actuelles	70	105	26	24	30	13

2.4.3.3 Paramètres des STA selon les trois groupes lipolyses

Le tableau 3 définit la formation des trois groupes d'exploitations en fonction du degré de lipolyse du lait en se basant sur les valeurs en AGL fournis par Suisselab ainsi que les valeurs des acides carboxyliques volatiles mesurés entre janvier et mars 2024. Le groupe 1 présente une faible lipolyse et le groupe 3 une forte lipolyse. Dans le groupe 2 se trouvent les autres STA présentant une lipolyse moyenne. Le tableau 16 présente les résultats de l'analyse statistique des valeurs moyennes des trois groupes, en fonction des différents paramètres des STA relevés lors de la visite de chaque exploitation.

Tableau 9: paramètres des STA selon les trois groupes d'exploitations en fonction du degré de lipolyse du lait

Groupe lipolyse		1		2		3		Test stat. ANOVA	
		Basse		Moyenne		Elevée			
Valeur lipolyse		16		17		13			
		Nb STA		Nb STA		Nb STA			
	Unité	Moy.	SD	Moy.	SD	Moy.	SD		sig
Âge du STA	ans	5.9 ^a	4.5	5.2 ^a	4.7	6.0 ^a	4.1	0.993	n.s.
Nombre de vaches		57 ^a	14	49 ^a	11	47 ^a	14	0.040	*
Nombre de vaches en lactation		48 ^a	12	42 ^a	10	39 ^a	13	0.032	*
Jours en lactation	j	169 ^a	25	161 ^a	29	164 ^a	52	0.695	n.s.
Performance laitière	kg	9025 ^a	742	8294 ^a	1341	8746 ^a	1356	0.470	n.s.
Production journalière / vache	kg	27 ^a	3	25 ^a	4	25 ^a	4	0.278	n.s.
Quantité de lait par traite	kg	10.7 ^a	1.1	9.5 ^{ab}	1.6	9.7 ^b	0.8	0.028	*
Réglage IT phase démarrage	h	7.1 ^a	1.0	7.1 ^a	0.8	7.4 ^a	1.4	0.435	n.s.
Réglage IT phase performance	h	8.9 ^a	1.5	8.4 ^a	1.1	9.5 ^a	1.8	0.415	n.s.
Intervalle traite - moyenne	h	9.6 ^a	0.7	9.7 ^a	1.1	9.5 ^a	1.2	0.835	n.s.
Intervalle traite - minimum	h	7.2 ^a	1.2	7.5 ^a	1.1	7.5 ^a	1.5	0.390	n.s.
Intervalle traite - maximum	h	12.4 ^a	1.0	12.7 ^a	2.1	11.8 ^a	0.6	0.328	n.s.
Nombre traites / jour - moyenne		2.5 ^a	0.2	2.5 ^a	0.3	2.6 ^a	0.3	0.732	n.s.
Nombre traites / jour - minimum		2.0 ^a	0.2	1.9 ^a	0.3	2.0 ^a	0.1	0.288	n.s.
Nombre traites / jour - maximum		3.4 ^a	0.6	3.3 ^a	0.5	3.3 ^a	0.6	0.410	n.s.
Volume du tank par vache	L	45.2 ^a	12.2	52.1 ^a	21.7	44.3 ^a	18.0	0.962	n.s.
Distance STA-Tank	m	14.6 ^a	8.2	14.8 ^a	6.5	15.5 ^a	8.1	0.752	n.s.
Différence hauteur conduite lait	m	3.1 ^a	0.7	3.0 ^a	0.9	2.9 ^a	0.4	0.393	n.s.
Température lait	°C	7.6 ^a	1.8	6.7 ^a	1.6	6.6 ^a	1.4	0.094	+
Intervalle service STA	m	3.9 ^a	0.3	4.0 ^a	0.6	4.0 ^a	0.7	0.537	n.s.
Changement manchons	Nb traites	7244 ^a	3681	7071 ^a	3654	8269 ^a	3289	0.465	n.s.
AGL (oct. 2023 - mars 2024)	mmol/10 kg	1.8 ^a	0.3	2.3 ^b	0.3	3.0 ^c	0.5	2.3 ⁻¹⁰	***

Test statistique ANOVA: n.s. pas significatif ($p > 0.1$), + $p < 0.1$ (tendance), * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2.4.3.4 Marque et âge du STA

L'étude comprend des STA de quatre marques différentes. Les deux marques principales (Lely et Delaval) ne se différencient pas par rapport aux groupes d'exploitations en fonction du degré de lipolyse, elles sont représentées dans les trois groupes. La durée de fonctionnement varie entre 4 mois et 15 ans. Il n'y a pas de corrélation entre l'âge des STA et le groupe de lipolyse. Des installations récentes (<2 ans) sont présentes dans les 3 groupes.

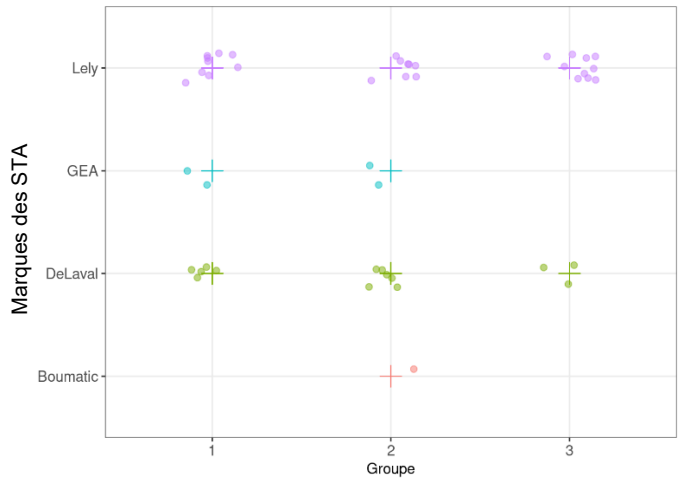


Figure 16: marque du STA selon le groupe lipolyse 1, 2 ou 3

2.4.3.5 Nombre de vaches et performances laitières

Les STA comptaient entre 20 et 67 vaches en lactation. Le nombre de vaches est légèrement plus élevée dans le groupe 1, qui comptait 4 exploitations avec plus de 60 vaches en lactation. Seul un exploitant possédait 2 STA. Dans le groupe 1, la moyenne des performances laitières était supérieure à 8000 l pour les 16 exploitations. Les quantités de lait moyennes produites par jour et par traite étaient également plus élevées dans le groupe 1. Toutefois, seule la seconde valeur est légèrement significative. Comme la plupart des troupeaux étaient composés de différentes races de vaches, ce critère n'a pas été pris en considération dans cette étude.

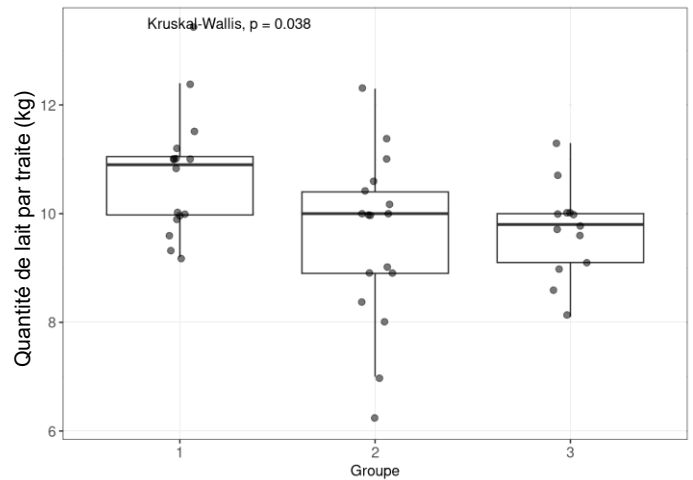


Figure 17: quantité de lait par traite selon le groupe lipolyse 1, 2 ou 3

2.4.3.6 Intervalle et nombre de traites par jour

Le réglage de l'intervalle de traite minimum variait entre 5h et 11h durant la phase de démarrage (100 premiers jours), puis entre 6h et 12h durant la phase de performance (dès le 101^e jour). Cependant, l'intervalle de traite minimum effectif se situait à 7,2 heures et la moyenne à 9,6 heures. Il y a de grandes variations entre les exploitations. Toutefois, les différences entre les 3 groupes ne sont pas significatives. Il convient de noter que dans le groupe 1, la moyenne des intervalles de traite se situe entre 8h30 et 11h, contrairement aux groupes 2 et 3, où les écarts sont beaucoup plus marqués.

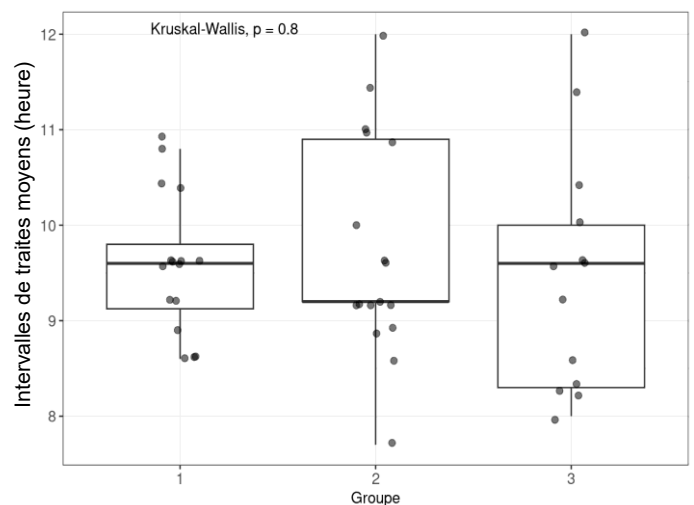


Figure 18: intervalle de traite moyen selon le groupe lipolyse 1, 2 ou 3

2.4.3.7 Manchons trayeurs

Bien que les trois quarts des exploitants du groupe 3 utilisent des manchons en silicone, la lipolyse n'est pas directement influencée par le matériau des manchons ni par le type de désinfection (aucun, acide peracétique ou vapeur). Le changement des manchons a lieu toutes les 2500 traites pour les manchons en caoutchouc et toutes les 10 000 traites pour ceux en silicone.

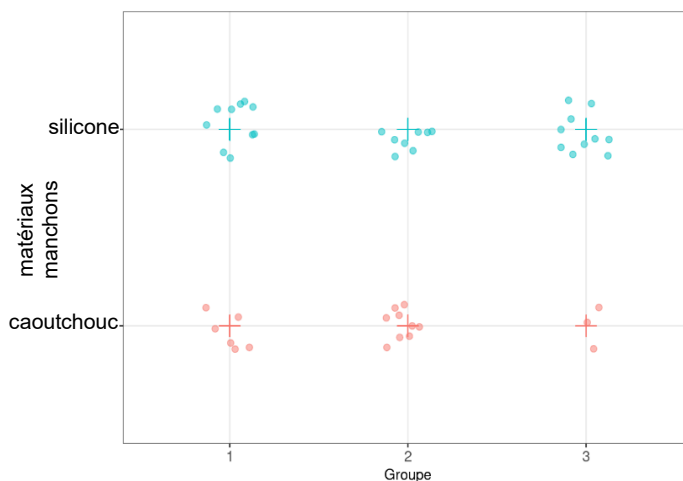


Figure 19: type de matériaux des manchons trayeurs selon le groupe lipolyse 1, 2 ou 3

2.4.3.8 Pompage du lait

Dans 60 % des installations, la conduite reliant le STA au tank est vidangée par pulsion d'air si le STA n'est pas utilisé pendant un certain temps. Le délai varie entre 15 et 50 minutes. Cette pratique apparaît dans les 3 groupes. La vidange de la conduite n'est pas le facteur unique définissant la lipolyse.

Au niveau du type de pompe, la majeure partie des STA équipés d'une pompe à membrane se trouve dans les groupes 2 et 3.

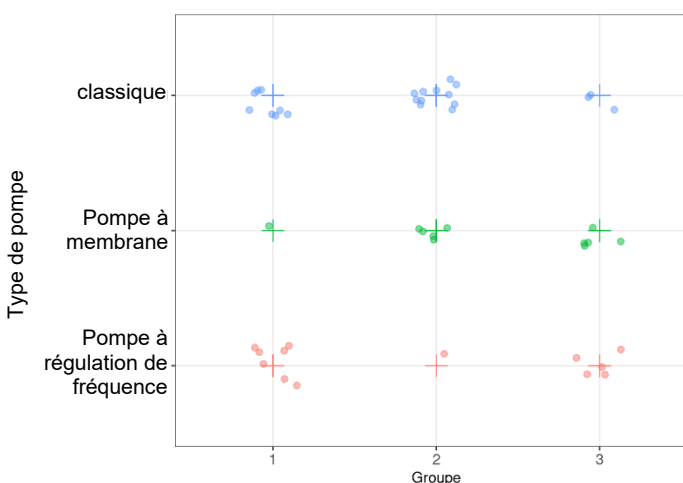


Figure 20: type de pompe à lait selon le groupe lipolyse 1, 2 ou 3

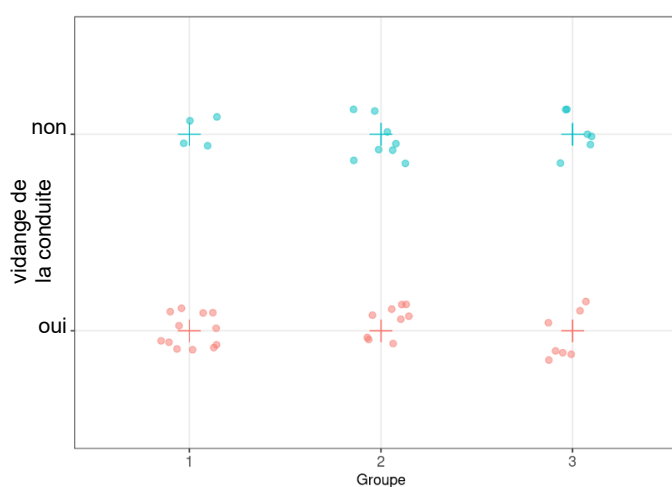


Figure 21: influence de la vidange de la conduite à lait avec de l'air selon le groupe lipolyse 1, 2 ou 3

2.4.3.9 Pré-refroidissement du lait

29 des 46 installations étaient équipées d'un pré-refroidisseur du lait. La plupart sont des systèmes tubulaires comme l'exemple de la figure 24. Le pré-refroidissement n'influence pas la lipolyse de manière significative. Une corrélation entre le pré-refroidissement et le nombre de germes n'a pas non plus pu être mise en évidence.



Figure 23: refroidisseur à plaques



Figure 24: refroidisseur tubulaire

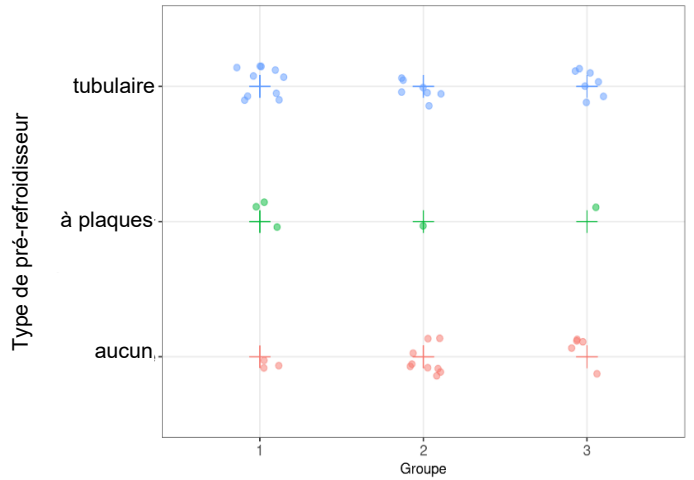


Figure 22: type de pré-refroidisseur selon le groupe lipolyse 1, 2 ou 3

2.4.3.10 Tank à lait

Le volume du tank à lait varie entre 30 et 120 l par vache en lactation avec une moyenne de 47 l. Bien que la distance entre le STA et le tank à lait doit être la plus courte possible, on n'a pas observé de différence significative entre les groupes «lipolyse» 1 et 3. La distance varie entre 5 et 35 m. La température du lait variait entre 4 et 10 °C et dépendait de l'heure de la mesure.

