**Zeitschrift:** Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchungen und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit

**Band:** 92 (2001)

**Heft:** 5

**Artikel:** Caractérisation microbiologique, chimique et sensorielle de laits, de caillés et de fromages de chèvre tessinois de types formaggini (büscion, robiola) et formaggella

**Autor:** Bosset, Jacques Olivier / Albrecht, Bruno / Badertscher, René

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-981923

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 13.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Caractérisation microbiologique, chimique et sensorielle de laits, de caillés et de fromages de chèvre tessinois de types Formaggini (Büscion, Robiola) et Formaggella*

Jacques Olivier Bosset, Bruno Albrecht, René Badertscher, Marc Dalla Torre, Roland Gauch, René Imhof, Dino Isolini, Pierre Lavanchy, Jacques Meyer, Urs Spahr et Maurice Wismer, Station fédérale de recherches laitières (FAM) de Liebefeld, Berne

Mario Burger, AC-Laboratorium Spiez, Zentrale Analytik/Radiochemie, Gruppe Rüstung, Spiez

Renato Bontognali et Enrico Rezzonico, Centre d'inspection et de consultation en matière d'économie laitière (SICL), Sant' Antonino

Giulia Quadroni, Associazione Capra Ticino, Ponte Capriasca

Présenté le 25 juin 2001, accepté le 9 juillet 2001

## Introduction

La chèvre et ses fromages ont joué depuis fort longtemps et jouent toujours un rôle important non seulement dans l'économie régionale du Tessin et du nord de l'Italie en général (1), mais constituent aussi un bien social, culturel et historique de valeur de ces régions montagneuses. On recense actuellement au Tessin quelque 12 000 chèvres élevées pour moitié pour la production de viande et pour moitié pour celle de lait et de produits laitiers. Selon le syndicat d'élevage, la répartition des races est la suivante: Verzasca: 21 %, Saanen: 4 %, Camosciata: 4 %, Toggenburg: env. 1 %, le solde (env. 70 %) n'étant pas recensé. Les systèmes de traite sont presque exclusivement manuels (97,5 %), rarement mécanisés (2,5 %).

* Travail présenté au 3e Colloque international sur les fromages d'alpages à Bella (PZ/I) le 31 août 2001

Dans le cadre du programme de recherches transfrontalier italo-suisse «INTERREG II» (1997–1999) intitulé: «Valorizzazione e tipicizzazione delle produzioni agricole» mené en parallèle avec la Comunità Montana Valli del Luinese (2, 3), une étude de laits, de caillés et de fromages de chèvre du Tessin des appellations Büscion et Robiola, regroupés sous le nom générique de Formaggini, ainsi que de type Formaggella a été entreprise du côté suisse à l'aide de méthodes d'analyses microbiologiques, chimiques, radiochimiques et sensorielles. A leur nombre, il faut mentionner la recherche de certains radio-isotopes et composés volatils, ayant pour but de caractériser ces fromages en vue de l'obtention d'une future Appellation d'origine contrôlée (AOC) ou Appellation d'origine protégée (AOP). Ces fromages n'ont, semble-t-il, jamais fait l'objet d'une étude ou d'une publication scientifique, ce qui explique le présent travail.

Il existe deux formes de formaggini: ceux de forme haute («alt») et ceux de forme basse («bass»). Le terme de *«büscion»* désigne ceux de forme cylindrique haute. Ce néologisme est assez récent. On ne le trouve pas encore dans les archives des patois tessinois entre 1910–1920. Il dérive du mot français «bouchon» en raison de la ressemblance (forme et couleur) de ce fromage, après affinage dans de l'huile, avec le bouchon de liège (fig. 1). Ce terme est utilisé aujourd'hui dans tout le Tessin où il est produit. Les termes de Formaggini et de Formaggella proviennent du mot «caseus formaticus», ce qui signifie en bas latin «fromage fabriqué dans une forme».

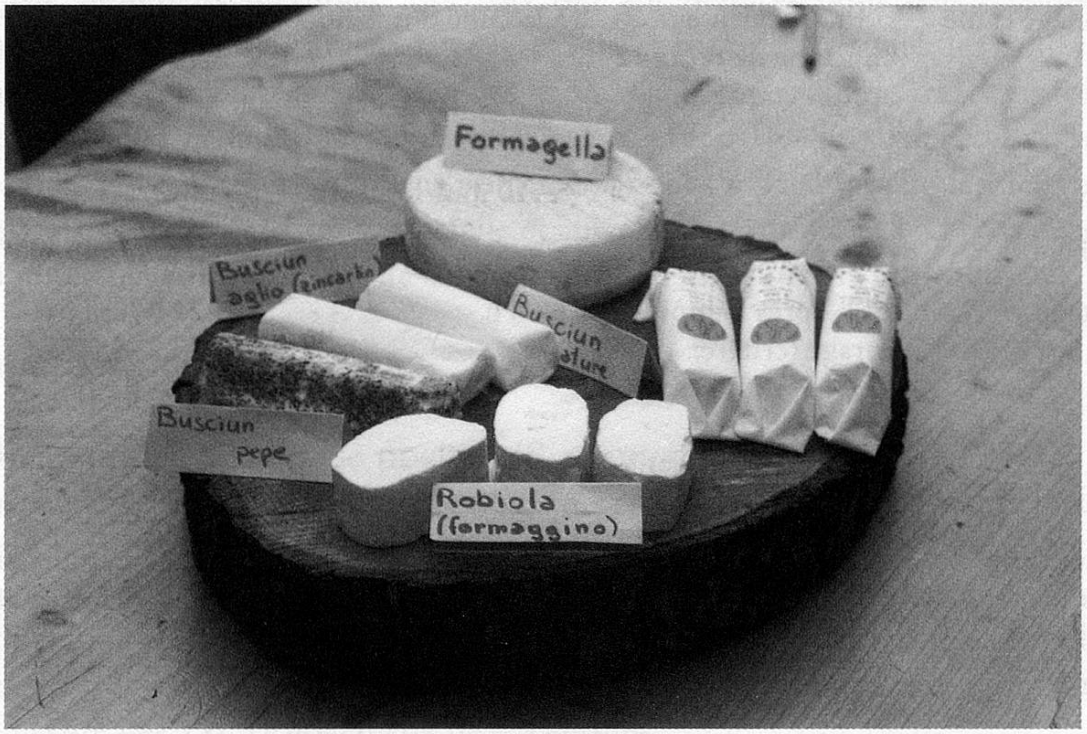


Figure 1 **Photo des trois sortes de fromages étudiés: Büscion, Robiola et Formaggella**

La figure 1 montre une photographie des trois sortes de fromage étudiées. Les deux premières sortes (Büscion et Robiola, appelées aussi Formaggini selon les régions) sont des fromages frais (teneurs en eau d'env. 630 g/kg et de 690 g/kg respectivement) et gras (teneur en matière grasse MG d'env. 170–220 g/kg et 180–190 g/kg respectivement) consommables après 24 heures déjà. La troisième

Tableau 1
**Schéma de fabrication et d'affinage du Büscion, de la Robiola et de la Formaggella**

| *Produit/étape* | *Büscion* | *Robiola* | *Formaggella* |
|---|---|---|---|
| Lait | cru ou thermisé à 65° C/15 min | thermisé à 65° C/15 min | cru ou thermisé à 65° C/15 min |
| Refroidissement | à 20–26° C | à 32–34° C | à 34–38° C |
| Ajout de ferments | mésophiles | thermophiles (par ex. yoghourt) | mésophiles ou thermophiles |
| Maturation du lait | 0–180 min | 10 min | 30–40 min |
| Emprésurage | 2–4 ml/100 l force 1:9000 | 12–13 ml/100 l force 1:9000 | 15–25 ml/100 l force 1:9000 |
| Coagulation | lactique/enzymatique: 4–8 h | enzymatique: 35–40 min | enzymatique: 35–40 min |
| Acidification | 12 h | maturation: 30 min | maturation: 30–45 min |
| Découpage caillé | orthogonalement, en forme de croix 12 h après l'emprésurage (facultatif) | à la taille d'une noix | en cube de 1 cm de côté |
| Attente | 12 h | 5–10 min/brassage | 5 min/brassage |
| Chauffage | – | – | 5–10 min à 35–38° C |
| Egouttage | 24 h après l'emprésurage (critère: pH 4,3–4,5) suspendre pâte en sachets (20–22° C) pendant 12–24 h | 6–8 h | 20–24 h (critère: pH 5,20–5,30 après 6–8 h) |
| Mise en forme Portionnement | pétrissage | découpage | moulage, retournement: 2–3 fois |
| Salage | 8–10 g/kg | à la main | bain de sel 1,5–5 h à 14° C |
| Emballage | sous papier | sous papier | meules 0,5–2,0 kg |
| Stockage | 4–5° C (max. 20 j.) | 4–5° C (max. 7 j.) | affinage 12° C, 90 % rH, 3–4 semaines |

sorte (Formaggella) est un fromage mi-dur (teneur en eau de 510 g/kg) et gras (teneur en MG d'env. 220–260 g/kg) affiné pendant un mois environ. Leur poids avoisine 50 à 60 g, 80 à 100 g et 1000 à 1500 g respectivement. Le tableau 1 résume les procédés de fabrication et d'affinage correspondants.

