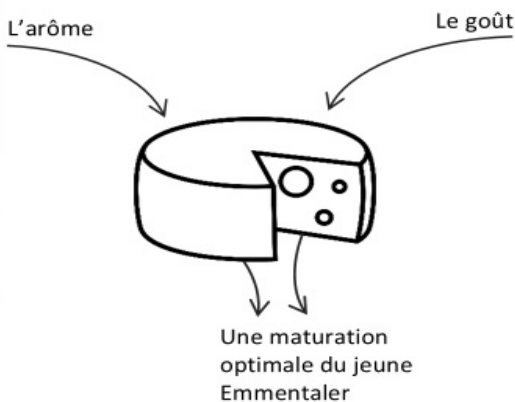
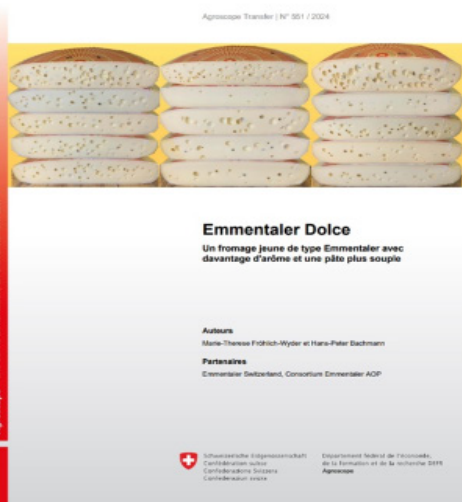




Emmentaler Dolce

Un fromage jeune avec davantage de maturité et de goût

Auteurs

Marie-Therese Fröhlich-Wyder et Hans-Peter Bachmann

Partenaires

Emmentaler Switzerland, Consortium Emmentaler AOP



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Projet d'innovation soutenu par



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Innosuisse – Agence suisse pour
l'encouragement de l'innovation**

Impressum

Éditeur	Agroscope Schwarzenburgstrasse 161 3003 Berne www.agroscope.ch
Renseignements	marie-therese.froehlich@agroscope.admin.ch
Rédaction	Marie-Therese Fröhlich-Wyder
Photo de couverture	Agroscope
Téléchargement	www.agroscope.ch/transfer
Copyright	© Agroscope 2026
ISSN	2296-7230 (online)
Soutien	Innosuisse (numéro de projet 120.360 IP-LS)

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.

L'essentiel pour la pratique

- La culture Prop 23 (nouvelle culture de bactéries propioniques) et la culture Helv 01 (culture d'affinage contenant des *Lactobacillus helveticus*) ont été utilisées dans la recette Dolce, tout en renonçant aux lactobacilles hétérofermentaires facultatifs. La température de chauffage du grain n'a pas dépassé 52 °C et la température de sortie était de 45 °C. De plus, l'objectif était d'obtenir des teneurs en sel plus élevées grâce à un séjour prolongé dans un bain de sel à 15 °Bé.
- Avec la recette Dolce, le niveau de qualité optimal est atteint bien plus tôt que dans le cas de la production traditionnelle d'Emmentaler AOP, car les processus de maturation se déroulent beaucoup plus rapidement, avec pour conséquence une capacité de maturation plus courte.
- Le profil de température des fromages Dolce (chauffage du grain: 52 °C; moulage: 45 °C) entraîne une augmentation de la teneur en eau du fromage, une pâte moins ferme ainsi qu'une salinité et une amertume plus prononcées.
- La culture Helv 01 réduit l'amertume et augmente le caractère doux, le goût de noix, la salinité et l'intensité de l'arôme.
- Le séjour prolongé dans le bain de sel à 15 °Bé augmente la salinité dans une proportion supérieure à celle de l'augmentation de la fermeté de la pâte.
- Pour produire de l'Emmentaler selon cette recette, il faut un lait cru de qualité irréprochable, le savoir-faire d'un fromager ainsi qu'une approche prudente pour déterminer les paramètres optimaux propres à chaque fromagerie.

Table des matières

L'essentiel pour la pratique	3
Résumé	5
1 Introduction.....	6
2 Essai dans la fromagerie expérimentale de Liebefeld.....	7
2.1 Dispositif expérimental complexe... ..	8
2.2 ... de type modulaire	9
3 Résultats et discussion	9
3.1 Le profil de température: Dolce (52/45 °C) vs standard (53/53 °C)	9
3.2 <i>Lactobacillus helveticus</i> & Dolce (52/45 °C)	11
3.3 Lactobacilles hétérofermentaires facultatifs & Dolce (52/45 °C)	13
3.4 Lactobacilles hétérofermentaires facultatifs et bactéries propioniques	14
3.5 Micro-organismes indésirables: effet dû au jour de fabrication & Dolce (52/45°C)	15
3.6 Traitement au bain de sel et Dolce (52/45°C)	16
4 Conclusions	18
5 En Résumé	19
6 Démarche ultérieure.....	19
7 Remerciements.....	19
8 Bibliographie.....	20
Annexe	21

Résumé

Le projet Dolce avait pour objectif d'explorer différentes approches permettant de développer un jeune fromage de type Emmentaler doté d'un goût plus intense, d'un arôme plus attractif et d'une pâte plus souple, car plus de la moitié des Emmentaler AOP sont vendus à l'âge de 4 à 5 mois. Il s'agissait d'examiner la possibilité de produire une alternative capable de rivaliser avec les produits de la concurrence étrangère. À cette fin, l'Interprofession de l'Emmentaler et Agroscope ont défini conjointement les caractéristiques de l'«Emmentaler Dolce».

Dans un premier temps, des adaptations technologiques ont été définies sur la base d'une longue expérience dans la branche et d'essais réalisés à l'échelle pilote ainsi que dans la pratique. Celles-ci devaient permettre d'améliorer notamment les propriétés aromatiques (plus fruité, davantage de note de noix, plus corsé) et les propriétés de la pâte (plus souple) de l'Emmentaler Dolce de 3 à 4 mois ainsi que d'intensifier l'ouverture. Ces travaux ont déjà été décrits en détail dans une publication antérieure ([Agroscope Transfer n° 551 / 2024](#)).

Une autre possibilité d'améliorer le goût et l'arôme de l'Emmentaler consiste à augmenter sa teneur en sel qui, pour des raisons technologiques (grandes meules et affinage à sec), est faible. L'Emmentaler est donc parfois perçu comme fade. Ce sujet a également été approfondi dans une publication antérieure ([Agroscope Science n° 203 / 2025](#)).

L'objectif de la présente étude était donc de tester, dans le cadre d'un essai multifactoriel, les adaptations technologiques et les cultures prometteuses issues du premier travail ainsi que les traitements au bain de sel testés dans le deuxième travail, afin de déterminer les combinaisons optimales permettant d'obtenir un fromage Dolce présentant une qualité optimale dès son plus jeune âge.

Les connaissances acquises dans le cadre de ce projet constituent une excellente base pour la production d'une alternative aux fromages à gros trous étrangers qui connaissent un grand succès. À noter que les critères selon lesquels l'Emmentaler Dolce est évalué lors de la taxation ne doivent pas être les mêmes que ceux de l'Emmentaler AOP.

1 Introduction

L'Emmentaler est l'une des variétés de fromage les plus consommées dans le monde. Pour des raisons historiques, des fromageries fabriquent de l'Emmentaler et d'autres fromages de type Emmentaler en dehors de leur région d'origine. Cette situation concurrentielle unique représente un grand défi pour l'Emmentaler AOP, tant à l'exportation qu'en Suisse, car les produits concurrents sont parfois vendus plus chers que l'original, même en Suisse. Conséquence: les quantités produites ont atteint un niveau record et mettent encore davantage les fromageries sous pression.

Or, les producteurs d'Emmentaler AOP sont soumis à une autre pression non négligeable, que l'on peut qualifier d'«interne», c'est-à-dire non liée à la concurrence: obtenir le meilleur score possible lors de la taxation et respecter les exigences pour le préemballage. Pour cette raison, on veille avant tout, dans la production de l'Emmentaler, à la sécurité ainsi qu'à de bonnes propriétés de la pâte et à une formation parfaite de l'ouverture. De ce fait, la formation du goût et de l'arôme typiques n'intervient que de manière différée et réduite lors de l'affinage, si bien que l'arôme doux caractéristique de l'Emmentaler d'origine a perdu en intensité ces dernières années. Le développement d'une nouvelle culture de bactéries propioniques (Prop 23) dans le cadre du projet Innosuisse «PropCult5.0», qui permet d'obtenir des fromages aptes à la conservation même sans ajout de lactobacilles hétérofermentaires facultatifs (LHF), peut contribuer de manière significative à l'amélioration de l'arôme. De plus, une légère augmentation de la teneur en sel peut également contribuer à un arôme plus équilibré. La teneur actuelle en sel de l'Emmentaler, qui s'élève à $3,4 \pm 0,5$ g/kg, n'a jamais été aussi faible de tout son histoire et constitue l'une des causes des écarts aromatiques accrus. Il est scientifiquement prouvé qu'une teneur en sel d'au moins 8 g/kg est nécessaire pour qu'un fromage ne soit pas perçu comme fade. Comparée à la teneur en sel de toutes les autres variétés de fromages, même une telle teneur (8 g/kg) resterait considérée comme faible.

Le projet Dolce avait pour but de développer une recette et d'adapter les paramètres de production de manière à ce que l'optimum de qualité soit atteint beaucoup plus tôt. Or, d'un point de vue scientifique, cela implique inévitablement une diminution de la capacité de maturation, étant donné que les processus de maturation ne peuvent pas être simplement stoppés, mais qu'ils s'accroissent au contraire souvent de manière autocatalytique (au travers d'un pH plus élevé, par exemple).

Lors du développement de la recette Dolce, décrit en détail dans la publication [«Agroscope Transfer n° 551 / 2024»](#), les cultures suivantes se sont révélées particulièrement adaptées:

- Prop 23 (nouvelle culture de bactéries propioniques)
- Helv 01 (culture d'affinage avec *Lactobacillus helveticus*; 6 l par 5000 l)
- Pas de lactobacilles hétérofermentaires facultatifs

La recette a été modifiée de la façon suivante:

- Température de chauffage du grain max. 52 °C
- Température de sortie 45 °C (sans brassage, dans le cas de petites meules év. 1-2 °C de plus)
- Teneur en sel plus élevée.