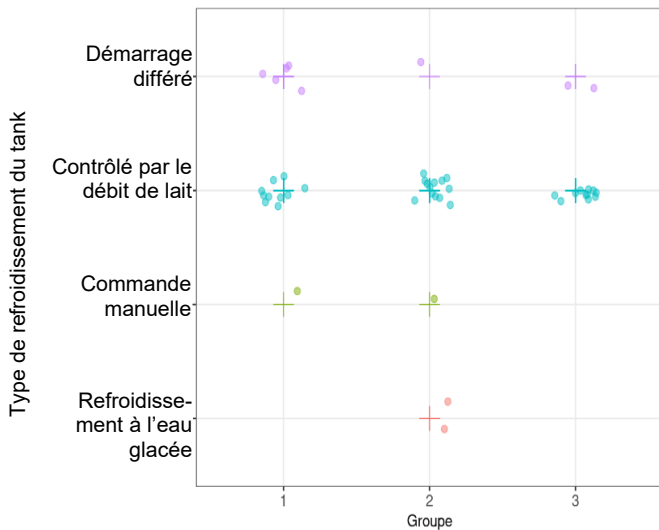


Figure 25: réglage du refroidissement selon le groupe lipolyse 1, 2 ou 3

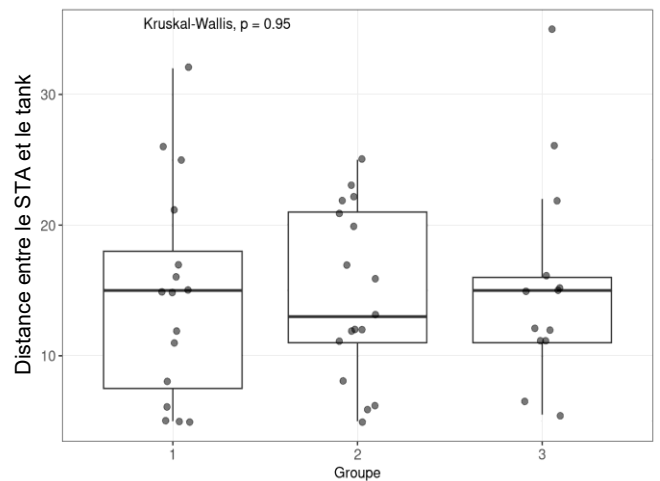


Figure 26: distance entre le STA et le tank à lait

2.4.4.1 Diversité bactérienne

Plus de 28 000 variantes de séquence d'amplicon (ASVs = amplicon sequence variant) ayant plus de 100 occurrences sur les 280 échantillons ont été générés. Environ 1200 espèces de bactéries ont été identifiées dans les 143 échantillons de lait issus de STA et 137 échantillons de lait issus de salle de traite. Pour chaque échantillon, l'indice de biodiversité de Shannon a été calculé. Cet indice varie en fonction du nombre d'espèces et de la proportion relative de ces différentes espèces. Selon le test statique Wilcoxon (p -value = 0.9306) il n'y a pas de différence significative entre la biodiversité bactérienne dans le groupe STA et salle de traite. Ce premier graphique (figure 27) ne montre pas le type d'espèce touché. Dans le graphique 28, les résultats de quantification d'une partie des gènes RNAr 16S par réaction de polymérisation en chaîne (PCR = polymérase chain reaction) ont été utilisés afin de comparer la quantité d'ADN bactérien composant les échantillons STA et salle de traite. L'analyse statistique a montré qu'il n'y avait aucune différence significative entre les deux groupes.

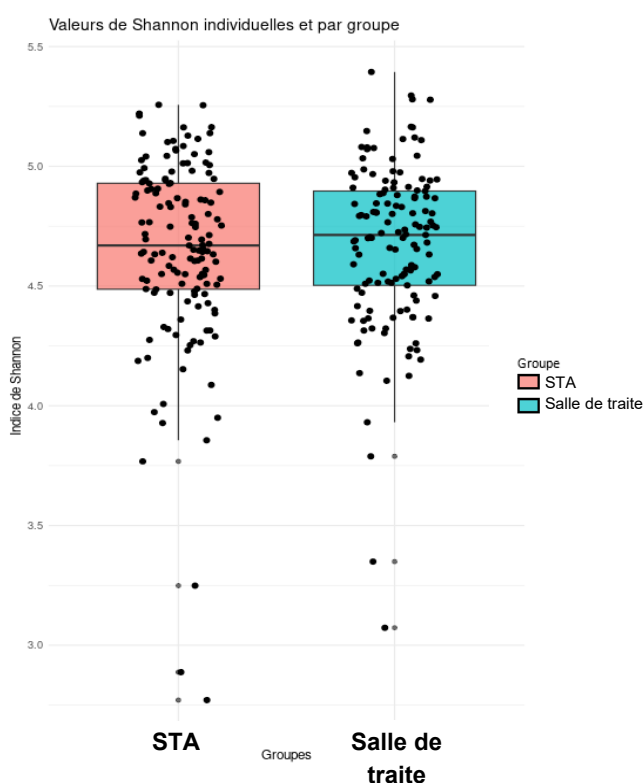


Figure 27: biodiversité du lait issu de STA et salle de traite selon les valeurs de Shannon (p -value = 0.9306 selon le test Wilcoxon, pas de différence significative)

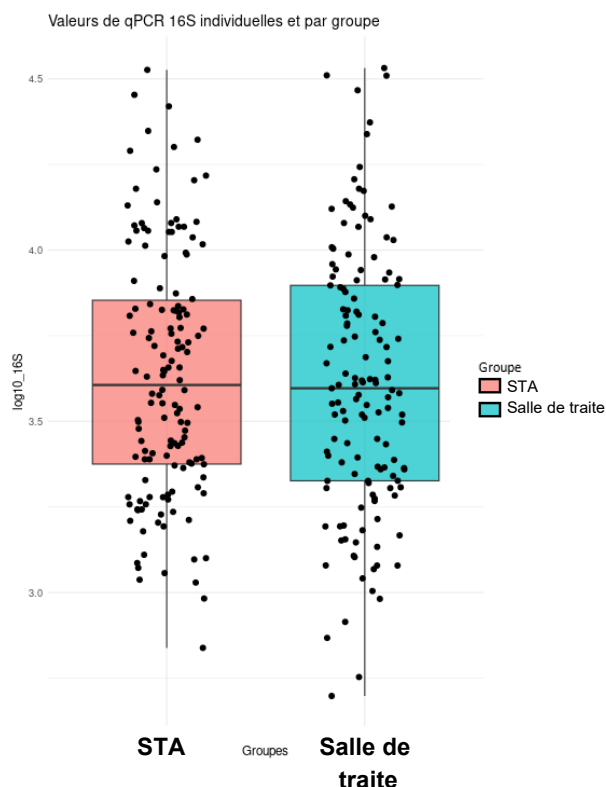


Figure 28: quantité d'ADN de bactéries détectée avec la méthode qPCR 16s dans les 280 échantillons de STA et salle de traite (p -value = 0.9353 selon le test Wilcoxon, pas de différence significative)

2.4.4.2 Abondance relative des bactéries dans le lait selon divers paramètres

Dans ce paragraphe, la biodiversité microbienne des souches typiques de la pâte et de la croûte du fromage ainsi que les souches traditionnelles provoquant des mammites ont été mises en évidence en fonction des différents paramètres de la traite. Les valeurs présentées dans les graphiques en colonne correspondent à la moyenne de l'abondance relative des espèces. Pour chaque paramètre, l'indice de Shannon a été utilisé afin de comparer la biodiversité entre le lait provenant de STA et celui issu de la salle de traite. L'analyse statistique a, dans ce cas, été réalisée à l'aide du test de Kruskal-Wallis.

Bactéries associées à la pâte du fromage

Certaines bactéries provenant de la flore du lait peuvent se retrouver dans la pâte du fromage et jouer un rôle lors de la fabrication et l'affinage. Dans cette étude, les genres de bactéries suivantes ont été mis en évidence: *Lactococcus*, *Acinetobacter*, *Streptococcus*, *Weissella*, *Lactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillales*, *Lactiplantibacillus*, *Pediococcus*, *Propionibacterium*, *Limosilactobacillus* (voir annexe 2). Ces bactéries, qui représentent en moyenne 2,1 % de la flore totale, ont été ressorties selon les différents paramètres de nettoyage et de désinfection du STA, ainsi que selon la propreté des trayons et des logettes.

Bactéries associées à la croûte du fromage

D'autres types de bactéries, provenant également de la flore du lait cru, peuvent se retrouver dans la morge du fromage et ainsi jouer un rôle lors de l'affinage. Ce sont par exemple: *Corynebacterium*, *Faklamia*, *Aerococcus*, *Brevibacterium*. La liste détaillée des genres se trouve dans l'annexe 3. Dans cette étude, cette sélection de bactéries représente 36,9 % de la flore totale. De la même manière que pour les bactéries de la pâte, les bactéries associées à la morge ont été mises en évidence selon différents critères. Les valeurs présentées dans les graphiques en colonne correspondent à la moyenne de l'abondance relative des espèces.

Agents pathogènes responsables des mammites

Les valeurs moyennes de l'abondance relative des bactéries suivantes sont indiquées:

➤ ***Staphylococcus aureus***

S. aureus fait partie des agents pathogènes associés aux mammites des vaches. Il se multiplie dans les mamelles infectées, mais aussi sur les plaies, la peau de la mamelle et des trayons ainsi que sur les muqueuses. La transmission se fait par le biais d'ustensiles de traite contaminés (ustensiles de préparation et de nettoyage des trayons, manchons) ou par les mains du trayeur. Le processus de traite joue donc un rôle important dans la transmission. Il est également important de désinfecter et de soigner efficacement les trayons après la traite afin d'éviter la contamination de la peau des trayons.

➤ ***Corynebacterium bovis***

C. bovis est une bactérie ubiquitaire qui colonise souvent le canal du trayon et peut, dans certains cas, provoquer une mammite.

➤ ***Streptococcus dysgalactiae* / *Streptococcus uberis***

Sc. dysgalactiae et *Sc. uberis* sont considérés comme des agents pathogènes responsables de mammites associés à l'environnement, bien que des souches associées aux vaches soient également présentes. Chez *Sc. dysgalactiae*, ces dernières sont jusqu'à présent plus fréquentes. La transmission se fait le plus souvent pendant l'intersaison par l'intermédiaire de l'environnement (surtout les logettes). Mais une transmission pendant le processus de traite est également possible via la peau des trayons et les ustensiles de traite contaminés.

2.4.4.3 Fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage ainsi que des agents pathogènes responsables des mammites en fonction du type de nettoyage des trayons

Les outils de préparation utilisés par le STA sont les brosses, les gobelets de préparation ou les gobelets trayeurs. Dans le groupe «gobelets trayeurs», l'ensemble du processus de traite (prétraite, nettoyage des trayons, traite et désinfection des trayons) se déroule dans le même gobelet. Il n'y a donc qu'un seul processus de pose des manchons trayeurs. Dans le groupe «gobelet de préparation», un gobelet séparé est utilisé pour les étapes de prétraite et de nettoyage, le nettoyage des trayons se fait avec un mélange d'air et d'eau. Dans le groupe «brosse», le nettoyage des trayons se fait avec des brosses rotatives, l'évacuation de la traite précédente se fait ensuite dans le gobelet trayeur. On ne sait pas comment se déroule la préparation dans le groupe «salle de traite». Il est recommandé de procéder à la pré-traite dans un gobelet trayeur, suivie d'un nettoyage manuel des trayons avec du matériel à usage unique. La méthode la plus courante est l'essuyage avec du papier jetable sec ou humide. Des produits de pré-trempe spécialement conçus à cet effet sont également utilisés.

Les fréquences des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage se situent au même niveau dans tous les groupes. Dans le nettoyage avec des brosses, on retrouve légèrement plus de bactéries présentes dans la pâte.

En ce qui concerne les agents pathogènes responsables des mammites, on remarque que les streptocoques sont rares dans le groupe «gobelets trayeurs», alors que *C. bovis* est plus souvent présent. *S. aureus* est le plus fréquent dans les groupes «gobelet de préparation» et «salle de traite». En général, la fréquence de détection d'agents pathogènes responsables de mammites était la plus élevée dans le groupe «salle de traite».

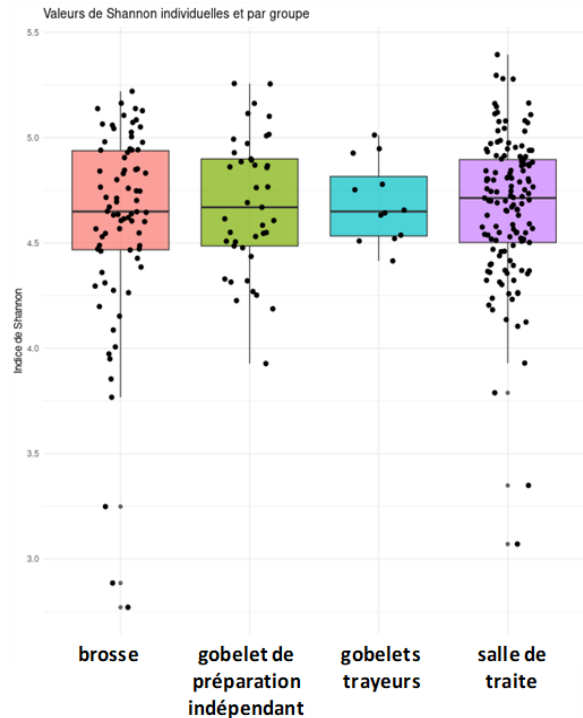


Figure 29: indice de Shannon montrant la biodiversité des bactéries du lait selon le mode de nettoyage des trayons (p-value = 0.97 selon test Kruskal-Wallis, pas de différence significative)

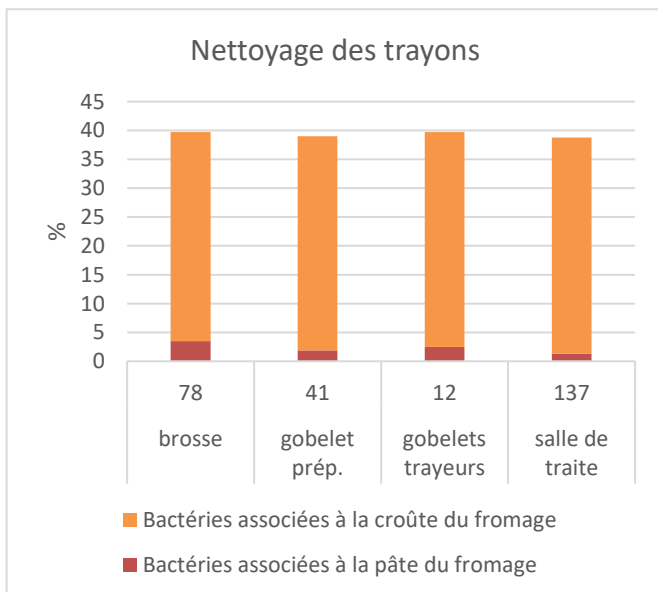


Figure 30: fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage en fonction du type de nettoyage des trayons

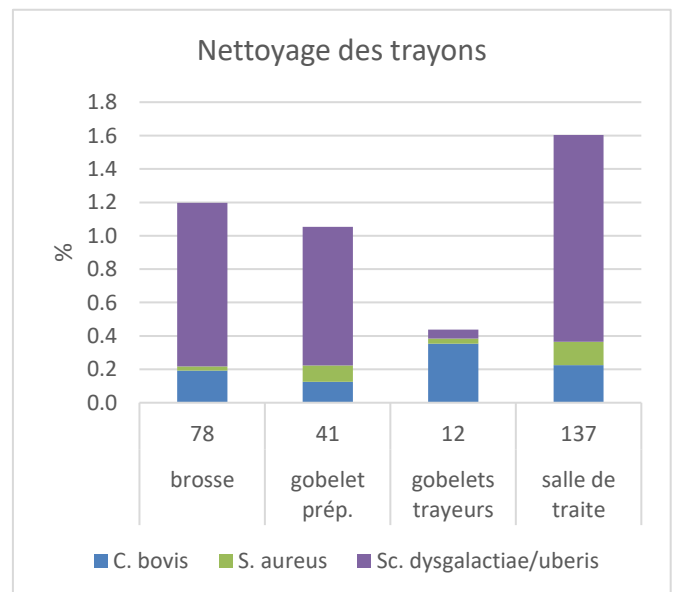


Figure 31: fréquence des agents pathogènes responsables des mammites en fonction du type de nettoyage des trayons

2.4.4.4 Fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage ainsi que des agents pathogènes responsables de mammites en fonction du type de désinfection des ustensiles de préparation

Pour tous les systèmes avec brosses, celles-ci sont désinfectées de manière intermédiaire avec de l'acide peracétique après chaque vache. Pour les gobelets de préparation ou de traite, on utilise de la vapeur d'eau, de l'acide peracétique ou uniquement de l'eau.