La littérature concernant les fromages de chèvre est assez abondante. On peut citer l'étude très complète de *Buchin* et al. (4) qui ont procédé par échanges de la matière grasse et du lait écrémé de laits de vache et de chèvre ainsi que les diverses investigations de chercheurs français pour tenter d'isoler les composés responsables du goût des fromages de chèvre (5–7) mais aucune étude ne semble avoir été consacré aux trois sortes de fromages tessinois considérés dans ce travail.

## Partie expérimentale

### *Choix des échantillons*

Sans avoir pu opérer un véritable suivi de fabrication en raison de problèmes logistiques de prélèvement et d'expédition des échantillons depuis les divers alpages, 20 échantillons de lait, 24 échantillons de caillés (10 de Büscion, 7 de Robiola et 7 de Formaggella) et 32 échantillons de fromages prêts à la consommation (14 Büscion, 11 Robiola et 7 Formaggella) ont été prélevés pendant la période d'estivage chez cinq producteurs codés A à E et envoyés par exprès aux divers laboratoires. Il s'agissait du Laboratoire d'essais des radionucléides du Groupement de l'armement de Spiez pour les mesures de la radioactivité et de divers laboratoires de la FAM pour les autres grandeurs mesurées. Les laits ont été analysés pour leur composition microbiologique, leur aptitude à la coagulation et leur radioactivité; les caillés pour leur composition microbiologique; les fromages mûrs pour leurs compositions microbiologique et chimique ainsi que leur appréciation sensorielle. Les échantillons ont été analysés à l'état frais pour les examens microbiologiques, les tests de coagulation et l'appréciation sensorielle et après congélation à –18° C puis décongélation pour toutes les analyses de la composition chimique et la radioactivité.

### *Méthodes d'analyse*

#### Staphylocoques coagulase positifs *(S. aureus)* (méthode de la FAM)

Principe: Le comptage et l'identification s'effectuent après étalement en surface sur agar Baird Parker avec adjonction de RPF (Rabbit Plasma Fibrinogen) et incubation en aérobiose pendant 24–48 h à 37° C, suivis d'un test de thermonucléase au bleu de toluidine. On dénombre les staphylocoques positifs à la fois à la coagulase et au bleu de toluidine. La production de coagulase et de thermonucléase est dans une large mesure liée à la pathogénicité de ces germes.

### Aérobies mésophiles (30° C)

Principe: Comptage et identification par étalement en profondeur sur agar Standard Methods selon Robert Koch. Incubation en aérobiose pendant trois jours à 30° C (8).

### Escherichia coli *(E. coli)*

Principe: Comptage et identification par étalement en surface sur agar *Escherichia coli* direct (ECD-Agar plus MUG). Incubation pendant 24 h à 42±1° C. Les colonies de *E. coli* émettent de la lumière sous l'effet des ultraviolets (9).

### Coliformes (méthode de la FAM)

Principe: Comptage et identification par étalement en profondeur sur agar au lactose Violet red bile (VRB-Agar), étalement en double couche. Incubation en aérobiose pendant 1 jour à 37° C.

### Streptocoques D (entérocoques)

Principe: Comptage et identification par étalement en profondeur sur agar à la kanamycine-esculine-azide. Incubation en aérobiose pendant 18–24 h à 37° C. La kanamycine et l'azide inhibent dans une large mesure la flore accompagnatrice, en particulier les germes gram-négatifs mais aussi les staphylocoques, alors que les streptocoques D sont peu sensibles à ces substances. Ils hydrolysent le glucoside esculine en glucose et en esculétinine, qui forme avec le fer (III) un complexe vert olive à noir (10).

### Bactéries lactiques (méthode de la FAM)

Principe: Comptage et identification par étalement en surface sur agar MRS (Man, Rogosa et Sharpe). Incubation en anaérobiose pendant deux jours à 37° C. Les lactobacilles forment de grandes colonies, les lactocoques (streptocoques), de petites. La méthode n'est sélective que par l'anaérobiose d'où une confirmation nécessaire au microscope.

### Lactocoques (méthode de la FAM)

Principe: Comptage et identification par étalement en surface sur agar M17 selon *Terzaghi et Sandine* (10). Incubation en conditions anaérobies pendant deux jours à 30° C. Les lactocoques (streptocoques du lait) forment des colonies bien visibles comparativement à d'autres germes qui peuvent former des microcolonies.

### *Listeria monocytogenes* AccuProbe (méthode de la FAM)

Principe: Ensemencement en deux phases dans un milieu liquide et sélection sur le milieu solide ALOA-Agar. Identification au moyen d'une sonde génétique (AccuProbe™) (12). Cette méthode d'analyse est un procédé de détection qualitatif qui permet de constater s'il y a présence ou non de *L. monocytogenes*. Elle est vali-

dée pour le lait, les produits laitiers, les substances auxiliaires et possède un seuil de détection de 1–10 ufc/g d'échantillon.

### Salmonella

Principe: Ensemencement en deux phases dans un milieu liquide et sélection sur deux milieux, suivi d'une identification biochimique. Cette méthode d'analyse est un procédé de détection qualitatif et permet de constater s'il y a présence ou non de salmonelles. La méthode est utilisée au niveau international pour le lait et les produits laitiers de même que pour toutes les autres denrées alimentaires. Le seuil de détection pour le lait et les produits laitiers se situe entre 1–10 ufc/10 g d'échantillon (13).

### Dénombrement des cellules somatiques du lait

Principe: dénombrement optique par fluorescence (46).

### Mesure de la coagulation enzymatique du lait

Equipement: Formagraphe, type 11700, Foss Electric, Danemark. Les mesures sont effectuées à 32° C.

Principe: Un bloc de métal contenant les échantillons de lait et la solution de présure est soumis à une oscillation horizontale. Accouplés à de petits miroirs oscillants, des balanciers en forme d'anneaux plongent dans les échantillons (un par échantillon). Le mouvement du couple balancier-miroir est enregistré sur papier en tant que «formagramme»: tant que les échantillons sont liquides, l'oscillation du bloc de métal n'est pas transmise au balancier: le tracé enregistré («formagramme») est alors rectiligne. Dès que les échantillons coagulent, la viscosité de ceux-ci augmente et l'oscillation du bloc de métal est donc mieux transmise au balancier. Le tracé généré par le couple balancier-miroir se traduit par une fourchette toujours plus évasée à partir de laquelle on peut déterminer: i) la durée de coagulation R (en min) depuis l'emprésurage et ii) la fermeté du coagulum 10 minutes après le début de la coagulation, grandeur mesurée par l'écartement des branches de la «fourchette» ainsi dessinée (valeur $A_{10}$, mesurée en mm) (14, 15).

### Détermination butyrométrique de la teneur en matière grasse du fromage selon Gerber-van Gulik

Principe: L'échantillon de fromage est décomposé dans le butyromètre à l'aide d'acide sulfurique. La couche de matière grasse surnageante est séparée par centrifugation. La teneur en matière grasse de l'échantillon peut alors être directement lue sur l'échelle du butyromètre (16).

### Détermination argentométrique de la teneur en chlorure du fromage

Principe: Une fois mis en suspension dans l'eau, l'échantillon est acidifié avec de l'acide sulfurique. Les chlorures sont titrés avec du nitrate d'argent. Le point final de la titration est enregistré potentiométriquement (17).

### Détermination butyrométrique de la teneur en matière grasse du lait selon Gerber

Principe: Le même que celui de la détermination butyrométrique de la teneur en matière grasse du fromage selon Gerber-van Gulik, décrit ci-dessus (18).

### Détermination de l'azote total (TN) dans le lait et les produits laitiers selon Kjeldahl

Principe: L'échantillon est minéralisé au moyen d'acide sulfurique et de perhydrol en présence d'un catalyseur (sulfate de cuivre & oxyde de titane). Après l'addition de soude caustique concentrée, l'ammoniac libéré est distillé à la vapeur d'eau dans une solution d'acide borique. Le borate formé est titré potentiométriquement avec de l'acide chlorhydrique. La teneur en protéines totales est égale à celle en TN × 6,38 (19).

### Détermination de la teneur en azote hydrosoluble (WLN = Wasserlöslicher N) du fromage selon Kjeldahl

Principe: L'échantillon de fromage est mis en suspension dans de l'eau (pH non ajusté). Après centrifugation des particules non solubles, on détermine la teneur en azote selon Kjeldahl sur une part aliquote de cet extrait aqueux (20).

