



**HAL**  
open science

**Affinage et qualité du gruyère de Comté VII.  
Caractéristiques de présentation: ouverture et défaut de  
lainure des fromages**

J.L. Berdagué, R. Grappin, G. Duboz

► **To cite this version:**

J.L. Berdagué, R. Grappin, G. Duboz. Affinage et qualité du gruyère de Comté VII. Caractéristiques de présentation: ouverture et défaut de lainure des fromages. *Le Lait*, 1989, 69 (3), pp.173-181. hal-00929158

**HAL Id: hal-00929158**

**<https://hal.science/hal-00929158>**

Submitted on 11 May 2020

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

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

## Article de recherche

# Affinage et qualité du gruyère de Comté

## VII. Caractéristiques de présentation : ouverture et défaut de lainure des fromages

J.L. Berdagué et R. Grappin

avec la collaboration technique de G. Duboz

INRA, Station expérimentale laitière, Institut technique du gruyère, 39800 Poligny, France

(reçu le 29 avril 1988, accepté le 12 décembre 1988)

**Résumé** — L'étude porte sur 96 fromages de Comté affinés, représentant 24 fabrications réalisées dans 4 fromageries sur une période de 6 mois. Pour chaque fabrication, les 4 fromages obtenus à partir d'une même cuve ont été affinés par 4 affineurs différents. Les fromages ont été notés par un jury de 20 personnes lors d'une projection unique de diapositives pour deux critères de présentation : l'intensité de l'ouverture (nombre et dimension des yeux) et l'intensité du défaut de lainure.

Il apparaît que les conditions d'affinage agissent de façon très importante sur les caractéristiques de présentation des fromages. L'analyse des 96 fromages montre l'existence de corrélations significatives entre l'intensité d'ouverture des fromages et leur teneur en acide propionique ( $r = 0,61$ ), calcium ( $r = 0,48$ ), chlorures ( $r = -0,36$ ), et leur extrait sec ( $r = -0,33$ ) en fin d'affinage. L'intensité du défaut de lainure est corrélée aux taux de calcium ( $r = -0,35$ ), galactose ( $r = -0,37$ ) et lactate D ( $r = 0,56$ ) à 20 h, et à la teneur en azote soluble dans l'acide phosphotungstique ( $r = 0,53$ ) et au pH ( $r = 0,50$ ) en fin d'affinage.

**fromage — gruyère de Comté — qualité — lainure — ouverture**

**Summary — Ripening and quality of gruyère de Comté cheese. VII.**

- **Presentation : openness (eyes) and split defect of cheeses.** A total number of 96 cheeses representing 24 batches of 4 cheeses were made during a 6-month-period in 4 different cheese plants. Cheeses from each batch were ripened in 4 different conditions. The physical appearance of the cheeses (number and volume of eyes, presence of cracks or splits) was graded by 20 persons viewing slide photographs of the cheeses.

Ripening conditions strongly influence the appearance of the cheese. Significant correlation coefficients were found between eye formation and the amount of propionic acid ( $r = 0.61$ ), calcium ( $r = 0.48$ ), NaCl ( $r = -0.36$ ) and dry matter ( $r = -0.33$ ) at the end of ripening. Split defect intensity was correlated with the amount of calcium ( $r = -0.35$ ), galactose ( $r = -0.37$ ) and D lactate ( $r = 0.56$ ) at 20 h, and with the phosphotungstic acid soluble nitrogen content ( $r = 0.53$ ) and pH ( $r = 0.50$ ) at the end of ripening.

**cheese — gruyère de Comté — quality — split defect — eyes**

## Introduction

Cet article, qui s'insère dans le cadre de travaux sur l'affinage et la qualité du fromage de Comté (Grappin *et al.*, 1987; Berdagué et Grappin, 1987; Guichard *et al.*, 1987; Berdagué et Grappin, 1988) a pour objectifs :

1) d'établir ou de confirmer l'existence de liens entre les caractéristiques physico-chimiques des fromages et deux critères importants de présentation à la découpe du gruyère de Comté : l'intensité d'ouverture de la pâte et l'intensité du défaut de lainure. Ces critères sont appréciés par un jury dans des conditions définies;

2) de préciser l'influence de la fromagerie (qui intègre les caractéristiques de l'atelier et de la technologie de fabrication), de la saison de fabrication et des conditions d'affinage, sur les deux critères de présentation des fromages.