Aucune différence n'a été observée concernant les bactéries associées à la morge. En revanche, une désinfection à la vapeur freine le passage des bactéries potentielles dans la pâte.

En ce qui concerne les agents pathogènes responsables des mammites, le groupe «vapeur» obtient les meilleurs résultats, *S. aureus* y étant plus souvent présent que dans le groupe «acide peracétique». Ils sont le plus souvent détectés dans les salles de traite.

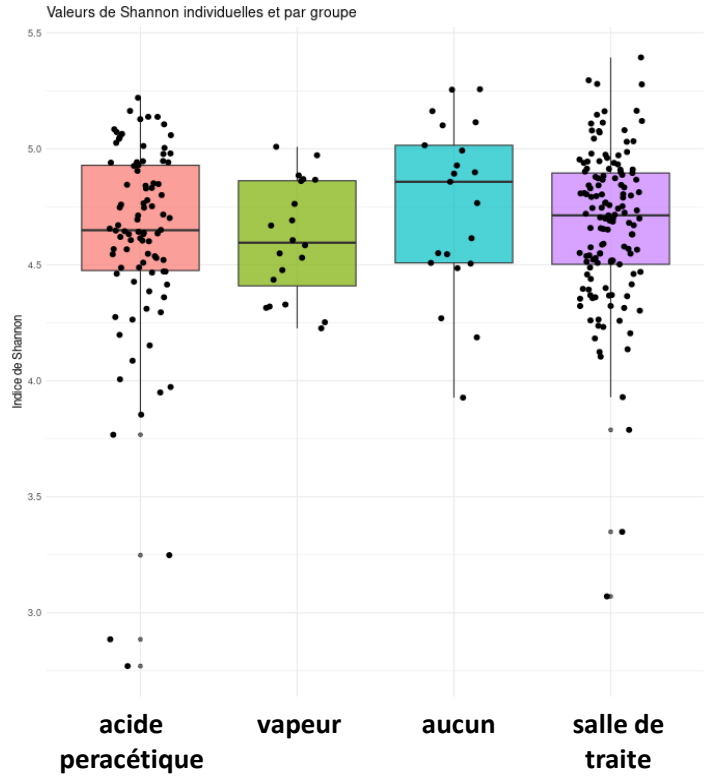


Figure 32: valeurs de Shannon montrant la biodiversité des bactéries du lait selon le mode de désinfection de l'équipement (p-value = 0.40 selon le test de Kruskal-Wallis, pas de différence)

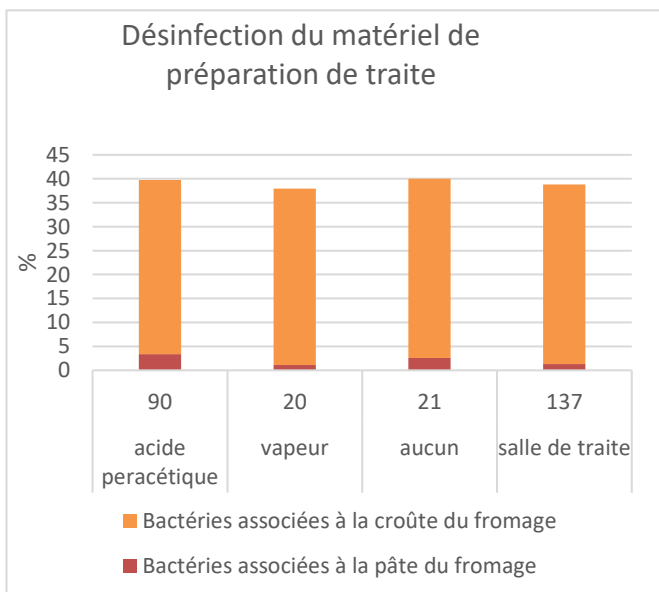


Figure 33: fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage en fonction du type de désinfection du matériel de préparation de traite

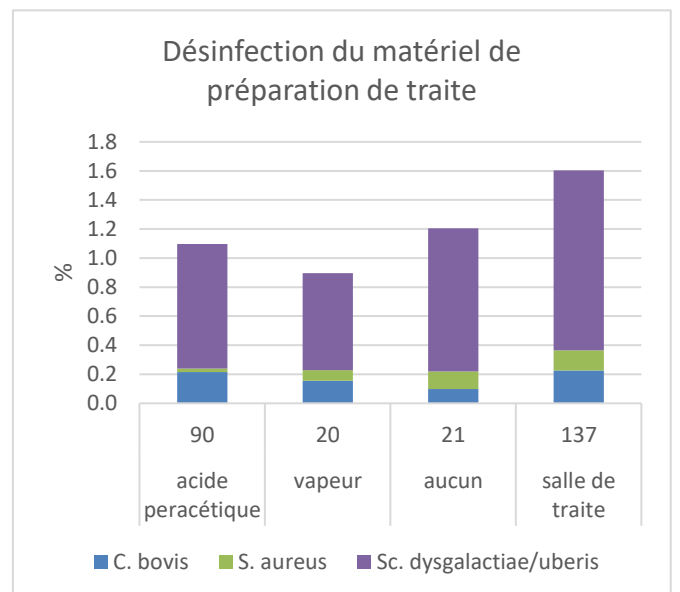


Figure 34: fréquence des agents pathogènes responsables de mammites en fonction du type de désinfection du matériel de préparation de traite

2.4.4.5 Fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage ainsi que des agents pathogènes responsables des mammites en fonction du type de désinfection intermédiaire des manchons trayeurs

Si le STA ne procède pas à la désinfection des manchons trayeurs après une traite, ceux-ci sont rincés à l'eau.

En ce qui concerne les salles de traite, on ne dispose pas d'indications par rapport à une éventuelle désinfection intermédiaire entre les traites. Toutefois, une désinfection intermédiaire manuelle avec de l'acide peracétique ou avec un système automatisé a peut-être lieu.

Si on compare les STA, on remarque que l'absence de désinfection des manchons trayeurs entre les traites a un effet positif sur la flore utile de la pâte du fromage. En effet, les résultats montrent que la désinfection engendre une diminution du nombre de bactéries lactiques pouvant se retrouver dans la pâte du fromage.

En ce qui concerne les agents pathogènes responsables des mammites, l'acide peracétique permet de réduire la contamination par les streptocoques. En revanche, son impact semble être moins efficace envers *C. bovis*. C'est lors de l'utilisation du type de désinfection à la «vapeur» que *S. aureus* a été détecté le moins souvent. De manière générale, la détection des agents pathogènes est plus fréquente dans les exploitations ne pratiquant qu'un rinçage à l'eau entre les traites, ainsi que dans les salles de traite.

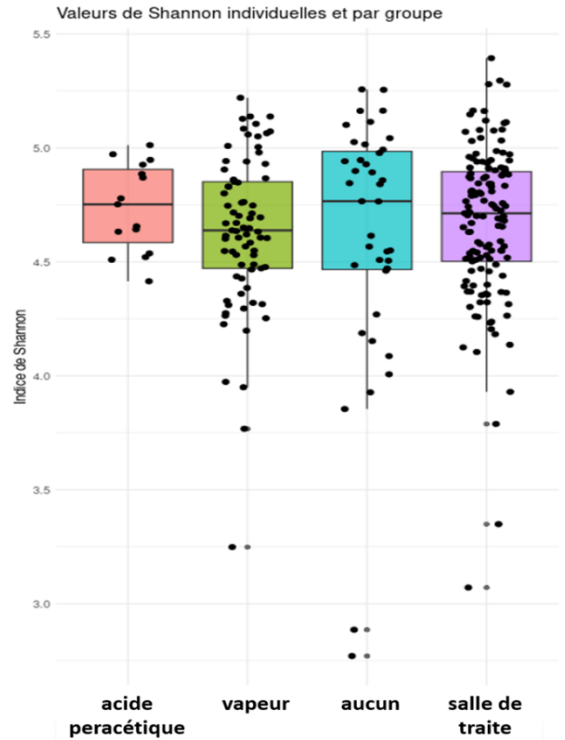


Figure 35: valeurs de Shannon montrant la biodiversité des bactéries du lait selon le mode de désinfection des manchons trayeurs entre les traites (p-value = 0.66 selon test Kruskal-Wallis, pas de différence significative)

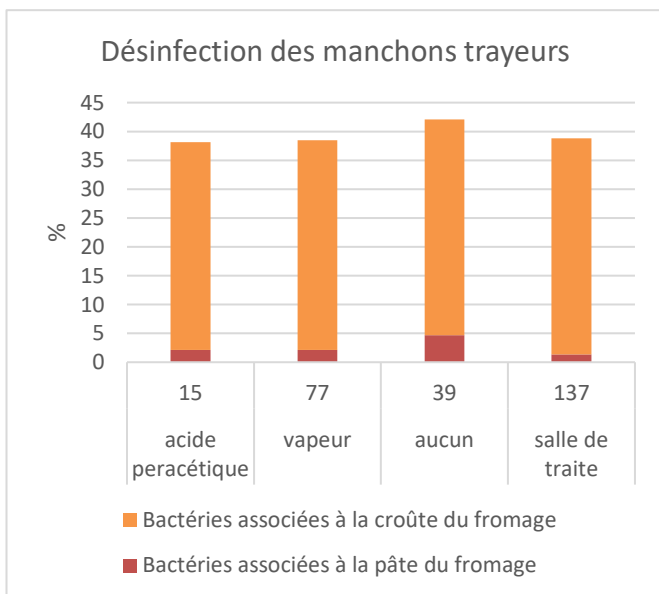


Figure 36: fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage en fonction de la désinfection intermédiaire des manchons trayeurs

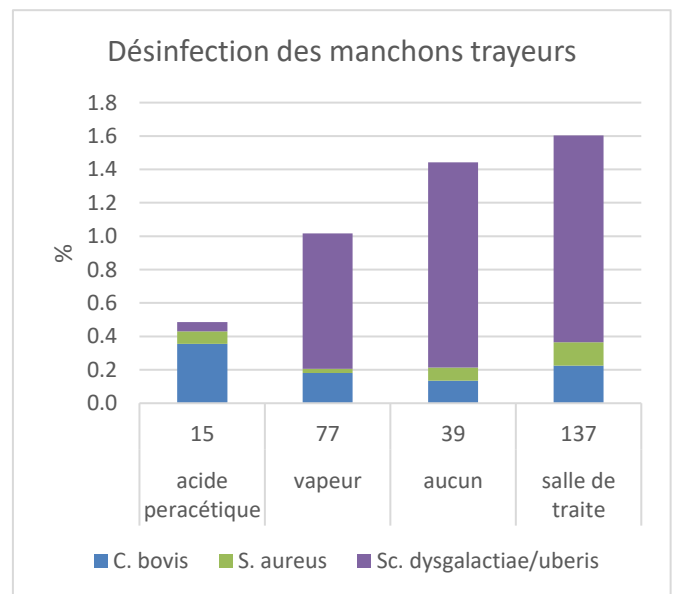


Figure 37: fréquence des agents pathogènes responsables de mammites en fonction de la désinfection intermédiaire des manchons trayeurs

2.4.4.6 Fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage et des agents pathogènes responsables des mammites en fonction de la substance active utilisée lors de la désinfection des trayons après la traite

C'est dans le groupe «acide lactique» que l'on retrouve le moins d'agents pathogènes responsables de mammites et c'est également dans ce groupe que les bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage sont les plus fréquentes. Cela met en évidence l'aspect positif de ce type de désinfectant. La situation est différente pour le groupe «chlore», surtout par rapport aux agents pathogènes, mais ce groupe ne comprend que six échantillons de lait de tank. *S. aureus* est le plus souvent présent dans le groupe «salle de traite», mais on ne dispose pas d'informations au sujet du produit utilisé pour la désinfection des trayons après la traite. Les produits à base d'iode, qui sont les produits le plus souvent utilisés, se situent dans la moyenne.

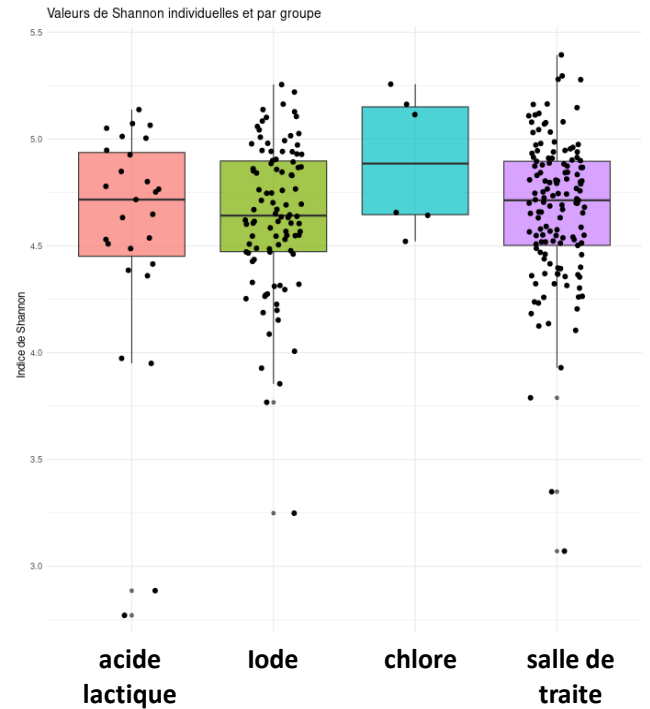


Figure 38: valeurs de Shannon montrant la biodiversité des bactéries du lait selon le mode de désinfection post-traite (p-value = 0.43 selon test Kruskal-Wallis, pas de différence significative)

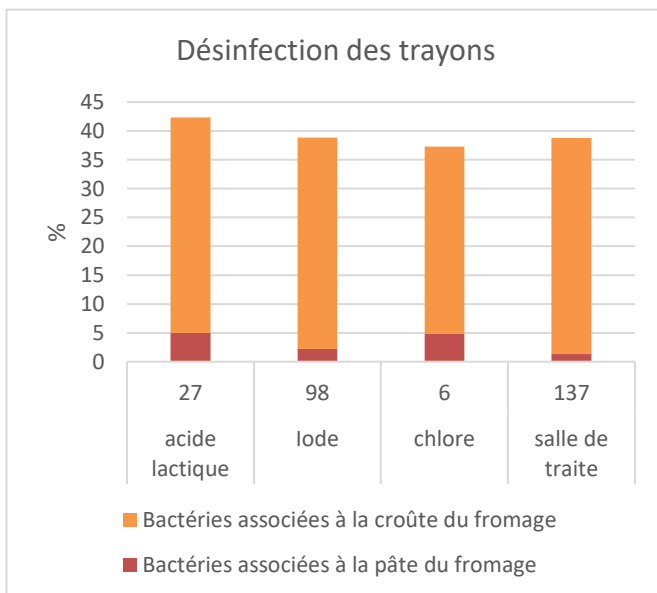


Figure 39: fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage en fonction de la substance active utilisée pour la désinfection des trayons après la traite.