### Détermination de la teneur en azote non protéique (NPN) du fromage selon Kjeldahl

Principe: Une partie aliquote de l'extrait obtenu précédemment pour le dosage du WLN est additionnée d'acide trichloracétique pour précipiter les protéines solubles. Après filtration, on détermine selon Kjeldahl la teneur en azote résiduel (petits peptides, acides aminés libres, ammoniaque, urée) dans le filtrat (20).

### Détermination de la teneur en acides gras volatils du fromage par chromatographie en phase gazeuse après estérification dans l'espace de tête statique

Principe: Les acides gras volatils (C1 à C6) sont entraînés en milieu sulfurique par distillation à la vapeur d'eau. Le distillat est titré au moyen de soude caustique (somme des acides gras volatils), puis réacidifié avec de l'acide chlorhydrique et estérifié avec du propanol dans l'espace de tête du flacon. Une partie de l'espace de tête statique est injectée dans un chromatographe en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme (21).

## Dosage de l'urée

Principe: En présence de l'enzyme uréase, l'urée est décomposée en ammoniaque et en dioxyde de carbone. L'ammoniaque (en solution aqueuse) et l'α-cétoglutarate réagissent en présence de glutamate-deshydrogénase et de NADH pour former du L-glutamate, réaction où le NADH est oxydé en $NAD^+$. La quantité de NADH oxydé est équivalente à la quantité d'ammoniaque. La différence de la teneur en ammoniaque avant et après la réaction de l'uréase correspond à la moitié de la quantité d'urée. Le NADH sert de grandeur de mesure et est déterminé, en raison de son absorption, à 340 nm selon le schéma réactionnel suivant (22, 23):

$$\text{Urée} + H_2O \xrightarrow{\textit{Uréase}} 2\,NH_3 + CO_2$$

$$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

$$\alpha\text{-cétoglutarate} + NH_4^+ + NADH \xrightarrow{\textit{Glutamate-Deshydrogénase}} \text{L-glutamate} + H_2O + NAD^+$$

## Dosage du lactate

En présence de L(+)-lactate-deshydrogénase, l'acide lactique L (L-lactate) est oxydé en pyruvate par le NAD. L'acide lactique D (D-lactate) est oxydé en pyruvate par le NAD en présence de D(–)-lactate deshydrogénase. L'équilibre de cette réaction est déplacé vers la droite par un excès de NAD, le milieu alcalin et en piégeant le pyruvate au moyen d'hydrazine (il se forme du pyruvate-hydrazone). La quantité de NADH formé est équivalente à la quantité de lactate et sert de grandeur de mesure en raison de son absorption dans l'UV selon le schéma réactionnel suivant (24, 25):

$$\text{L(+)-lactate} + NAD^+ \xrightarrow{\textit{L(+)-Lactatdeshydrogénase}} \text{pyruvate} + NADH + H^+$$

$$\text{D(–)-lactate} + NAD^+ \xrightarrow{\textit{D(–)-Lactatdeshydrogénase}} \text{pyruvate} + NADH + H^+$$

## Dosage du lactose

En présence de L(+)-lactate-deshydrogénase, le lactose est hydrolysé en galactose et en glucose. On procède à la détermination du glucose dans la fraction hydrolysée (=«glucose total») et dans la fraction non hydrolysée (=«glucose libre»). Le glucose est oxydé par la glucose-oxidase en acide gluconique. Le peroxyde qui en résulte oxyde l'ABTS (azino-2,2'-di-[éthyl-3-benzothiazoline-sulfonate-(6)] de diammonium) en présence de la peroxidase en un colorant bleu vert. La teneur en lactose se calcule à partir de la différence entre le «glucose total» et le «glucose libre» selon le schéma réactionnel suivant (26–28):

$$\text{lactose} + H_2O \xrightarrow{\textit{β-Galactosidase}} \text{galactose} + \text{glucose}$$

$$\text{glucose} + O_2 + H_2O \xrightarrow{\textit{Glucose-Oxidase}} \text{gluconate} + H_2O_2$$

$$H_2O_2 + \text{chromogène (ABTS)} \xrightarrow{\textit{Peroxidase}} ABTS_{ox} + H_2O$$

### Analyses sensorielles

Le jury de dégustation accrédité de la FAM a caractérisé ces trois sortes de fromages en utilisant sa terminologie usuelle (choix des descripteurs) (29, 30)

### Mesure de la radioactivité (méthode accréditée)

Principe de la mesure: par spectrométrie Gamma/quantitative, selon la norme EN45001 du laboratoire d'essai STS02, avec un détecteur coaxial Ge; Zone d'énergie 60–2700 keV; Volume de mesure 200 ml.

Evaluation du spectre: Avec le programme GENIE, sans correction de la densité, avec compensation du bruit de fond, sans correction de la somme des cascades. Date de référence pour le calcul de l'activité: date du prélèvement de l'échantillon.

### Analyse semi-quantitative des composés volatils

Principe: L'analyse dynamique d'effluves (ou d'espace de tête) est effectuée à l'aide d'un Purge & Trap série 3100 (Tekmar, Cincinnati, OH, USA) couplé à un chromatographe en phase gazeuse (Agilent/Hewlett-Packard 5890, Series II) avec détections i) par spectrométrie de masse (MSD modèle HP 5972) pour l'analyse qualitative et ii) par ionisation de flamme (FID) pour l'analyse semi-quantitative. La méthode est la même que celle décrite précédemment (31) à l'exception des points suivants:

*Système d'extraction et de concentration:* 10 g d'échantillons ont été rapés (et non dispersés dans de l'eau); cap cool-down: –140° C au lieu de –125° C; désorption: 240° C au lieu de 220° C; MCS line temp.: 150° C; MCS bake temp.: 300° C.

*Détection MS:* mode TIC de 26 à 250 amu avec 1,1 scan/s (au lieu de 19 à 250 amu avec 2,9 scan/s).

## Résultats et discussion

### *Laits*

### Analyses microbiologiques

Le tableau 2 présente les résultats des analyses microbiologiques des laits crus utilisés par les cinq producteurs pour la fabrication de leurs fromages. On remarque de grandes différences tant entre les jours de prélèvement des échantillons qu'entre les producteurs, et cela aux mêmes dates. Les producteurs A et E ont en moyenne des teneurs plus basses que B et surtout que C et D. Les valeurs parfois (plus) élevées mesurées concernent surtout les bactéries mésophiles et lactiques, non pathogènes. *E. coli* est en général <10 ufc/g sauf chez le producteur C qui dépasse chaque fois cette valeur et atteint même la valeur de 1000 ufc/g (le 29.5.1999). *S. aureus,* connu comme assez problématique chez la chèvre, est toujours inférieur ou égal à 10000 ufc/g sauf une fois où il atteint la valeur de 28000 ufc/g chez le producteur A (le 14.8.1999). Le nombre des cellules somatiques fluctue proportionnellement

Tableau 2
**Analyses microbiologiques (*n*=20) des laits de chèvre crus de divers producteurs**

| *Producteur* | *Date de production* | *Bactéries mésophiles aérobies (ufc/g)* | *Bactéries lactiques (ufc/g)* | *Coliformes (ufc/g)* | *Escherichia coli (ufc/g)* | *S. aureus (ufc/g)* | *Dénombrement des cellules (× 1000/ml)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 29.05.1999 | 560 | <100 | <10 | <10 | <10 | 119 |
| | 27.06.1999 | 810 | 1300 | <10 | <10 | 250 | 458 |
| | 18.07.1999 | 510 | <100 | <10 | <10 | <10 | 296 |
| | 14.08.1999 | 16000 | 22000 | 440 | 20 | 28000 | 592 |
| B | 29.05.1999 | 100000 | 20000 | 1100 | 10 | 180 | 717 |
| | 27.06.1999 | 18000 | 15000 | <10 | <10 | 240 | 727 |
| | 18.07.1999 | 11000 | 5600 | <100 | <10 | 110 | 1085 |
| | 14.08.1999 | 34000 | 26000 | 26000 | <10 | <10 | 1084 |
| C | 29.05.1999 | 100000000 | 700000000 | 14000 | 1000 | 3300 | 1516 |
| | 27.06.1999 | 630000 | 1000000 | 5900 | 600 | 10000 | 1122 |
| | 18.07.1999 | 170000 | 730000 | 650 | 90 | 2000 | 2306 |
| | 14.08.1999 | 110000 | 100000 | 160 | 81 | 1600 | 1784 |
| D | 29.05.1999 | 420000 | 220000 | 210 | <10 | 1200 | 618 |
| | 27.06.1999 | 540000 | 20000 | 4700 | <10 | 390 | 533 |
| | 18.07.1999 | 130000 | 160000 | 400 | <10 | <10 | 470 |
| | 14.08.1999 | 1800000 | 4900000 | 6700 | <10 | <10 | 590 |
| E | 29.05.1999 | 12000 | 5300 | <100 | <10 | 3600 | 2468 |
| | 27.06.1999 | 1500 | <100 | <10 | <10 | 4100 | 3176 |
| | 18.07.1999 | 1100 | 1500 | <10 | <10 | 150 | 3234 |
| | 14.08.1999 | 16000 | 6100 | <100 | <10 | 9300 | 1256 |
| Minimum | | 510 | <100 | <10 | <10 | <10 | 119 |
| Quartile inférieur | | 8625 | 4350 | <10 | <10 | 85 | 576 |
| Médiane | | 26000 | 20000 | 185 | <10 | 320 | 906 |
| Quartile supérieur | | 232500 | 175000 | 2000 | 13 | 3375 | 1583 |
| Maximum | | 100000000 | 700000000 | 26000 | 1000 | 28000 | 3234 |

