



Emmentaler Dolce

Un fromage jeune de type Emmentaler avec davantage d'arôme et une pâte plus souple

Auteurs

Marie-Therese Fröhlich-Wyder et Hans-Peter Bachmann

Partenaires

Emmentaler Switzerland, Consortium Emmentaler AOP



Impressum

Éditeur	Agroscope Schwarzenburgstrasse 161 3003 Beme www.agroscope.ch
Renseignements	marie-therese.froehlich@agroscope.admin.ch
Rédaction	Marie-Therese Fröhlich-Wyder
Photo de couverture	© Agroscope
Download	www.agroscope.ch/transfer
Copyright	© Agroscope 2024
ISSN	2296-7230 (online)

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.....	4
1 Introduction.....	5
2 Plusieurs voies possibles pour atteindre le but recherché	7
2.1 Expériences enregistrées dans la pratique	7
2.2 ... et au niveau de la recherche	7
2.3 Sélection de paramètres.....	7
3 Essais réalisés dans la fromagerie pilote	10
3.1 La matière grasse améliore les propriétés de la pâte	10
3.2 Affinage en cave humide, une méthode qui a fait ses preuves?	11
3.3 Culture de petit-lait mûri pour un arôme plus intense	11
3.4 Les pédiocoques, un groupe sous-estimé?.....	12
3.5 Fermentation propionique	12
4 Essais réalisés dans la pratique	13
4.1 La matière grasse améliore les propriétés de la pâte jusqu'à un optimum.....	13
4.2 Sortie du caillé à de basses températures	14
4.3 Helv01 (<i>L. helveticus</i>) dispose de potentiel.....	15
4.4 Fermentation propionique	15
5 Emmentaler Dolce testé dans la pratique	16
5.1 Bilan intermédiaire	16
5.2 Combinaison avec Prop23, Helv01 et de basses températures de sortie du caillé	17
6 Conclusions	19
7 Suite des opérations	19
8 Bibliographie.....	19

Résumé

L'objectif du projet DOLCE était de trouver des voies possibles pour le développement d'un jeune fromage de type Emmentaler qui présente davantage d'arôme et une pâte plus souple. Il s'agit de créer la possibilité de produire une alternative à la concurrence étrangère. L'interprofession de l'Emmentaler et Agroscope ont défini en commun les caractéristiques du produit «Emmentaler Dolce».

Dans un premier temps, des paramètres possibles ont été définis sur la base d'une longue expérience dans le domaine et d'essais similaires déjà réalisés à l'époque auprès de la Station fédérale de recherches laitières (FAM), et ont ensuite été testés au niveau de la fromagerie expérimentale. Dans un deuxième temps, les paramètres les plus prometteurs ont fait l'objet d'une tentative de confirmation dans la pratique.

Une nette amélioration des caractéristiques aromatiques (plus fruité, davantage d'arôme de noix, plus corsé) et des propriétés de la pâte (moins ferme) de l'Emmentaler Dolce de 3-4 mois ainsi que davantage d'ouvertures ont pu être obtenues grâce aux adaptations technologiques suivantes:

- Température de chauffage 52 °C
- Température de sortie du caillé 45 °C (durée de refroidissement: 16-18 min., pas de brassage final). Pour les petites meules, la température de sortie du caillé pourrait aussi être 1-2 °C plus élevée.
- Prop 23 (au lieu de Prop 96)
- Renoncement aux lactobacilles hétérofermentaires facultatifs
- Helv 01 (6 l par 5000 l)
- Teneur en sel nettement plus élevée après un bain de sel prolongé d'un jour (entre 0,7 et 1,0 %)
- Possibilité d'améliorer encore la texture grâce à une teneur en matières grasses légèrement plus élevée.

Les connaissances acquises dans le cadre de ce projet constituent une bonne base pour la production d'une alternative aux fromages à gros trous étrangers qui connaissent un grand succès. L'Emmentaler Dolce ne doit cependant pas être taxé à la même aune que l'Emmentaler AOP.

1 Introduction

L'Emmentaler est l'une des variétés de fromage les plus répandues dans le monde. Pour des raisons historiques, de l'Emmentaler et d'autres fromages de type Emmentaler sont donc également fabriqués 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 proposés plus chers que l'original, même en Suisse. Conséquence: les quantités libérées ont atteint un niveau record et mettent les fromageries sous une pression supplémentaire.

<p>Chäs Hüsli</p>  <p>250g Anpassen 2.70/100g</p> <p>Naturaplan Bio Emmentaler mild</p>	<p>Chäs Hüsli</p>  <p>250g Anpassen 2.50/100g</p> <p>Emmentaler surchoix AOP</p>	<p>Chäs Hüsli</p>  <p>250g Anpassen 3.15/100g</p> <p>Fol Epi</p>
---	--	--

Figure 1: Comparaison de prix chez Coop Onlineshop (consulté le 3.6.2024)

La figure 2 montre, à titre d'hypothèse, une explication possible, volontairement un peu provocatrice, du point de vue de l'équipe d'auteurs de la présente publication.

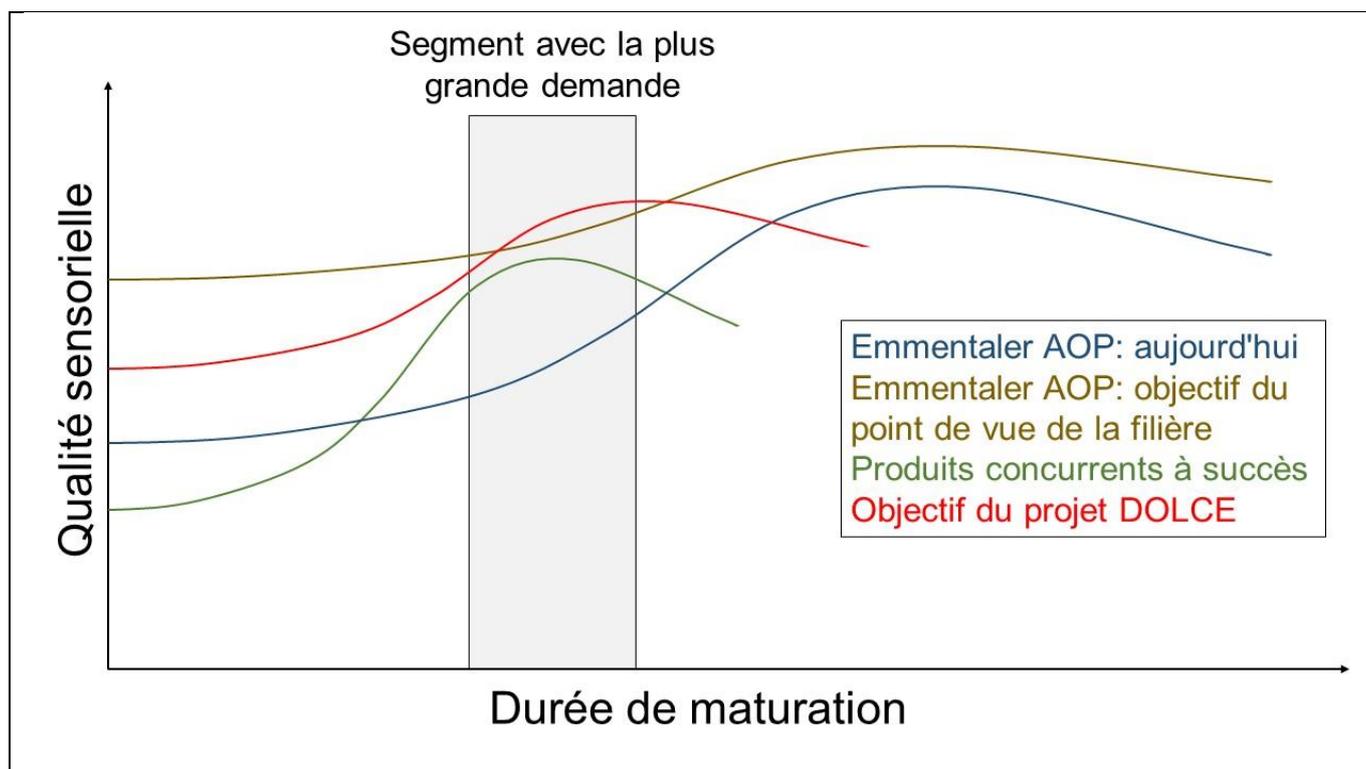


Figure 2: L'évolution de la qualité sensorielle du point de vue des consommatrices et consommateurs requise par l'équipe d'auteurs

Le projet DOLCE a 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).