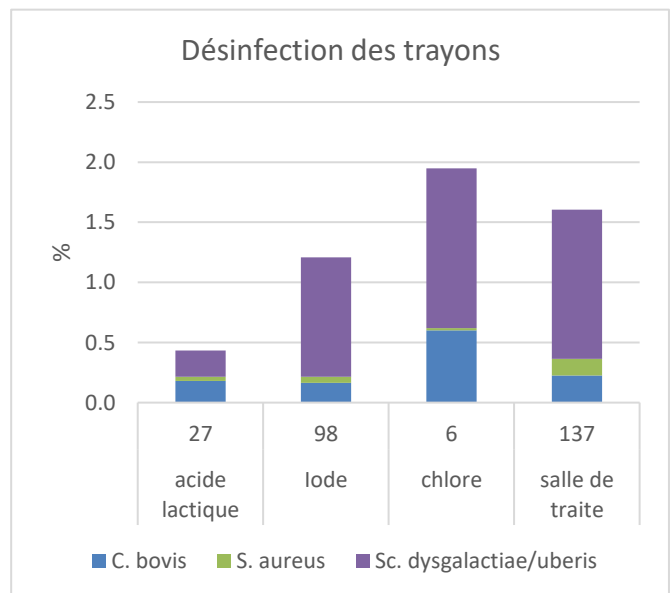


Figure 40: fréquence des agents pathogènes potentiels des mammites en fonction de la substance active utilisée lors de la désinfection des trayons après la traite.

2.4.4.7 Fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage ainsi que des agents pathogènes responsables de mammites en fonction de la propreté des mamelles

Les catégories 1 à 3 ont été définies comme suit (voir chapitre 2.3.6) pour le degré de souillure de la mamelle:

Catégorie 1:

La somme des notes 3 et 4 se situe au-dessous de 5 %.

Catégorie 2:

La somme des notes 3 et 4 est comprise entre 5 et 30 %.

Catégorie 3:

La somme des notes 3 et 4 dépasse 30 %.

Aucune donnée n'est disponible pour les exploitations avec salle de traite.

Aucune différence entre les catégories ne peut être constatée pour les bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage. Il en va de même pour les agents pathogènes responsables des mammites dans les exploitations avec STA. La fréquence de détection des streptocoques est plus élevée dans les salles de traite.

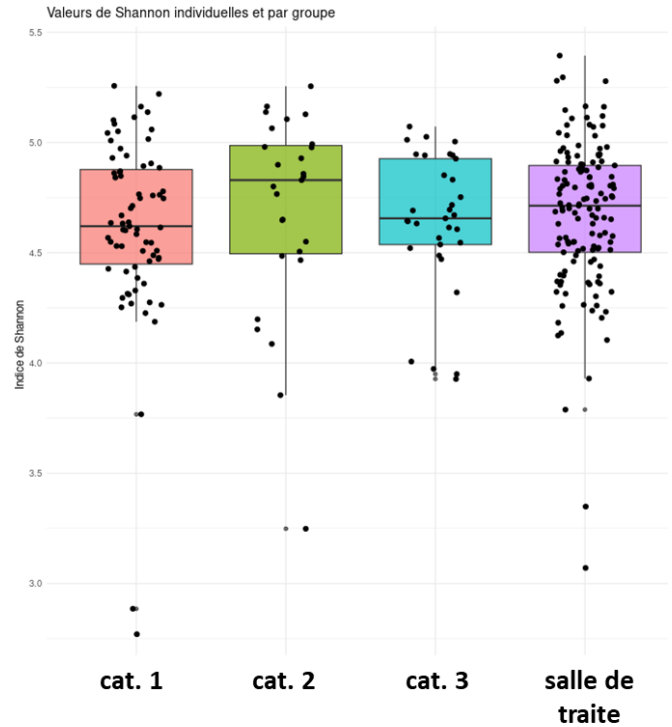


Figure 41: valeurs de Shannon montrant la biodiversité des bactéries du lait selon la propreté des trayons (p -value = 0.56 selon test Kruskal-Wallis, pas de différence significative)

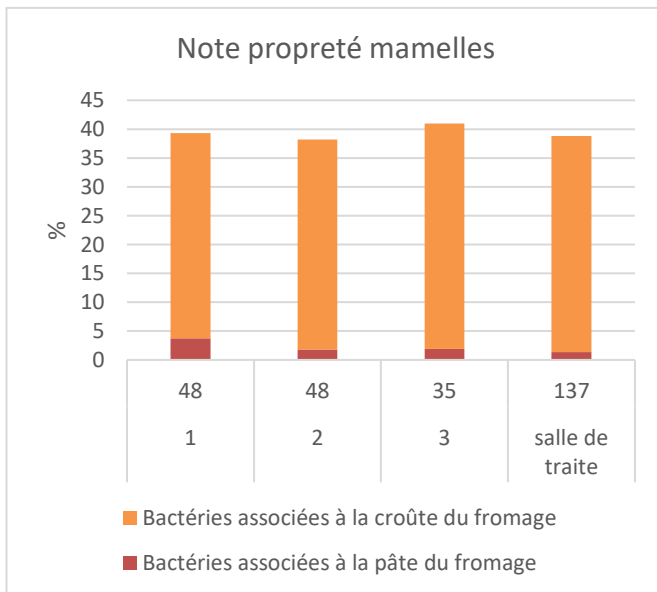


Figure 42: fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage en fonction de la propreté de la mamelle.

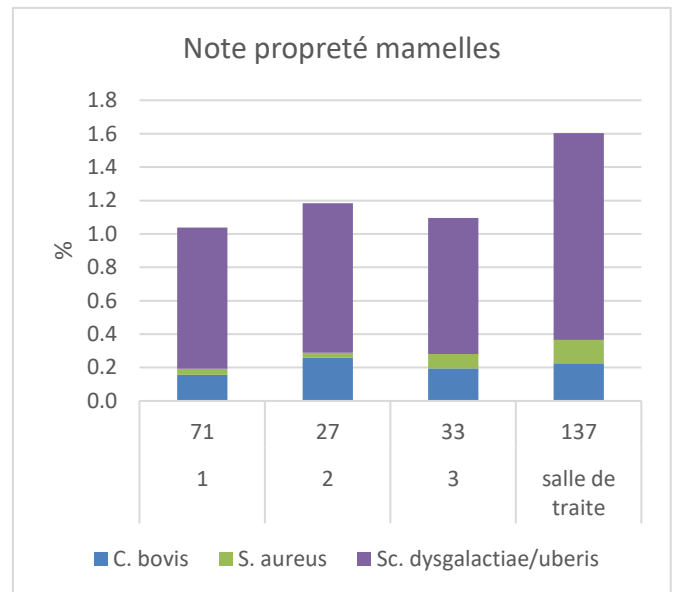


Figure 43: fréquence des agents pathogènes potentiels responsables des mammites en fonction de la propreté de la mamelle.

2.4.4.8 Fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage ainsi que des agents pathogènes responsables de mammites en fonction de la propreté des logettes

Les catégories 1 à 3 ont été définies comme suit (voir chapitre 2.3.6):

- **Catégorie 1:**
Le degré de souillure des logettes au milieu et sous les arceaux est inférieur à 5 %.
- **Catégorie 2:**
Le degré de souillure des logettes au milieu et sous les arceaux est compris entre 5 % et 30 %.
- **Catégorie 3:**
Le degré de souillure des logettes au milieu et sous les arceaux dépasse les 30 %.

Aucune donnée n'est disponible pour les exploitations avec salle de traite.

Dans les logettes les plus «souillées» (catégorie 3), il semble y avoir plus de bactéries associées à la morge et moins à la pâte.

Pour les agents pathogènes responsables de mammites, la fréquence augmente avec la proportion de logettes souillées. La fréquence de détection des streptocoques est plus élevée dans les salles de traite.

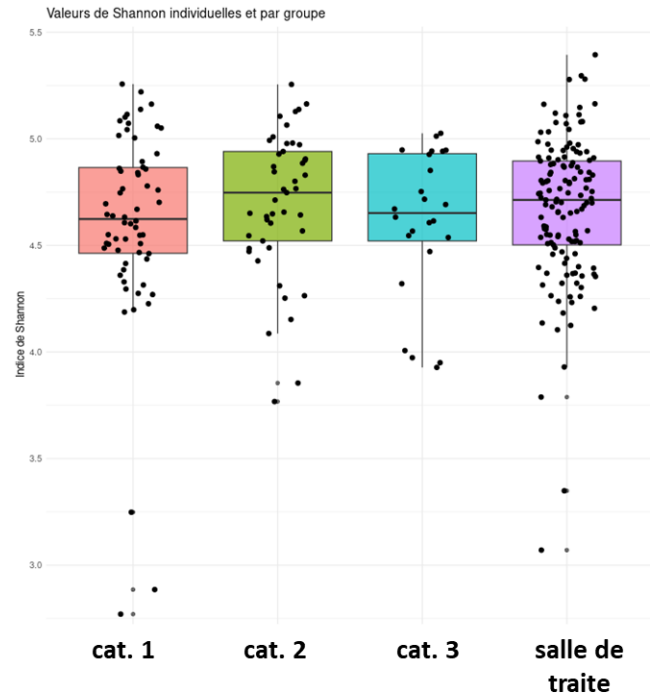


Figure 44: valeurs de Shannon montrant la biodiversité des bactéries du lait selon la propreté des logettes (p-value = 0.68 selon le test de Kruskal-Wallis, pas de différence significative).

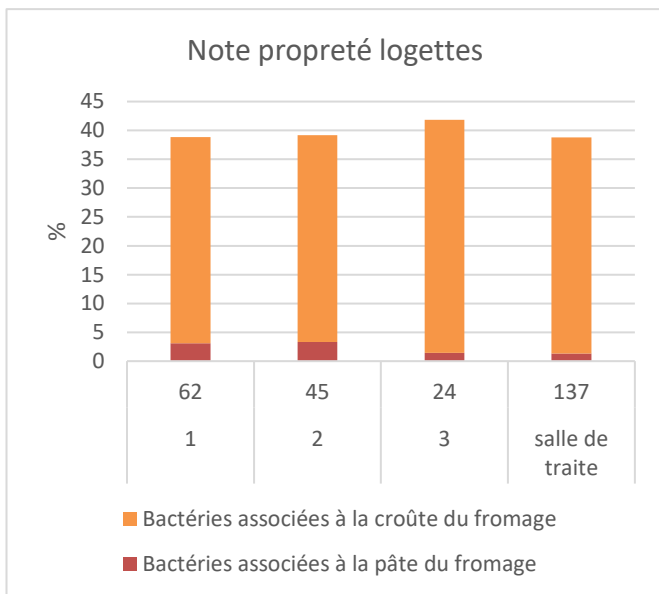


Figure 45: fréquence des bactéries associées à la croûte et à la pâte du fromage en fonction de la propreté des logettes.

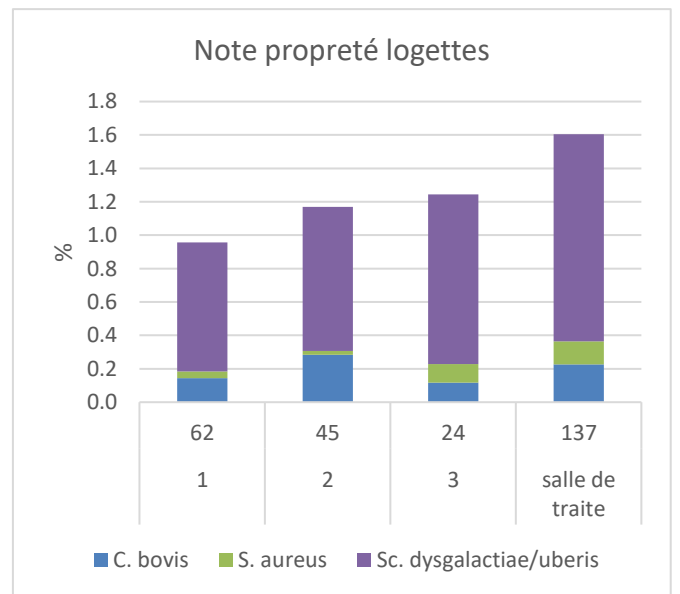


Figure 46: fréquence des agents pathogènes potentiels responsable de mammites en fonction de la propreté des logettes.

2.5 Conclusions

Élevage et gestion de l'exploitation

Lors de la collecte des données dans les exploitations, l'accent a été mis d'une part sur les critères qui permettent d'avoir une vue d'ensemble des structures et de la gestion des exploitations, et d'autre part sur ceux qui peuvent influencer la qualité du lait de fromagerie.

Les structures d'exploitation reflètent l'étendue des possibilités d'utilisation des STA. Le plus petit troupeau compte 22 vaches, la production laitière n'étant pas la branche principale de l'exploitation. Mais grâce à cette technique de traite, le travail à fournir peut être géré comme une exploitation familiale. Dans d'autres cas, la capacité du STA est pleinement exploitée. Il se confirme en outre que le STA et le pâturage ne s'excluent pas mutuellement à condition qu'il y ait suffisamment de pâturages à proximité de l'étable. Dans environ 90 % des cas, les vaches ont accès au pâturage, dont deux qui appliquent systématiquement le système de pâturage intégral. Dans environ un tiers des cas, l'accès au pâturage est contrôlé par une porte de sélection, dans les autres cas, il a lieu pendant des heures où le STA est bloqué.

Cette enquête met en évidence la tendance générale vers la libre circulation pour les animaux. Dans seulement deux des 46 exploitations visitées, les aires d'alimentation, de traite et de repos sont séparées par des portes de sélection. La libre circulation ne signifie cependant pas que les vaches sont autorisées à être traitées à chaque fois qu'elles se rendent au STA. L'autorisation de traite est réglée par un temps de traite intermédiaire minimal, généralement combiné à une quantité de lait minimale par traite. Si une vache ne remplit pas ces conditions, elle est refoulée par le système et n'est pas traitée. Une traite trop fréquente diminue la capacité du STA et nuit à la qualité du lait (augmentation de la lipolyse) ainsi qu'à la santé de la mamelle (augmentation de la charge mécanique sur la peau des trayons).