Tableau 3
**Analyses chimiques, de la radioactivité et de l'aptitude à la coagulation des laits de chèvre (*n*=20) crus de divers producteurs**

| *Producteur* | *Date de production* | *Durée de la coagulation (min)* | *Fermeté coagulum à 10 min (mm)* | *Urée (mg/kg)* | *Lactose (mmol/kg)* | *Lactose anhydre (g/kg)* | *Matière grasse (g/kg)* | *Azote total (g/kg)* | *Cs-137 (Bq/kg)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 29.05.1999 | 3,6 | 19,0 | 610 | 126 | 43,1 | 30,3 | 4,20 | |
| | 27.06.1999 | 7,4 | 35,5 | 418 | 133 | 45,5 | 30,0 | 5,12 | 17,4 |
| | 18.07.1999 | | | 428 | 137 | 46,9 | 33,3 | 4,75 | 14,0 |
| | 14.08.1999 | 5,9 | 30,6 | 404 | 123 | 42,1 | 35,3 | 4,85 | 24,4 |
| B | 29.05.1999 | 8,2 | 19,2 | 530 | 128 | 43,8 | 34,8 | 4,72 | |
| | 27.06.1999 | 8,0 | 24,8 | 505 | 128 | 43,8 | 33,8 | 4,67 | 43,5 |
| | 18.07.1999 | | | 420 | 125 | 42,8 | 36,5 | 4,55 | 45,3 |
| | 14.08.1999 | 8,3 | 27,5 | 535 | 122 | 41,8 | 35,3 | 4,48 | 51,0 |
| C | 29.05.1999 | | 23,2 | 401 | 111 | 38,0 | 29,8 | 3,95 | |
| | 27.06.1999 | 6,5 | 29,8 | 331 | 126 | 43,1 | 34,8 | 4,67 | 33,1 |
| | 18.07.1999 | | | 426 | 124 | 42,4 | 35,0 | 4,64 | 43,9 |
| | 14.08.1999 | 7,8 | 32,3 | 367 | 123 | 42,1 | 33,8 | 4,66 | 35,6 |
| D | 29.05.1999 | 6,0 | 25,5 | 501 | 128 | 43,8 | 31,0 | 4,97 | |
| | 27.06.1999 | 7,2 | 31,8 | 375 | 130 | 44,5 | 29,0 | 4,87 | n.d. |
| | 18.07.1999 | | | 459 | 129 | 44,2 | 34,0 | 4,97 | n.d. |
| | 14.08.1999 | 6,8 | 35,8 | 450 | 121 | 41,4 | ,0 | 4,73 | n.d. |
| E | 29.05.1999 | 7,7 | 18,5 | 531 | 120 | 41,1 | 29,3 | 4,48 | |
| | 27.06.1999 | 7,0 | 29,5 | 436 | 120 | 41,1 | 35,5 | 4,68 | 16,6 |
| | 18.07.1999 | | | 496 | 117 | 40,0 | 34,5 | 4,38 | 22,6 |
| | 14.08.1999 | 6,1 | 32,0 | 444 | 114 | 39,0 | 33,0 | 4,41 | 22,9 |
| Minimum | | 3,6 | 18,5 | 331 | 111 | 38,0 | 27,0 | 3,95 | n.d. |
| Quartile inférieur | | 6,2 | 24,0 | 415 | 121 | 41,3 | 30,2 | 4,48 | 15,3 |
| Médiane | | 7,1 | 29,5 | 440 | 125 | 42,6 | 33,8 | 4,67 | 22,9 |
| Quartile supérieur | | 7,8 | 31,9 | 502 | 128 | 43,8 | 34,9 | 4,78 | 39,6 |
| Maximum | | 8,3 | 35,8 | 610 | 137 | 46,9 | 36,5 | 5,12 | 51,0 |

n.d. = non détecté (< limite de détermination: < 1 Bq/kg)

moins que celui des germes entre producteurs et dates de prélèvements. La répartition est normale et sans valeur aberrante. Le dénombrement des germes totaux reste problématique dans les laits de chèvre (32).

### Aptitudes à la coagulation et radioactivité

Le tableau 3 présente les résultats des mesures de l'aptitude à la coagulation et de la radioactivité ainsi que des analyses de la composition chimique globale de ces mêmes laits. On y constate que la fermeté du coagulum croît légèrement au cours de l'estivage, mais pas la durée de la coagulation. Pour ces deux grandeurs, la valeur minimale correspond à peu près à la moitié de la valeur maximale mesurée.

En ce qui concerne la matière grasse, *Grappin* et al. (33) ont trouvé des valeurs comparables, légèrement plus faibles pour l'urée et comparables pour l'azote total. Les laits provenaient de chèvres des races Alpine chamoisée, Saanen et Croisées. Cependant, ils ont mis en évidence la fluctuation saisonnière importante de ces valeurs. *Anifantakis* et al. (34) ont démontré pour les races Saanen et indigène (Grèce) qu'il pouvait y avoir de grandes variations des teneurs en matière grasse, en lactose et en azote total du lait de chèvre.

Toutes les grandeurs du tableau 3 présentent à peu près des distributions normales et sans valeurs aberrantes à l'exception du Cs-137. La radioactivité de cet isotope est comprise entre 14 et 51 Bq/kg pour tous les prélèvements et producteurs sauf pour le producteur D. On constate que tous les échantillons de laits mesurés dépassent la limite de tolérance de 10 Bq/kg pour ce radioisotope sauf ceux de ce producteur. L'explication la plus plausible de cette différence hautement significative est que les chèvres du producteur D ont reçu un fourrage provenant d'une autre région, non contaminée par l'accident de Tschernobyl, et non un fourrage indigène (on peut en l'occurence exclure un transfert de laits à partir d'une autre région). Les résultats de ces mesures de radioactivité démontrent par conséquent que les chèvres des autres producteurs ont toutes effectivement pâturé au Tessin.

Les mesures de la radioactivité du Cs-134 (valeurs non reportées ici) sont en revanche toutes inférieures à la limite de détermination de la méthode (<1 Bq/kg). Le rapport de ces deux isotopes (Cs-134/Cs-137) est de l'ordre de 1/100, comme escompté, leurs périodes de demi-vie étant de 2,06 et 30,17 ans respectivement. Le tableau 3 montre enfin que la teneur en Cs-137 peut varier du simple au double selon le degré de contamination du sol.

## *Caillés*

### Analyses microbiologiques

Le tableau 4 montre les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les caillés des trois sortes de fromages chez les cinq producteurs.