L'expérience de plusieurs décennies de la branche permet de supposer que l'Emmentaler AOP à maturation longue est déjà proche de sa qualité maximale. Il est donc peu réaliste de rechercher de nouvelles possibilités et de nouveaux moyens d'améliorer la qualité de l'Emmentaler AOP dans son ensemble, c'est-à-dire à chaque degré de maturité.

Les propriétés cibles du produit Emmentaler Dolce ont été définies au cours d'une discussion commune entre l'interprofession Emmentaler Switzerland et Agroscope.

Soll-Produkt Eigenschaften Dolce

- Produkt-Eigenschaften ET Dolce (gemäss Taxationskriterien)

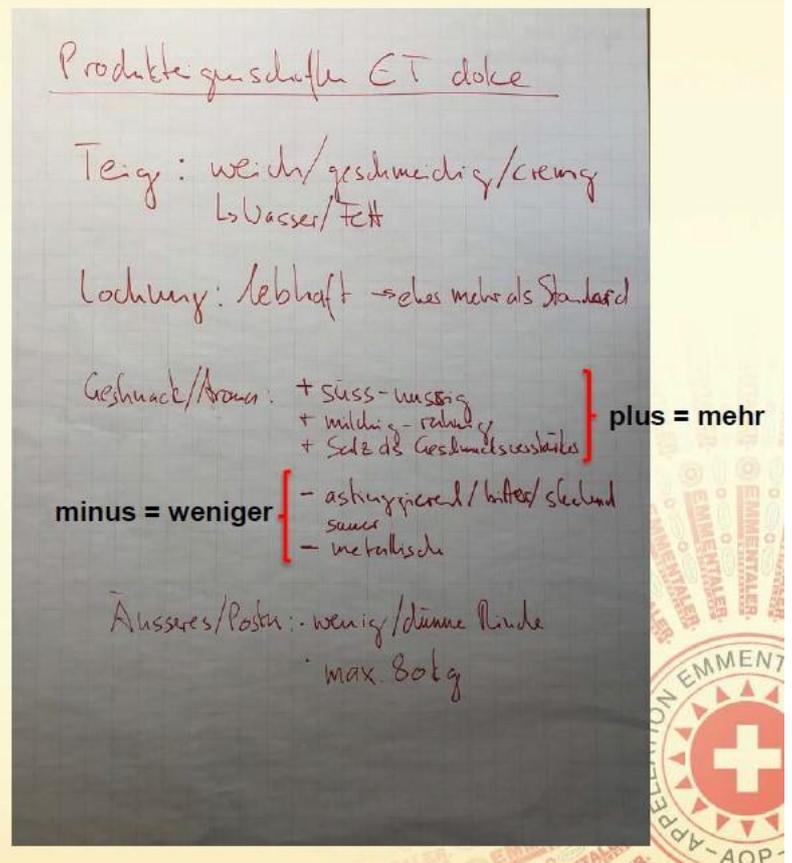


Figure 3: Propriétés cible de l'Emmentaler Dolce (document d'origine)

Un objectif important du projet était que ces propriétés du produit soient déjà optimales dans le jeune fromage Emmentaler (4 à 7 mois).

2 Plusieurs voies possibles pour atteindre le but recherché

2.1 Expériences enregistrées dans la pratique ...

L'expérience pratique et le conseil ont déjà permis d'identifier des points de départ possibles pour influencer l'arôme et les propriétés de la pâte d'un fromage. Ainsi, l'utilisation d'une culture positive à l'aspartase de *Propionibacterium freudenreichii*, comme la Prop 01, renforce nettement l'arôme, mais comporte le risque d'une post-fermentation (Fröhlich-Wyder et al., 2002; Wyder et al., 2001). L'augmentation de la teneur en sel de cuisine ou l'utilisation d'une culture d'affinage avec *Lactobacillus helveticus*, par exemple une culture sur petit-lait mûri, sont des possibilités bien connues pour intensifier l'arôme (Guggenbühl Gasser et al., 2023; Jakob et al., 2009). L'augmentation de la teneur en eau et en matière grasse, si la variété le permet, est un autre facteur permettant d'influencer positivement la consistance de la pâte. Ainsi, dans la catégorie de l'Emmentaler, divers produits sont proposés sous l'appellation «Rahmtaler», qui sont fabriqués avec une teneur en matière grasse plus élevée. Leurs propriétés de pâte sont décrites comme «souples» et «crèmeuses» (Emmentaler Schaukäserei, Gourmino). Mais tous ces facteurs d'influence comportent un risque de perte de qualité s'ils sont appliqués de manière isolée. Un exemple bien connu est l'augmentation de la teneur en sel de cuisine dans l'Emmental en prolongeant la durée du bain de sel: la perte d'eau plus importante conduit inévitablement à une pâte plus ferme.

2.2 ... et au niveau de la recherche

Au cours des plus de 100 ans d'activité de recherche d'Agroscope, l'ancienne Station fédérale de recherches laitière (FAM) à Liebefeld, a réalisé de nombreux essais, en particulier dans sa fromagerie expérimentale pour l'Emmentaler à Uettiligen, dans les domaines de la qualité du fromage et du développement de cultures. La première étape de ce travail a consisté à trouver des paramètres prometteurs pour atteindre l'objectif du Dolce dans le corpus existant. Des essais avec des questions similaires avaient déjà été réalisés dans les années 1950 à 1970; une autre activité expérimentale intensive avait eu lieu dans les années 1990 et s'était poursuivie jusqu'au nouveau millénaire. Seule cette dernière documentation est disponible dans la base de données interne d'Agroscope. Le tableau 1 résume les paramètres qui ont influencé l'arôme et/ou les caractéristiques de la pâte de l'Emmentaler dans la direction souhaitée. En général, les adaptations apportées à la première partie de la fabrication, c'est-à-dire à la durée et à la température de coagulation, à la quantité d'ensemencement et à la proportion de cultures de démarrage jeunes/vieilles, n'ont eu guère d'influence sur la composition de l'Emmentaler, même s'il ne s'agissait que de variations mineures (KB 96-19; IB 30/1998; IB 50/1999; IB 46/1999). De même, une réduction de la température de chauffage de 53 à 49 °C n'a eu aucun effet si la température de sortie du caillé a été maintenue à la température habituelle de 51 °C (IB 60/1998). La recherche d'une culture aromatique pour l'Emmentaler - également dans les années 1990 du siècle dernier - a généralement échoué parce que son effet se produisait souvent en même temps qu'une post-fermentation. Comme aucune autre adaptation n'avait été effectuée lors de la fabrication, un effet éventuellement positif pour l'arôme, comme par exemple une activité protéolytique due à des souches de *Pediococcus*, conduisait à évaluer la culture supplémentaire comme étant non appropriée (Sollberger, 1992).

2.3 Sélection de paramètres

Les expériences pratiques et la recherche bibliographique dans la base de données d'Agroscope ont servi de base à la sélection des paramètres qui ont été testés dans une première étape, si ce n'était pas déjà fait, au niveau de la fromagerie expérimentale. Les variantes restantes, les plus prometteuses, ont ensuite été testées dans la pratique lors d'une seconde étape. Les paramètres sélectionnés étaient ceux qui ont donné lieu à plusieurs reprises à des résultats et à des rapports d'expérience allant dans le sens souhaité; ils sont résumés dans le tableau 2.