La grande dispersion du degré de souillure des logettes est frappante. Il faut souligner que le relevé de ces données n'a pas été effectué dans des conditions définies de manière uniforme et que les résultats dépendent fortement du moment du dernier nettoyage. Ce point de vue n'est pas non plus lié à l'utilisation d'un STA. Il ressort des conseils donnés que les déjections dans les logettes sont liées à la position couchée des vaches et à un mouvement de lever non perturbé. Ces facteurs sont notamment influencés par l'espace disponible au niveau de la tête, la position de la sangle ou barre de nuque ou la forme des arceaux des logettes. Alors que cette étude n'a pas permis de mettre en évidence un lien entre le degré de souillure des mamelles et la fréquence des agents pathogènes potentiels responsables de mammites dans le lait de tank, celle-ci a augmenté avec le degré de souillure des logettes.

Passage au STA

Après le passage au STA, la taille du troupeau a augmenté environ de 40 % en moyenne, la production laitière a augmenté de 5 % selon les indications des exploitants. La tendance est à l'utilisation d'un peu plus de concentrés et à la diminution de l'affouragement.

L'évaluation du contrôle laitier de droit public de 50 exploitations avec STA a montré que la teneur en acides gras libres (AGL), le nombre de cellules et le nombre de germes étaient plus élevés pour les STA installés avant 2017 que pour ceux mis en service entre 2017 et 2024. Cela indique une amélioration de la technique et la mise en œuvre de valeurs empiriques. Dans le second groupe, le nombre de cellules et le nombre de germes sont restés constants après le passage au STA, alors que le point de congélation et la teneur en AGL ont légèrement augmenté. Les résultats se rapportent au lait de livraison, ce dont il faut tenir compte en particulier pour le nombre de cellules. De nombreux responsables d'exploitations ont indiqué que la santé de la mamelle s'était améliorée à moyen et à long terme. En principe, ce système permet aussi, selon l'équipement, une surveillance plus précise et plus régulière de la santé de la mamelle.

Qualité du lait

En ce qui concerne les facteurs du STA susceptibles d'influencer la qualité du lait de fromagerie, de nombreuses expériences ont été enregistrées ces dernières années. Celles-ci ont été prises en compte dans les recommandations sur la manière d'équiper, de régler, de nettoyer et d'entretenir un STA. Il est ainsi recommandé de réduire au maximum la distance entre le STA et le tank à lait et de ne pas prévoir une hauteur inutile de cette conduite. En outre, un pré-refroidisseur installé à proximité du STA ou une vidange périodique de la conduite à lait se sont avérés bénéfiques si la distance entre le STA et le tank à lait n'est pas optimale. Les types de pompes à lait et de pré-refroidisseurs doivent engendrer le moins de contraintes mécaniques possibles sur le lait. Un refroidissement par flux de lait ou par eau glacée empêche la congélation temporaire indésirable du lait. La désinfection intermédiaire des ustensiles de préparation et des manchons trayeurs est également recommandée, tout comme la surveillance la plus précise possible de la santé de la mamelle. Le STA doit être entièrement nettoyé trois fois par jour, avec une concentration de détergent plus élevée que pour les systèmes de traite conventionnels.

Ces recommandations concernant l'installation et l'équipement sont en grande majorité appliquées dans les exploitations visitées. De nombreux processus sont standardisés et surveillés en permanence par le système ou par le responsable d'exploitation. Cela peut expliquer pourquoi aucun de ces facteurs mentionnés ci-dessus n'a d'influence significative sur une caractéristique de qualité donnée lors de l'analyse statistique. Les résultats confirment l'expérience selon laquelle plusieurs facteurs peuvent être responsables d'un problème donné. La mise en œuvre de toutes les recommandations mentionnées reste donc importante pour la production d'un lait de fromagerie de qualité irréprochable. L'étude n'a pas porté sur la compatibilité des STA utilisés en continu avec les exigences des cahiers des charges de certaines dénominations enregistrées en tant qu'AOP comme la limitation du nombre de traites à deux par jour; la livraison du lait directement après la traite; le stockage du lait dans des cuves en cuivre et/ou à des températures supérieures à 8 °C. Ces critères sont définis individuellement par chaque filière afin de garantir la typicité des produits.

Lipolyse

La teneur en acides gras libres AGL est l'un des sujets les plus discutés en rapport avec la qualité du lait des exploitations avec STA. C'est pourquoi une attention particulière a été accordée à cet aspect. Par rapport au groupe de contrôle, composé d'un nombre identique d'exploitations avec salle de traite, les STA présentaient des valeurs significativement plus élevées. Il existe toutefois des exploitations avec STA qui obtiennent de très bons résultats. Afin de déterminer les facteurs d'influence, les exploitations avec STA ont été réparties en trois groupes (valeurs AGL faibles, moyennes et élevées). Aucune différence significative n'a été constatée au niveau des attitudes et des données mesurées concernant les temps de traite intermédiaires. Les composants typiques de la marque ou les paramètres d'installation spécifiques à l'exploitation n'ont pas non plus montré de lien. Les groupes étaient significativement différents en ce qui concerne le nombre de vaches, le nombre de vaches en lactation et la quantité de lait par traite, les troupeaux plus grands et ceux avec une quantité de lait plus élevée par traite ayant obtenu de meilleurs résultats. A première vue, on pourrait penser que cela est dû à une durée moyenne plus longue entre les traites, mais ce n'est pas le cas. Les trois groupes ne se distinguent pas sur ce point.

Les résultats confirment que la traite double est avantageuse en termes de lipolyse par rapport aux STA. La durée de traite intermédiaire idéale pour les STA est diversement discutée dans la pratique. Pour les producteurs de lait de fromagerie, un intervalle de traite minimal de huit heures est exigé. D'après de nombreux producteurs laitiers et fournisseurs d'équipements de traite, les vaches en phase de démarrage ou à haut rendement se dirigent vers le système de traite automatisé (STA) plus rapidement qu'au bout de huit heures. Les animaux trouveraient leur rythme de traite plus difficile si cette restriction était appliquée. C'est pourquoi on prône souvent la combinaison d'une quantité minimale de traite et de l'intervalle entre les traites. La quantité optimale par traite figure dans une fourchette allant de 10 à 13 kg. Concrètement, cela peut signifier par exemple que le temps de traite intermédiaire doit être d'au moins six heures, à condition que chaque traite représente au moins 11 kg. Si cette quantité est inférieure, le temps de traite intermédiaire est prolongé. L'argument est qu'une telle procédure n'a pas d'effet négatif sur la teneur en AGL. Les résultats de cette étude soutiennent cette hypothèse, les groupes ayant des niveaux de lipolyse différents ne se distinguent pas au niveau de l'intervalle de traite, mais au niveau de la quantité de traite. Cette situation devrait toutefois être analysée plus en détail dans le cadre d'autres études.

On sait que les vaches présentent de grandes différences individuelles en ce qui concerne la lipolyse spontanée. Cela pourrait être l'une des raisons pour lesquelles des exploitations ayant des composants, des installations et des réglages similaires présentent des comportements de lipolyse très différents. On suppose qu'il y a une composante génétique. Selon les études de Vanbergue et al. (2017), les génotypes du gène DGAT1 ont une influence. On peut également imaginer un lien avec le rapport génétique entre la graisse et les protéines du lait (quotient graisse/protéines).

Une autre raison pourrait être la différence de charge mécanique du lait due à des facteurs qui n'étaient pas disponibles pour cette étude. Le rôle des entrées d'air ou des fuites devrait être complété par des mesures dans les travaux futurs.

Biodiversité

L'indice de diversité de Shannon qui fournit une indication sur la diversité microbienne n'a montré aucune différence significative entre les STA et les salles de traite. La constatation a été identique par rapport à la quantité de bactéries mesurée via l'ARN ribosomal par qPCR. L'abondance relative des bactéries typiques de la pâte et de la croûte du fromage varient peu selon le type d'installation de traite, les paramètres de nettoyage et la désinfection des trayons ou l'état des logettes ou des trayons. Cependant, il est possible de relever quelques indications intéressantes. Une désinfection post-traite des trayons à l'acide lactique favorise naturellement le développement d'une flore susceptible de se retrouver dans la pâte du fromage. Inversement, cette flore est potentiellement réduite par une désinfection systématique des manchons trayeurs entre deux traites.

Agents pathogènes responsables de mammites

Le fait que les trayons soient nettoyés avec des brosses ou avec un gobelet de préparation n'a pas eu d'influence significative. Le nombre de streptocoques trouvés dans le système où les trayons sont nettoyés dans le gobelet trayeur était particulièrement faible. La fréquence de détection était plus élevée dans les exploitations avec salle de traite que dans les exploitations avec STA. La désinfection intermédiaire des manchons avec de l'acide peracétique semble être la plus efficace contre les streptocoques, cette substance active étant le plus souvent utilisée dans le système où le même gobelet trayeur est utilisé pour tout le processus de traite. C'est lors de la désinfection intermédiaire à la vapeur que *S. aureus* a été le moins détecté. Si les manchons sont rincés uniquement avec de l'eau, les valeurs sont plus élevées. Elles sont les plus élevées dans les exploitations avec salle de traite.

La désinfection des trayons après la traite avec des produits contenant de l'acide lactique donne de meilleurs résultats que celles contenant de l'iode ou du chlore. Un aspect important est le soin de la peau. Dans la pratique, on attribue aux produits contenant de l'acide lactique des propriétés positives à cet égard.

En résumé, les STA donnent de meilleurs résultats que les salles de traite en ce qui concerne la fréquence de détection des agents pathogènes potentiellement responsables de mammites, avec un effet positif de la désinfection intermédiaire des ustensiles de préparation et des manchons trayeurs. Avec les STA, ces étapes de travail peuvent être automatisées sans problème, ce qui est un avantage par rapport aux systèmes de traite conventionnels. Ce qui est décisif, c'est que le bon fonctionnement de ces paramètres soit surveillé en permanence. La combinaison de la désinfection intermédiaire et de l'utilisation de préparations contenant de l'acide lactique pour la désinfection et le soin des trayons semble faire ses preuves.

3 Aspects sociaux

3.1 Objectif de l'enquête

Les systèmes de traite automatisée dans l'élevage laitier sont présents dans l'agriculture suisse depuis quelques années et sont de plus en plus demandés et adaptés par les exploitations laitières. Les agriculteurs y sont confrontés et ils doivent y faire face. On sait encore peu de choses sur la manière dont les agriculteurs optent pour cette technologie (Hansen, B. G. (2015)). Pour le contexte suisse, on a étudié quelques facteurs qui ont une influence sur l'adaptation à la technologie dans l'élevage (Groher, T., Heitkämper, K., & Umstätter, C. (2020)). Dans cette étude, nous nous sommes penchés sur la question consistant à savoir quels facteurs jouent un rôle dans la décision des exploitants d'opter pour un système de traite automatique, en mettant l'accent sur les facteurs sociaux et psychologiques. En outre, nous nous sommes penchés sur la question de savoir quels facteurs sont importants pour la décision d'utiliser ou non un STA dans la production de lait pour les fromages AOP.

3.2 Marche à suivre

Cette partie de l'étude est basée sur l'approche de recherche en sciences sociales Mixed-Methods (Creswell, J. W. (1999)). Sur la base d'entretiens de groupe et de l'étude de la littérature, un questionnaire détaillé a été élaboré afin d'évaluer les facteurs déterminants pour l'utilisation des STA. Cette partie quantitative de l'étude a été complétée par deux entretiens approfondis afin de mieux comprendre le choix de l'utilisation des STA pour la production de lait pour les fromages AOP.

3.2.1 Etude quantitative

L'étude a été enregistrée auprès de la Commission d'éthique de l'EPFZ, Suisse, EK 2021-N-17. L'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) a sélectionné un échantillon aléatoire de 3000 exploitations. Il gère une base de données de tous les ménages agricoles qui reçoivent des paiements directs (98 % de toutes les exploitations suisses). L'enquête écrite a été réalisée en avril et mai 2021. Nous avons invité tous les agriculteurs à participer à une enquête en ligne. Deux semaines plus tard, nous avons envoyé le questionnaire (sur papier) par la poste aux non-participants. Cette approche s'est avérée très efficace pour obtenir des taux de réponse élevés (Reissig et al., 2015). Kongsved et al. (2007) ont en outre recommandé cette procédure afin d'éviter un biais de sélection. L'outil www.unipark.com a été utilisé pour l'enquête en ligne. La procédure en deux étapes a nécessité un codage personnel des questionnaires et l'anonymisation des données. Les personnes interrogées ont eu besoin de 50 minutes en moyenne pour remplir le questionnaire. Pendant l'étude, les responsables d'exploitation ont dû remplir un questionnaire avec des questions fermées. Le questionnaire était composé de différentes parties: (a) des questions sur l'utilisation des technologies numériques, (b) des questions sur les variables de l'exploitation et du ménage, (c) des questions générales sur la personne, (d) des questions sur l'évaluation des avantages et des risques des nouvelles technologies numériques, (e) des questions sur le traitement des données et (f) des questions sur les facteurs d'influence sociaux. L'enquête a été menée dans deux des trois régions linguistiques de Suisse (allemand et français). Le questionnaire a été traduit par un service de traduction professionnel et testé au préalable par huit agriculteurs. Les questionnaires papier ont été saisis manuellement et fusionnés avec l'ensemble des données en ligne. La plausibilité de l'ensemble des données a été vérifiée manuellement. Le taux de réponse a été de 31,3 % (939 questionnaires exploitables) provenant de 12 types d'exploitations selon la typologie des exploitations DC 2015 du dépouillement centralisé des données comptables (Hoop & Schmid, 2020). 629 exploitations seraient potentiellement aptes à acquérir un STA de par leur type d'exploitation (211, 212, 230, 510, 530, 541, 542) et ont donc été incluses dans l'évaluation des raisons déterminant l'utilisation d'un STA.

Comme notre étude se concentre sur les décisions du responsable d'exploitation et que la proportion de femmes responsables d'exploitations en Suisse est de 6 % (Office fédéral de l'agriculture (OFAG), 2021), nous n'avons pas pu examiner le sexe comme facteur d'influence sur l'acceptation de la nouvelle agriculture numérique dans cette étude en raison du manque de variance.

Pour mesurer l'état d'avancement de la numérisation de l'exploitation, nous avons appliqué un modèle de phase d'introduction de la technologie, déjà mis à disposition par (Albrecht, 1969). Nous avons appliqué ce modèle au contexte agricole.

Tableau 10: phases de l'introduction de l'agriculture numérique et explication de la manière dont elles ont été appliquées dans l'enquête.

Phase inconnue	Le terme système de traite automatique ne me dit rien.
Phase de perception	J'ai déjà entendu parler de l'existence du système de traite automatisée dans l'agriculture. Mais je ne connais pas encore les détails et je n'ai pas envie d'en savoir plus.
Phase d'intérêt	J'ai entendu parler de l'existence du système de traite automatisée dans l'agriculture et je suis déjà en train de me renseigner.
Phase d'évaluation	Je suis déjà familiarisé(e) avec le système de traite automatisée et j'ai évalué ses avantages et ses inconvénients pour moi-même et je me suis décidé(e) pour ou contre l'utilisation de cette technologie.
Phase de test	J'utilise un système de traite automatique dans une mesure limitée et je recherche des informations supplémentaires à ce sujet.
Phase d'introduction	J'utilise régulièrement un système de traite automatique.