## Matériel et Méthodes

Le protocole expérimental de fabrication des fromages a été décrit en détail par Grappin *et al.* (1987) et le lecteur est prié de s'y reporter. Rappelons que les 96 fromages de l'étude représentent 24 fabrications réalisées dans 4 fromageries (F1, F2, F3 et F4) sur une période de 6 mois (3 mois d'hiver et 3 mois d'été). Au cours de chaque fabrication, 4 fromages ont été obtenus à partir d'une même cuve. Ces 4 fromages, considérés comme étant de composition identique, ont été affinés par 4 affineurs différents (A1, A2, A3 et A4). Le schéma expérimental correspond à un plan factoriel dont les niveaux sont répartis comme suit : fromagerie (4 niveaux) x affinage (4 niveaux) x saison de fabrication (2 niveaux) x mois (3 répétitions).

### *Les notations d'aspect*

Deux critères de présentation ont été retenus :

— l'intensité de l'ouverture, correspondant à l'importance et à la répartition des trous ou «yeux» du fromage;

— l'intensité du défaut de lainure, qui est une rupture de la pâte apparaissant sous l'action de contraintes d'origines multiples en présence de pâtes manquant de souplesse et de cohésion (Reiner *et al.*, 1949).

Les fromages, coupés selon une ligne diamétrale (Grappin *et al.*, 1987), ont été photographiés sur film-diapositive (Kodachrome 64 ASA). Les notations, comprises entre 0 et 10, ont été effectuées par 20 personnes en relation avec la profession et entraînées à la notation des fromages, lors d'une projection unique de l'ensemble des diapositives, afin d'obtenir un bloc homogène de résultats.

### *Analyse statistique*

Pour les notations d'ouverture et de lainure, une note correspondant à la moyenne des notations individuelles a été attribuée à chaque fromage. Chaque moyenne a été intégrée dans l'étude statistique au même titre qu'une valeur analytique. L'exploitation statistique fait intervenir les techniques décrites par Grappin *et al.* (1987).

## Résultats-Discussion

### *Ouverture des fromages*

#### *Relations entre la composition et l'ouverture des fromages*

Une augmentation régulière des coefficients de corrélation est observée au fur et à mesure de l'affinage entre l'ouverture et les descripteurs de la fermentation propionique : acides lactique, acétique ( $C_2$ ) et propionique ( $C_3$ ). En fin d'affinage, les composés caractéristiques de la fermentation propionique apparaissent étroitement liés à l'ouverture des fromages. Il peut s'agir du substrat principal (lactates totaux :  $r = -0,57$ ) ou des produits de dégradation finaux (acides propionique :  $r$

= 0,61 ou acétique :  $r = 0,44$ ). Il est intéressant de noter que si les corrélations observées sont hautement significatives, en revanche, elles ne permettent qu'une explication partielle du mécanisme de l'ouverture.

Le taux de calcium, relativement constant en cours d'affinage (Berdaqué et Grappin, 1987), est corrélé positivement avec l'ouverture ( $r = 0,48$ ). Le calcium agit sur les caractéristiques rhéologiques de la pâte en augmentant sa visco-élasticité. Sur 68 échantillons de fromage de Comté, Daric-Compagnone (1986) montre que le module d'élasticité de la pâte défini par Peleg et Pollak (1982) est positivement corrélé à la teneur en calcium des fromages ( $r = 0,68$ ).

L'extrait sec est significativement corrélé, seulement à partir de trois semaines d'affinage, à l'intensité d'ouverture de la pâte (Tableau I). Ces corrélations persistent si l'on élimine du calcul les fromages affinés à basse température ( $A_1$ ) et dont l'extrait sec est plus élevé (Berdaqué et Grappin, 1987). Pour les fromages affinés par  $A_1$ , il est en effet difficile de dissocier

l'effet de l'extrait sec de celui de la température sur l'ouverture de la pâte. Un examen détaillé des résultats montre que 85% des fromages affinés dont l'extrait sec est plus élevé que 65 g pour 100 g de fromage présentent une faible ouverture dont la note est inférieure à 3/10. Dans la pratique, un extrait sec élevé est généralement associé à une texture plus ferme. D'autre part, la perméabilité, la diffusion et la rétention du  $CO_2$  peuvent être modifiées par la teneur en eau de la pâte.