Tableau 4
**Analyses microbiologiques de divers caillés de chèvre produits par divers producteurs**

| *Produit* | *Producteur* | *Date de production* | *Entérocoques (ufc/g)* | *Bactéries lactiques (MRS) (ufc/g× $10^6$)* | *Lactocoques (M17) (ufc/g× $10^6$)* |
|---|---|---|---|---|---|
| Büscion | A | 27.06.1999 | 390 | 610 | 750 |
| (*n*=10) | | 18.07.1999 | <10 | 980 | 1600 |
| | | 14.08.1999 | <10 | 740 | 1700 |
| | B | 18.07.1999 | <10 | 2300 | 6800 |
| | | 14.08.1999 | <10 | 1700 | 1300 |
| | C | 27.06.1999 | <100 | 2800 | 1300 |
| | | 14.08.1999 | <100 | 1800 | 2600 |
| | D | 27.06.1999 | <100 | 3000 | 3700 |
| | | 18.07.1999 | <100 | 280 | 1600 |
| | | 14.08.1999 | 1500 | 1400 | 1100 |
| Minimum | | | <10 | 280 | 750 |
| Quartile inférieur | | | <10 | 800 | 1300 |
| Médiane | | | 100 | 1550 | 1600 |
| Quartile supérieur | | | 100 | 2175 | 2375 |
| Maximum | | | 1500 | 3000 | 6800 |
| Robiola | C | 27.06.1999 | <10 | 77 | 1200 |
| (*n*=7) | | 14.08.1999 | <10 | 1 | 1 |
| | D | 18.07.1999 | <100 | 1 | 5 |
| | | 14.08.1999 | <100 | 1 | 3 |
| | E | 27.06.1999 | <10 | 48 | 74 |
| | | 18.07.1999 | 2000 | 1800 | 2300 |
| | | 14.08.1999 | <100 | 62 | 93 |
| Minimum | | | <10 | 1 | 1 |
| Quartile inférieur | | | <10 | 1 | 4 |
| Médiane | | | 100 | 48 | 74 |
| Quartile supérieur | | | 100 | 70 | 647 |
| Maximum | | | 2000 | 1800 | 2300 |
| Formaggella | C | 29.05.1999 | <10 | 32 | 64 |
| (*n*=7) | | 27.06.1999 | 1800000 | 11 | 25 |
| | | 18.07.1999 | 2000 | 68 | 350 |
| | D | 29.05.1999 | <10 | 10 | 8 |
| | E | 29.05.1999 | <10 | 40 | 41 |
| | | 27.06.1999 | <10 | 330 | 320 |
| | | 18.07.1999 | 1200 | 1700 | 2300 |
| Minimum | | | <10 | 10 | 8 |
| Quartile inférieur | | | <10 | 22 | 33 |
| Médiane | | | <10 | 40 | 64 |
| Quartile supérieur | | | 605 | 199 | 335 |
| Maximum | | | 1800000 | 1700 | 2300 |

Les teneurs en entérocoques sont toujours inférieures à 2000 ufc/g, quelle que soit la sorte de fabrication concernée, sauf une fois où elle atteint 1 800 000 ufc/g chez le producteur C (Formaggella, le 27.6.99).

Les bactéries lactiques et les lactocoques sont beaucoup plus abondants en général dans le caillé du type Büscion (médiane, respectivement de 1550 et $1600 \times 10^6$ ufc/g) que dans les caillés des sortes Robiola (médiane, respectivement de 48 et $74 \times 10^6$ ufc/g) et Formaggella (médiane, respectivement de 40 et $64 \times 10^6$ ufc/g).

## *Fromages*

### Analyses microbiologiques

Le tableau 5 rapporte les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les trois sortes de fromages finis et pour les 5 producteurs (tous ne fabriquent pas toutes les sortes considérées).

Les teneurs en coliformes sont en général inférieures à 11 000 ufc/g sauf une fois où elle atteint 46 000 ufc/g chez le producteur C (Formaggella, le 24.6.99). Celles en entérocoques sont toujours inférieures à 44 000 ufc/g, voire à 11 000 ufc/g, quelle que soit la sorte de fabrication concernée, sauf à nouveau chez le producteur C où elle atteint une fois $120 \times 10^6$ ufc/g (Formaggella, le 24.6.99) et 52 000 ufc/g chez le producteur E (Formagella, le 02.6.99). Les teneurs en bactéries indésirables telles que *E. coli* sont très faibles (pratiquement toujours <10 ufc/g) sauf une fois chez le producteur A où elle atteint env. 800 ufc/g (Büscion, le 02.6.99) et une fois chez le producteur C où elle atteint 210 ufc/g (Formagella, le 21.7.99). Pour ce germe, l'Ordonnance correspondante en matière d'hygiène ne prévoit pas de valeur de tolérance pour les pâtes fraîches, mais une valeur de 1000 ufc/g pour les pâtes mi-dures. Cette valeur de tolérance est respectée pour tous les échantillons de Formaggella analysés.

Pour le Büscion et la Robiola (pâtes fraîches), les teneurs en *S. aureus* sont presque toujours inférieures à la valeur de 100 ufc/g, sauf deux exceptions où elle atteint 1000 ufc/g chez le producteur E (Robiola, le 21.7.99) et 130 ufc/g chez le producteur A (Büscion, le 02.6.99). Pour ce microorganisme, les valeurs de tolérance et limite sont de 100 ufc/g et de 10 000 ufc/g respectivement. La première n'est pratiquement dépassée que deux fois, mais le maximum mesuré reste néanmoins largement en dessous de la valeur limite.

Pour la Formaggella (pâte mi-dure), les teneurs en *S. aureus* sont presque toujours inférieures à la valeur de 10 ufc/g, sauf une exception où elle atteint 5550 ufc/g chez le producteur E (le 02.6.99). Pour ce microorganisme, les valeurs de tolérance et limite sont de 1000 ufc/g et de 10 000 ufc/g respectivement. La première n'est dépassée qu'une seule fois, mais la valeur maximale reste cependant en dessous de la valeur limite. On ne trouve en revanche ni *Listeria monocytogenes*, ni salmonelles dans les échantillons analysés.

Les bactéries lactiques et les lactocoques présentent des distributions normales. Elles sont peu abondantes dans la Robiola comme dans son caillé, mais plus pré-

Tableau 5
**Analyses microbiologiques de divers fromages de chèvre produits et affinés par divers producteurs**

| *Produit* | *Producteur* | *Date de production* | *Bactéries lactiques ($10^6 \times$ ufc/g)* | *Lactocoques (M17) ($10^6 \times$ ufc/g)* | *Coliformes (ufc/g)* | *Escherichia coli (ufc/g)* | *Entéro-coques (ufc/g)* | *S. aureus (ufc/g)* | *Salmonella spp. par 10 g* | *Listeria monocyto-genes par 10 g* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Büscion | A | 02.06.1999 | 1600 | 4800 | 750 | 800 | 44000 | 130 | n.d. | n.d. |
| ($n$=12) | | 24.06.1999 | 980 | 1700 | <10 | <10 | <100 | 100 | n.d. | n.d. |
| | | 21.07.1999 | 470 | 940 | <10 | <10 | <10 | <10 | n.d. | n.d. |
| | B | 02.06.1999 | 65 | 210 | <10 | <10 | 210 | <10 | n.d. | n.d. |
| | | 24.06.1999 | 2 | 8 | <10 | <10 | 140 | <10 | n.d. | n.d. |
| | | 21.07.1999 | 29 | 75 | <10 | <10 | <100 | <10 | n.d. | n.d. |
| | C | 02.06.1999 | 1600 | 3800 | <10 | <10 | <100 | <100 | n.d. | n.d. |
| | | 24.06.1999 | 740 | 2100 | <10 | <10 | 1100 | <10 | n.d. | n.d. |
| | | 21.07.1999 | 860 | 1100 | <100 | <10 | 700 | <10 | n.d. | n.d. |
| | D | 02.06.1999 | 4100 | 5100 | <10 | <10 | 150 | <10 | n.d. | n.d. |
| | | 24.06.1999 | 150 | 530 | <10 | <10 | 2000 | <100 | n.d. | n.d. |
| | | 21.07.1999 | 700 | 6000 | <10 | <10 | 11000 | <10 | n.d. | n.d. |
| Minimum | | | 2 | 8 | <10 | <10 | <10 | <10 | n.d. | n.d. |
| Quartile inférieur | | | 129 | 450 | <10 | <10 | <100 | <10 | n.d. | n.d. |
| Médiane | | | 720 | 1400 | <10 | <10 | 180 | <10 | n.d. | n.d. |
| Quartile supérieur | | | 1135 | 4050 | <10 | <10 | 1325 | <100 | n.d. | n.d. |
| Maximum | | | 4100 | 6000 | 750 | 800 | 44000 | 130 | n.d. | n.d. |