Ces paramètres permettent de produire un fromage Emmentaler qui arrive plus rapidement à maturité et qui présente une ouverture plus importante, un arôme plus intense ainsi qu'une pâte souple et élastique. Ce fromage peut être consommé dès l'âge de 3 à 4 mois, sans le risque qu'il soit fade. La pratique a accueilli le développement de cette recette avec beaucoup d'intérêt, comme le montre la sélection d'articles publiés présentée dans la figure 1.

Le traitement au sel peut s'effectuer au moyen d'un bain de sel et/ou à sec (en frottant la surface avec du sel). Cette méthode est toutefois très laborieuse et peut entraîner la formation d'une croûte épaisse, ce qui n'est pas souhaitable. Des essais ont montré qu'une teneur en sel plus élevée ne doit être obtenue qu'en prolongeant la durée du bain de sel ([Agroscope Science n° 203 / 2025](#)). Ni la température ni la concentration n'ont eu d'influence sur la teneur en sel du fromage. Si la concentration du bain de sel est réduite, dans le cas présent à 15°Bé, il est possible d'augmenter la teneur en sel tout en minimisant la perte d'eau, en prolongeant la durée de séjour des fromages dans le bain de sel.

Ce traitement au bain de sel devrait être associé à la recette «Dolce», ce qui devrait contribuer à optimiser la recette. La combinaison de la recette «Dolce», qui renforce l'arôme, et d'un traitement au bain de sel adapté, qui renforce la saveur, devrait permettre d'obtenir des jeunes Emmentaler présentant une maturité optimale.

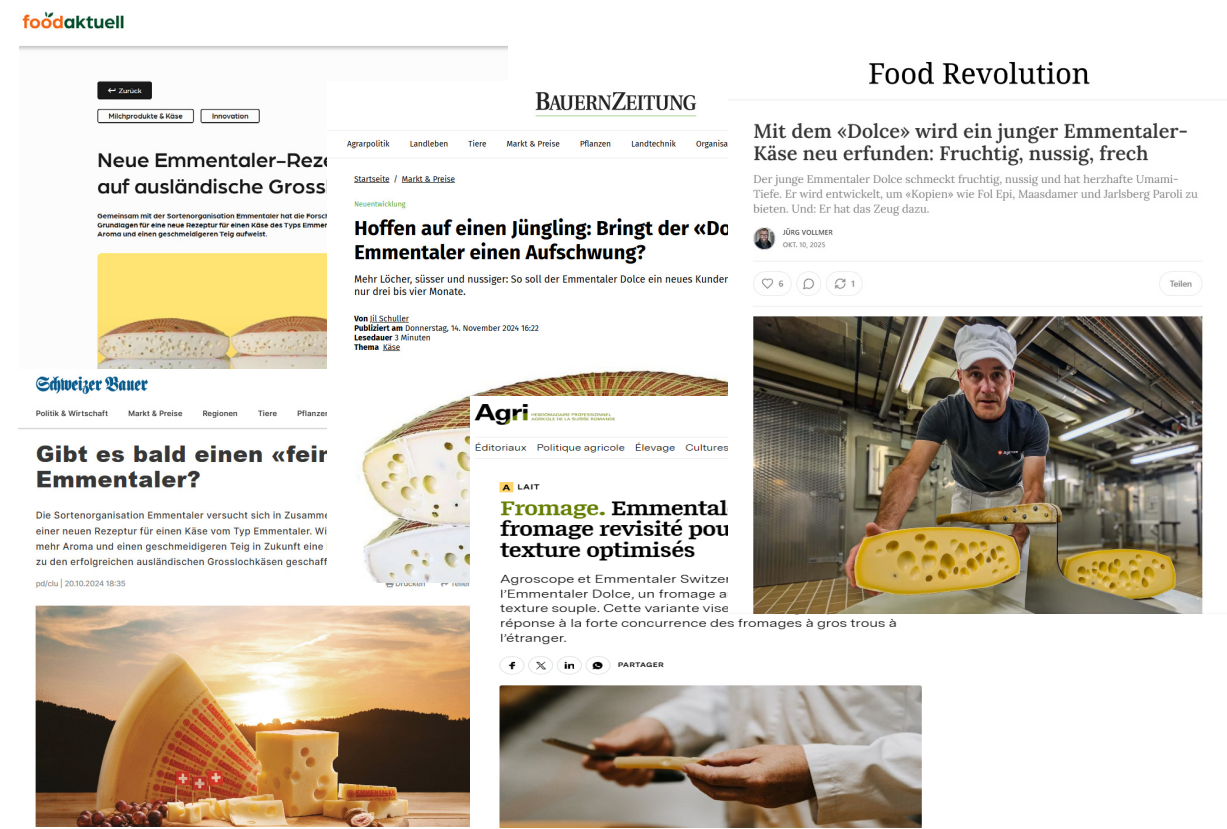


Figure 1: Sélection d'articles parus dans la presse spécialisée après la publication de l'Agroscope Transfer N° 551 / 2024 «Emmentaler Dolce: un fromage jeune de type Emmentaler avec davantage d'arôme et une pâte plus souple».

2 Essai dans la fromagerie expérimentale de Liebefeld

Le tableau 1 résume les facteurs sélectionnés pour cet essai et testés selon différentes combinaisons. Les chercheuses et chercheurs ont sélectionné aussi bien des paramètres issus de la fabrication standard de l'Emmentaler AOP (conformes au cahier des charges) que des paramètres ne figurant pas dans ce cahier des charges, mais qui pourraient être envisagés pour un Emmentaler Dolce. Les deux cultures Prop 23 et Helv 01 ne figurent actuellement pas sur la «liste positive des cultures pour l'Emmentaler» et ne sont donc pas conformes au cahier des charges. Il en va de même de la température de sortie et de la température de moulage de 45 °C ainsi que de la concentration en sel de 15 °Bé du bain de sel.

Tableau 1: Paramètres adaptés pour une variante Dolce. Les abréviations utilisées figurent entre ().

Paramètre	Emmentaler AOP standard	Dolce
Bactéries propioniques (Prop)	Prop 96	Prop 23
Lactobacilles hétérofermentaires facultatifs (LHF)	CM 3008	-
Culture d'affinage (Helv 01)	-	Helv 01
Température de chauffage/sortie (Température)	53/53 °C	52/45 °C (durée de refroidissement 15 min)
Traitement au bain de sel 11–13 °C (bain de sel)	21 °Bé pendant 24h	15 °Bé pendant 72h

2.1 Dispositif expérimental complexe...

Au total, 16 Emmentaler modèles (diamètre: 35 cm) ont été fabriqués à partir de lait cru et affinés pendant 3 mois. Chaque jour, 8 fromages ont été fabriqués à partir du même lait (tabl. 2). Au cours de la fabrication, la mesure de la température a cessé de fonctionner pour le fromage n° 9, de sorte que le profil de température s’est déroulé de manière incontrôlée. Cette valeur aberrante n’a pas été prise en compte.



Figure. 2: Florian Loosli et Olivia Hinni lors de la fabrication des Emmentaler modèles dans la fromagerie expérimentale d’Agroscope à Liebefeld (photos: Jürg Vollmer, Food Revolution, 10 octobre 2025).

L’essai présenté dans le tableau 2 étudie six facteurs, chacun avec deux modalités possibles. Le jour de fabrication a également été pris en compte comme facteur pouvant influencer les résultats. Si toutes les combinaisons possibles avaient été testées, il aurait fallu fabriquer 64 fromages. Pour réduire le travail nécessaire, un plan expérimental simplifié a été utilisé. Cette approche permet de diminuer le nombre d’essais tout en obtenant des informations fiables sur les effets les plus importants. L’analyse s’est principalement concentrée sur l’influence de chaque facteur pris individuellement ainsi que sur certaines interactions entre deux facteurs. Les interactions plus complexes impliquant trois facteurs ou davantage n’ont pas été étudiées. Comme il n’est pas possible d’examiner toutes les interactions possibles, seules celles jugées importantes d’un point de vue pratique et technologique ont été retenues : Helv 01 × température ; LHF × température ; LHF × Prop ; bain de sel × température. D’autres interactions potentiellement intéressantes ont également été examinées, mais elles n’ont pas montré d’effet significatif et n’ont donc pas été prises en compte dans les résultats : Helv 01 × Prop ; température × Prop ; bain de sel × Prop.

Tableau 2: Dispositif expérimental avec cinq facteurs: profil de température lors du chauffage du grain et du brassage, LHF, Helv 01, cultures Prop et traitement au bain de sel. ufc = unités formant colonie

N° unité	Jour	Température de chauffage/de sortie (°C)	LHF	Helv 01 0,1 %	Culture Prop (1000 ufc/ml)	Bain de sel
1	1	52 / 45 °C	Non	Non	Prop 23	15 °Bé / 72 h
2	1	53 / 53 °C	Non	Non	Prop 96	15 °Bé / 72 h
3	1	52 / 45 °C	Non	Oui	Prop 23	21 °Bé / 24 h
4	1	53 / 53 °C	Non	Oui	Prop 96	21 °Bé / 24 h
5	1	53 / 53 °C	Oui	Non	Prop 23	15 °Bé / 72 h
6	1	52 / 45 °C	Oui	Non	Prop 96	15 °Bé / 72 h
7	1	53 / 53 °C	Oui	Oui	Prop 23	21 °Bé / 24 h
8	1	52 / 45 °C	Oui	Oui	Prop 96	21 °Bé / 24 h
9	2	53 / 53 °C	Non	Non	Prop 23	21 °Bé / 24 h
10	2	52 / 45 °C	Non	Non	Prop 96	21 °Bé / 24 h
11	2	53 / 53 °C	Non	Oui	Prop 23	15 °Bé / 72 h
12	2	52 / 45 °C	Non	Oui	Prop 96	15 °Bé / 72 h
13	2	52 / 45 °C	Oui	Non	Prop 23	21 °Bé / 24 h
14	2	53 / 53 °C	Oui	Non	Prop 96	21 °Bé / 24 h
15	2	52 / 45 °C	Oui	Oui	Prop 23	15 °Bé / 72 h
16	2	53 / 53 °C	Oui	Oui	Prop 96	15 °Bé / 72 h

2.2 ... de type modulaire

Cette vue en coupe sert d'exemple pour montrer comment interpréter les résultats, car il est pratiquement impossible de prendre en compte tous les facteurs à la fois.

La figure 3 présente les fromages témoins et les fromages fabriqués selon la recette Dolce auxquels ont été ajoutés les cultures LHF, Helv 01 ou les deux. La vue en coupe varie en fonction de la combinaison des cultures. On constate par exemple que la recette Dolce avec la culture Helv 01 a entraîné le plus grand nombre de trous et les trous les plus grands.