La teneur en sel des fromages est corrélée négativement à leur ouverture ( $r = -0,36$ ). Si certaines souches propioniques peuvent croître en présence de 6% de chlorure de sodium (Reinbold, 1978), il semble que la majorité des souches rencontrées dans les produits laitiers aient leur croissance ralentie à partir de 3% de chlorure de sodium dans le milieu de croissance. Selon Malik *et al.* (1968), l'action limitante du sel ne serait pas due à une inhibition directe des bactéries propioniques par NaCl, mais davantage au fait que le sel fait chuter l'activité de l'eau dans le fromage; les bactéries propio-

**Tableau I.** Coefficients de corrélation entre l'ouverture des fromages affinés et leur composition à différents stades d'affinage. Seuils de signification : n.s. : non significatif; \* : 5%; \*\* : 1%.

	20 h	3 semaines	6 semaines	Fin d'affinage
Lactates totaux	n.s.	n.s.	- 0,53 **	- 0,57 **
Acide propionique	n.s.	n.s.	0,51 **	0,61 **
Acide acétique	n.s.	n.s.	- 0,21 *	0,44 **
Calcium	0,38 **	0,35 **	0,40 **	0,48 **
Chlorure	-	- 0,32 **	- 0,33 **	- 0,36 **
Extrait sec	n.s.	- 0,38 **	- 0,39 **	- 0,33 **

riques étant en effet très sensibles à ce paramètre. Ainsi, d'après Mathlouti *et al.* (1980), des activités de l'eau faibles, inhibitrices de l'ouverture, sont rencontrées dans la partie corticale des emmentals du fait de la forte teneur en sel dans cette zone. Cependant, d'autres facteurs, tels que le pH du milieu ou la vitesse de croissance des souches, peuvent interagir avec le niveau de l'inhibition par le chlorure de sodium (Hettinga et Reinbold, 1972). La cinétique d'apport du sel, très dépendante des soins effectués avant trois semaines en cave de fromagerie (Berdagué et Grappin, 1987), aurait une action sur l'ouverture (Peter *et al.*, 1953) que nous n'avons pas pu dans ce travail distinguer de l'action globale du sel apporté durant l'affinage.

L'équation de régression linéaire multiple donnant la meilleure expression de l'ouverture à partir de la composition des fromages au stade coupe est celle faisant intervenir deux variables indépendantes qui sont la teneur en acide propionique

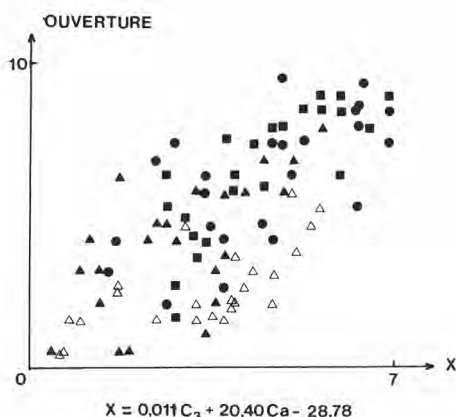


Fig. 1. Relation entre la note d'ouverture et la composition des fromages définie par l'équation :  $X = 0,011 C_3 + 20,40 Ca$  ( $C_3$  en mg/100 g de fromage et Ca en g/100 g de fromage) pour les 96 fromages des 4 fromageries (F1 :  $\Delta$ , F2 :  $\blacktriangle$ , F3 :  $\blacksquare$ , F4 :  $\bullet$ ).

( $C_3$ ) et la teneur en calcium (Ca) des comtés. Cette équation :  $\text{ouverture} = 0,011 C_3 + 20,40 Ca - 28,78$ , permet d'expliquer 46% des variations de l'ouverture (coefficient de corrélation multiple  $r = 0,68$ ). L'allure du nuage de points de cette relation est donnée dans la Figure 1.

#### *Influence des différents facteurs sur l'intensité d'ouverture des fromages*

L'analyse de la variance (Tableau II) montre que la fromagerie est le facteur le plus influent sur l'ouverture des fromages, suivi par les conditions d'affinage et la saison de fabrication. Les trois facteurs expliquent plus de 65% de la variance des notes d'ouverture des fromages.