3.2.2 Etude qualitative

Sur la base de l'étude quantitative, de la littérature et des experts du projet, un guide d'entretien a été élaboré et deux entretiens approfondis ont été réalisés en février et avril 2024 afin d'analyser les avantages et les obstacles du STA dans la production de fromages AOP d'un point de vue social et psychologique. Un des deux agriculteurs utilisait un STA et l'autre pas. Les interviews ont été transcrites et analysées à l'aide de l'analyse de contenu selon Mayring.

3.3 Résultats

3.3.1 Résultats quantitatifs: niveau d'utilisation du STA

Une régression réalisée sur la variable dépendante «niveau d'utilisation du STA» a montré que les facteurs suivants avaient une influence sur l'utilisation du STA: une formation supérieure, le nombre d'unités de main-d'œuvre standard (UMOS) et la présence de compétences numériques. D'autres facteurs d'influence attendus n'étaient pas significatifs et ne présentaient donc pas de lien avec le niveau d'adaptation du STA, comme le revenu.

Tableau 11: résultats d'un calcul de régression avec la variable dépendante sur le niveau d'utilisation du STA (STA N = 520 R² = 0.178).

	Coefficient de régression B	Erreur standard	Bêta	T	Sig.	VIF ¹
(Constante)	1.551	<i>0.571</i>		2.715	0.007	
Revenu	-0.034	<i>0.067</i>	-0.021	-0.507	0.612	1.103
Formation continue en agriculture (maîtrise, technicien, ingénieur HES ou EPF)	0.462	0.116	0.170	3.996	<.001	1.120
UMOS	0.203	0.074	0.188	2.731	0.007	2.936
Unités de gros bétail	0.003	<i>0.003</i>	0.068	0.975	0.330	3.030
Charge de travail	-0.093	<i>0.082</i>	-0.047	-1.135	0.257	1.056
Âge	-0.006	<i>0.005</i>	-0.047	-1.134	0.257	1.063
Affinité pour les interactions technologiques	0.089	<i>0.101</i>	0.050	0.885	0.377	2.010
Extraversion	0.097	<i>0.069</i>	0.058	1.410	0.159	1.067
Ouverture d'esprit	0.008	<i>0.069</i>	0.005	0.120	0.904	1.117
Culture numérique	0.246	0.094	0.150	2.626	0.009	2.021

¹ VIF (Variance Inflation Factor) signifie Facteur d'Inflation de la Variance

3.3.2 Résultats qualitatifs

3.3.2.1 Agriculteur avec STA pour la production de lait destiné à la fabrication de fromages AOP

La décision d'acheter un STA a été prise indépendamment du fait que l'agriculteur produise du lait de fromagerie AOP, et les réglementations particulières n'ont pas non plus influencé sa décision. L'achat d'un STA a été motivé par la volonté de gagner en efficacité et d'économiser de la main-d'œuvre. L'agriculteur dispose de très bonnes compétences numériques, techniques, organisationnelles et entrepreneuriales. Il utilise de nombreuses sources d'information, a le goût du risque, fait preuve d'initiative et d'innovation.

Selon l'agriculteur, la production de lait de fromagerie aurait officiellement une influence sur l'utilisation du STA dans la production de lait de fromagerie, mais officieusement non.

Pour que la règle des 24h soit respectée, le fromager vient désormais chercher le lait 2 fois, l'agriculteur ne paie qu'une fois. Le transformateur de lait exige que la pause de traite de 8h soit respectée. Pour arriver à 2,5 traites, il faudrait bloquer le STA. Tant que le fromager ne réclame pas, il ne le fera pas. La fromagerie dit déjà qu'il devrait bloquer le STA pendant 2 heures. Il a répondu qu'il le ferait, mais qu'il faudrait alors discuter du prix. Il ne bloquerait le STA que s'il était rémunéré, ce qui n'est pas le cas actuellement. Le lait est bon, il n'y a pas de réclamations, malgré des intervalles de traite plus courts.

A son avis, il serait également possible de ne collecter le lait qu'une seule fois. La garantie de la chaîne du froid aurait une plus grande influence sur la qualité du lait. De bonnes pratiques agricoles et une très bonne hygiène (mamelles, logettes, fourrage) sont indispensables dans la production de fromage AOP. Selon lui, les réglementations (p. ex. l'interdiction du STA dans la filière du Gruyère) sont un sujet politique, l'opinion de «têtes conservatrices», «c'est pour ça que ça n'avance pas».

Sa situation financière était si bonne qu'elle lui a permis d'acquérir le STA. Lorsqu'on lui demande quelle était sa situation financière avant l'arrivée du STA et quelle est celle d'aujourd'hui, il répond qu'elle est nettement meilleure aujourd'hui, que le STA y est pour quelque chose, mais aussi que l'organisation de l'exploitation dans son ensemble, par exemple l'installation d'autres robots et l'absence de personnel salarié, n'y sont pour rien.

La production de lait de fromagerie AOP engendre des coûts supplémentaires (p. ex. le STA est nettoyé 4 fois à chaud comparé à deux fois pour la production de lait d'ensilage). Le nettoyage prend également plus de temps pour atteindre la qualité requise du lait et il faut financer davantage d'échantillons (le fait de collecter deux fois le lait double le nombre d'échantillons). En ce qui concerne la question des frais d'eau, d'énergie et d'assurance, il renvoie à l'entreprise Lely.

En résumé, l'utilisation du STA est, pour cet agriculteur, une décision basée sur des raisons économiques et d'organisation de l'exploitation. La production de lait pour les fromages AOP n'a joué aucun rôle. Le coût de la collecte supplémentaire du lait est supporté par la fromagerie. Pour cet agriculteur, une adaptation de la réglementation serait une adaptation à ce qui se passe déjà dans la réalité. En bref, c'est le STA qui dicte la manière de produire, et non les réglementations AOP.

3.3.2.2 *Agriculteur sans STA pour la production de lait destiné à la fabrication de fromages AOP*

Cet agriculteur dispose également de compétences numériques, techniques, organisationnelles et entrepreneuriales.

L'agriculteur dispose d'une exploitation qui fonctionne très bien et n'a donc pas besoin d'un STA, car ni le nombre de vaches, ni leur âge, ni la configuration des pâturages ne conviennent au STA. De son point de vue, l'utilisation du STA implique une adaptation des vaches et de l'exploitation au STA. Il faut adapter le nombre de vaches au STA, les vaches de son propre élevage ne conviennent pas, la meilleure solution est d'acheter des animaux qui ont été élevés pour le STA. Le STA n'est pas adapté à l'utilisation de vaches à longue durée de vie. Avec le STA, les vaches qui ne fonctionnent plus avec le STA sont rapidement remplacées. Les coûts sont également un argument en défaveur du STA. Il faudrait aussi prendre en compte les coûts de l'eau et de l'énergie. Il faudrait faire une enquête à ce sujet, ajoute-t-il. Les coûts de service sont également plus élevés avec le STA qu'avec une installation de traite classique, tout comme les coûts des contrats d'entretien courants. La dépendance vis-à-vis de l'entreprise de traite automatisée n'est pas non plus un argument en faveur de l'utilisation du STA. De plus, il est plus facile de fournir un lait de qualité constante sans STA, car on est plus proche de l'animal. C'est ceci qui aurait influencé sa décision, mais pas les règles relatives à la production de fromages AOP (règle des 24 heures et pause de 8 heures entre les traites).

Il souligne que l'œil humain est irremplaçable et qu'une production de lait avec le STA n'est pas aussi hygiénique. Il observe toutefois que les STA sont de plus en plus performants. Le blocage de l'accès aux animaux malades se révèle également problématique selon lui.

En résumé, l'exploitation dispose d'une solution adaptée qui lui permet de produire du lait de manière rentable et de satisfaire à la qualité requise pour la production de fromages AOP. Cependant, cela dépend aussi d'une main-d'œuvre suffisante, lui et son père en l'occurrence. La poursuite de la production sans STA dépendra de la disponibilité de personnel adéquat si le père ne peut plus travailler. Les réglementations relatives à la production de fromages AOP peuvent être respectées sans problème.

3.4 Conclusion

En conclusion, la décision de s'équiper ou non d'un STA dépend de différents facteurs, tant du côté du responsable de l'exploitation que de celui de l'exploitation elle-même. Les résultats quantitatifs indiquent que le responsable de l'exploitation dispose souvent d'une formation supérieure et de compétences numériques. En ce qui concerne l'exploitation, l'utilisation du STA dépend, selon nos résultats, de la main-d'œuvre et donc de la taille de l'exploitation, mais pas du niveau de revenu.

Les résultats qualitatifs des entretiens menés avec deux agriculteurs permettent de conclure en détail les motivations pour le STA. Ils indiquent que la décision est prise presque indépendamment de la production fromagère AOP. Aussi bien l'agriculteur avec STA que celui sans STA peuvent produire du lait pour des fromages AOP de manière rentable et avec le niveau de qualité requis. L'agriculteur équipé d'un STA ne respecte pas les règles qui garantissent une qualité de lait correspondante aux critères AOP, que ce soit pour des motifs liés du bien-être animal ou pour des considérations économiques. Les résultats indiquent qu'en fin de compte, c'est la qualité du lait qui devrait être déterminante, et non la manière de l'obtenir. Selon leurs déclarations, les deux agriculteurs atteignent la qualité de lait requise. De notre point de vue, ce qui semble important pour cette obtention, ce sont les «bonnes pratiques agricoles» et l'hygiène correspondante, ainsi que la compétence des agriculteurs avant la méthode de production. Le passage à un STA nécessite de multiples adaptations sur l'exploitation. Les agriculteurs s'adaptent également en partie aux réglementations AOP. Ils soulignent que le respect des normes d'hygiène est nécessaire pour la production de lait pour des fromages AOP et que la règle des 24 heures ou des 8 heures est une «tradition» qui peut être remplacée. On observe ici aussi un dilemme entre tradition et innovation.

4 Image

4.1 Introduction

Différentes études se sont penchées sur la question de savoir quels sont les moteurs et les obstacles à l'utilisation des technologies par les agriculteurs. Ce que l'on sait moins, c'est ce que pensent les consommateurs de l'utilisation de la technologie dans l'agriculture et s'ils acceptent les produits qui ont été fabriqués à l'aide de cette technologie. C'est pourquoi cette section aborde la question de la perception de l'utilisation des systèmes de traite automatisée (STA) par les consommateurs.

4.2 Etude 1

Dans le cadre d'un travail de master réalisé en 2021 en collaboration avec entre l'EPFZ et Agroscope, 287 personnes de Suisse alémanique ont été interrogées au moyen d'un convenience sampling (échantillonnage de commodité) par le biais d'un sondage en ligne. Dans la première partie de l'enquête, les participants devaient citer spontanément le premier mot qui leur venait à l'esprit concernant les «méthodes de culture traditionnelles dans l'agriculture» et les «technologies numériques dans l'agriculture». Lors d'une étape suivante, ils devaient classer les mots cités sur une échelle allant de très négatif (0) à très positif (100). Dans une seconde partie, la même méthode a été appliquée à quatre technologies concrètes. Pour les drones pulvérisateurs, les robots de binage, les STA et les clôtures virtuelles, une image et une brève description de la technologie ont été présentées aux participants. Ensuite, les participants ont cité un mot qui leur venait spontanément à l'esprit et l'ont évalué.

Les résultats montrent que les consommateurs pensent le plus souvent à des outils ou des plantes très concrets lorsqu'ils évoquent les méthodes de culture traditionnelles. Le fait que ces travaux nécessitent beaucoup de travail manuel et de main-d'œuvre a également été fréquemment mentionné. Les tracteurs et les machines lourdes, ainsi que les champs et les cultures, sont d'autres images très présentes. Les pesticides et les engrais artificiels ont également été cités comme points critiques.

La moyenne de tous les mots cités donne une évaluation relativement positive de 60,9 de l'agriculture traditionnelle. L'image est différente en ce qui concerne les rapprochements faits avec l'agriculture numérique. Ici, les mots les plus souvent cités sont ceux liés à la traite. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la traite automatisée est déjà mise en œuvre depuis un certain temps et qu'elle est donc relativement connue de la population. De manière générale, on remarque que les consommateurs pensent souvent à des technologies spécifiques. Ainsi, les drones, le GPS et les machines autonomes figurent parmi les mots les plus souvent cités. Mais en même temps, on remarque qu'avec 11 mentions, certaines des 287 personnes n'ont pas pu citer de mot, ce qui indique qu'elles ne savent pas ce qu'on entend exactement par technologies numériques dans l'agriculture. La moyenne de tous les mots cités s'élève à 70,4, ce qui donne néanmoins une évaluation très positive des technologies numériques. Elle est même plus élevée que celle des méthodes de culture traditionnelles. Il semble donc que les consommateurs soient favorables à la numérisation dans l'agriculture.

Le STA semble être une technologie bien connue. On souligne à cette occasion l'autodétermination de la vache et la diminution de la charge de travail pour l'agriculteur (tableau 12). En revanche, l'absence de relation entre la vache et l'homme et, par conséquent, le bien-être animal sont critiqués lorsque la vache est perçue comme une machine. La moyenne de l'évaluation de tous les mots cités par rapport au STA se révèle légèrement positive avec une note de 60,7.

Tableau 12: associations spontanées pour les STA et leur évaluation

Catégorie (exemples)	Mentions	Evaluation		
			Moyenne	Ecart-type
Positif (intelligent, génial, intéressant, cool)	43	+	85.5	12.6
Bien-être animal (violent, la vache est considérée comme une machine, maltraitance animale)	39	=	49.4	38.5
Lien avec l'être humain (impersonnel)	19	-	30.6	28.5
Facilite le travail (davantage de temps libre, économie de temps)	18	+	81.3	16.3
Autodétermination (volontaire, autonome, pas d'obligation de traire)	16	+	75.8	20.8
Scepticisme (impossible, danger, doute)	15	-	44.2	27.8
Négatif (froid, douteux, mauvais)	15	-	33.8	27.9
Efficace (précis)	12	+	84.8	18.4
Progrès (moderne, innovation)	11	+	83.2	16.0
Connu (rien de particulier, standard)	10	+	77.3	29.5
Autres (diverses mentions isolées)	10	=	53.0	33.6

Remarque: seules les catégories ayant reçu au moins 10 mentions sont présentées. Les évaluations ont été faites sur une échelle de 0 (très négatif) à 100 (très positif).

4.3 Etude 2

Sur la base des résultats qualitatifs de l'étude 1, une étude quantitative 2 a été menée afin d'examiner davantage la perception des deux technologies les plus utilisées (Groher, Heitkämper, & Umstätter, 2020; Groher, Heitkämper, et al., 2020) et les prédicteurs de la perception du public. Pour ce faire, nous avons recruté un échantillon représentatif et étendu l'étude à deux régions linguistiques de Suisse (allemande et française).

Les données de l'étude 2 ont été collectées en février 2023 dans le cadre d'une enquête en ligne menée en Suisse alémanique et en Suisse romande. Les participants ont été recrutés via un panel Internet d'un fournisseur de panel commercial certifié (Bilendi AG). Des quotas ont été fixés pour le sexe (50 % de femmes), l'âge (33 % des groupes d'âge 18-35, 36-54 et 55-75) et la région linguistique (50 % en allemand, 50 % en français). Au final, 485 personnes ont répondu à l'enquête dans son intégralité.