Les Emmentaler modèles ont été examinés à l'âge d'environ 3 mois, sauf mention contraire. Les durées d'affinage des fromages issus de la pratique ont été comprises entre 3 et 6 mois.

Tableau 1: Paramètres examinés et leur impact sur la pâte et l'arôme

	Paramètres	Impact	Référence ¹⁾
Pâte	Augmentation de la teneur en matière grasse de ~ 1 %.	Plus tendre mais moins de trous.	KB 93-14, IB 50/1999 IB 55/1998
	Affinage en cave humide (~ 90 % d'humidité rel.).	Croûte plus molle et plus fine, teneur en eau plus élevée, les fromages doivent être stockés tôt dans la cave humide.	SMZ 102/1976, IB 10/1992
	Raccourcissement de la durée de fabrication de 15 min. lors de la préparation du caillé et de la sortie du caillé.	Meilleure pâte, teneur en eau plus élevée.	IB 38/1995
	Sortir le caillé à des températures plus basses (jusqu'à 45 °C).	Pâte plus fine, teneur en eau plus élevée.	IB 19/1978
Arôme	Augmentation de la teneur en matière grasse d'au moins 1 %	Davantage de goût.	IB 55/1998
	Affinage en cave humide (~ 90 % d'humidité rel.).	Davantage d'arôme.	IB 10/1992
	Sortir le caillé à des températures plus basses (jusqu'à 45 °C), choisir la température de chauffage à la limite inférieure.	Accélération des processus de maturation, teneur en eau plus élevée.	IB 60/1998; IB 65/1999; IB 12/2004; IB 50/2003
	Souches de <i>Pediococcus</i> (XMK 1072).	Protéolyse plus intense, plus mûr.	IB 19/1992; IB 7/1993
	Culture sur petit-lait mûri.	Protéolyse plus intense jusqu'aux acides aminés, pâte plus mûre et plus courte, post-fermentation.	IB 13/2000
	<i>Lactobacillus helveticus</i> (XMK 1168).	Protéolyse plus intense jusqu'aux acides aminés, arôme plus intense et plus sucré, pâte plus courte.	ALP Intern 12/2004
	Renoncement à <i>Lactobacillus paracasei</i> (LHF).	Moins acide, meilleur arôme. En comparaison, <i>L. rhamnosus</i> présentait souvent un meilleur arôme que <i>L. paracasei</i> .	IB 6/2003; ALP Intern 303/2006; essai 17-22-29

¹⁾ Exemple de lecture: IB 55/1998 = rapport interne de la Station fédérale de recherches laitières (FAM) portant le numéro 55 et datant de 1998; KB = Kurzbericht FAM; SMZ = Schweizerische Milchzeitung (le Laitier Romand); ALP Intern = rapport interne d'Agroscope Liebefeld-Posieux (banque de données bibliographiques d'Agroscope)

Tableau 2: Paramètres examinés dans la fromagerie expérimentale avec des Emmentaler modèles (Liebefeld, Agroscope) et dans la pratique avec des fromages de type Emmentaler (diverses fromageries, Emmentaler Switzerland ES)

	Paramètres	Fromagerie expérimentale	Pratique (ES)
Paramètres technologiques	Augmentation de la teneur en matière grasse du lait de 1 g/kg environ.	X	X
	Emmorgement	X	X
	Température de chauffage 52 °C sans chambrage et sortie du caillé à 45 °C		X
	Prolonger le bain de sel d'un jour.		X
Cultures	Helv 01 (culture complémentaire de <i>L. helveticus</i>)		X
	Culture sur petit-lait mûri (CPL)	X	X
	Prop 01 (<i>P. freudenreichii</i> culture)	X	X
	Prop 23 (<i>P. freudenreichii</i> culture d'essai)		X
	FAM 23864 (<i>P. freudenreichii</i> souche)		X
	<i>Pediococcus pentosaceus</i> , <i>P. acidilactici</i>	X	
	Renoncement à <i>Lacticaseibacillus paracasei</i> (LHF)	X	X

3 Essais réalisés dans la fromagerie pilote

3.1 La matière grasse améliore les propriétés de la pâte

Trois niveaux de teneur en matière grasse (MG) ont été étudiés au niveau de l'Emmentaler modèle: 2,6 g/kg, 3 g/kg (contrôle) et 3,5 g/kg dans le lait. Seize fromages ont été fabriqués à partir de lait cru et sans lactobacilles hétérofermentaires facultatifs (LHF). De plus, on a utilisé soit le Prop 96, soit le Prop 01, car les deux cultures se distinguent par leur activité de l'aspartase. Les Emmentaler modèles de la figure 4 ont tous été fabriqués avec du Prop 01: la formation plus importante de CO₂ suite à l'activité de l'aspartase a engendré des lainures dans ces petits fromages.

Par ailleurs, l'ajout d'eau a été adapté en raison de la différence de teneur en matière grasse dans le lait: +3 % pour le taux de matière grasse le plus élevé et -3 % pour le taux le plus bas. Cette adaptation a contribué à ce que la teneur en eau ne diffère pas significativement entre les variantes et que la teneur en matière grasse soit significativement corrélée à l'eau dans la masse de fromage dégraissé (tefd) (figure 5).

Le panel sensoriel a jugé les fromages à teneur en matière grasse plus

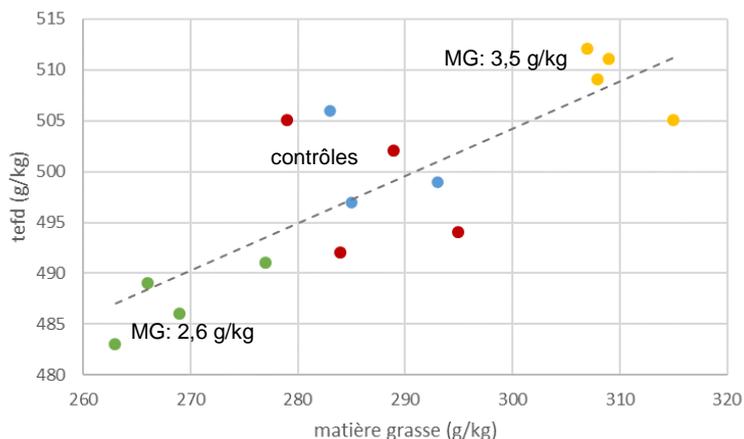


Figure 5: Relation entre la teneur en matière grasse (MG) et la teneur en eau dans la masse de fromage dégraissé (tefd) dans l'Emmentaler modèle fabriqué à partir de lait cru et sans LHF ($r = 0.815$, $p < 0.001$). Contrôles: points bleus avec Helv 01 en complément, points rouges sans Helv 01.

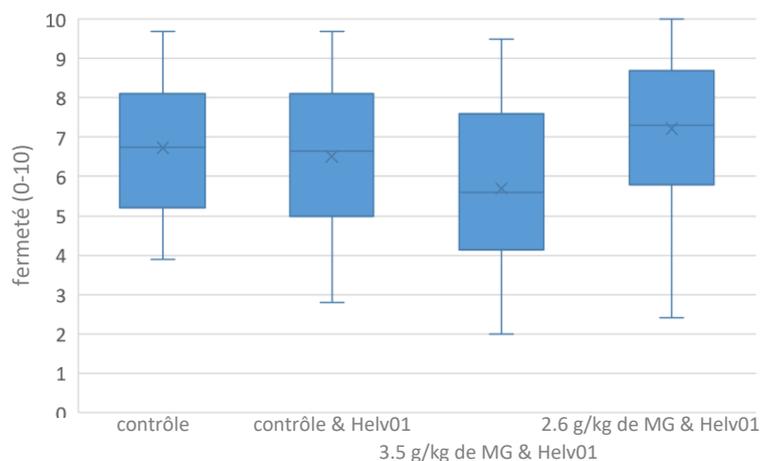


Figure 6: Appréciation par 16 panelistes de la fermeté de fromages modèles de type Emmentaler (4 fromages par variante ; $p < 0.001$).