L'étude de la Figure 2A montre que l'ouverture est un paramètre assez caractéristique de chaque fromagerie; certaines donnent tout au long de l'année des comtés plutôt massifs (F1), d'autres des fromages très ouverts (F3, F4). Une part importante des différences d'ouverture entre fromageries pourrait être liée à la nature des souches propioniques du lait (souches sauvages dans le cas du fromage de Comté), mais aussi aux caractéristiques physico-chimiques des fromages, propres à chaque fromagerie. Cependant, les différences de composition observées 24 h après fabrication entre les fromages de différents ateliers (Grappin *et al.*, 1987) ne sont pas corrélées, sauf dans le cas du calcium total, à leur ouverture.

Parmi les mesures effectuées en cave d'affinage, la température des caves, qui agit directement sur la fermentation propionique, est le paramètre le plus corrélé à l'ouverture des fromages ( $r = 0,44$ ). Aucun lien net n'est observé avec les autres paramètres d'affinage (teneur en gaz carbonique, ammoniac et humidité relative de l'atmosphère des caves), qui sont d'autre part très corrélés à la température d'affinage et ne peuvent pas être introduits dans une régression multiple.

**Tableau II.** Pourcentage de la variance des notes d'ouverture et de lainure expliqué par les facteurs affinage, fromagerie et saison et par leurs interactions. Seuils de signification : n.s. : non significatif; \* : 5%; \*\* : 1%.

Variable	Facteurs						Total
	Affinage (A)	Fromagerie (F)	Saison (S)	Interactions A x F F x S A x S			
Ouverture	15,9 **	39,4 **	6,2 **	n.s.	3,9 *	n.s.	65,4
Lainure	14,7 **	29,3 **	10,2 **	n.s.	n.s.	n.s.	54,2

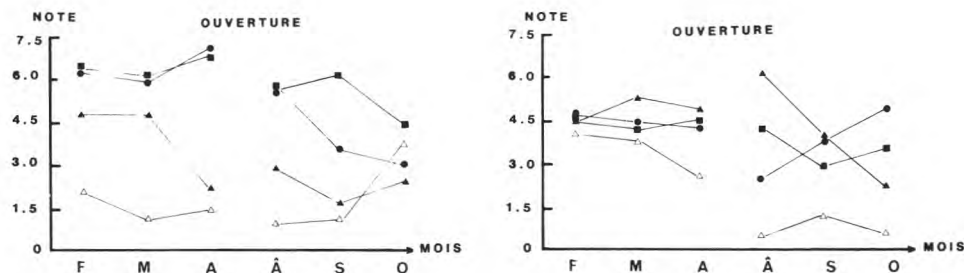
On note aussi (Fig. 2B) que la variabilité de l'ouverture en fonction du type d'affinage est beaucoup plus élevée en été qu'en hiver. Dans le cas de l'affinage à basse température (A1), dont les caves sont climatisées naturellement, la faible ouverture observée dans les fromages fabriqués en été (Fig. 2B) provient du fait que la phase d'affinage correspondant à la fermentation propionique s'est faite en période hivernale ( $8,4 \pm 0,8$  °C), tandis que les fromages d'hiver ont réalisé leur fermentation propionique en période estivale ( $11,1 \pm 0,2$  °C).

### Le défaut de lainure

#### 1) Relations entre la composition et la lainure des fromages

Les variables qui présentent un lien significatif avec le défaut de lainure peuvent se répartir en trois groupes (Tableau III) :

- les composants liés au catabolisme glucidique : galactose, lactates L et D;
- les indicateurs de la protéolyse : teneur en azote soluble dans l'acide phosphotungstique (NPT) correspondant aux petits peptides et acides aminés libres, teneur en acide isovalérique et pH à la coupe;



**Fig. 2.** Evolution moyenne mensuelle de l'intensité d'ouverture des 96 fromages. A : fabriqués dans les 4 fromageries (F1 :  $\Delta$ , F2 :  $\blacktriangle$ , F3 :  $\blacksquare$ , F4 :  $\bullet$ ). B : affinés suivant les 4 types d'affinage (A1 :  $\Delta$ , A2 :  $\blacktriangle$ , A3 :  $\blacksquare$ , A4 :  $\bullet$ ).