Au début de l'enquête, les participants ont donné leur accord par écrit. Le questionnaire était constitué de deux parties, dont seule la seconde sera abordée ici. Dans cette dernière, les participantes et participants ont reçu une brève description d'un robot de binage et d'un STA. Après la description de la technologie, les participants ont été invités à évaluer les deux technologies en fonction de leur disposition à consommer les produits qu'elles engendrent, de leurs sentiments (attitude générale envers la technologie) et de trois domaines de durabilité: social, économique et écologique. Elles et ils ont répondu à toutes les questions à l'aide d'un curseur interactif allant de 0 (pas du tout) à 100 (complètement) par rapport à la disposition de consommer les produits et la durabilité, et de 0 (très négatif) à 100 (très positif) pour l'impact.

Le tableau 13 présente les résultats pour l'ensemble de l'échantillon, répartis par région linguistique. En ce qui concerne le robot de binage, on constate qu'il a été évalué de manière légèrement plus positive dans la région germanophone. Pour le STA, en revanche, c'est l'inverse, l'évaluation étant légèrement meilleure dans la région francophone. Néanmoins, les deux technologies ont été jugées très positives.

Tableau 53: perception du robot de binage et du système de traite automatisée

	Tous (n = 485)		Allemand (n = 244)		Français (n = 241)	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Robot de binage						
Propension à consommer	82.5	18.5	83.5	18.0	81.5	19.1
Durabilité sociale	77.5	19.6	77.9	19.3	77.1	19.9
Durabilité écologique	76.6	20.5	75.9	21.6	77.4	19.2
Durabilité économique	68.1	21.3	69.8	21.6	66.5	21.0
Confiance	73.8	20.9	74.5	21.5	73.1	20.3
Sentiments positifs/négatifs	73.7	21.1	73.0	21.8	74.3	20.5
Systèmes de traite automatisée (STA)	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Propension à consommer	77.9	25.3	75.5	26.3	80.3	23.9
Durabilité sociale	76.9	24.6	76.1	23.5	77.6	22.9
Durabilité écologique	72.2	24.6	70.5	25.0	74.0	24.1
Durabilité économique	72.2	23.2	71.2	24.0	73.2	22.3
Confiance	72.3	26.2	70.8	27.3	73.8	25.0
Sentiments positifs/négatifs	67.9	26.9	65.3	27.5	70.6	26.1

Remarque: tous les aspects ont été évalués sur une échelle de réponse de 0 (pas du tout d'accord) à 100 (tout à fait d'accord).

4.4 Discussion et conclusions

Les enquêtes montrent que les consommateurs ont en général une image positive de l'agriculture et notamment des technologies numériques. Les STA, notamment, sont particulièrement connues. Néanmoins, il apparaît aussi clairement qu'il y a encore un besoin de communication. Une part importante des personnes interrogées ne savait pas grand-chose au sujet des technologies numériques dans l'agriculture. Une communication ciblée peut permettre ici d'aider à écarter d'éventuelles inquiétudes, à renforcer encore la confiance des consommateurs et à améliorer la compréhension de l'agriculture. Les différences potentielles de perception des technologies agricoles entre les régions linguistiques sont également intéressantes et méritent d'être suivies.

5 Remerciements

Les auteurs remercient les partenaires suivants pour la précieuse collaboration à la réalisation de ce document:

- Les producteurs de lait qui ont accueilli Thomas Manser pour la visite de leur exploitation, pris le temps de répondre au questionnaire et donné leur accord pour l'utilisation des données des analyses de Suissselab.
- Les fromageries qui ont prélevé et congelé les échantillons de lait.
- L'Interprofession de l'Emmentaler AOP pour les coordonnées des producteurs de lait.
- Le laboratoire Suissselab pour les données des analyses.
- L'Office fédéral de l'agriculture pour la collaboration et le soutien financier.
- Le laboratoire de chimie et le groupe « Ferments » d'Agroscope à Liebefeld.
- Les collaboratrices et collaborateurs du domaine «Systèmes microbiens des denrées alimentaires» d'Agroscope.

6 Bibliographie

- Abeni F., Degano L., Calza F., Giangiacomo R. & Pirlo G. 2005. Milk Quality and Automatic Milking: Fat Globule Size, Natural Creaming, and Lipolysis, *J. Dairy Sci.* 88:3519–3529. Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura, Istituto Sperimentale per la Zootecnia, Sezione Operativa di Cremona, I-26100 Cremona, Italy, Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura, Istituto Sperimentale Lattiero Caseario, I-26900 Lodi, Italy
- Albrecht, H. (1969). Innovationsprozesse in der Landwirtschaft: eine kritische Analyse der agrarsoziologischen "adoption"-und "diffusion"-Forschung in Bezug auf Probleme der landwirtschaftlichen Beratung. Verlag der SSIP-Schriften.
- Bütler A. & Gazzarin C., 2023. Kostenkatalog 2023. Richtwerte für die Kosten von Maschinen, Arbeit, Gebäude und Hoftechnik. Agroscope Transfer 499. Agroscope.
- Creswell, J. W. (1999). Mixed-method research: Introduction and application. In *Handbook of educational policy* (pp. 455-472). Academic press. <https://doi.org/10.1016/B978-012174698-8/50045-X> Get rights and content
- Dickow J.A., Larsen L.B., Hammershøj M., Wiking L., 2011. Cooling causes changes in the distribution of lipoprotein lipase and milk fat globule membrane proteins between the skim milk and cream phase. *J. Dairy Sci.*, 94, 646-656.
- Fröhlich-Wyder M. T., Guggisberg D., Badertscher R., Wechsler D., Wittwer A., Irmeler S. (2013). The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus parabuchneri* on the eye formation of semi-hard cheese. *International Dairy Journal*, 33, 120-128.
- Gazzarin, C., & Nydegger, F, 2014. How profitable are robots? Costs and benefits of automated devices in dairy-cow husbandry. Agroscope Transfer, 3. Agroscope.
- Gazzarin C. & Schick. M., 2004. Milchproduktionssysteme für die Talregion. Vergleich von Wirtschaftlichkeit und Arbeitsbelastung. FAT Bericht 608. Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen.
- Groher, T., Heitkämper, K., & Umstätter, C. (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. *Animal*, 14(11), 2404-2413. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001391>
- Groher, T., Heitkämper, K., Walter, A., Liebisch, F., & Umstätter, C. (2020). Status quo of adoption of precision agriculture enabling technologies in Swiss plant production. *Precision Agriculture*, 21(6), 1327-1350. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09723-5>

- Hansen, B. G. (2015). Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. *Journal of Rural Studies*, 41, 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.08.004>
- Hoop, D., & Schmid, D. (2020). *Betriebstypologie ZA2015 der Zentralen Auswertung von Buchhaltungsdaten*.
- Kongsved, S. M., Basnov, M., Holm-Christensen, K., & Hjollund, N. H. (2007). Response rate and completeness of questionnaires: a randomized study of Internet versus paper-and-pencil versions. *Journal of medical Internet research*, 9(3), e611. <https://doi.org/10.2196/jmir.9.3.e25>
- Reissig, L., Kohler, A., & Rossier, R. (2016). Workload on organic and conventional family farms in Switzerland. *Organic Agriculture*, 6(3), 225-242. <https://doi.org/10.1007/s13165-015-0131-5>
- Ahrné L., Björck L., 1985. Lipolysis and the distribution of lipase activity in bovine milk in relation to stage of lactation and time of milking. *J. Dairy Res.*, 52, 55-64.
- Bachman K.C., Hayen M.J., Morse D., Wilcox C.J., 1988. Effect of pregnancy, milk yield, and somatic cell count on bovine milk fat hydrolysis. *J. Dairy Sci.*, 71, 925-931.
- Chazal M.P., Chilliard Y., 1987b. Effect of breed of cow (Friesian and Montbéliarde) on spontaneous and induced lipolysis in milk. *J. Dairy Res.*, 54, 7-11.
- Chazal M.P., Chilliard Y., 1986. Effect of stage of lactation, stage of pregnancy, milk yield and herd management on seasonal variation in spontaneous lipolysis in bovine milk. *J. Dairy Res.*, 53, 529-538.
- Chilliard Y., Lamberet G., 1984. Milk lipolysis – various types, mechanisms, factors of variation, practical significance. *Lait*, 64, 544-578.
- Connolly J.F., 1978. Recent findings on lipolysis in Ireland. The impact of environment and nutrition on free fatty acids and flavour in milk and dairy products. In: 20. Int. Dairy Congr., Paris, France.
- De Marchi M., Penasa M. & Cassandro C. (2017) Comparison between automatic and conventional milking systems for milk coagulation properties and fatty acid composition in commercial dairy herds, *Italian Journal of Animal Science*, 16:3, 363-370, DOI:10.1080/1828051X.2017.1292412
- Deeth H.C., Fitzgerald C.H., 1976. Lipolysis in dairy products: A review. *Australian J. Dairy Technol.*, 31, 53-64.
- Dickow J.A., Larsen L.B., Hammershøj M., Wiking L., 2011. Cooling causes changes in the distribution of lipoprotein lipase and milk fat globule membrane proteins between the skim milk and cream phase. *J. Dairy Sci.*, 94, 646-656.
- Fehér N., Häni W., Wechsler D., Guggenbühl B. 2021. Essai de fabrication de Vacherin Fribourgeois AOP avec du lait de robot de traite. *Agroscope Science*, n° 130 / 2021
- Ferlay A., Martin B., Pradel P., Coulon J.B., Chilliard Y., 2006. Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in tarentaise and Montbéliarde cow breeds. *J. Dairy Sci.*, 89, 4026-4041.
- Fröhlich-Wyder et al. (2013).
- Heuchel V., 1994. Mesure de l'incidence de différents types de faisceaux trayeurs sur la lipolyse du lait de vache. In: *Facteurs d'élevage influençant la qualité du lait*, Idele - Inra (Eds). 1re Renc. Rech. Rum., Paris, France, 125-128.
- Hurtaud C., Riosa R., Brégeron S., Suzanne A., Edouard N., 2018. Effect of milking time, temperature and diet nitrogen level on milk composition of dairy cows and on some milk properties (freezing point, lipolysis and heat stability). In: 10. International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH). Cambridge University Press, Clermont-Ferrand, France,
- Jakob E., Goy D., Haldemann J., Badertscher R. 2013. Traite robotisée et qualité du lait de fromagerie: des améliorations sont requises. *Agroscope. Recherche Agronomique Suisse* 4 (6): 256–263, 2013
- Jurczak M.E., 1995. The effect of genetic factors, stage of lactation, season and feeding system on fat lipolysis in raw milk of Black-and-White cows and F1 crosses of that breed with bulls of 4 varieties of Friesian cattle. *Ann. Warsaw Agricult. Univ., Anim. Sci.*, 17.

- Pomiès D., Martin B., Chilliard Y., Pradel P., Rémond B., 2007. Once-a-day milking of Holstein and Montbéliarde cows for 7 weeks in mid-lactation. *Animal*, 1, 1497-1505.
- Simoni M., Temmar R., De Marchi M., Revello-Chion A., Pozza M., Righi F., Manuelian C., 2023. Milking system and diet's forage type impact on milk quality of Italian Holstein-Friesian. Department of Veterinary Science, University of Parma, Italy. *J. Dairy Sci.* TBC, <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24464>
- Vanbergue E., Poulet J-P., Peyraud J-P., Hurtaud C., 2020. Le point sur la lipolyse du lait de vache: facteurs de variation et mécanismes biochimiques. *Inrae prod. anim.*, 2020, 33 (1), 41-52
- Vanbergue E., 2017. Les facteurs de variations de la lipolyse spontanée du lait de vache et mécanismes biochimiques associés. Thèse. Agrocampus Ouest.
- Vanbergue E., Peyraud J.L., Guinard-Flament J., Charton C., Barbey S., Lefebvre R., Gallard Y., Hurtaud C., 2016. Effects of DGAT1 K232A polymorphism and milking frequency on milk composition and spontaneous lipolysis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 99, 5739-5749.
- Vanbergue E., Delaby L., Peyraud J.L., Colette S., Gallard Y., Hurtaud C., 2017. Effects of breed, feeding system, and lactation stage on milk fat characteristics and spontaneous lipolysis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 100, 4623-4636.
- Wiking L., Nielsen J.H., Båvius A.K., Edvardsson A., Svennersten-Sjaunja K., 2006. Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in milk, fat globule size, and fatty acid composition. *J. Dairy Sci.*, 89, 1004-1009.
- Wiking L., Bjerring M., Løkke MM, Løvendahl P and Kristensen T (2019). Herd factors influencing free fatty acid concentrations in bulk tank milk. *Journal of Dairy Research* 86, 226–232. <https://doi.org/10.1017/S0022029919000190>