| Produit | Producteur | Date de production | Bactéries lactiques ($10^6 \times$ ufc/g) | Lactocoques (M17) ($10^6 \times$ ufc/g) | Coliformes (ufc/g) | Escherichia coli (ufc/g) | Entéro-coques (ufc/g) | S. aureus (ufc/g) | Salmonella spp. par 10 g | Listeria monocyto-genes par 10 g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Robiola | D | 02.06.1999 | 1 | 34 | <10 | <10 | <100 | <10 | n.d. | n.d. |
| ($n$=6) | | 24.06.1999 | 17 | 30 | 4100 | <10 | 1600 | <10 | n.d. | n.d. |
| | | 21.07.1999 | 13 | 48 | <10 | <10 | 840 | <10 | n.d. | n.d. |
| | E | 02.06.1999 | 36 | 220 | <10 | <10 | <10 | <10 | n.d. | n.d. |
| | | 24.06.1999 | 750 | 690 | <100 | <10 | <100 | <10 | n.d. | n.d. |
| | | 21.07.1999 | 2200 | 420 | <10 | <10 | 1700 | 1000 | n.d. | n.d. |
| Minimum | | | 1 | 30 | <10 | <10 | <10 | <10 | n.d. | n.d. |
| Quartile inférieur | | | 14 | 38 | <10 | <10 | <100 | <10 | n.d. | n.d. |
| Médiane | | | 27 | 134 | <10 | <10 | 470 | <10 | n.d. | n.d. |
| Quartile supérieur | | | 572 | 370 | 78 | <10 | 1410 | <10 | n.d. | n.d. |
| Maximum | | | 2200 | 690 | 4100 | <10 | 1700 | 1000 | n.d. | n.d. |
| Formaggella | C | 02.06.1999 | 86 | 680 | <100 | <10 | 1500 | <10 | n.d. | n.d. |
| ($n$=7) | | 24.06.1999 | 6400 | 6900 | 46000 | <10 | 120000000 | <10 | n.d. | n.d. |
| | | 21.07.1999 | 1100 | 940 | 11000 | 210 | 39000 | <10 | n.d. | n.d. |
| | D | 02.06.1999 | 2300 | 2800 | <10 | <10 | 6000 | <10 | n.d. | n.d. |
| | E | 02.06.1999 | 1500 | 2600 | <100 | <10 | 52000 | 5500 | n.d. | n.d. |
| | | 24.06.1999 | 4900 | 6200 | <10 | <10 | <100 | <10 | n.d. | n.d. |
| | | 21.07.1999 | 2400 | 2300 | <10 | <10 | 220 | <10 | n.d. | n.d. |
| Minimum | | | 86 | 680 | <10 | <10 | <100 | <10 | n.d. | n.d. |
| Quartile inférieur | | | 1300 | 1620 | <10 | <10 | 860 | <10 | n.d. | n.d. |
| Médiane | | | 2300 | 2600 | <100 | <10 | 6000 | <10 | n.d. | n.d. |
| Quartile supérieur | | | 3650 | 4500 | 5550 | <10 | 45500 | <10 | n.d. | n.d. |
| Maximum | | | 6400 | 6900 | 46000 | 210 | 120000000 | 5500 | n.d. | n.d. |

n.d.= non détecté (<limite de détermination)

sentes dans le Büscion comme dans leur caillé respectif (tableau 3). L'effet de l'affinage pendant un mois se fait tout particulièrement sentir dans la Formaggella.

## Analyses de la composition chimique globale

Le tableau 6 indique les résultats des analyses de la composition chimique des mêmes fromages finis.

La teneur en matière grasse avoisine 180–210 g/kg pour les Formaggini (Büscion et Robiola) et 230–260 g/kg pour la Formaggella, ce qui correspond à des fromages gras. Ces valeurs correspondent aux valeurs publiées par *Favier* (35):

- le Büscion est un fromage situé entre un frais moulé et un mi-sec avec des teneurs en matière grasse comprises entre 175 et 282 g/kg, en azote total comprises entre 17,4 et 28,7 g/kg et en glucides comprises entre 10 et 120 g/kg.
- la Robiola est un fromage frais moulé avec des teneur en matière grasse légèrement plus élevées (189 g/kg) que 175 g/kg (33, 35), en azote total plus élevées (22,0 g/kg) que 17,4 g/kg (33, 35) et en glucides plus faibles (66 g/kg) que 120 g/kg (33, 35).
- la Formaggella est un fromage mi-sec avec des teneur en matière grasse légèrement plus basses (236 g/kg) que 282 g/kg (33, 35), en azote total légèrement plus élevées (32,5 g/kg) que 28,7 g/kg (33, 35) et en glucides plus basses (0,0 g/kg) que 10 g/kg (33, 35).

La teneur en sel (chlorure de sodium) de ces fromages se situe vers 12, 6 et 15 g/kg respectivement. Celle en azote total TN (×6,38 = protéines) est de l'ordre de 22 g/kg pour les deux premières sortes (les Formaggini) et de 33 g/kg pour la troisième, la Formaggella. La protéolyse des Formaggini est très faible: 1,2 et 1,5 g/kg respectivement d'azote soluble et 0,9 et 0,4 g/kg respectivement d'azote non protéique pour le Büscion et la Robiola respectivement, contre 6,8 g/kg d'azote soluble et 2,3 g/kg d'azote non protéique dans la Formaggella affinée pendant un mois.

La teneur en eau n'a pas été déterminée expérimentalement mais peut néanmoins être calculée par un bilan massique, les autres composants ayant été dosés. On obtient les valeurs moyennes suivantes: Büscion env. 625 g/kg, Robiola env. 641 g/kg et Formaggella env. 530 g/kg. Ces valeurs moyennes calculées correspondent assez bien aux valeurs moyennes attendues, communiquées par les producteurs. On peut ainsi calculer la teneur médiane en matière grasse de l'extrait sec (MG/ES), soit: Büscion env. 522 g/kg, Robiola env. 526 g/kg et Formaggella env. 502 g/kg, ce qui correspond à des fromages gras selon l'article 85 de l'Ordonnance fédérale suisse sur les denrées alimentaires.

On remarque encore que la Robiola contient exclusivement la forme L de l'acide lactique et seulement en faible concentration (médiane: 15 mmol/kg) bien que la culture utilisée soit du type yoghourt. Les sortes Formaggella et Büscion comportent en revanche les deux enantiomères en plus fortes concentrations, mais dans des proportions (L:D) différentes soit 3:1 et env. >9:1 respectivement. Ce dernier résultat doit s'expliquer par l'utilisation de lactocoques mésophiles.

Tableau 6
**Analyses chimiques de divers fromages de chèvre produits par divers producteurs**

| *Produit* | *Matière grasse (g/kg)* | *Azote total (g/kg)* | *WLN (g/kg)* | *NPN (g/kg)* | *NaCl (g/kg)* | *Lactose anhydre (g/kg)* | *Acide lactique L (mmol/kg)* | *Acide lactique D (mmol/kg)* | *Acide lactique total (mmol/kg)* | *% forme L de l'acide lactique total* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Büscion ($n=14$) | | | | | | | | | | |
| Minimum | 155 | 18,0 | 0,90 | 0,70 | 6,7 | 16,5 | 45 | n.d. | 64 | 63 |
| Quartile inférieur | 178 | 21,0 | 1,00 | 0,82 | 9,5 | 18,5 | 54 | n.d. | 71 | 74 |
| Médiane | 196 | 22,1 | 1,20 | 0,89 | 11,5 | 20,1 | 68 | 5 | 73 | 94 |
| Quartile supérieur | 213 | 23,0 | 1,40 | 1,00 | 13,3 | 22,2 | 77 | 19 | 77 | 100 |
| Maximum | 231 | 28,2 | 2,00 | 1,30 | 24,9 | 24,1 | 82 | 27 | 82 | 100 |
| Robiola ($n=11$) | | | | | | | | | | |
| Minimum | 177 | 19,6 | 1,20 | 0,35 | 2,1 | 20,3 | 4 | n.d. | 4 | 100 |
| Quartile inférieur | 182 | 20,1 | 1,33 | 0,36 | 3,0 | 20,8 | 10 | n.d. | 10 | 100 |
| Médiane | 189 | 22,0 | 1,55 | 0,38 | 5,8 | 22,6 | 15 | n.d. | 15 | 100 |
| Quartile supérieur | 191 | 25,2 | 1,78 | 0,39 | 8,8 | 25,6 | 18 | n.d. | 18 | 100 |
| Maximum | 198 | 25,8 | 1,90 | 0,46 | 11,0 | 29,5 | 21 | n.d. | 21 | 100 |
| Formaggella ($n=7$) | | | | | | | | | | |
| Minimum | 205 | 27,6 | 4,50 | 1,30 | 11,0 | 0,0 | 29 | 8 | 40 | 55 |
| Quartile inférieur | 231 | 31,4 | 6,05 | 1,80 | 14,7 | 0,0 | 60 | 9 | 75 | 70 |
| Médiane | 236 | 32,5 | 6,80 | 2,30 | 15,4 | 0,0 | 72 | 11 | 113 | 76 |
| Quartile supérieur | 264 | 34,6 | 10,60 | 3,30 | 34,2 | 0,1 | 92 | 29 | 123 | 88 |
| Maximum | 265 | 36,7 | 15,90 | 3,90 | 41,0 | 0,4 | 130 | 60 | 138 | 94 |

n.d. = non détecté (< limite de détermination)