Le fait d'écarter ou d'ajouter divers facteurs, tels que les deux cultures mentionnées, peut avoir des effets différents. Selon l'objectif visé, certains facteurs peuvent être sélectionnés ou écartés.

		Helv 01	LHF	
Unité 14	Standard		X	
Unité 7		X	X	
Unité 4		X		
Unité 13	Dolce		X	
Unité 8		X	X	
Unité 3		X		

Figure 3: Comparaison entre des fromages témoins (standard) et des fromages Dolce fabriqués avec des cultures Helv 01 et/ou LHF.

3 Résultats et discussion

Les facteurs utilisés simultanément peuvent s'influencer les uns les autres ou interagir entre eux. Il s'est avéré que tous les facteurs n'interagissaient pas entre eux. Les quelques interactions observées ont toutefois eu des effets marqués sur la qualité du fromage, comme l'interaction entre le profil de température et la culture Helv 01 ainsi que celle entre les cultures Prop et les LHF. Les facteurs et leurs interactions sont abordés séparément dans cette partie.

3.1 Le profil de température: Dolce (52/45 °C) vs standard (53/53 °C)

Parmi les facteurs testés, le profil de température de l'Emmentaler Dolce – température de chauffage du grain de 52 °C et température de moulage de 45 °C, soit 52/45 °C – a eu un impact important sur la composition et les processus de fermentation des fromages d'essai (tabl. A1 en annexe); les fromages avec un profil de température de 52/45 °C présentaient des teneurs en eau et en lactate plus élevées (fig. 5a et b). En raison de la teneur plus élevée en lactate, la formation d'acide propionique était plus faible dans ces fromages (fig. 5c). Ils ont néanmoins passé moins de temps en cave chaude (fig. 5d); apparemment, la teneur élevée en lactate n'a pas constitué un facteur limitant la formation de CO₂. Les avantages d'une teneur en eau plus élevée et d'une pâte plus souple ont prévalu.

C'est l'association du profil de température Dolce (52/45 °C) et de la culture Helv 01 qui a eu l'impact le plus important sur la qualité des fromages, comme l'ont montré les nombreux effets significatifs dus aux interactions (cf. tabl. A1 et A3 en annexe). Ceux-ci sont détaillés dans le chapitre 3.2.



Comme on pouvait s'y attendre, un effet important a également été observé sur les propriétés sensorielles (fig. 6): les fromages fabriqués à 52/45 °C présentaient une pâte moins ferme, un arôme plus intense, un goût plus salé et une amertume plus marquée. Mais dans ce cas aussi, d'importants effets dus à l'interaction avec Helv 01 ont été observés; ils sont abordés dans le prochain chapitre.

Figure 4: Panel de dégustation des fromages d'essai dans la cave à fromages d'Agroscope à Liebefeld (photo: Jürg Vollmer, Food Revolution).

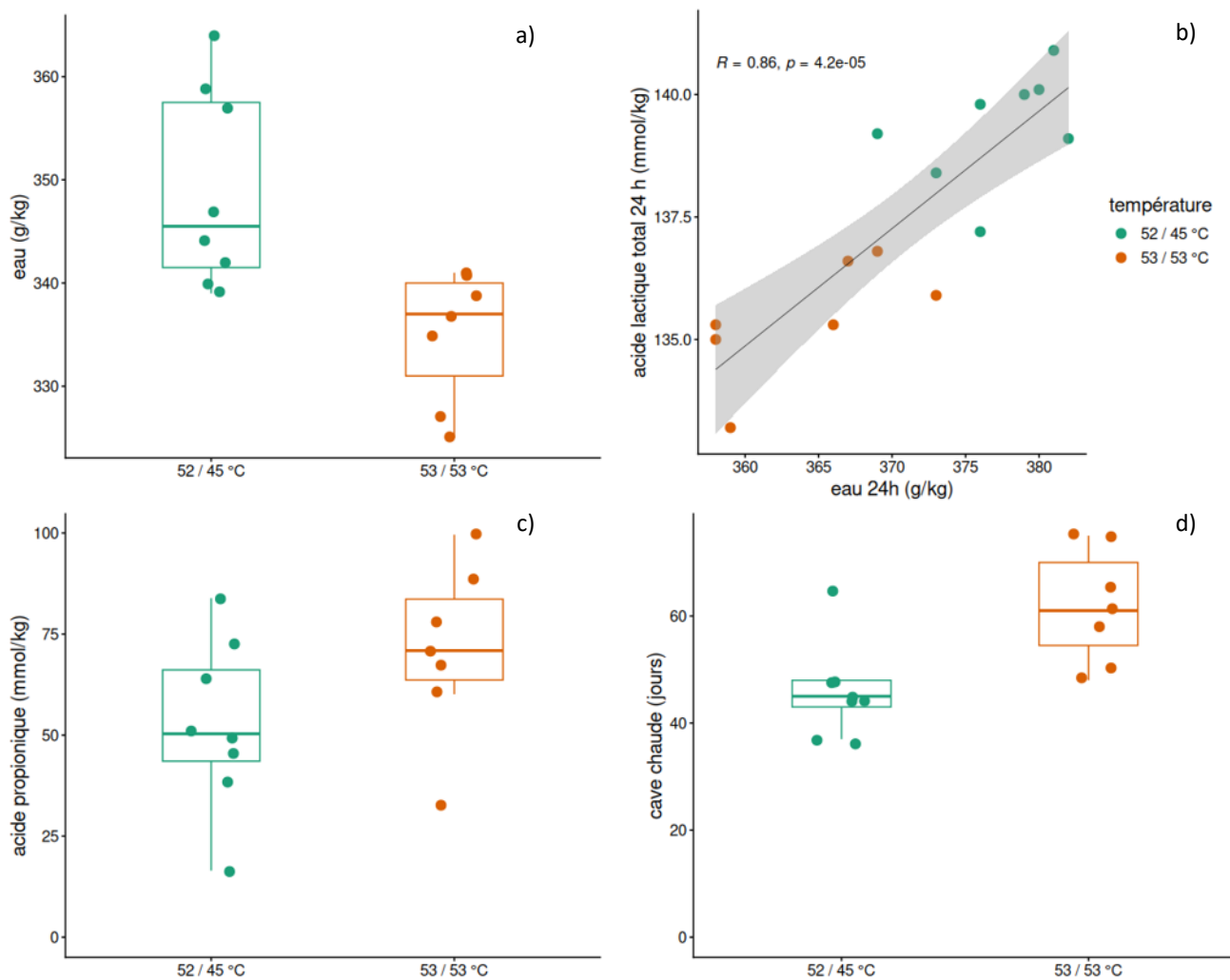


Figure 5: Influence du profil de température sur la teneur en eau du fromage affiné (a), lien entre la teneur en lactate et la teneur en eau du fromage à 24 h (b), influence du profil de température sur la teneur en acide propionique (c) et sur la durée de séjour des fromages en cave chaude (d).



Figure 6: Propriétés sensorielles (N = 48) de l'Emmentaler Dolce (52/45 °C) et du fromage standard (53/53 °C) (figure: Jonas Inderbitzin). * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

3.2 *Lactobacillus helveticus* & Dolce (52/45 °C)

Le profil de température du fromage de type Dolce (52/45 °C) a fortement favorisé l'activité de la culture Helv 01 (tabl. A3 en annexe); les conditions de croissance étaient manifestement optimales pour *L. helveticus*, ce qui explique les teneurs plus élevées en L-lactate dans les fromages fabriqués à 52/45 °C et avec Helv 01 (en plus du D-lactate, Helv 01 produit aussi du L-lactate) ainsi que les valeurs LAP et OPA plus élevées (fig. 7 et 8). En production fromagère, les valeurs OPA (o-phthaldialdéhyde) et LAP (leucine-aminopeptidase) sont des indicateurs permettant d'évaluer la protéolyse, c'est-à-dire la dégradation des protéines pendant l'affinage. Il n'est donc pas surprenant que la valeur OPA puisse être expliquée statistiquement à plus de 90 % par la teneur en L-lactate et en eau dans les fromages à 24h ($p < 0,001$).

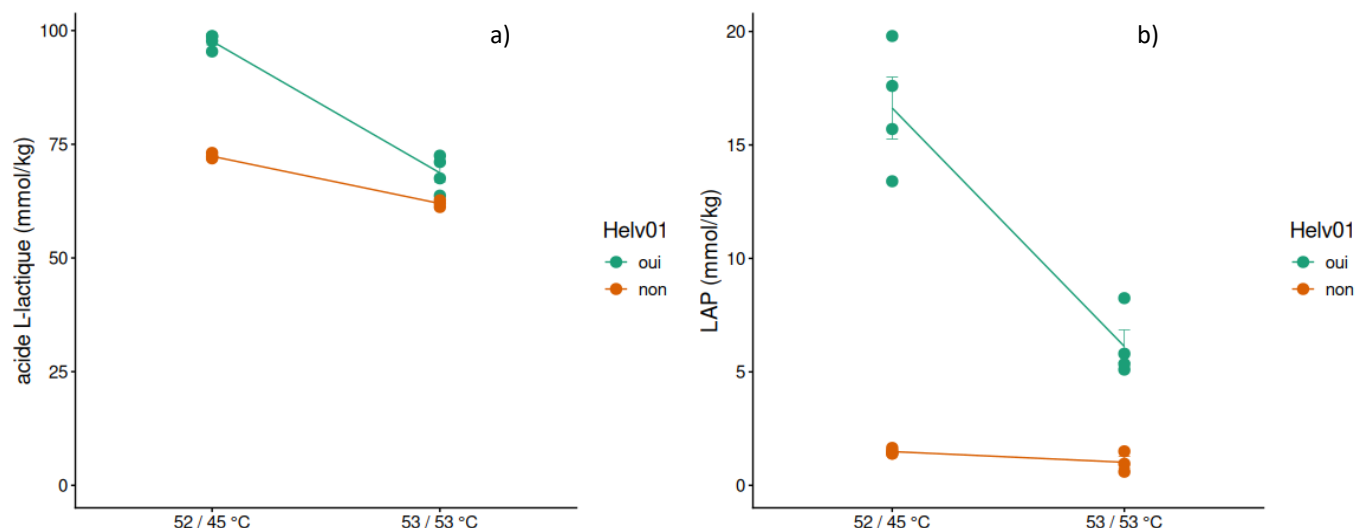


Figure 7: Effet de l'interaction entre le profil de température et Helv 01 sur le L-Lactate (a) et le LAP (b) dans les fromages à 24h.