7 Annexe

7.1 Annexe 1: questionnaire

Compatibilité du système de traite automatisée avec les fromages AOP		Date:	
Questionnaire			
Adresse du producteur de lait			
nom/prénom			
rue			
NPA/village/ville			
Fromagerie			
Informations sur les animaux			
Races	<input type="checkbox"/> BS	<input type="checkbox"/> HO	
	<input type="checkbox"/> RH	<input type="checkbox"/> SF	
Nombre de vaches	<input type="text"/>		
	<input type="checkbox"/> autres: <input type="text"/>		
Stabulation / détention			
Logettes	<input type="checkbox"/> logettes profondes	<input type="checkbox"/> matelas paille/chaux	
	<input type="checkbox"/> paille hachée/chaux	<input type="checkbox"/> paille hachée	
	<input type="checkbox"/> autres:	<input type="checkbox"/> sciure	
	<input type="checkbox"/> logettes surélevées	<input type="checkbox"/> paille hachée/chaux	
	<input type="checkbox"/> paille hachée	<input type="checkbox"/> sciure	
	<input type="checkbox"/> autres:	<input type="checkbox"/> autres:	
	<input type="checkbox"/> litière profonde	<input type="checkbox"/> paille	
	<input type="checkbox"/> compostée	<input type="checkbox"/> autres:	
Couloirs	Surface	<input type="checkbox"/> perforée	
		<input type="checkbox"/> non perforée	
		<input type="checkbox"/> combinée	
	Matériau de la surface	<input type="checkbox"/> béton	
		<input type="checkbox"/> asphalte coulé	
		<input type="checkbox"/> tapis en caoutchouc	
	Zone devant STA	<input type="checkbox"/> perforée	
		<input type="checkbox"/> non perforée	
	Nettoyage	<input type="checkbox"/> racleur	
		<input type="checkbox"/> monoaxe	
		<input type="checkbox"/> robot	
		<input type="checkbox"/> manuel	
	<input type="checkbox"/> autres:	<input type="text"/>	
	fréquence/jour	<input type="text"/>	
Aération	<input type="checkbox"/> Ventilation faîtière	<input type="checkbox"/> Ventilateurs grande surface	
	<input type="checkbox"/> autres:	<input type="text"/>	
	Apport d'air frais dans la zone STA:	<input type="checkbox"/> passive (fenêtre)	
		<input type="checkbox"/> active (ventilateur)	
Pâturage	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	
	portail de pâturage	<input type="checkbox"/> oui	
		<input type="checkbox"/> non	
	accès	<input type="checkbox"/> accès continu	
		<input type="checkbox"/> horaires fixes	
		durée en h <input type="text"/>	
	consommation estimée de fourrage de base au pâturage en %	<input type="text"/>	
	surface de pâturage/vache en m ² :	<input type="text"/>	
	fréquence	<input type="checkbox"/> quotidienne	
		<input type="checkbox"/> autres: <input type="text"/>	
	type de pâturage	<input type="checkbox"/> continue (gazon court)	
		<input type="checkbox"/> par bandes	
		<input type="checkbox"/> autres: <input type="text"/>	
	raisons pour lesquelles les animaux ne sortent pas chaque jour (sauf mauvais temps)	<input type="checkbox"/> pas assez de surfaces de pâturage	
		<input type="checkbox"/> trop peu de surfaces de pâturage regroupées	
		<input type="checkbox"/> autres: <input type="text"/>	
Passage au STA			
Date de mise en service	<input type="text"/>		
Marque	<input type="checkbox"/> Lely	<input type="checkbox"/> DeLaval	
	<input type="checkbox"/> GEA	<input type="checkbox"/> autres: <input type="text"/>	
Modèle	<input type="text"/>		
Circulation des animaux	<input type="checkbox"/> libre		
	<input type="checkbox"/> dirigée	<input type="checkbox"/> feed first	
	<input type="checkbox"/> milk first	<input type="checkbox"/> autres: <input type="text"/>	
Système de traite précédent	<input type="checkbox"/> traite directe	<input type="checkbox"/> salle de traite	
	<input type="checkbox"/> autres:	<input type="text"/>	
Stabulation	<input type="checkbox"/> transformation	<input type="checkbox"/> nouvelle construction	
Système de stabulation précédent	<input type="checkbox"/> stabulation entravée	<input type="checkbox"/> stabulation libre	
Nombre de vaches avant le changement	<input type="text"/>		
Evolution du nombre de vaches %	<input type="text"/>		
Augmentation du nombre d'animaux	<input type="checkbox"/> propre remonte	<input type="checkbox"/> achat	
	<input type="checkbox"/> groupement d'exploitations	<input type="checkbox"/> autres: <input type="text"/>	
Changements suite au passage au STA			
	avant	après le changement	
	oui / non	oui / non	+ / - / =
pâturage / durée de pâturage			
distribution d'aliments concentrés			
pâturage			
achat de fourrage de base			
quantité de lait en kg/lactation			
Changement à long terme de la qualité du lait après le passage au STA			
Teneur en cellules		meilleur	moins bon
Charge en germes		Inchangé	Inconnu
Point de congélation			
Analyses de fromagerie	réductase	préincub.	
		normale	
	acidité		
	lactofermentateur		
	acides gras libres		
	spores butyriques		
	g. tolérant le sel		
	bactéries propioniques		
	autres:		
Problèmes actuels avec la qualité du lait			
	<input type="checkbox"/> aucun		
	<input type="checkbox"/> cellules		
	<input type="checkbox"/> germes		
	<input type="checkbox"/> point de congélation		
	<input type="checkbox"/> analyse de fromagerie		
	<input type="checkbox"/> réductase	<input type="checkbox"/> préincubée	<input type="checkbox"/> normale
	<input type="checkbox"/> acidité		
	<input type="checkbox"/> lactofermentateur		
	<input type="checkbox"/> acides gras libres		
	<input type="checkbox"/> spores butyriques		
	<input type="checkbox"/> germes tolérant le sel		
	<input type="checkbox"/> bactéries propioniques		
Mise en œuvre du cahier des charges (empréurage du lait dans les 24 heures)			
<input type="checkbox"/> blocage du STA	<input type="checkbox"/> oui	nombre d'heures	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> non		
<input type="checkbox"/> tank à lait supplémentaire et autre utilisation de ce lait	<input type="checkbox"/> élevage/engraissement de veaux		
	<input type="checkbox"/> vente du lait dans un autre canal		
	<input type="checkbox"/> autres: <input type="text"/>		
La mise en œuvre de ces directives pose-t-elle problème à l'exploitation?			
<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> moins de capacité de traite	<input type="checkbox"/> autres	
	<input type="checkbox"/> retard des vaches autorisées à être traitées		
<input type="checkbox"/> non			
Quelle importance aurait la prolongation de la durée de traite à 24 heures, pour votre exploitation ?			
<input type="checkbox"/> très important			
<input type="checkbox"/> important	raisons:	<input type="checkbox"/> économique	
		<input type="checkbox"/> technique de travail	
		<input type="checkbox"/> év. augmentation du cheptel	
		<input type="checkbox"/> autres: <input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> aucune, pas important			

Figure 47: questionnaire utilisé lors de la visite des exploitations avec STA

Installation et réglages

Installation du tank fixe mobile
 volume du tank en litre de lait par vache:
 distance entre le tank et le STA
 différence de hauteur entre la pompe du STA et point le plus haut de la conduite à lait (m)

Traite **Réglages STA: intervalle de traite minimale en h**

phase de démarrage / de production	fin de lactation	aucune
------------------------------------	------------------	--------

Nettoyage des trayons
 brosse gobelet de préparation gobelets trayeurs

Désinfection des trayons
 iode chlore acide lactique autres:

Désinfection du système de préparation oui non
 acide peracétique vapeur

Désinfection des manchons trayeurs oui non
 acide peracétique vapeur

Nettoyage automatique des entrées d'air oui non

Surveillance de la santé des mamelles teneur en cellules conductivité
 MDI MQC-C

Pompe à lait à régulation de fréquence: oui non
 Pompe à membrane

Vidange de la conduite à lait durée d'attente maximale du lait en minute
 durée maximum jusqu'au rinçage en minutes

Traite / Valeurs mesurées

Nombre de vaches en lactation :

Données moyennes : nombre de jours en lactation
 quantité de lait par jour/vache (kg)

Intervalles de traite / nombre de traites

Nombre moyen de traites/jour	<input type="text"/>
Nombre maximum de traites/jour	<input type="text"/>
Nombre minimum de traites/jour	<input type="text"/>
Quantité de lait/traite en kg	<input type="text"/>
Intervalle de traite en heures en moyenne	<input type="text"/>
Intervalle de traite en heures valeur maximale	<input type="text"/>
Intervalle de traite en heures valeur minimale	<input type="text"/>

Filtre à lait utilisation oui non
 fréq. de changement 1x / jour 2x / jour autres
 élimination lors du nettoyage: oui non parfois

Nettoyage du sol de la stalle automatiquement après chaque vache
 manuel 1x/jour 2x/jour 3x/jour
 autres:

Installation de lavage des sabots dans le STA oui non
 (actif pendant la traite)

Refroidissement du lait

Prérefroidissement disponible oui non
 Type: tubulaire à plaques
 Emplacement: proche du STA proche du tank

Tank à lait refroidissement commandé par le débit de lait oui non
 démarrage du refroidissement manuel
 démarrage du refroidissement différé
 refroidissement par eau glacée

Température du lait °C exigence de la fromagerie:
 valeur mesurée:

Nettoyage STA

Type de nettoyage nettoyage par circulation nettoyage à l'eau bouillante
 nettoyage "perdu"

Intervalle de nettoyage 2x/jour 3x/jour autres:

Produits de nettoyage alcalin: dosage %
 acide: dosage %
 autres: dosage %

Utilisation en alternance 2x alcalin / 1x acide
 autres:

Température de l'eau °C température de départ température finale

Nettoyage extérieur 1x/jour 2x/jour
 autres:
 Eau de source Eau du réseau Eaux grises

Nettoyage du tank à lait

Produits de nettoyage alcalin: dosage %
 acide: dosage %
 autres: dosage %

Utilisation en alternance 2x alcalin / 1x acide
 autres:

Température de l'eau en °C température de départ température finale

Intervalle de maintenance

STA (mois)

Manchons trayeurs (nombre de traites) silicone caoutchouc

Brosses de nettoyage des trayons

Propreté des mamelles

Note 1: sans souillure	Note 2: légèrement souillé	Note 3: moyennement souillé	Note 4: fortement souillé
1	2	3	4

Score en %

État des logettes

Fréquence en %

<input type="text"/>	<input type="text"/>

Fréquence en %

Feedback du fromager: problèmes actuels

aucun cellulés germes point de congélation analyse de fromagerie

réductase préincubée normale
 acidité lactofermentateur acides gras libres spores butyriques germes tolérant le sel bactéries propioniques autres:

Notes/remarques

7.2 Annexe 2: bactéries associées à la pâte du fromage

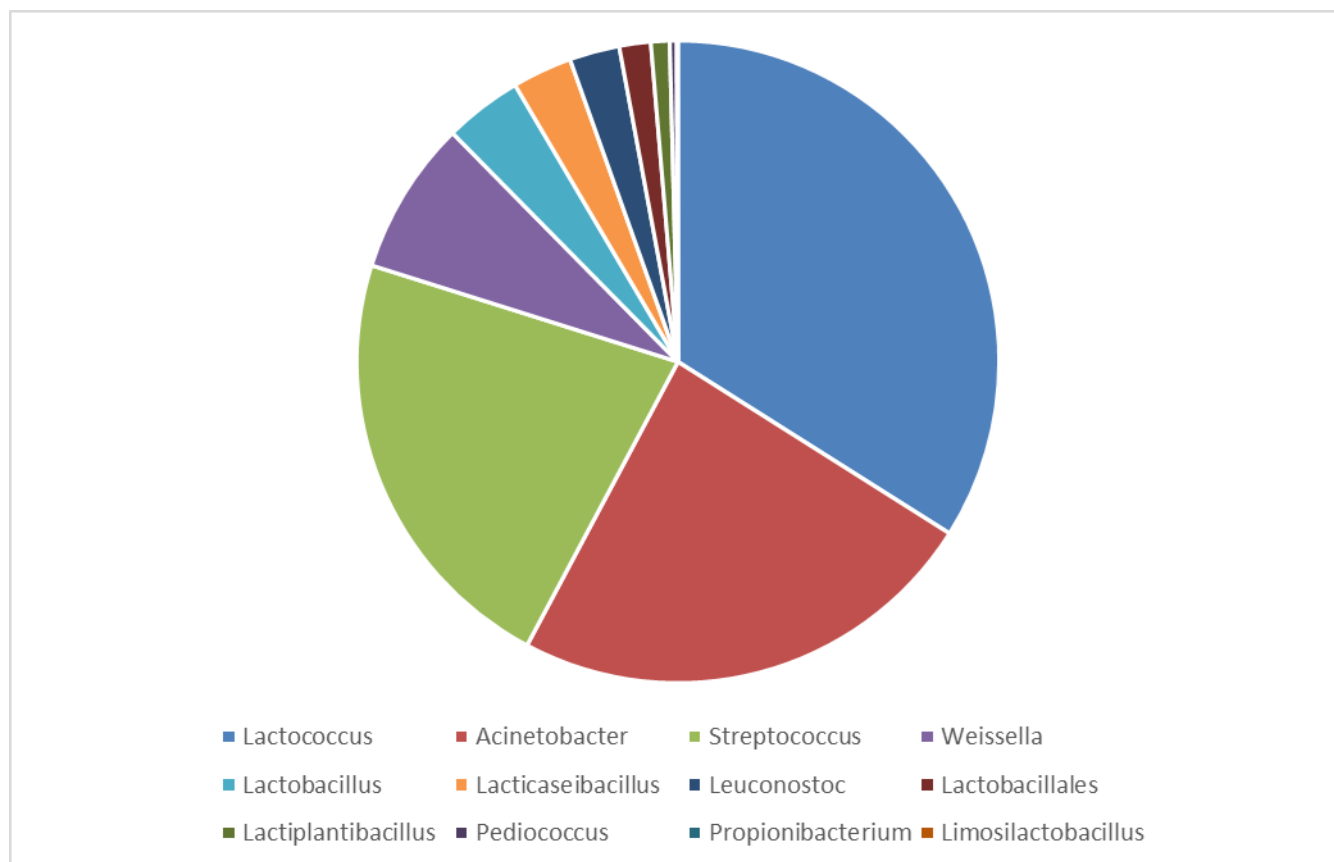


Figure 48: moyennes des abondances bactériennes relatives (niveau taxonomique: genre) associées à la pâte du fromage et identifiées parmi les 280 échantillons de lait.

7.3 Annexe 3: bactéries associées à la croûte du fromage

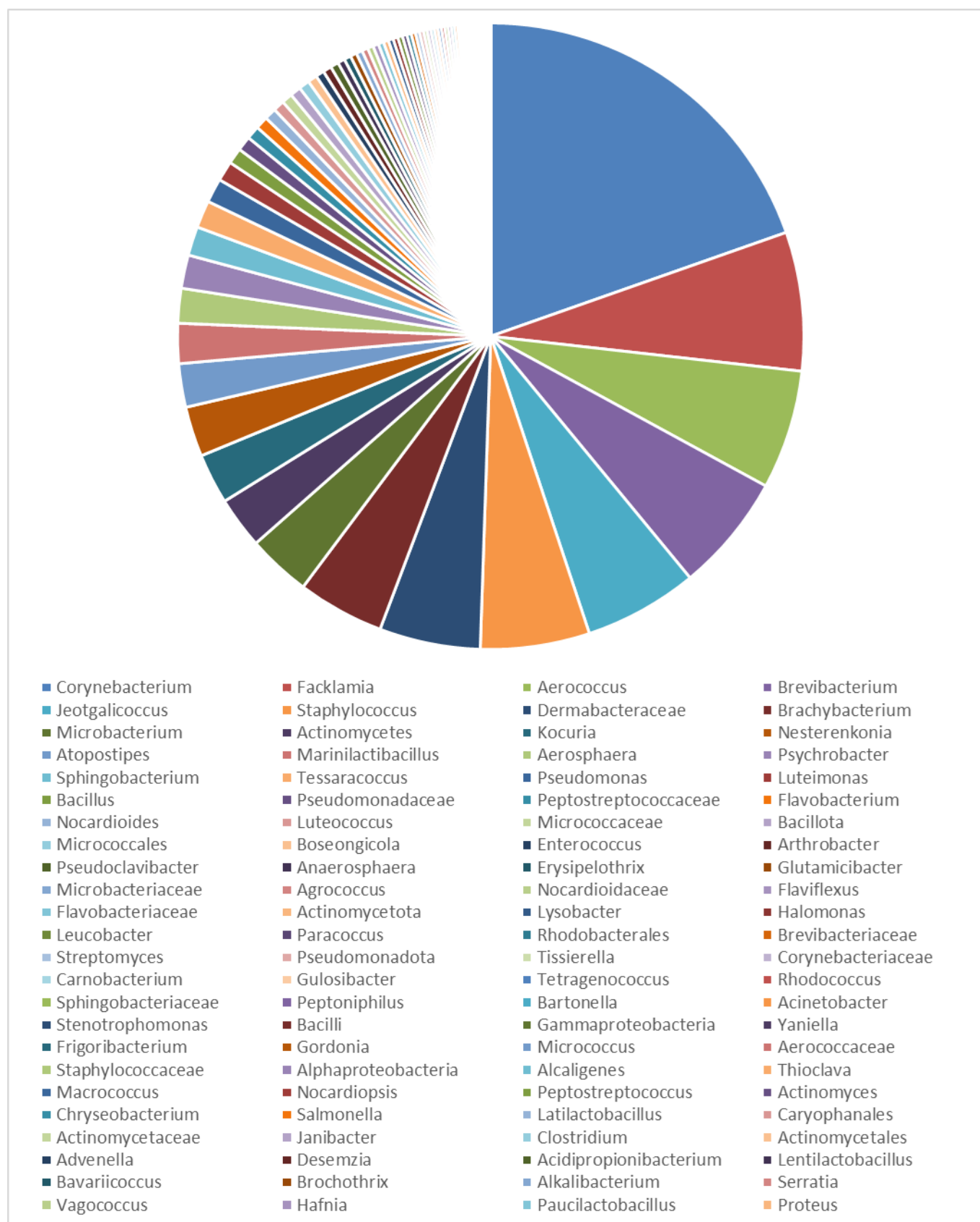


Figure 49: moyennes des abondances bactériennes relatives (niveau taxonomique: genre) associées à la croûte du fromage et identifiées parmi les 280 échantillons de lait.