| | Acide formique (mmol/kg) | Acide acétique (mmol/kg) | Acide propionique (mmol/kg) | Acide butyrique (mmol/kg) | Acide iso-butyrique (mmol/kg) | Acide iso-valérique (mmol/kg) | Acide caproïque (mmol/kg) | Acide iso-caproïque (mmol/kg) | Total acides gras volatils (mmol/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Büscion ($n=14$) | | | | | | | | | |
| Minimum | 0,2 | 1,2 | n.d. | 0,1 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,2 |
| Quartile inférieur | 0,7 | 4,9 | n.d. | 0,1 | n.d. | n.d. | 0,1 | n.d. | 6,7 |
| Médiane | 1,1 | 6,0 | 0,1 | 0,1 | n.d. | n.d. | 0,1 | n.d. | 7,3 |
| Quartile supérieur | 1,8 | 6,4 | 0,1 | 0,1 | n.d. | n.d. | 0,1 | n.d. | 8,2 |
| Maximum | 2,3 | 13,1 | 0,9 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | n.d. | 14,5 |
| Robiola ($n=11$) | | | | | | | | | |
| Minimum | 0,1 | 0,3 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,6 |
| Quartile inférieur | 0,1 | 0,6 | n.d. | 0,1 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,9 |
| Médiane | 0,3 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,2 |
| Quartile supérieur | 0,3 | 1,0 | 0,4 | 0,1 | n.d. | n.d. | 0,1 | n.d. | 1,5 |
| Maximum | 0,5 | 1,1 | 0,5 | 0,1 | n.d. | n.d. | 0,1 | n.d. | 2,2 |
| Formaggella ($n=7$) | | | | | | | | | |
| Minimum | 1,2 | 3,2 | 0,1 | 0,4 | n.d. | n.d. | 0,2 | n.d. | 5,8 |
| Quartile inférieur | 2,9 | 7,1 | 0,1 | 0,5 | n.d. | n.d. | 0,2 | n.d. | 11,6 |
| Médiane | 4,4 | 7,7 | 0,1 | 0,6 | n.d. | n.d. | 0,3 | n.d. | 15,0 |
| Quartile supérieur | 4,8 | 11,0 | 0,3 | 1,2 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | n.d. | 17,0 |
| Maximum | 5,9 | 11,8 | 0,3 | 1,3 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | n.d. | 17,2 |

n.d. = non détecté (< limite de détermination)

On ne trouve plus de lactose dans la Formaggella. Ce composé a été transformé en acides lactiques (L et D) pendant la fabrication ou/et l'affinage d'un mois environ de cette sorte de fromage. Ce disaccharide est en revanche relativement présent dans les deux autres sortes de fromages (Robiola et Büscion): env. 60–65 mmol/kg.

Ces trois sortes de fromages se distinguent enfin très clairement par leur teneur en acides gras volatils (AGV) totaux: 1,2 mmol/kg dans la Robiola, 7,3 mmol/kg dans le Büscion contre 15,0 mmol/kg dans la Formaggella affinée un mois. L'acide dominant est toujours l'acide acétique qui constitue près de la moitié des AGV pour la Formaggella et la Robiola et la quasi-totalité des AGV pour le Büscion. Le deuxième AGV est l'acide formique. Suivent par ordre d'importance décroissante les acides butyrique et caproïque. Ces derniers acides ne sont d'ailleurs présents qu'en trace, surtout dans les Formaggini qui se caractérisent en définitive par une très faible production d'acides (tant lactique que des AGV).

## Analyses des autres composés volatils

Les tableaux 7 à 11 rapportent la composition relative de ces trois sortes de fromages en autres composés volatils, sans distinction de producteurs cette fois. Le tableau 7 montre les hydrocarbures aliphatiques, aromatiques et terpéniques; le tableau 8, les alcools (primaires et secondaires); le tableau 9, les composants carbonylés (aldéhydes et cétones); le tableau 10, les esters; le tableau 11, des composés divers dont deux soufrés et quelques composants non chromatographiquement résolus avec la colonne utilisée.

On retrouve dans le tableau 7 les composés terpéniques (α-pinène, camphène, β-myrcène, β-pinène et limonène) déjà identifiés dans des fromages de montagne de type L'Etivaz (36) comme dans d'autres sortes étrangères produites en altitude, telles que Abondance et Saint-Nectaire (37, 38). L'origine de tels composés doit être recherchée dans les plantes d'altitude que paissent les chèvres au pâturage (39). On retrouve aussi certains composés benzéniques qui pourraient être attribués à l'environnement (31).

Certains composés volatils ne se rencontrent pas ou que rarement dans les fromages frais (Formaggini) alors qu'ils sont pratiquement toujours présents dans la Formaggella affinée pendant 1 mois. A leur nombre, on peut citer deux alcools primaires (1-butanol; 1-hexanol) et surtout deux alcools secondaires (2-butanol; 2-pentanol) (tableau 8) ainsi que quatre méthylcétones (2-butanone, 3-méthyl; 2-pentanone, 3-méthyl; 2-hexanone et 2 nonanone) (tableau 9). Ces divers composants se forment donc pendant le mois d'affinage de la Formaggella. Ils sont présents en quantités significatives dans tous les types de fromages affinés, par ex. dans le Gruyère (40, 41) et l'Emmental (42), mais aussi dans des pâtes molle et mi-dure (43).

## Analyses sensorielles des fromages

Le tableau 12 indique encore la caractérisation sensorielle de ces trois sortes de fromages telle qu'elle a été faite par le jury de dégustation accrédité de la FAM.

Tableau 7
**Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques et terpènes identifiés par MS et quantifiés par FID (unité arbitraire) dans des Büscion, des Robiola et des Formaggella (fromages de chèvres) de divers producteurs**

| *Produit* | *Composé* | *n total* | *n > l.d.* | *Moyenne* | *Ecart-type* | *Coefficient de variation (%)* | *Minimum* | *Quartile inférieur* | *Médiane* | *Quartile supérieur* | *Maximum* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Büscion | Pentane | 14 | 10 | 5860 | 8500 | 145 | 90 | 259 | 3000 | 5380 | 27300 |
| | Heptane | 14 | 8 | 1910 | 4740 | 249 | 90 | 90 | 501 | 965 | 18200 |
| | Octane | 14 | 10 | 824 | 945 | 115 | 90 | 153 | 630 | 973 | 3640 |
| | Benzène | 14 | 11 | 361 | 261 | 72 | 90 | 180 | 272 | 440 | 872 |
| | Toluène | 14 | 14 | 3650 | 2390 | 66 | 1170 | 2260 | 3180 | 4290 | 10900 |
| | Benzène, 1,3-diméthyl- et/ou 1,4-diméthyl- | 14 | 13 | 698 | 482 | 69 | 90 | 384 | 548 | 898 | 1790 |
| | Benzène, 1,2-diméthyl- | 14 | 13 | 1520 | 1370 | 91 | 90 | 655 | 1080 | 1780 | 4520 |
| | Benzène, 1,2,4-triméthyl- | 14 | 9 | 582 | 611 | 105 | 90 | 90 | 405 | 795 | 2240 |
| | alpha-Pinène | 14 | 12 | 4220 | 5090 | 121 | 90 | 601 | 1500 | 6940 | 15700 |
| | Camphène | 14 | 5 | 275 | 277 | 101 | 90 | 90 | 90 | 426 | 827 |
| | beta-Myrcène | 14 | 1 | 105 | 57 | 54 | 90 | 90 | 90 | 90 | 303 |
| | beta-Pinène | 14 | 6 | 310 | 326 | 105 | 90 | 90 | 90 | 467 | 1090 |
| | Limonène | 14 | 5 | 207 | 203 | 98 | 90 | 90 | 90 | 240 | 743 |
| Robiola | Pentane | 11 | 8 | 1690 | 1850 | 109 | 90 | 344 | 1060 | 2610 | 6160 |
| | Heptane | 11 | 3 | 231 | 280 | 121 | 90 | 90 | 90 | 247 | 971 |
| | Octane | 11 | 3 | 272 | 327 | 120 | 90 | 90 | 90 | 295 | 901 |
| | Benzène | 11 | 4 | 222 | 225 | 101 | 90 | 90 | 90 | 284 | 774 |
| | Toluène | 11 | 11 | 2180 | 1090 | 50 | 577 | 1180 | 2160 | 3280 | 3430 |
| | Benzène, 1,3-diméthyl- et/ou 1,4-diméthyl- | 11 | 10 | 419 | 273 | 65 | 90 | 296 | 356 | 429 | 1150 |
| | Benzène, 1,2-diméthyl- | 11 | 11 | 1160 | 707 | 61 | 302 | 697 | 1030 | 1330 | 2850 |