Figure 4: Emmentaler modèle fabriqué au lait cru, Prop 01 et sans LHF (Florian Loosli, Agroscope).

élevée comme étant, de manière hautement significative, moins fermes (figure 6), moins gommeux et moins élastiques. De plus, ils ont été jugés de manière hautement significative moins secs et moins sablonneux (résultats non représentés). Dans cet essai, la teneur en matière grasse n'a eu aucune influence sur les propriétés gustatives et aromatiques. Cependant, la figure 4 montre clairement ce qui est déjà connu dans la pratique et a pu être prouvé scientifiquement: des teneurs en matière grasse plus élevées contribuent à la formation de moins de trous et inversement (Fröhlich-Wyder et al., 2023).

Cet essai réalisé dans la fromagerie pilote a permis de confirmer le rôle important occupé par une teneur élevée en matière grasse pour la qualité de la pâte.

3.2 Affinage en cave humide, une méthode qui a fait ses preuves?

Un article paru en 1976 dans le laitier romand décrivait les caractéristiques encore valables aujourd'hui d'un affinage en cave humide: le risque de fermentation secondaire est moindre, la croûte est plus fine et la pâte plus ferme (figure 7).

Les essais réalisés dans la fromagerie expérimentale de Liebefeld ont combiné l'affinage en cave humide avec d'autres facteurs dans le cadre d'une expérience multifactorielle. Plus précisément, les Emmentaler modèles ont été régulièrement frottés avec une solution saline à 3 %, de sorte que la teneur en sel de cuisine a presque doublé en moyenne (tableau 3). Les fromages modèles, plus petits que ceux de la pratique, présentent un rapport surface/volume nettement plus élevé, ce qui a fortement favorisé l'absorption de sel. La souche FAM 23864 de *P. freudenreichii* utilisée dans cet essai n'a pas pu croître de manière optimale dans ces conditions, de sorte que la teneur en acide propionique a été très faible (1,6 mmol/kg en moyenne). La corrélation négative hautement significative entre la teneur en sel de cuisine dans la phase aqueuse (NaCl_{aq}) et la teneur en acide propionique confirme cette relation ($r = -0,72$; $p = 0,011$).

En raison de la teneur plus élevée en NaCl, les fromages ont été perçus comme plus salés, moins sucrés et moins amers. Bien que la teneur en eau ait été supérieure de 10 g/kg par rapport aux fromages affinés à sec, la pâte a été jugée plus ferme, plus sèche et moins élastique. D'autres facteurs, tels que le pH en moyenne plus bas, la teneur plus élevée en acide lactique (108 mmol/kg) et la teneur plus faible en matières grasses, influencent la consistance de la pâte vers une plus grande fermeté.

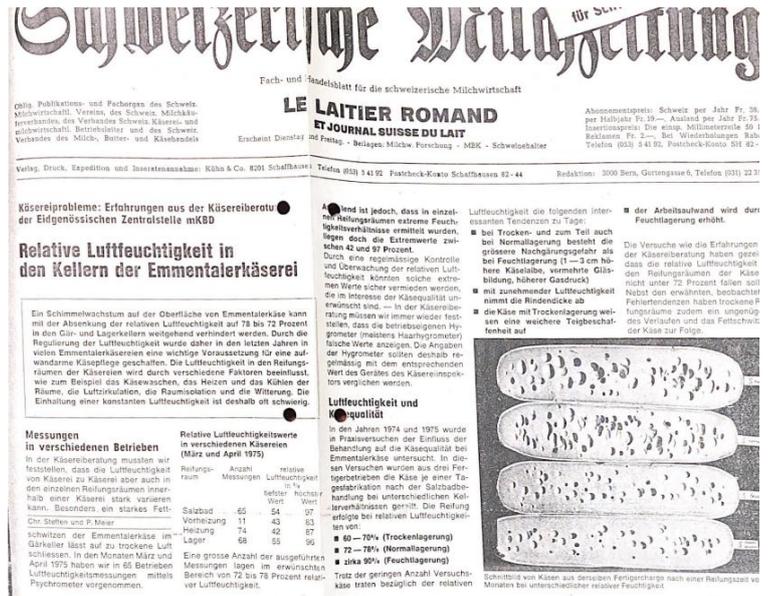


Figure 7: Article publié dans le laitier romand en 1976.

Tableau 3: Composition d’Emmentaler modèles affinés en cave sèche et emmorgés (N = 8)

Affinage	Matière grasse (g/kg)	Eau (g/kg)	NaCl (g/kg)	NaCl _{aq} (% w/w)	OPA (mmol/kg)	Acide lactique (mmol/kg)	pH
Emmorgement	327.5	364.8	13.4	3.6	171.9	107.7	5.63
Affinage en cave sèche	352.8	353.3	7.1	2.0	251.7	67.6	5.66
Valeur p	***	**	***	***	***	*	n.s.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

3.3 Culture de petit-lait mûri pour un arôme plus intense

L'utilisation de cultures de petit-lait mûri (CPL) issues d'une fromagerie fabriquant du Gruyère a eu une forte influence, non seulement sur l'intensité de l'arôme (plus 1 note): les Emmentaler modèles ont certes été perçus comme ayant un arôme plus intense, davantage de notes umami, moins d'amertume, mais plus doux (figure 8) et plus persistants; les notes lactées et beurrées étaient cependant un peu moins prononcées. La valeur LAP n'était certes pas très élevée dans les fromages CPL, avec une moyenne de 4,5 UI/kg, mais elle était suffisante pour influencer durablement les propriétés des fromages. Ainsi, la figure 9 montre une relation claire entre la valeur LAP et l'umami ou l'amertume. Le fait que les fromages avec CPL étaient plus doux est clairement dû à une fermentation plus intense de l'acide propionique dans ces fromages: la corrélation entre doux et l'acide propionique est très significative ($r = 0,74$; $p < 0,01$).

Il est également important de noter l'influence sur les propriétés de la pâte qui, sous l'influence des CPL, étaient plus sèches et moins élastiques; ceci est également une conséquence de la protéolyse plus intensive.

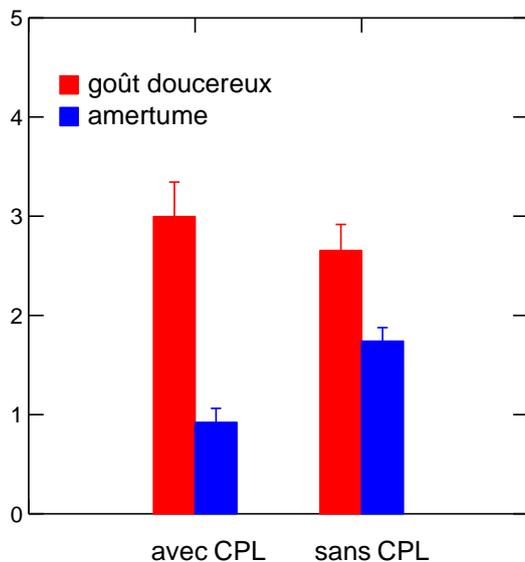


Figure 8: Impact d'une culture de petit-lait mûri (CPL) sur le goût douxereux et l'amertume sur une échelle de 0-10 d'Emmentaler modèles affinés en cave sèche (N=4) ($p < 0.001$ et 0.05)