**Tableau III.** Coefficients de corrélation entre l'intensité du défaut de lainure des fromages affinés et leur composition à différents stades d'affinage. Seuils de signification : n.s. : non significatif; \* : 5%; \*\* : 1%.

	Intensité du défaut de lainure			
	20 h	3 semaines	6 semaines	Fin d'affinage
Galactose	- 0,37 **	—	—	—
LaL	- 0,27 *	- 0,47 **	n.s.	n.s.
LaD	0,56 **	0,47 **	n.s.	n.s.
NPT	0,33 **	0,35 **	0,36 **	0,53 **
iC <sub>5</sub>	—	—	n.s.	0,23 *
pH	- 0,30 *	n.s.	n.s.	0,49 **
Ca	- 0,35 **	- 0,31 *	- 0,33 **	- 0,33 **
Cl	—	n.s.	n.s.	0,21 *

— les fractions minérales : calcium et chlorure.

On constate qu'au cours de l'affinage (Tableau III), la corrélation entre le défaut de lainure et les composants du catabolisme glucidique est progressivement remplacée par un lien avec les indicateurs de la protéolyse, tandis que le rôle des chlorures se précise en fin d'affinage.

A 24 h, les relations entre la lainure d'une part, le pH, le galactose et les lactates L et D d'autre part, sont une conséquence de la vitesse et de l'intensité de la fermentation lactique. Ainsi, la relation positive entre la teneur en lactate D et le défaut de lainure peut provenir du fait que *Streptococcus thermophilus*, qui se développe le premier, produit seulement de l'acide lactique L, vite mais en *quantité limitée* (donc sans tendance à un pH trop bas suivi de déminéralisation) tandis que l'acide lactique D est produit par les lactobacilles en mélange avec L, de façon plus lente mais à *dose plus élevée* que les

streptocoques qui peuvent engendrer des pH trop bas (Gehrigier *et al.*, 1975; Mocquot, 1985). Les lactates D renseignent davantage sur la cinétique précoce de l'acidification, donc sur les risques de déminéralisation, que les lactates L ou les lactates totaux.

Le calcium joue vraisemblablement un rôle prépondérant dans la structure des pâtes pressées cuites (Reinbold, 1972); dans le modèle de Schmidt, 1982, le calcium apparaît comme le «ciment des caséines». Les risques d'altération de la liaison phospho-calcique et protéique peuvent être causés par une forte acidification à 24 h (Keilling, 1968; Reinbold, 1972). Les résultats de nos analyses à ce stade confirment le rôle très important du couple calcium-lactates dans l'apparition du défaut de lainure. Nos résultats montrent que trois semaines après fabrication, le lien entre les différentes formes de lactates et le défaut de lainure existe toujours. Cette relation disparaît à un mois et

demi ou en fin d'affinage, du fait de la racémisation des lactates (Thomas et Crow, 1983) et de la fermentation propionique.

La corrélation entre la teneur en NPT et l'intensité du défaut de lainure augmente au cours de l'affinage (Tableau III), jusqu'à atteindre des valeurs relativement élevées au stade de coupe :  $r = 0,53$ . A souligner pour la fromagerie F4 que la seule fois où les fromages ont été lainés (mois d'août), la teneur en NPT était de 0,90 contre 0,54 g/100 g en moyenne pour les autres mois.

Le faible lien observé avec la teneur en sel en fin d'affinage peut avoir des origines assez complexes et antagonistes. En effet, il est reconnu que d'une part le sodium du chlorure de sodium peut provoquer un déplacement du calcium lié à la matrice de caséine (Mayr, 1976) et entraîner la formation d'une pâte fragile (Geurts *et al.*, 1980). D'autre part, le chlorure de sodium peut freiner l'action des protéases (Noomen, 1978), limitant l'importance du défaut.

## 2) Influence des différents facteurs sur l'intensité du défaut de lainure

Les résultats de l'analyse de la variance sont regroupés dans le Tableau II et illustrés par les Figures 3A et 3B.

L'influence de la *fromagerie* est surtout due à la fromagerie F4 qui n'a pratiquement jamais présenté ce défaut (Fig. 3A) et dont la composition à 20 h présente des teneurs en calcium plus élevées et une protéolyse moins avancée (Grappin *et al.*, 1987) que celle des autres fromageries. En fin d'affinage, les fromages de F4 ont également une teneur en sel nettement plus faible que ceux des autres fromageries (Berdagué et Grappin, 1987).