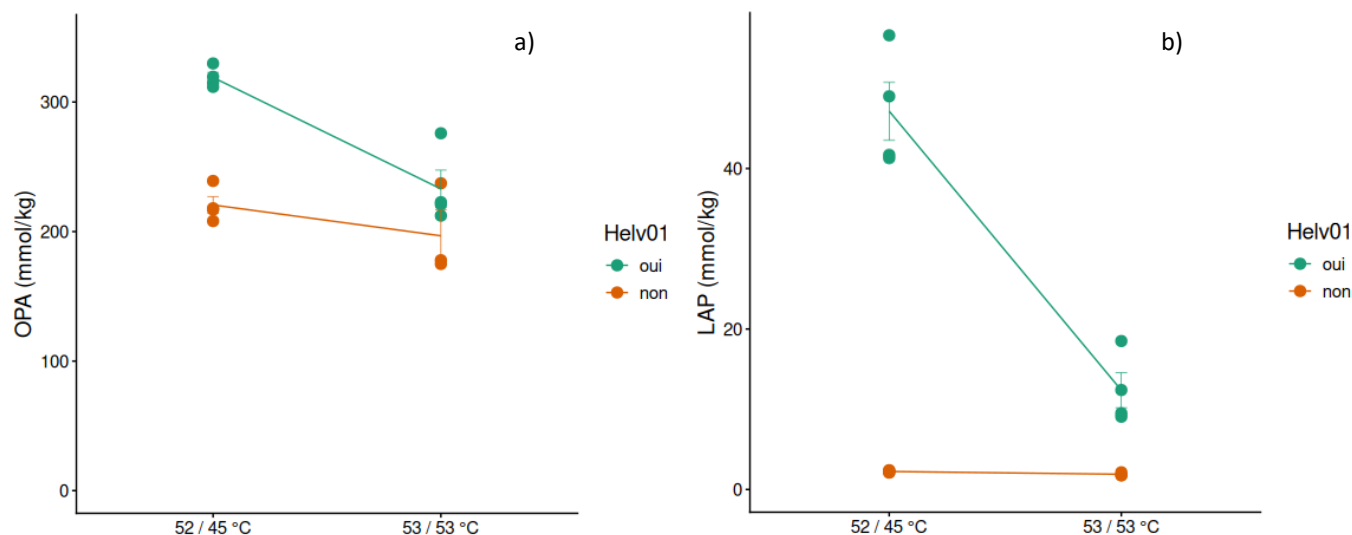


Figure 8: Effet de l'interaction entre le profil de température et Helv 01 sur l'OPA (a) et le LAP (b) dans les fromages affinés.

La culture Helv 01 a également fortement influencé les propriétés sensorielles (fig. 9): les fromages fabriqués avec la culture Helv 01 présentaient un arôme plus intense, une note de noix plus prononcée, un goût nettement plus doux et une amertume légèrement plus faible. Le goût plus doux a été qualifié de «caramélisé» et jugé très positivement. Des effets marqués dus à l'interaction avec le profil de température ont également été observés au niveau des propriétés sensorielles: les fromages fabriqués à 52/45 °C sans Helv 01 ont été jugés globalement plus amers

que les fromages témoins, mais surtout plus amers que les fromages fabriqués à 52/45 °C avec la culture Helv 01 (fig. 10a). On observe régulièrement que *L. helveticus* peut réduire considérablement l'amertume. Ce phénomène est dû à ses enzymes protéolytiques, qui séparent les peptides amers en peptides plus petits (non amers) et en acides aminés. Le même effet interactif a également été observé pour les attributs «note de noix», «salé» et «intensité aromatique»: les fromages Dolce fabriqués avec la culture Helv 01 présentaient un arôme nettement plus intense (fig. 10b). Le goût de noix et le caractère doux en particulier, mais aussi la salinité, étaient nettement plus prononcées (non illustré). Dans les fromages témoins avec le profil de température de l'Emmentaler standard (53/53 °C), seul un faible effet dû à la culture Helv 01 a pu être observé.

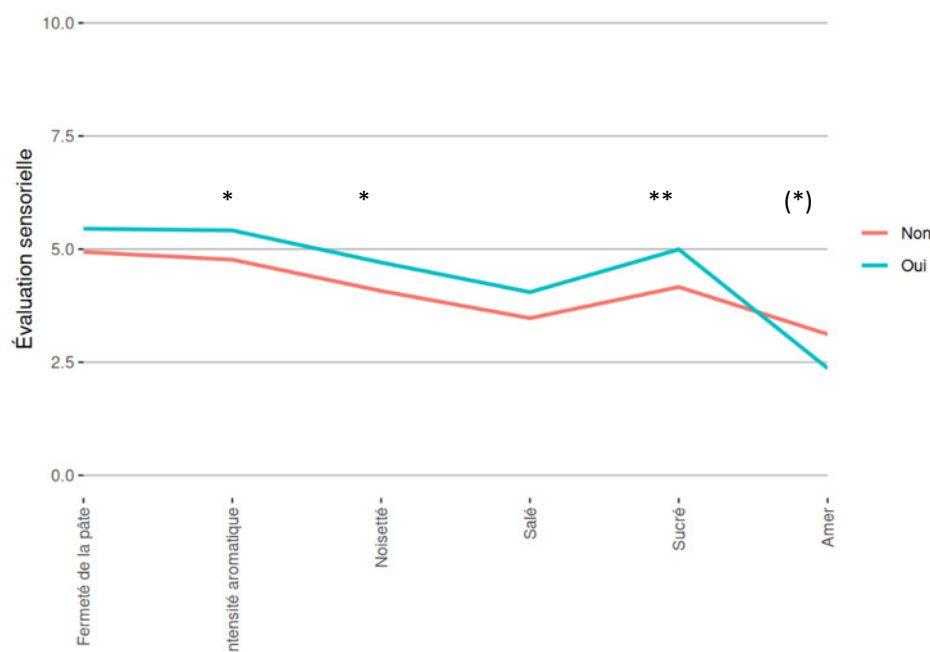


Fig. 9: Propriétés sensorielles (N = 48) des fromages avec (Oui) et sans Helv 01 (Non) (figure: Jonas Inderbitzin). * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$.

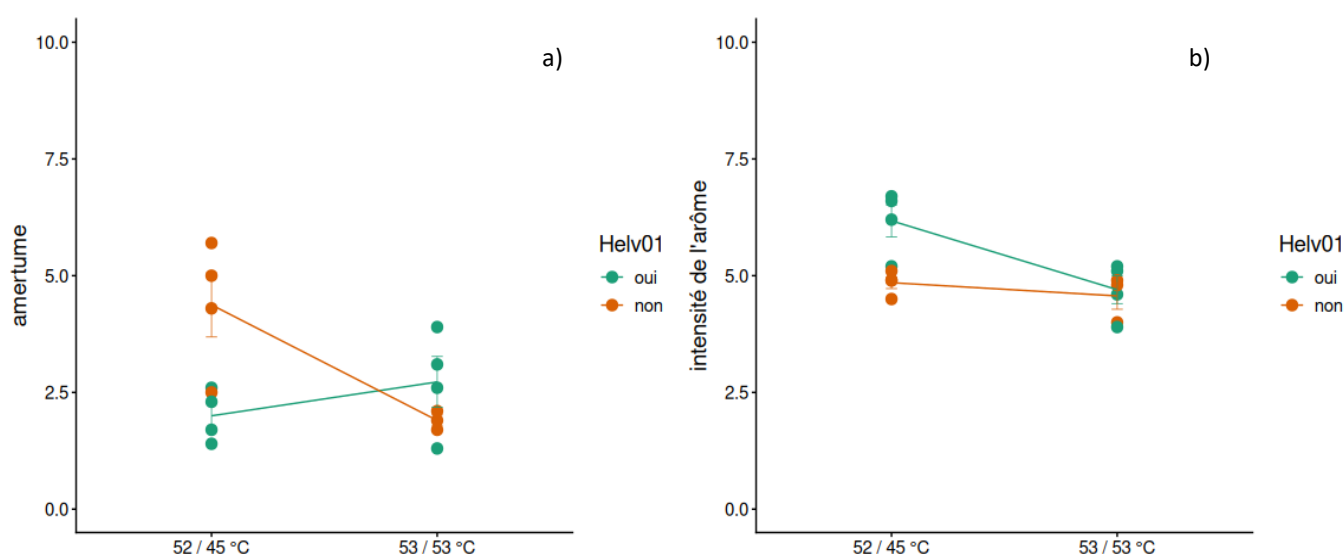


Figure 10: Effet de l'interaction entre le profil de température et Helv 01 sur l'amertume (a) et l'intensité de l'arôme (b) dans les fromages affinés.

3.3 Lactobacilles hétérofermentaires facultatifs & Dolce (52/45 °C)

Comme prévu, les LHF ont prolongé la durée de séjour des fromages en cave chaude (fig. 11a). Le profil de température n'a eu aucun effet sur l'activité des LHF (cf. tabl. A4 en annexe), à l'exception du métabolisme du citrate. Cette interaction significative entre le profil de température et les LHF – illustrée à la fig. 11b – montre que ce n'est que dans les fromages de type Emmentaler (53/53 °C) que le citrate n'a pas été dégradé. Dans les fromages de type Dolce (52/45 °C), en revanche, le citrate a été dégradé même sans ajout de LHF, ce qui indique la croissance de micro-organismes issus du lait cru capables de dégrader le citrate, tels que les LHF et/ou les entérocoques.