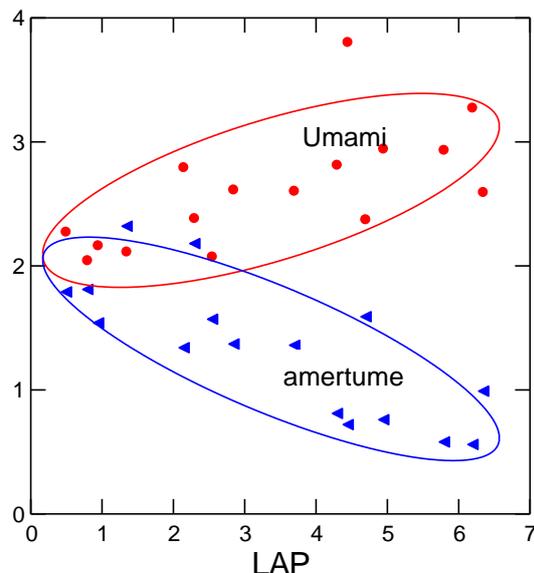


Figure 9: Corrélation entre la valeur LAP et les caractéristiques organoleptiques amer et umami sur une échelle de 0-10 (corrélations: $p < 0.01$)

3.4 Les pédiocoques, un groupe sous-estimé?

Lors d'un autre essai réalisé dans la fromagerie expérimentale, 16 Emmentaler modèles ont été fabriqués à partir de lait microfiltré. Deux cultures Pep1 et Pep2 composées de souches de *Pediococcus pentosaceus* et une culture Pac1 avec des souches de *P. acidilactici*, ont été utilisées comme cultures supplémentaires dans un design multifactoriel. Alors que l'analyse sensorielle n'a guère révélé d'influence sur les attributs classiques du goût et de l'arôme, d'autres attributs descriptifs se sont distingués pour deux des cultures: Pep1 a été associée à des notes de caramel et de noix et Pac1 à l'umami et à une note d'oignon. En effet, des proportions différentes de composants aromatiques volatils ont été trouvées dans les fromages contenant ces deux cultures, Pac1 semblant être nettement plus active (figure 10). Les deux cultures, Pac1 davantage que Pep1, présentent un catabolisme intense d'acides aminés.

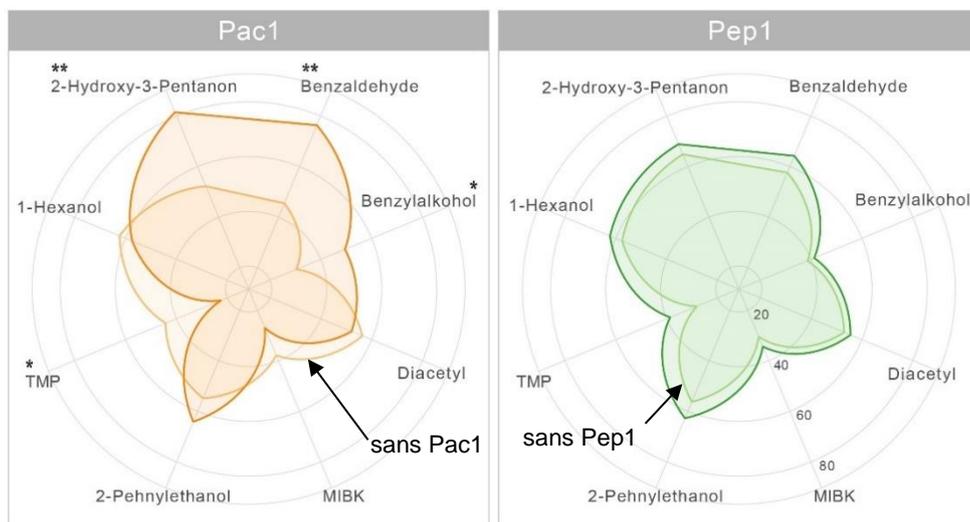


Figure 10: Résultats de l'analyse des arômes (TMP: tétraméthylpyrazine; MIBK: méthylsobutylcétone)

3.5 Fermentation propionique

Les fromages fabriqués en 3.1 avec Prop 01, la culture présentant une activité aspartase plus intense, ont contribué à une note légèrement plus sucrée et à une pâte nettement plus élastique. Comme dans plusieurs essais, on a observé que les fromages avec Prop 96 présentait une valeur OPA plus élevée que les fromages avec Prop 01 (278 en moyenne contre 224 mmol/kg). Le renoncement à l'utilisation des bactéries lactiques hétérofermentaires facultatives avait pour but d'améliorer le goût acide ou piquant souvent perçu (résultats non présentés).

4 Essais réalisés dans la pratique

4.1 La matière grasse améliore les propriétés de la pâte jusqu'à un optimum

Différentes fromageries fabriquant de l'Emmentaler AOP ont pu être convaincues de participer aux essais pratiques. Dans une fromagerie, les niveaux de matière grasse utilisés au point 3.1 ont été testés une nouvelle fois. Pour chaque étape, un fromage a été fabriqué avec la Prop 96 et un autre avec la Prop 01 (figure 11). Les fromages avec une teneur en matière grasse de 3,5 g/kg dans le lait avaient un ajout d'eau de 4 % supplémentaire et les fromages avec l'ajout de matière grasse plus faible (2,6 g/kg) avaient 4 % de moins. De plus, ces 4 fromages ont été chauffés et affinés 1 °C plus bas (52 °C / 50 °C) que dans la recette standard (contrôle 3 g/kg). Comme le montre la figure 11, seules des différences mineures sont visibles à l'œil nu. Les fromages avec Prop 01 présentaient des becs et parfois des nids et des ouvertures plus marqués.



Figure 11: Emmentaler de 8 mois avec différents niveaux de matière grasse (en g de MG par kg de lait) 3 g = contrôle

Comme prévu, les teneurs en matière grasse du fromage dépendaient des teneurs en matière grasse du lait (figure 12). Cependant, la teneur en eau était comparable entre les variantes. Cela a conduit à une corrélation entre le tedf et la teneur en matière grasse, qui était en moyenne de 519 (contrôle), 526 (3,5 g de matière grasse) et 517 (2,6 g de matière grasse) g/kg dans les fromages de 3 mois.

Une teneur en matière grasse plus élevée dans les Emmentaler peut nettement contribuer à une pâte plus souple (figure 13), plus élastique et moins sèche. L'expérience acquise au fil des ans et les résultats de la fromagerie expérimentale se voient ainsi confirmés.

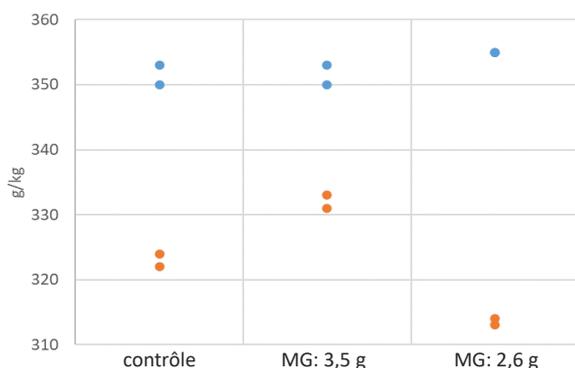


Figure 12: Teneurs en eau (bleu) et matière grasse (MG ; orange) dans les Emmentaler de 3 mois

Il semble toutefois qu'avec la teneur en matière grasse de la fabrication standard de 3 g/kg dans le lait, une plage optimale avait été atteinte. L'effet d'une teneur en matière grasse plus élevée sur la fermeté de la pâte n'était plus perceptible dans les fromages plus anciens (figure 13).