Les conditions d'affinage de A2 et A4 conduisent aux fromages les moins lainés (Fig. 3B). Il s'agit d'affinages à température modérée (16,5 °C en moyenne annuelle), dans les caves dont l'atmosphère présente la plus forte humidité relative. Il est très intéressant de noter que des apports en sel différents pour ces types d'affinage très voisins n'entraînent que peu de différences au niveau de l'intensité du défaut de lainure.

Les conditions extrêmes d'affinage (17,5 °C-4 mois et 9 °C-9 mois) conduisent à un défaut de lainure deux fois plus intense. Dans le cas d'affinages classiques (15 à 18 °C, 4 mois) la température élevée d'affinage de A3 (17,5 °C) provoque une augmentation de la fermentation propionique (Berdagué *et al.*, 1987) et de la protéolyse (Collin *et al.*, 1987). Il en résulte un dégagement de gaz important dans une pâte où la matrice

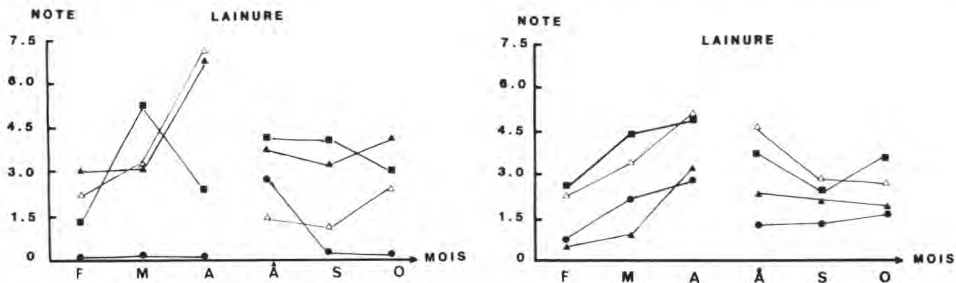


Fig. 3. Evolution moyenne mensuelle de l'intensité du défaut de lainure des 96 fromages. A : fabriqués dans les 4 fromageries (F1 : Δ, F2 : ▲, F3 : ■, F4 : ●). B : affinés suivant les 4 types d'affinage (A1 : Δ, A2 : ▲, A3 : ■, A4 : ●).



caséinique est altérée, entraînant un risque plus élevé du défaut.

Dans le cas de l'affinage à basse température, les conditions d'apparition de la lainure relèvent en partie d'autres mécanismes, puisque malgré leur affinage plus long ces fromages présentent un retard prononcé de consommation des lactates (lactates résiduels : 1 017 contre 567 mg pour 100 g de fromage) et de la protéolyse (caséines  $\alpha_{S1}$  et  $\beta$  résiduelles = 16,4 et 21,3 contre 12,9 et 21,4% des caséines totales). Il est vraisemblable que les fromages affinés à 9,7 °C, qui n'ont pas les mêmes propriétés rhéologiques que ceux placés à 16-17 °C, sont plus sensibles aux actions mécaniques liées en particulier à des pertes d'eau plus importantes (l'extrait sec de  $67,03 \pm 1,20$  en valeur moyenne contre  $65,78 \pm 0,80$  pour les affinages A2, A3 et A4).

Si la teneur en ammoniac de l'atmosphère des caves (tous affineurs confondus) est corrélée négativement aux taux de calcium des fromages (Berdagué et Grappin, 1987), la décalcification de la pâte consécutive à la migration du calcium vers la croûte n'est pas ici associée au défaut de lainure.

## Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence l'existence de relations significatives entre plusieurs paramètres de composition des fromages qui gouvernent les propriétés rhéologiques de la pâte des gruyères de Comté et ses caractéristiques de présentation.

L'intensité d'ouverture de la pâte apparaît non seulement corrélée à la fermentation propionique, mais aussi à la teneur en calcium, à l'extrait sec et à la teneur en chlorures du fromage.

L'intensité du défaut de lainure est corrélée aux composants liés au catabolisme glucidique (galactose et lactates), à la protéolyse (petits peptides et acides aminés) et aux fractions minérales : calcium et chlorure de la pâte.

Ce travail a permis également de montrer que l'affinage a une influence hautement significative sur les deux critères de présentation considérés.