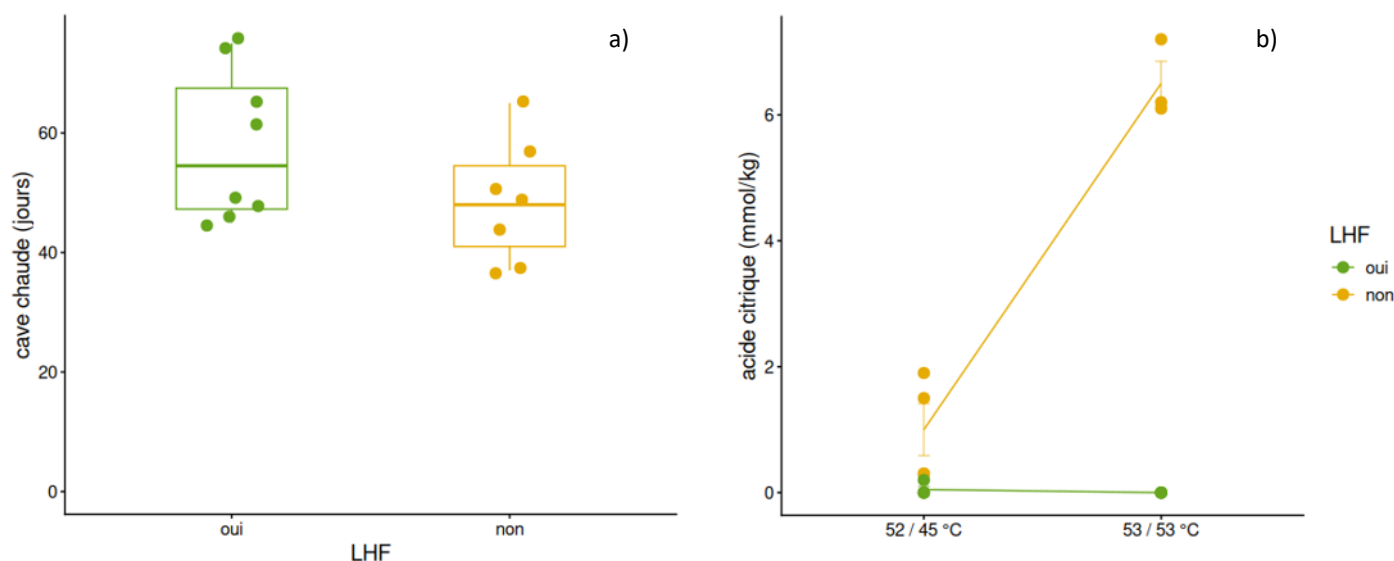


Figure 11: Influence de la culture de LHF sur la durée de séjour des fromages en cave chaude (a) et effet de l'interaction entre le profil de température et les LHF sur la dégradation du citrate (b) dans les fromages affinés.

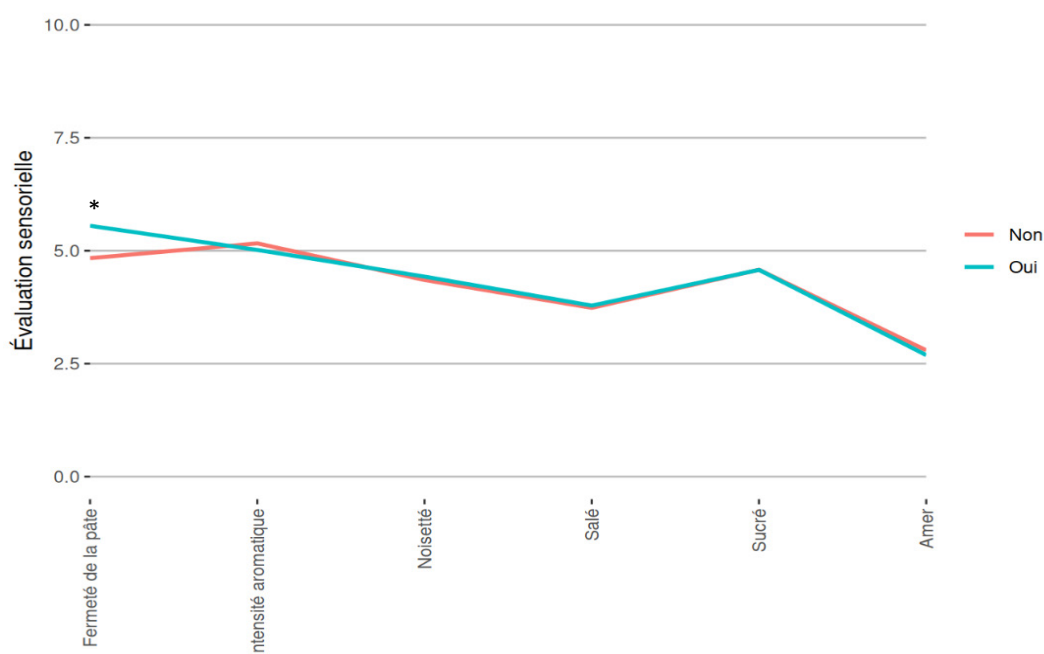


Figure 12: Propriétés sensorielles (N = 48) des fromages avec LHF (Oui) et sans LHF (Non) (figure: Jonas Inderbitzin, Agroscope). *p ≤ 0,05.

Dans cet essai, les LHF n'ont eu qu'une faible influence sur les propriétés sensorielles, seule la pâte s'est révélée significativement plus ferme après l'ajout de LHF (fig. 12). Ce phénomène pourrait s'expliquer par leur activité protéolytique, déjà observée à plusieurs reprises dans des études antérieures (Bütikofer et al., 1998; Fröhlich-Wyder et al., 2002; Fröhlich-Wyder et Bachmann, 2024; Assurance qualité des bactéries propioniques, années 2000–2014). En raison de l'activité protéolytique, une plus grande quantité d'eau libre est liée, ce qui rend la pâte plus ferme.

3.4 Lactobacilles hétérofermentaires facultatifs et bactéries propioniques

Dans le présent essai, les différents profils de température n'ont eu aucun effet sur les bactéries propioniques (cf. tabl. A2 en annexe); celles-ci n'ont pas pu non plus être distinguées sur le plan sensoriel (résultats non présentés). Cependant, certains effets dus à l'interaction entre les bactéries propioniques et les LHF ont été observés. Les LHF sont utilisés dans la fabrication de l'Emmentaler AOP pour contrôler la fermentation propionique. Toutes les souches de bactéries propioniques ne peuvent pas être contrôlées ou inhibées avec la même efficacité (Fröhlich-Wyder et al., 2002), ce qui a également été observé ici: ce sont les fromages Prop 96 fabriqués avec des LHF qui sont restés en moyenne le plus longtemps en cave chaude (fig. 13a); les fromages Prop 23, avec ou sans LHF, sont restés tout aussi longtemps en cave chaude. En ce qui concerne la fermentation propionique, en revanche, il a été constaté que les LHF inhibaient les deux cultures de bactéries propioniques de manière comparable (fig. 13b).

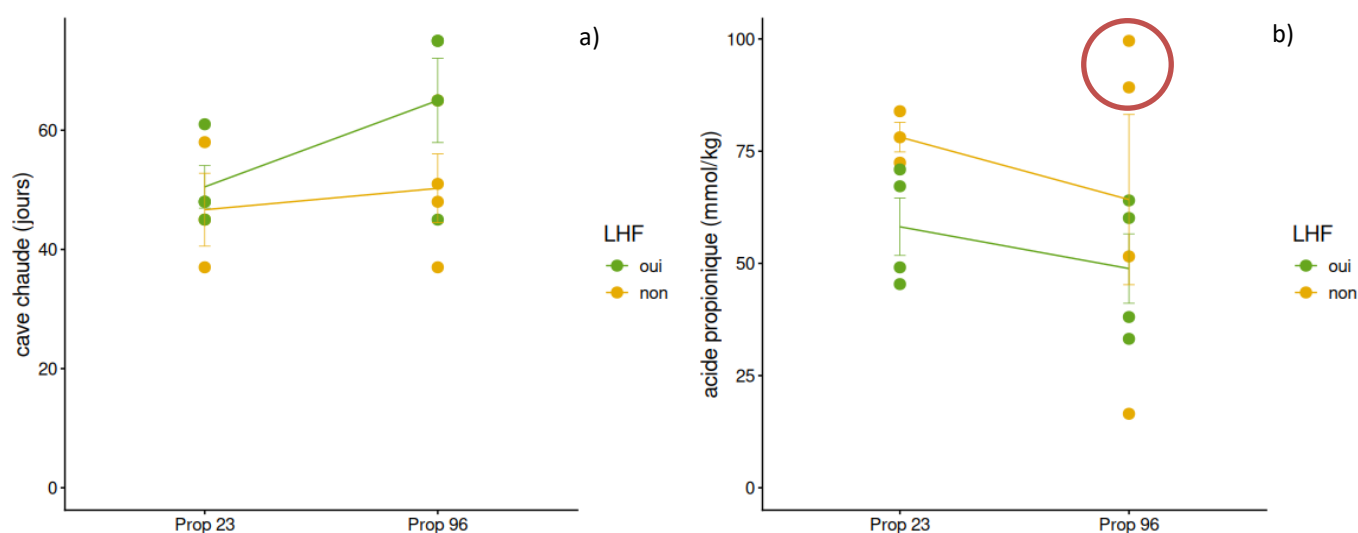


Figure 13: Effet de l'interaction entre Prop et LHF sur la durée de séjour en cave chaude (a) ou la teneur en acide propionique (b) dans les fromages affinés. Cercle rouge: fromage de type Dolce (52/45 °C).

Une interaction, probablement sous-estimée, est illustrée dans la figure 14: les fromages fabriqués avec la culture Prop 96 et des LHF se sont distingués par une valeur OPA plus élevée. Comme indiqué précédemment, ce phénomène a déjà été observé dans plusieurs études. Dans la pratique fromagère, si des valeurs OPA élevées sont détectées dans un Emmentaler, ce n'est pas nécessairement dû à la présence de micro-organismes étrangers. – La protéolyse la plus intense a toutefois été observée dans les fromages de type Dolce avec un profil de température de 52/45 °C et avec la culture Helv 01.

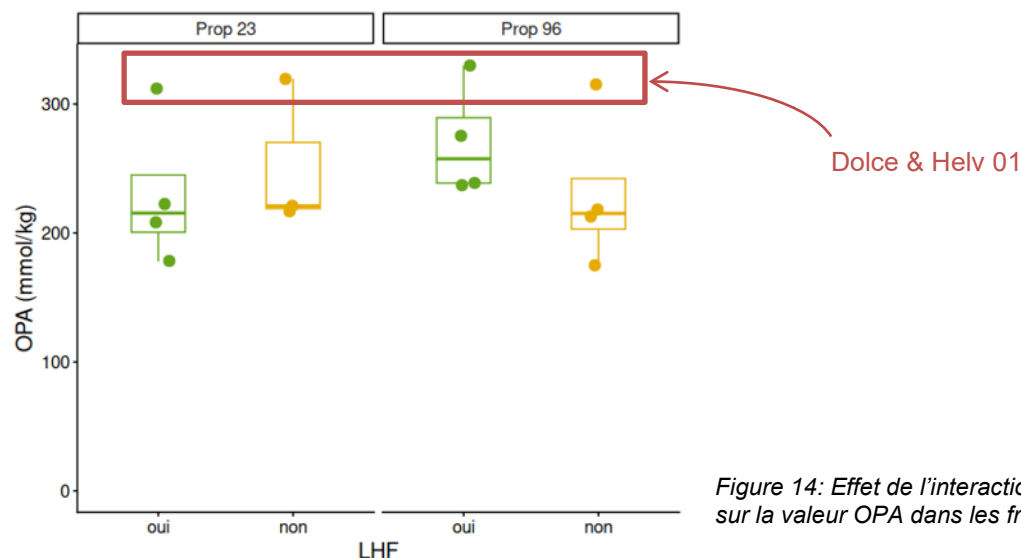


Figure 14: Effet de l'interaction entre les LHF et les Prop sur la valeur OPA dans les fromages affinés.