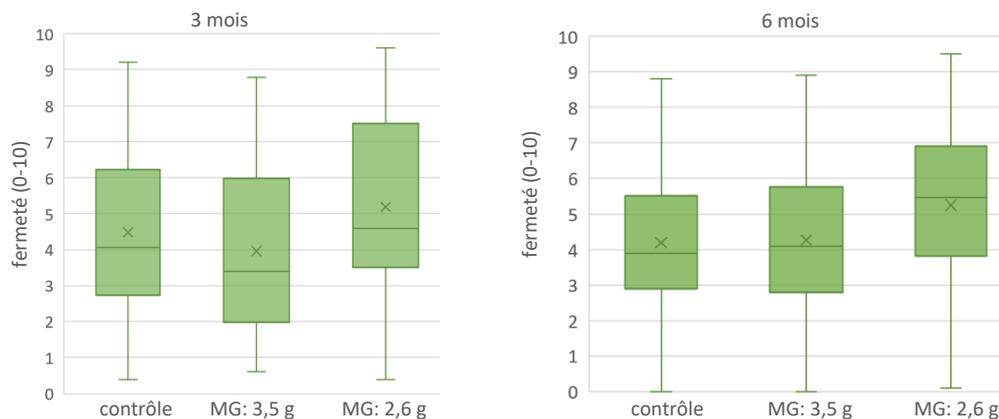


Figure 13: Évaluation des Emmentaler de la figure 12 par 16 panélistes avec une répétition (x = moyenne). Figure de gauche: Emmentaler de 3 mois. Figure de droite: Emmentaler de 6 mois.

4.2 Sortie du caillé à de basses températures

L'extraction du caillé à des températures basses, jusqu'à 45 °C, semblait prometteur dans les travaux précédents (paragraphe 2.2). Ce facteur a maintenant été combiné à une teneur en matière grasse plus élevée et à une durée de bain de sel prolongée, et comparé ensuite à la fabrication standard d'Emmentaler (température de chauffage du caillé: 53 °C, température de sortie du grain: 50,8 °C). Un fromage avec Prop 01 et un fromage avec la culture FAM 23864 ont été fabriqués par variante et par contrôle.

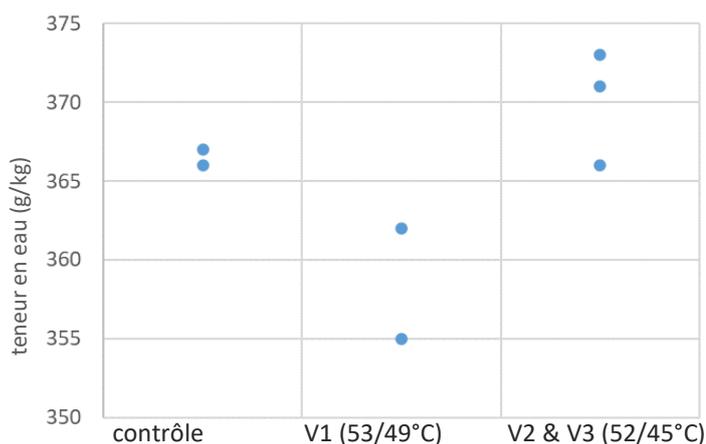


Figure 14: Teneur en eau des Emmentaler de 3 mois

Cet essai a clairement confirmé qu'une adaptation minimale, dans ce cas, pas de chambrage lors de l'atteinte de la température de chauffage du caillé, puis abaissement de la température de sortie du caillé de 1,8 °C (V1), ne contribuait pas à l'objectif recherché : une teneur en eau plus élevée. En revanche, le chauffage du caillé à 52 °C, puis le refroidissement immédiat à 45 °C ont permis d'augmenter sensiblement la teneur en eau (V2 & V3 dans la figure 14; durée de refroidissement du caillé de 16-17 min.). Elle demeure dans les limites fixées par le cahier des charges (< 380 g/kg).

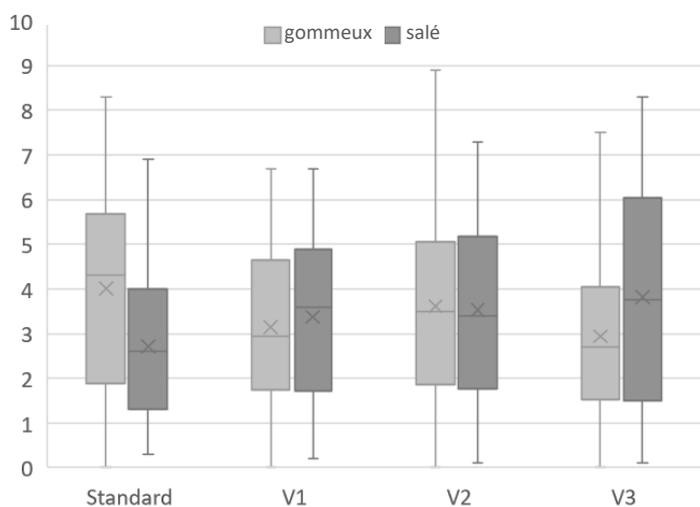


Figure 15: Aspect gommeux et salinité des fromages Emmentaler de 3 mois (12 panélistes avec une répétition; x = moyenne). V1-V3: cf. figure 14

Les propriétés de la pâte des variantes (V1 - V3) avec les températures de chauffage et de sortie du caillé adaptées ont pu être influencées positivement, comme le montre la figure 15 à l'exemple de l'aspect gommeux. En ce qui concerne la fermeté, les variantes ne se distinguaient pas significativement du contrôle ou de la variante standard, ce qui peut être considéré comme positif: les variantes V1 - V3 ont en effet passé 1 jour de plus dans le bain de sel que le contrôle (tableau 4). Cela a entraîné une augmentation souhaitée de la teneur en sel et de la salinité d'environ 1 note (figure 15).

4.3 Helv01 (*L. helveticus*) dispose de potentiel

Les variantes décrites au paragraphe 4.2 ont également été préparées avec 1,3 ‰ de Helv01 (V1 et V2) et 0,5 ‰ d'une culture sur petit-lait mûri (V3). Les deux cultures ont réussi à renforcer nettement la protéolyse dans son ensemble et la dégradation en profondeur, mais Helv01 a été nettement plus active que la CPL dans la variante avec la combinaison température de chauffage et de sortie du grain de 52/45 °C (V2). L'aspect gommeux plus faible par rapport au standard, discutée ci-dessus, est également une conséquence de la dégradation plus importante des protéines (figure 15).

Tableau 4: Composition d'Emmentaler de 3 mois issus d'un essai pratique (N = 2)

Variante (température de chauffage / température de sortie du caillé + culture supplémentaire)	LAP (IU/kg)	OPA (mmol/kg)	Acide lactique (mmol/kg)	Acide propionique (mmol/kg)	Eau (g/kg)	NaCl (g/kg)
Contrôle (53/50,8 °C)	2.08	158.8	33.8	72.5	366.5	2.55
V1 (53/49°C + Helv01)	8.30	246.2	0.0	95.2	358.5	4.40
V2 (53/45 °C + Helv01)	12.10	308.8	9.2	88.0	372.0	4.10
V3 (53/45 °C + CPL)	6.93	299.6	3.0	90.7	368.5	3.55
Valeur p	*	***	0.052	n.s.	*	0.1

V1-V3: plus 1 jour de plus dans le bain de sel, sans ajout de LHF et pas de durée de chambrage après avoir atteint la température de chauffage;
* p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001

4.4 Fermentation propionique

Comme c'était déjà le cas pour les fromages modèles, les Emmentaler avec Prop 01 ont été jugés nettement plus élastiques et un peu moins fermes que les Emmentaler avec Prop 96 (paragraphe 4.1). Dans ce cas également, cela peut être attribué à la différence de valeur OPA: les Emmentaler de 3 mois avec Prop 96 présentaient en moyenne une valeur OPA plus élevée (165 mmol/kg) que ceux avec Prop 01 (133 mmol/kg). Aucune différence n'a cependant été perçue au niveau du goût.