## Remerciements

Ce programme a reçu le soutien financier de la Direction des industries agricoles et alimentaires du ministère de l'Agriculture (contrat DIAA n° 81/27) et de l'Association nationale pour la recherche et la technologie (bourse CIFRE de J.-L. Berdagué, convention n° 92/82).

## Références

- Berdagué J.-L. & Grappin R. (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. II : Influence de l'affinage sur l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des fromages. *Lait* 67, 237-247
- Berdagué J.-L., Grappin R. & Jeunet R. (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. III : Fermentation lactique et teneur en acides gras volatils des fromages de Comté. *Lait* 67, 249-263
- Berdagué J.-L. & Grappin R. (1988) Affinage et qualité du gruyère de Comté. VI : Caractéristiques sensorielles des fromages. *Lait* 68, 189-204
- Collin J.-C., Berdagué J.-L., Dognin-Bergeret M. & Grappin R. (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. IV : Etude de la protéolyse. *Lait* 67, 299-318
- Daric-Compagnone N. (1986) *Etude d'un prototype de rhéomètre, son fonctionnement, ses caractéristiques métrologiques. Applications à la détermination de la texture des fromages à pâte pressée cuite*. Mémoire de fin d'études, ESA d'Angers

- Gehriger G., Wuthrich A., Kauffmann H. & Hofmann J.M. (1975) Über die Temperaturverhältniss im jungen Emmentalerkäse und ihre Auswirkungen. *Dtsch. Milk. Ztg.* 45, 1527-1537
- Geurts T.J., Walstra P. & Mulder H. (1980) Transport of salt and water during salting of cheese. 2. Quantities of salt taken up and of moisture lost. *Neth. Milk Dairy J.* 34, 229-254
- Grappin R., Berdagué J.-L., Dasen A. & Jeunet R. (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. I : Protocole expérimental. Caractérisation des conditions d'affinage et des ateliers de fabrication. *Lait* 67, 219-235
- Guichard E., Berdagué J.-L. & Grappin R. (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. V : Influence de l'affinage sur la teneur en composés volatils. *Lait* 67, 319-338
- Hettinga D.H. & Reinbold G.W. (1972) The propionic-acid bacteria. A review : I. Growth. *J. Milk Food Technol.* 35, 295-301
- Keilling J. (1968) La qualité des fromages à pâte cuite : considération sur la lainure des fromages à pâte cuite. *Tech. Lait.* 255, 13-15
- Malik A.C., Reinbold G.W. & Vedamuthu E.R. (1968) An evaluation of the taxonomy of *Propionibacterium*. *Can. J. Microbiol.* 14, 1185-1191
- Mayr A. (1976) Zur Kochsalzkonzentration in Emmentalerkäse. *Dtsch. Milk. Ztg.* 97, 493-496
- Mathlouti M., Conry M., Jaillant G. & Maitenaz P.C. (1980) Water vapor sorption of Gruyere Cheese. *Lebensm. Wiss. Technol.* 13, 264-268
- Mocquot G. (1985) Communication personnelle
- Noomen A. (1978) Activity of proteolytic enzymes in simulated soft cheeses (Meshanger type) 1. Activity of milk protease. *Neth. Milk Dairy J.* 32, 26-48
- Peleg M. & Pollak N. (1982) The problem of equilibrium conditions in stress relaxation analyses of solid foods. *J. Texture Stud.* 13, 1-11
- Peter A., Zollikofer E. & Badoux F. (1953) *Manuel de la Fabrication du Fromage d'Emmental*. Edition des Hoirs, Berne, pp. 73-75
- Reinbold G.W. (1972) Swiss cheese varieties. *Pfizer Cheese Monogr.* NY5, 159
- Reinbold G.W. (1978) The propionibacteria. *20th Int. Dairy Congr., Scientific and Technical Sessions* (3ST)
- Reiner M., Scott Blair G.W. & Mocquot G. (1949) Sur un aspect du mécanisme de formation des lainures dans le fromage de gruyère de Comté. *Lait* 29, 351-357
- Schmidt D.G. (1982) Association of caseins and casein micelle structure. *Dec. Dairy Chem.* 1, 61-86
- Thomas T.D. & Crow V.L. (1983) Mechanism of D (-) lactic acid formation in Cheddar cheese. *N.Z.J. Dairy Sci. Technol.* 18, 131-141