3.5 Micro-organismes indésirables: effet dû au jour de fabrication & Dolce (52/45°C)

Non seulement les souches de *L. helveticus* de la culture Helv 01 ont trouvé des conditions de croissance idéales dans les fromages fabriqués à 52/45 °C, mais aussi – lorsqu'ils étaient présents – des micro-organismes indésirables présents dans le lait cru. Ce phénomène avait déjà été constaté lors de la dégradation du citrate (fig. 11b).

La putrescine (p. ex. *Paucilactobacillus wasatchensis*) et l'histamine (p. ex. *Lentilactobacillus parabuchneri*) ont été détectées en particulier dans les fromages fabriqués à 52/45 °C du 2^e jour de fabrication; la tyramine en revanche (p. ex. *Latilactobacillus curvatus*, *Levilactobacillus brevis*, entérocoques) a été détectée dans tous les fromages du 1^{er} jour de fabrication (fig. 15).

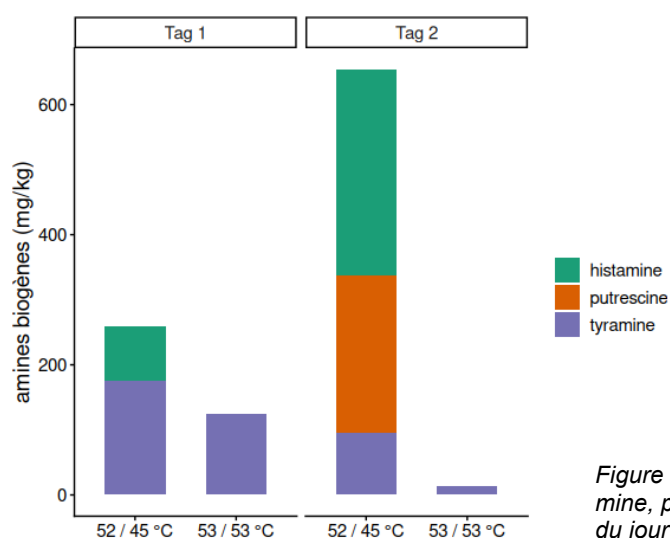


Figure 15: Teneurs moyennes (N = 4) en amines biogènes histamine, putrescine et tyramine dans les fromages d'essai, en fonction du jour de fabrication et du profil de température.

Par rapport à la fabrication standard, la fermentation propionique dans les fromages fabriqués à 52/45 °C était plus faible en raison d'un milieu plus acide (fig. 5), contrairement à la formation d'amines biogènes. L'histamine, par exemple, est formée à partir de l'histidine sous l'action de l'histidine décarboxylase, ce qui contribue à la stabilisation du pH et permet ainsi de réguler le stress acide. Outre le profil de température et la teneur en eau plus élevée, le stress acide pourrait constituer un autre facteur favorisant la formation d'amines biogènes. Une qualité élevée du lait cru reste donc une condition indispensable à la fabrication des fromages.

Le profil de température du Dolce (52/45 °C) n'était pas le seul facteur influençant la formation d'amines biogènes. Un effet intéressant des LHF a été observé pour la tyramine: les LHF semblaient entrer en concurrence avec d'éventuels entérocoques, de sorte que ceux-ci ont produit moins de tyramine (tabl. A4 en annexe). La culture Helv 01, en revanche, fortement protéolytique, a probablement augmenté la disponibilité des acides aminés libres, ce qui a permis aux contaminants de se décarboxyler en amines biogènes (tabl. A3 en annexe).

3.6 Traitement au bain de sel et Dolce (52/45°C)

Des études d'Agroscope ont montré qu'un traitement au bain de sel à 15 °Bé plutôt qu'à 21 °Bé n'entraînait pas nécessairement une teneur en sel plus faible dans le fromage (Guggisberg et al., 2025; Fröhlich-Wyder et al., 2025). De plus, il a été observé que la répartition de l'eau à 15 °Bé était dès le départ plus homogène qu'à 21 °Bé et que les variantes fabriquées à 52/45 °C présentaient une perte en eau moindre pour une absorption de sel comparable. Dans le cadre du présent essai, les durées de traitement au bain de sel étaient variables, l'objectif étant de maximiser l'absorption du sel dans le bain de sel à 15 °Bé en y laissant les fromages pendant 72 h au lieu de 24 h.

La figure 16a montre que la perte en eau des fromages fabriqués à 52/45 °C ne différait pas entre les différents traitements au bain de sel, bien que les fromages aient séjourné nettement plus longtemps dans le bain de sel à 15 °Bé. En revanche, indépendamment de la concentration du bain de sel, la perte en eau des fromages témoins semblait dépendre fortement de la durée de séjour: plus elle était longue, plus la perte en eau était importante. L'absorption de sel s'est déroulée comme prévu: ce sont les fromages Dolce (52/45 °C) placés dans le bain de sel à 15 °Bé pendant 72 h qui en ont absorbé le plus.

Étant donné que, contrairement à la durée de séjour, la concentration du bain de sel n'a pas eu d'influence notable sur la teneur en sel des fromages, c'est principalement la durée de séjour qui a influencé de manière significative leurs caractéristiques sensorielles: les fromages qui sont restés plus longtemps dans le bain de sel présentaient une pâte plus ferme et étaient nettement plus salés (fig. 17).

De manière cohérente avec les observations relatives à la perte en eau et à l'absorption de sel (fig. 16), les fromages témoins ayant séjourné dans un bain de sel à 15 °Bé pendant 72 h ont gagné davantage en fermeté que les fromages fabriqués à 52/45 °C, par rapport au traitement dans un bain de sel à 21 °Bé pendant 24 h. À l'inverse, les fromages Dolce (52/45 °C) ont vu leur salinité augmenter nettement plus que celle des fromages témoins (fig. 18).

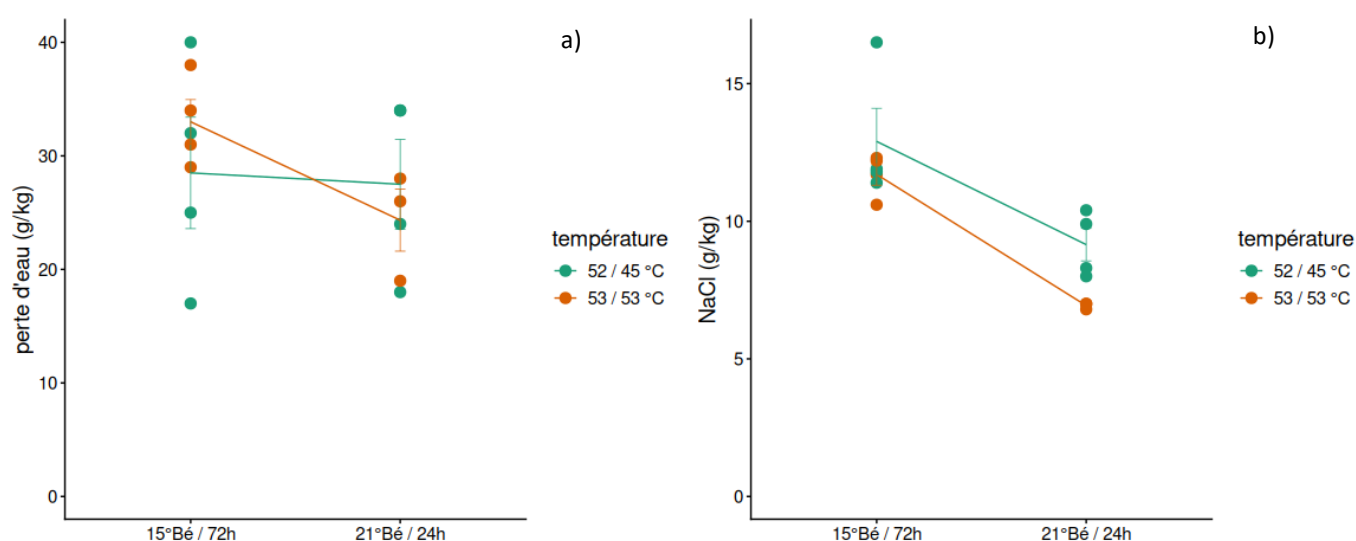


Figure 16: Effet de l'interaction (n.s.) entre le traitement au bain de sel et la température sur la perte en eau (a) et la teneur en NaCl (b).

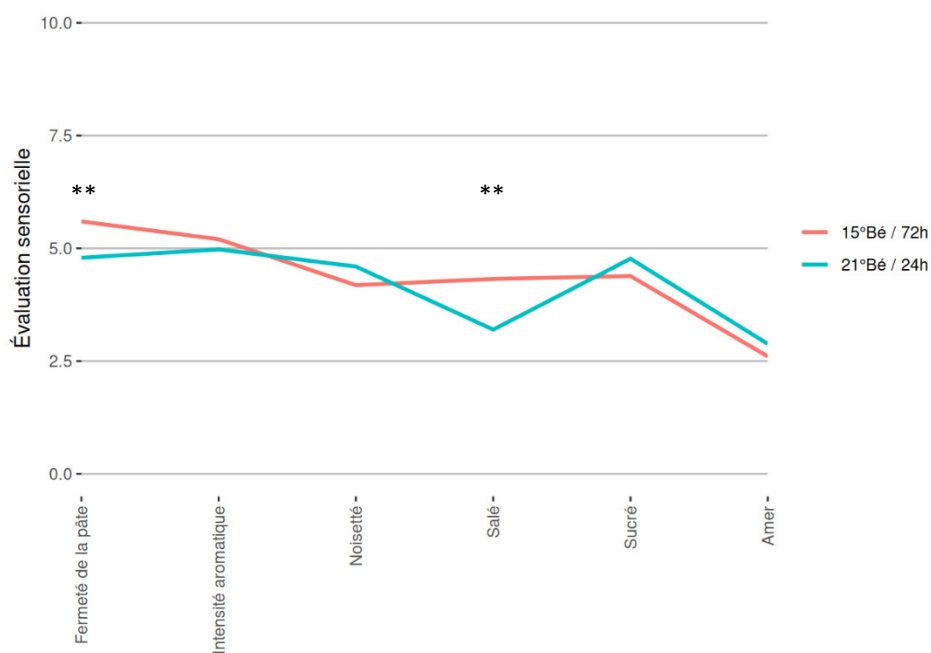


Figure 17: Propriétés sensorielles (N = 48) des fromages selon le traitement au bain de sel (figure: Jonas Inderbitzin, Agroscope). ** $p \leq 0,01$.