Dans un autre essai pratique (4.2), la Prop 01 a été comparée à la souche FAM 23864, toutes deux présentant une activité de l'aspartase élevée. En fait, elles ne différaient pas significativement dans les analyses chimiques et biochimiques des Emmentaler fabriqués avec cette souche. Seule l'évaluation sensorielle a montré que les Emmentaler contenant du Prop 01 étaient en moyenne plus salés et plus acides.

5 Emmentaler Dolce testé dans la pratique

5.1 Bilan intermédiaire

Avant un dernier essai pratique, les paramètres mis en œuvre ont été évalués une nouvelle fois; seuls les paramètres prometteurs et qui n'ont pas encore été souvent testés devaient être choisis pour un essai pratique final.

Pour obtenir une pâte plus souple, une légère augmentation de la teneur en matière grasse pourrait tout à fait contribuer à l'obtention d'un jeune Emmentaler. Les températures de chauffage et de sortie du grain plus basses de 52 °C et 45 °C se sont avérées clairement positives pour les propriétés de la pâte.

Un emmorgement ou l'ajout d'une culture sur petit-lait mûri n'est pas envisageable dans le cas présent, malgré un arôme plus intense, la pâte du fromage était ferme, sèche et courte pour ces variantes (tableau 5). La Prop 23, une proche parente de la Prop 01, a le potentiel de former moins de trous, car elle ne peut métaboliser que le D-lactate. Comme la Prop 01, elle possède une forte activité d'aspartase et donc la capacité de former du succinate, un exhausteur de goût naturel. La Helv 01 a déployé son activité protéolytique en particulier sur les fromages avec une température de chauffage et de sortie du caillé basses, sans toutefois influencer négativement les propriétés de la pâte. Il est également intéressant de noter que pour ces fromages, une durée de bain de sel prolongée n'a pas eu d'effet négatif sur les propriétés de la pâte.

Tableau 5: Effet des paramètres étudiés sur la qualité des fromages et leur adéquation pour la variante Dolce

	Paramètres	Dolce	Motif
Paramètres technologiques	Augmentation de la teneur en matière grasse du lait d'environ 0,5 g/kg à 3,5 g/kg.	+	Meilleures propriétés de la pâte: moins ferme, moins gommeux et moins sèche, en particulier au cours des trois premiers mois.
	Emmorgement	-	Moins bonnes propriétés de la pâte: plus ferme, plus sèche, plus courte. Plus salé.
	Température de chauffage 52 °C sans chambrage et température de sortie du caillé de 45 °C.	+	Meilleures propriétés de la pâte: moins gommeux, moins ferme.
	Prolonger la durée du bain de sel d'un jour.	+	La salinité augmente et les propriétés de la pâte ne sont pas influencés négativement si la température de chauffage du caillé est plus basse (52 °C) et la température de sortie du caillé est de 45 °C.
Cultures	Helv 01 (culture supplémentaire de <i>L. helveticus</i>)	+	Activité plus prononcée si la température de chauffage du caillé est plus basse (52 °C) et que la température de sortie du caillé est de 45 °C.
	Culture sur petit-lait mûri (CPL)	-	Moins bonnes propriétés de la pâte: plus ferme, plus sèche, plus courte. Arôme nettement plus intense.
	Prop 01 (culture <i>P. freudenreichii</i>)	±	Meilleures propriétés de la pâte: plus élastique. Formation de trous plus intense.
	Prop 23 (culture d'essai <i>P. freudenreichii</i>)	+	Similaire à la culture Prop 01, mais dégradation d'un seul isomère de lactate (D-lactate).
	FAM 23864 (souche <i>P. freudenreichii</i>)	-	Sensible aux teneurs élevées en NaCl.
	<i>Pediococcus pentosaceus</i> , <i>P. acidilactici</i>	+	<i>P. acidilactici</i> se révèle particulièrement prometteuse.
	Renoncement à <i>Lacticaseibacillus paracasei</i> (LHF)	±	Amélioration du goût: moins piquant, moins brûlant ou moins d'acide ¹⁾

¹⁾ La suppression des bactéries lactiques hétérofermentaires facultatives avait pour but d'améliorer le goût acide ou piquant souvent perçu (résultats non présentés).

5.2 Combinaison avec Prop23, Helv01 et de basses températures de sortie du caillé

Lors du dernier essai pratique, il a été décidé d'adopter les paramètres suivants pour la variante Emmentaler Dolce (écart par rapport à la fabrication traditionnelle de l'Emmentaler): température de chauffage de 52 °C, température d'affinage de 45 °C (durée de refroidissement: 16-18 min., pas de brassage), Prop 23 (au lieu de Prop 96), renoncement aux lactobacilles hétérofermentaires facultatifs (LHF) et Helv 01 (6 l pour 5000 l). Trois fromageries y ont participé et ont fabriqué en parallèle de l'Emmentaler avec Prop 23 et sans LHF.

L'Emmentaler Dolce se distinguait fortement de l'Emmentaler classique par l'aspect des trous; il s'agit des trois fromages supérieurs sur la photo de couverture. Le tableau 6 présente la composition des variantes d'Emmentaler. Les Emmentaler Dolce avaient une teneur en eau plus élevée, une valeur LAP nettement plus élevée et, par conséquent, des valeurs OPA plus élevées. Comme prévu, la protéolyse était plus intense. La teneur plus élevée en succinate est due à l'activité d'aspartase de la culture Prop 23. En ce qui concerne la teneur en acide propionique, les variantes ne diffèrent pas significativement les unes des autres; la Prop 23 semble produire davantage d'acide propionique.

Tableau 6: Composition de l'Emmentaler Dolce et des Emmentaler avec la Prop 23 par rapport à la fabrication classique.

Variante	Dolce (N = 3)	Prop 23 (N = 6)	Standard (N = 6)	Valeur p: variante	Valeur p: fromagerie
1 jour					
LAP (IU/kg)	9.6	0.9	1.1	***	*
90 jours					
Eau (g/kg)	373.3	363.7	361.2	**	0.053
Matière grasse (g/kg)	314.0	315.3	318.7	n.s.	*
LAP (IU/kg)	25.5	0.8	1.1	***	
OPA (mmol/kg)	304.8	153.6	156.0	***	*
Succinate (mmol/kg)	9.9	8.4	3.4	***	*
Acide propionique (mmol/kg)	63.2	67.6	60.4	n.s.	n.s.
180 jours					
Eau (g/kg)	362.0	351.3	348.3	*	n.s.
Matière grasse (g/kg)	320.0	322.5	326.2	n.s.	n.s.
LAP (IU/kg)	26.8	0.6	1.0	***	n.s.
OPA (mmol/kg)	377.6	200.5	219.5	***	n.s.
Succinate (mmol/kg)	11.1	10.6	3.1	***	n.s.
Acide propionique (mmol/kg)	69.3	73.8	66.9	n.s.	n.s.

* p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001

Des différences significatives ont également été constatées dans l'évaluation des propriétés sensorielles. L'Emmentaler Dolce de 4 mois a été jugé plus intense en termes d'arôme et de salinité, et plus riche en goût de noix (figure 16). La pâte était légèrement moins ferme que la variante standard, mais aussi légèrement moins élastique. Cela s'explique par la protéolyse plus intensive. Malgré cela, ils ont obtenu la note de pâte la plus élevée lors de la taxation à l'âge de 4 mois, comme tous les autres Emmentaler (résultats non représentés). D'autres caractéristiques aromatiques qui ont été influencées de manière significative dans la variante Dolce sont représentées dans la figure 17: les Emmentaler Dolce étaient plus fruités, plus riches en arôme de noix, plus corsés et présentaient une note umami plus intense.