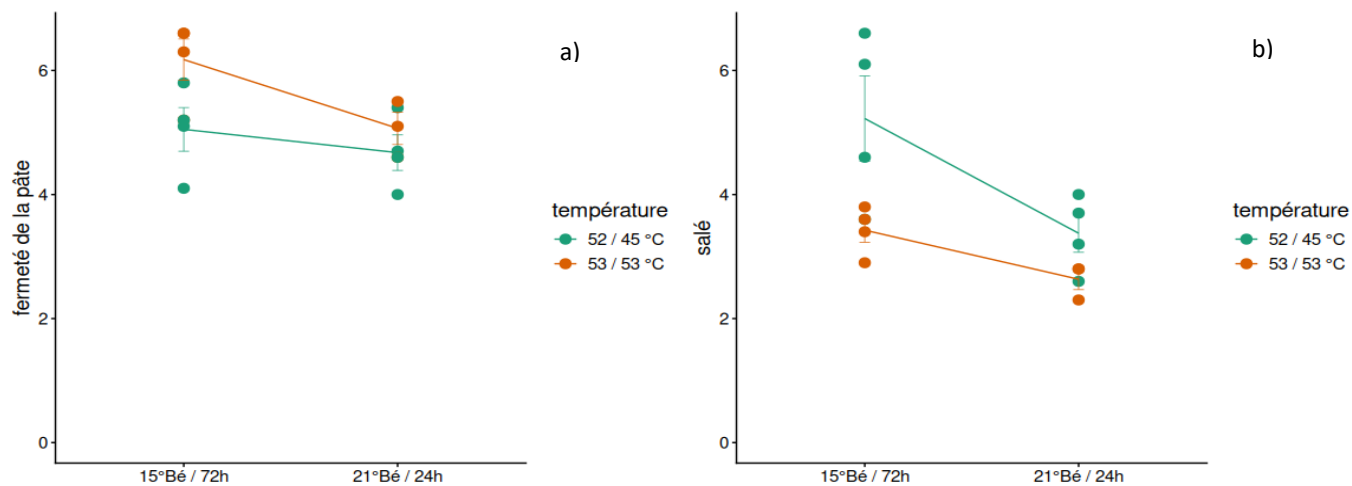


Figure 18: Effet de l'interaction entre le bain de sel et le profil de température sur la fermeté de la pâte (a) et la salinité des fromages (b).

4 Conclusions

Certes, le plan d'essai partiellement factoriel a fait ses preuves, mais l'analyse de plusieurs facteurs et des interactions sélectionnées à deux facteurs représente un défi particulier pour ne pas perdre de vue l'ensemble.

C'est le profil de température lors du chauffage du grain/moulage (Dolce 52/45 °C ↔ Emmentaler 53/53 °C) ainsi que la culture Helv 01 et ses interactions qui ont eu les effets les plus marqués sur la qualité du fromage. Toutefois, des influences significatives ont également été observées pour les autres facteurs.

Dans la **variante Dolce (chauffage du grain: 52 °C, brassage et moulage: 45 °C)**, la teneur en eau du fromage a augmenté et la fermentation lactique a été intensifiée. De manière générale, les processus microbiologiques et biochimiques se sont accélérés, ce qui a été constaté par la présence de métabolites correspondantes et par un temps de séjour plus court en cave chaude. Cette accélération a eu pour conséquence que des processus indésirables se sont aussi manifestés de manière renforcée, notamment la formation d'amines biogènes, attribuable à la présence probable dans le lait de fabrication des microorganismes responsables. Seule la fermentation propionique s'est révélée plus faible dans les fromages Dolce, peut-être en raison d'une acidification plus intense. Des effets significatifs ont également été observés sur le plan sensoriel: les fromages ont été jugés moins fermes, plus salés et plus amers.

La culture **Helv 01** a produit davantage de L-lactate et a intensifié la fermentation lactique. Les valeurs LAP et OPA étaient nettement plus élevées, ce qui a peut-être contribué à l'augmentation de la teneur en amines biogènes. Les micro-organismes étrangers présents dans le lait cru, responsables de la formation d'amines, disposaient de quantités accrues d'acides aminés qu'ils ont pu décarboxyler en amines biogènes. La culture Helv 01 a eu une influence notable sur les caractéristiques sensorielles: les fromages ont été jugés nettement plus doux avec une note de caramel et une note de noix plus marquée, un arôme plus intense, légèrement plus salés et un peu plus fermes.

La **combinaison du profil de température Dolce (52/45 °C) avec la culture Helv 01** a entraîné une activité accrue de *L. helveticus*, ce qui s'est traduit, entre autres, par des valeurs LAP et OPA ainsi que des teneurs en L-lactate plus élevées. Cette augmentation de l'activité a contribué à une nette amélioration de la qualité sensorielle: les fromages Dolce n'étaient plus perçus comme amers et les notes sucrées, salées et de noix ont gagné en intensité.

Les deux cultures de **bactéries propioniques** se sont comportées comme prévu: comparée à la Prop 23, la Prop 96 a contribué à prolonger la durée de séjour des fromages en cave chaude, les deux isomères de lactate étaient détectables dans le fromage affiné et la teneur en succinate était plus faible. La Prop 96 s'est révélée moins lipolytique, mais davantage protéolytique. L'association de la culture Prop 96 et des LHF a prolongé la durée de séjour en cave chaude et renforcé la protéolyse. Sur le plan sensoriel, les deux cultures ne présentaient pas de différences significatives; une interaction intéressante avec les LHF a toutefois été observée: les fromages fabriqués avec la culture Prop 96 et des LHF présentaient une note de noix plus marquée et étaient plus doux que ceux fabriqués uniquement avec la culture Prop 96. Pour les fromages fabriqués avec la culture Prop 23, c'était exactement l'inverse. Quant aux fromages Dolce (52/45 °C) fabriqués avec la culture Helv 01, ils présentaient une note de noix plus marquée et étaient plus doux.

Les **LHF** se sont également comportés comme prévu: ils ont intensifié la fermentation lactique, prolongé le temps de séjour des fromages en cave chaude, formé de l'acide formique et contribué à intensifier la protéolyse. La protéolyse s'est révélée encore plus intense en association avec la culture Prop 96. Ils ont par ailleurs légèrement ralenti la fermentation propionique ainsi que la formation de tyramine. Dans les fromages Dolce (52/45 °C) fabriqués sans Helv 01, les LHF ont contribué à réduire l'amertume, ce qui, comme pour l'Helv 01, peut être attribué à leur activité protéolytique. Dans les fromages de type Emmentaler (53/53 °C), c'était exactement l'inverse: l'amertume était plus prononcée avec les LHF.

De manière générale, la teneur en sel des fromages modèles était supérieure à celle habituellement mesurée dans les Emmentaler. C'est pourquoi les résultats sensoriels obtenus dans le cadre du présent essai pourraient différer quelque peu de ceux observés dans la pratique. Ils mettent néanmoins en évidence l'influence des facteurs sélectionnés. La **prolongation de la durée de séjour dans le bain de sel à 15 °Bé** a contribué à une teneur en sel plus élevée, à des valeurs LAP également plus élevées et à une teneur en acide acétique plus faible. Les fromages ont été perçus comme plus fermes et plus salés, mais moins doux. Un effet similaire à celui constaté dans des travaux antérieurs a été relevé, à savoir que l'absorption de sel et la perte en eau des fromages fabriqués à 52/45 °C n'étaient

pas identiques dans les deux bains de sel. Lors du séjour prolongé dans le bain de sel à 15 °Bé, ce sont les fromages fabriqués à 52/45 °C qui ont absorbé le plus de sel; la perte en eau était toutefois comparable entre les deux traitements. Il en allait de même pour la fermeté de la pâte, qui a moins augmenté pour les fromages fabriqués à 52/45 °C et ayant séjourné plus longtemps dans le bain de sel à 15 °Bé que pour les fromages de type Emmentaler (53/53 °C).

5 En Résumé

En résumé, on peut retenir que:

- le profil de température des fromages Dolce (chauffage du grain: 52 °C; moulage: 45 °C)
- l'ajout de la culture Helv 01
- la durée de séjour prolongée dans le bain de sel à 15 °Bé

permettent de produire de manière ciblée des fromages de type Emmentaler plus savoureux et présentant une maturation optimale dès le début de la transformation. A cet effet, il faut cependant un lait de fabrication d'une qualité irréprochable, le savoir-faire du fromager ainsi qu'une approche prudente pour déterminer les paramètres optimaux spécifiques à chaque fromagerie. Autrement dit, cela pourrait signifier qu'il n'est pas nécessaire de choisir systématiquement les valeurs extrêmes. Ainsi, le moulage du caillé à 47 ou 49 °C pourrait déjà produire l'effet souhaité. Il est également important de procéder par étapes, en ne modifiant qu'un seul facteur à la fois.

6 Démarche ultérieure

Les résultats obtenus dans le cadre du projet Dolce constituent une excellente base pour le développement d'une recette alternative d'Emmentaler. Les caractéristiques sensorielles obtenues peuvent rivaliser avec celles de fromages de la concurrence étrangère qui connaissent un grand succès (Fol Epi, Maasdamer, Jarlsberg, etc.).

Dans le contexte actuel cependant (critères de taxation, durée de conservation prolongée requise, gestion des volumes en fonction de la qualité), aucun fromager n'envisage pour l'instant d'adapter la fabrication de l'Emmentaler AOP. Ces résultats représentent néanmoins pour Emmentaler Switzerland une opportunité prometteuse pour séduire de nouveaux groupes de consommateurs grâce à une recette adaptée.