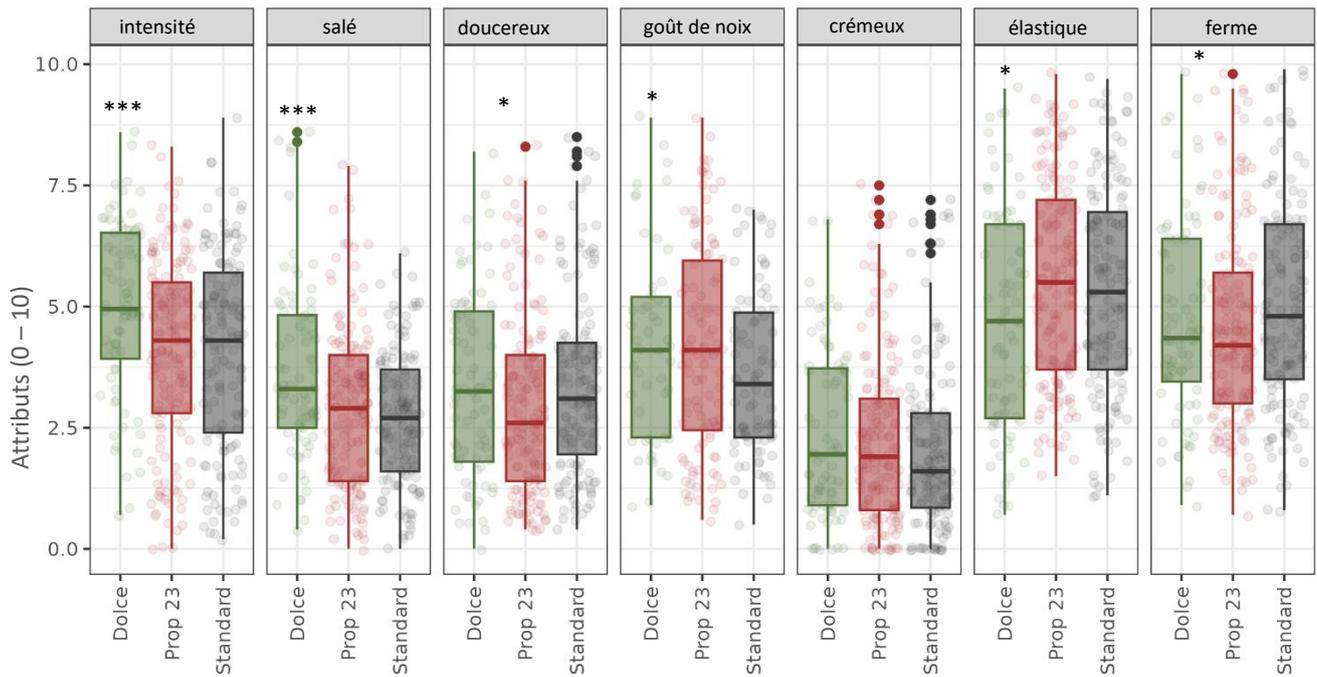


Figure 16: Propriétés de la pâte et du goût des fromages de 4 mois. Un panel composé de 13-14 participants a évalué les 3 fromages Dolce et les 6 Emmentaler avec une répétition. * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$

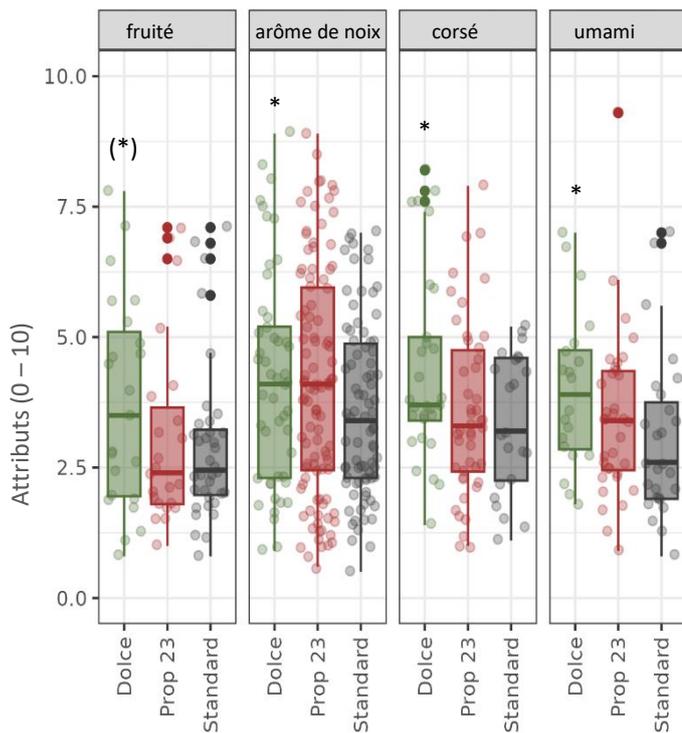


Figure 17: Propriétés aromatiques des fromages de 4 mois. Un panel de 13-14 participants a évalué les 3 fromages Dolce et les 6 Emmentaler avec une répétition. (*) $p < 0.1$; * $p < 0.05$

6 Conclusions

Les objectifs du projet Emmentaler Dolce ont été largement atteints. Après un affinage de 3 à 4 mois, les fromages étaient plus fruités, disposaient de plus d'arôme de noix, étaient plus corsés, avec une note d'umami plus intense, disposaient de davantage d'ouvertures et étaient également moins fermes que les fromages témoins fabriqués avec la méthode de production standard actuelle. Cette amélioration notable a pu être obtenue grâce aux adaptations technologiques suivantes:

- Température de chauffage 52 °C
- Température de sortie du caillé 45 °C (durée de refroidissement 16-18 min., pas de brassage final), pour les petites meules, la température de sortie devrait être de 1 à 2 °C plus élevée
- Prop 23 (au lieu de Prop 96)
- Renoncement aux lactobacilles hétérofermentaires facultatifs.
- Helv 01 (6 l pro 5000 l)
- Teneur en sel nettement plus élevée après une durée dans le bain de sel prolongée d'un jour (entre 0,7 et 1,0 %)

Il est possible qu'une teneur en matières grasses légèrement plus élevée ait un effet positif sur la texture.

7 Suite des opérations

Les connaissances acquises dans le cadre du projet Dolce constituent une excellente base pour le développement d'une recette alternative d'Emmentaler. Les caractéristiques sensorielles obtenues grâce au projet Dolce sont comparables à celles de concurrents étrangers performants (Fol Epi, Maasdamer, Jarlsberg, etc.).

Dans les conditions actuelles (critères de taxation, longue durée de conservation, gestion des quantités en fonction de la qualité), aucun fabricant n'est prêt à adapter la fabrication de l'Emmentaler AOP. Malgré cela, le présent travail représente pour Emmentaler Switzerland une possibilité prometteuse de s'adresser à de nouveaux groupes de consommateurs grâce à une recette adaptée.

8 Bibliographie

- Fröhlich-Wyder, M.-T., Guggisberg, D., Bisig, W., Jakob, E., & Schmidt, R. S. (2023). The total eye volume of cheese is influenced by different fat-levels. *International Dairy Journal*, 105690.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105690>
- 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.
- Guggenbühl Gasser, B., Fuchsmann, P., & Fröhlich-Wyder, M. T. (2023). Sensory characteristics of Swiss-type cheese varieties. In *Sensory Profiling of Dairy Products* (pp. 195-224). John Wiley and Sons Inc.
<https://doi.org/10.1002/9781119619383.ch11>
- Jakob, E., Piccinali, P., Amrein, R., & Winkler, H. (2009). GESCHMACK UND AROMA VON KÄSE. *ALP forum*, 76, 1-20.
- Sollberger, H. (1992). Beeinflussung des Emmentaleraromas durch Zusatzkulturen (definierte Stämme). *FAM Interner Bericht* 19, 1-12.
- Wyder, M. T., Bosset, J. O., Casey, M. G., Isolini, D., & Sollberger, H. (2001). Influence of two different propionibacterial cultures on the characteristics of Swiss-type cheese with regard to aspartate metabolism. *Milchwissenschaft - Milk Science International*, 56 (2), 78-81.