7 Remerciements

Sans la contribution des collaboratrices et collaborateurs d'Agroscope à Liebefeld (Berne), ces travaux de recherche n'auraient pas été possibles. Nous tenons à remercier Florian Loosli et Olivia Hinni (groupe de recherche «Technologie appliquée de transformation») pour la fabrication du fromage; Charlotte Fleuti et ses collaboratrices (groupe de recherche «Composants») pour les analyses chimiques; Lotti Egger, Reto Portmann et leurs collaboratrices et collaborateurs (groupe de recherche «Biochimie du lait et micro-organismes») pour les analyses biochimiques et l'analyse des amines biogènes ainsi que Jonas Inderbitzin et ses collaboratrices et collaborateurs (groupe de recherche «Qualité post-récolte des produits d'origine végétale») pour les analyses sensorielles.

Certaines parties de ce projet ont été cofinancées par Innosuisse (numéro de projet 120.360 IP-LS) (développement de la culture Prop 23).

8 Bibliographie

- Bütikofer, U.; Baumann, E.; Sieber, R.; Bosset, J.O. (1998). Ripening of Emmental Cheese Wrapped in Foil with and without Addition of *Lactobacillus casei* subsp. *casei*. IV. HPLC Separation of Water-soluble Peptides, LWT - Food Science and Technology, 31 (3) 297-301, <https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0342>.
- Fröhlich-Wyder, M. T., Bachmann, H. P., & Casey, M. G. (2002). Interaction between propionibacteria and starter/non-starter lactic acid bacteria in Swiss-type cheeses. Lait, 82 (1), 1-15. <https://doi.org/10.1051/lait:2001001>
- Fröhlich-Wyder, M. T. & Bachmann, H. P. (2024). Emmentaler Dolce. Un jeune fromage de type Emmentaler avec davantage d'arôme et une pâte plus souple. Agroscope Transfer, 551, 1-18. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/57457>
- Fröhlich M. T., Guggisberg D., Aeschlimann T., Bisig W. (2025). Sel de cuisine: le dilemme: Comment l'importance du NaCl pour le goût et l'arôme de l'Emmentaler Suisse a été oubliée et ce qui peut être fait pour y remédier. Agroscope Science, 203, 1-25. <https://doi.org/10.34776/as203g>.
- Guggisberg, D., Bisig, W., Loosli, F., Stoop, R., Schmidt, R.S., Fröhlich-Wyder, M.T. (2025). Optimizing NaCl uptake in experimental Emmentaler cheese: Effects of brining concentration, temperature, and duration. International Dairy Journal, 170, 106383. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2025.106383>.

Annexe

Tableau A1: Facteur Profil de température. *p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001. BS = bain de sel.

Paramètre		Unité	Valeur moyenne (N = 8)		Ecart-type		Valeur p	
			52 / 45 °C		53 / 53 °C		Facteur	Interaction
Fromage 24 h	Fromage en cave chaude	Jours	46.3	8.7	61.9	10.7	**	
	Eau	g/kg	377.0	4.4	364.3	6.0	**	
	L-Lactate	mmol/kg	85.0	13.6	65.8	4.6	***	** Helv 01
	LAP	IU/kg	9.1	8.3	3.9	2.9	***	** Helv 01
Fromage affiné	Eau	g/kg	349.0	9.6	335.0	6.5	**	
	NaCl	g/kg	11.0	2.7	9.7	2.6		
	Acide formique	mmol/kg	7.5	2.2	4.7	4.2	**	* LHF
	Acide propionique	mmol/kg	52.6	21.0	71.2	21.5	*	
	L-Lactate	mmol/kg	68.2	20.5	41.6	30.6	***	
	Lactate total	mmol/kg	91.6	28.9	60.6	45.8	**	
	LAP	IU/kg	24.7	24.5	7.9	6.4	***	*** Helv 01
	OPA	mmol/kg	269.8	53.6	217.4	34.7	***	** Helv 01 ** LHF
	Citrate	mmol/kg	0.5	0.7	2.8	3.5	***	*** LHF
	Succinate	mmol/kg	5.4	3.4	4.7	2.7		
	Volume rel. de l'ouverture	% (CT)	200.7	205.4	0.0	0.0	*	
	Histamine	mg/kg	135.2	78.2	76.4	102.3	**	** Helv 01 * BS
	Tyramine	mg/kg	5.4	3.4	2.2	1.4		

Tableau A2: Facteur Bactéries propioniques. *p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001.

Paramètre		Unité	Valeur moyenne (N = 8)	Ecart-type	Valeur moyenne (N = 8)	Ecart-type	Valeur p	
			Prop 23		Prop 96		Facteur	Interaction
Fromage 24 h	Fromage en cave chaude	Jours	48.9	8.2	57.6	14.3	*	* LHF
	Eau	g/kg	371.4	6.9	370.8	9.8		
	L-Lactate	mmol/kg	76.4	14.8	75.8	14.5		
	LAP	IU/kg	6.9	7.0	6.5	6.9		
Fromage affiné	Eau	g/kg	342.9	12.0	342.1	10.5		
	NaCl	g/kg	10.4	2.1	10.4	3.2		
	Acide formique	mmol/kg	5.9	3.1	6.4	3.9		
	Acide propionique	mmol/kg	66.7	14.4	56.5	28.0	(*)	
	L-Lactate	mmol/kg	69.6	18.8	43.6	30.6	***	
	Lactate total	mmol/kg	74.5	27.2	79.4	50.0		
	LAP	IU/kg	16.9	19.9	16.8	21.1		
	OPA	mmol/kg	239.7	54.0	250.3	52.9	*	** LHF
	Citrate	mmol/kg	1.4	2.3	1.7	3.0		
	Succinate	mmol/kg	7.3	2.7	3.2	1.7	**	
	Volume rel. de l'ouverture	% (CT)	4.9	3.6	3.0	2.3		

Tableau A3: Facteur Helv 01. *p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001.

Paramètre		Unité	Valeur moyenne (N = 8)	Ecart-type	Valeur moyenne (N = 8)	Ecart-type	Valeur p	
			avec Helv 01		sans Helv 01		Facteur	Interaction
Fromage 24 h	Fromage en cave chaude	Jours	49.5	12.4	58.1	11.3	*	
	Eau	g/kg	371.5	9.7	370.6	7.0		
	L-Lactate	mmol/kg	83.2	15.7	67.9	5.6	***	*** Temp.
	LAP	IU/kg	11.4	6.0	1.3	0.4	***	*** Temp.
Fromage affiné	Eau	g/kg	344.3	14.5	340.4	4.2		
	NaCl	g/kg	10.3	3.4	10.5	1.7		
	Acide formique	mmol/kg	5.9	3.9	6.5	3.2		
	Acide propionique	mmol/kg	61.0	27.6	61.6	17.2		
	L-Lactate	mmol/kg	60.3	30.2	50.6	27.2	**	
	Lactate total	mmol/kg	79.1	43.9	74.9	37.5	(*)	
	LAP	IU/kg	29.8	19.4	2.1	0.2	***	*** Temp.
	OPA	mmol/kg	276.0	50.0	210.3	25.7	***	** Temp.
	Citrate	mmol/kg	5.2	3.0	5.0	3.2		
	Succinate	mmol/kg	1.8	2.7	1.3	2.7		
	Volime rel. de l'ouverture	% (CT)	4.7	3.7	2.9	2.0		
	Histamine	mg/kg	161.0	232.2	45.4	55.6	**	** Temp.
	Tyramine	mg/kg	126.4	104.4	86.3	77.6		

Tableau A4: Facteur LHF. *p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001.

Paramètre		Unité	Valeur moyenne (N = 8)	Ecart-type	Valeur moyenne (N = 8)	Ecart-type	Valeur p	
			avec LHF		sans LHF		Facteur	Interaction
Fromage 24h	Fromage en cave chaude	Jours	57.8	12.9	48.7	10.4	*	* Prop
	Eau	g/kg	371.0	8.9	371.1	8.1		
	L-Lactate	mmol/kg	76.2	14.3	75.9	15.0		
	LAP	IU/kg	6.3	6.3	7.1	7.6		
Fromage affiné	Eau	g/kg	9.9	2.3	10.9	3.1		
	NaCl	g/kg	343.9	12.3	340.9	9.5		
	Acide formique	mmol/kg	8.6	0.8	3.5	3.3	***	* Temp.
	Acide propionique	mmol/kg	53.5	14.0	70.2	28.0	*	
	L-Lactate	mmol/kg	72.5	16.4	36.7	27.5	***	** Temp.
	Lactate total	mmol/kg	101.9	25.6	48.8	34.0	***	
	LAP	IU/kg	16.2	19.0	17.6	22.2		* Temp.
	OPA	mmol/kg	250.3	51.9	239.7	55.2	*	* Temp. ** Prop
	Citrate	mmol/kg	0.0	0.1	3.4	3.0	***	*** Temp.
	Succinate	mmol/kg	3.6	2.3	6.8	2.9	**	
	Volume rel. de l'ouverture	% (CT)	2.5	1.5	5.5	3.6	*	
	Histamine	mg/kg	83.1	141.3	134.4	222.2		** Prop
	Tyramine	mg/kg	58.7	68.3	163.8	86.1	*	

Tableau A5: Facteur Bain de sel. *p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001.

Paramètre		Unité	Valeur moyenne (N = 8)	Ecart-type	Valeur moyenne (N = 8)	Ecart-type	Valeur p	
			15°Bé/72 h		21°Bé/24 h		Facteur	Interaction
Fromage 24 h	Fromage en cave chaude	Jours	56.4	12.8	50.3	11.8	(*)	
	Eau	g/kg	370.0	8.5	372.3	8.4		
	L-Lactate	mmol/kg	75.3	15.3	76.9	13.8		
	LAP	IU/kg	6.9	7.7	6.4	5.9		
Fromage affiné	Eau	g/kg	339.3	11.0	346.1	10.1		
	NaCl	g/kg	12.3	1.8	8.2	1.5	**	
	Acide formique	mmol/kg	5.8	3.7	6.7	3.3		
	Acide propionique	mmol/kg	55.5	25.6	67.9	18.1	(*)	
	L-Lactate	mmol/kg	58.6	29.4	52.6	28.9	*	
	Lactate total	mmol/kg	84.2	44.7	69.0	34.7	*	
	LAP	IU/kg	17.7	22.5	15.9	18.0	(*)	
	OPA	mmol/kg	241.6	54.8	249.7	52.1		
	Citrate	mmol/kg	1.9	3.0	1.2	2.3		
	Succinate	mmol/kg	5.1	3.5	5.2	2.5		
	Volume rel. de l'ouverture	% (CT)	3.3	2.4	4.5	3.7		
	Histamine	mg/kg	139.0	239.1	70.6	68.5	*	
	Tyramine	mg/kg	91.3	80.1	126.5	107.1		* Temp.