| Produit | Composé | n total | n > l.d. | Moyenne | Ecart-type | Coefficient de variation (%) | Minimum | Quartile inférieur | Médiane | Quartile supérieur | Maximum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Robiola (suite) | Benzène, 1,2,4-triméthyl- | 11 | 7 | 430 | 346 | 80 | 90 | 90 | 411 | 580 | 1030 |
| | alpha-Pinène | 11 | 9 | 3300 | 2970 | 90 | 90 | 772 | 3690 | 5340 | 9310 |
| | Camphène | 11 | 7 | 515 | 636 | 123 | 90 | 90 | 189 | 660 | 2020 |
| | beta-Myrcène | 11 | 1 | 114 | 78 | 69 | 90 | 90 | 90 | 90 | 350 |
| | beta-Pinène | 11 | 4 | 344 | 383 | 111 | 90 | 90 | 90 | 584 | 1160 |
| | Limonène | 11 | 6 | 256 | 224 | 88 | 90 | 90 | 228 | 319 | 836 |
| Formaggella | Pentane | 7 | 7 | 10800 | 6370 | 59 | 5080 | 6730 | 8840 | 12300 | 23500 |
| | Heptane | 7 | 7 | 1210 | 550 | 45 | 485 | 814 | 1210 | 1680 | 1810 |
| | Octane | 7 | 7 | 1980 | 647 | 33 | 1190 | 1560 | 1820 | 2350 | 3040 |
| | Benzène | 7 | 3 | 275 | 236 | 86 | 90 | 90 | 90 | 497 | 571 |
| | Toluène | 7 | 7 | 5180 | 2520 | 49 | 2090 | 3070 | 6000 | 6560 | 8920 |
| | Benzène, 1,3-diméthyl- et/ou 1,4-diméthyl- | 7 | 6 | 892 | 431 | 48 | 90 | 741 | 936 | 1160 | 1420 |
| | Benzène, 1,2-diméthyl- | 7 | 7 | 2130 | 1200 | 56 | 422 | 1220 | 2550 | 2870 | 3780 |
| | Benzène, 1,2,4-triméthyl- | 7 | 6 | 679 | 419 | 62 | 90 | 356 | 835 | 933 | 1250 |
| | alpha-Pinène | 7 | 7 | 5510 | 3830 | 70 | 373 | 2620 | 5960 | 8090 | 10800 |
| | Camphène | 7 | 6 | 738 | 584 | 79 | 90 | 310 | 436 | 1250 | 1520 |
| | beta-Myrcène | 7 | 1 | 145 | 145 | 100 | 90 | 90 | 90 | 90 | 474 |
| | beta-Pinène | 7 | 3 | 518 | 584 | 113 | 90 | 90 | 90 | 862 | 1540 |
| | Limonène | 7 | 1 | 161 | 187 | 117 | 90 | 90 | 90 | 90 | 586 |

Légende
MS = spectrométrie de masse
FID = détection par ionisation de flamme
*n* total = nombre total d'échantillons analysés
*n* > l.d. = nombre d'échantillons dont la hauteur du pic chromatographique est supérieure à la limite de détection (l.d.)
* = Composé confirmé par l'indice de rétention de la littérature

Tableau 8
**Alcools primaires et secondaires identifiés par MS et quantifiés par FID (unité arbitraire) dans des Büscion, des Robiola et des Formaggella (fromages de chèvres) de divers producteurs**

| *Produit* | *Composé* | *n total* | *n > l.d.* | *Moyenne* | *Ecart-type* | *Coefficient de variation (%)* | *Minimum* | *Quartile inférieur* | *Médiane* | *Quartile supérieur* | *Maximum* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Büscion | Ethanol | 14 | 14 | 728000 | 740000 | 102 | 72800 | 190000 | 303000 | 1430000 | 1980000 |
| | 1-Propanol | 14 | 14 | 6700 | 8140 | 122 | 286 | 572 | 2430 | 12300 | 25800 |
| | 1-Propanol, 2-méthyl- | 14 | 14 | 16700 | 17800 | 107 | 280 | 1700 | 9070 | 29400 | 54500 |
| | 1-Butanol | 14 | 2 | 124 | 87 | 70 | 90 | 90 | 90 | 90 | 354 |
| | 3-Butèn-1-ol, 3-méthyl- | 14 | 8 | 291 | 275 | 94 | 90 | 90 | 220 | 382 | 1080 |
| | 1-Butanol, 3-méthyl- | 14 | 12 | 47100 | 63800 | 135 | 90 | 3180 | 20500 | 51500 | 188000 |
| | 1-Butanol, 2-méthyl- | 14 | 12 | 8730 | 12500 | 143 | 90 | 488 | 2140 | 12900 | 37300 |
| | 1-Pentanol | 14 | 13 | 1180 | 749 | 64 | 90 | 535 | 1080 | 1810 | 2540 |
| | 1-Hexanol | 14 | 3 | 154 | 139 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 551 |
| | 1-Hexanol, 2-éthyl- | 14 | 3 | 305 | 493 | 161 | 90 | 90 | 90 | 90 | 1810 |
| | 2-Propanol | 14 | 10 | 7290 | 11300 | 155 | 90 | 401 | 3050 | 8890 | 42600 |
| | 2-Butanol | 14 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | 2-Pentanol | 14 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Robiola | Ethanol | 11 | 11 | 409000 | 550000 | 134 | 11700 | 50200 | 172000 | 513000 | 1560000 |
| | 1-Propanol | 11 | 7 | 4400 | 7460 | 169 | 90 | 90 | 1130 | 3370 | 20500 |
| | 1-Propanol, 2-méthyl- | 11 | 10 | 10400 | 23600 | 227 | 90 | 286 | 1830 | 4190 | 79400 |
| | 1-Butanol | 11 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | 3-Butèn-1-ol, 3-méthyl- | 11 | 4 | 180 | 127 | 70 | 90 | 90 | 90 | 310 | 383 |
| | 1-Butanol, 3-méthyl- | 11 | 10 | 24600 | 36000 | 146 | 90 | 1330 | 7720 | 34900 | 107000 |
| | 1-Butanol, 2-méthyl- | 11 | 7 | 3260 | 7070 | 217 | 90 | 90 | 322 | 1690 | 23600 |
| | 1-Pentanol | 11 | 6 | 518 | 674 | 130 | 90 | 90 | 331 | 534 | 2230 |
| | 1-Hexanol | 11 | 3 | 234 | 319 | 136 | 90 | 90 | 90 | 218 | 1140 |
| | 1-Hexanol, 2-éthyl- | 11 | 2 | 2000 | 4290 | 214 | 90 | 90 | 90 | 90 | 11800 |
| | 2-Propanol | 11 | 11 | 20500 | 17500 | 85 | 1960 | 8970 | 14600 | 31300 | 52600 |
| | 2-Butanol | 11 | 1 | 159 | 228 | 144 | 90 | 90 | 90 | 90 | 847 |
| | 2-Pentanol | 11 | 1 | 342 | 835 | 244 | 90 | 90 | 90 | 90 | 2860 |

| Produit | Composé | n total | n > l.d. | Moyenne | Ecart-type | Coefficient de variation (%) | Minimum | Quartile inférieur | Médiane | Quartile supérieur | Maximum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Formaggella | Ethanol | 7 | 7 | 642000 | 261000 | 41 | 97300 | 615000 | 723000 | 770000 | 901000 |
| | 1-Propanol | 7 | 7 | 5890 | 2850 | 48 | 2210 | 4360 | 4680 | 7790 | 10000 |
| | 1-Propanol, 2-méthyl- | 7 | 7 | 7600 | 4180 | 55 | 1940 | 4640 | 7070 | 11300 | 12400 |
| | 1-Butanol | 7 | 7 | 2540 | 4230 | 167 | 297 | 546 | 1060 | 1650 | 12000 |
| | 3-Butèn-1-ol, 3-méthyl- | 7 | 5 | 392 | 231 | 59 | 90 | 223 | 397 | 584 | 642 |
| | 1-Butanol, 3-méthyl- | 7 | 7 | 26900 | 16600 | 62 | 8280 | 14000 | 25500 | 38000 | 50500 |
| | 1-Butanol, 2-méthyl- | 7 | 7 | 3190 | 1830 | 57 | 1350 | 2100 | 2710 | 3610 | 6830 |
| | 1-Pentanol | 7 | 5 | 550 | 513 | 93 | 90 | 212 | 354 | 734 | 1520 |
| | 1-Hexanol | 7 | 6 | 403 | 195 | 48 | 90 | 334 | 345 | 511 | 698 |
| | 1-Hexanol, 2-éthyl- | 7 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | 2-Propanol | 7 | 7 | 47300 | 46100 | 97 | 6030 | 9560 | 16900 | 95300 | 98600 |
| | 2-Butanol | 7 | 7 | 13400 | 22500 | 168 | 545 | 1710 | 5930 | 10100 | 63300 |
| | 2-Pentanol | 7 | 7 | 7800 | 5680 | 73 | 2240 | 3360 | 4570 | 12700 | 15700 |

Légende: cf. tableau 7

Tableau 9

**Aldéhydes et cétones identifiées par MS et quantifiées par FID (unité arbitraire) dans des Büscion, des Robiola et des Formaggella (fromages de chèvres) de divers producteurs**

| *Produit* | *Composé* | *n total* | *n > l.d.* | *Moyenne* | *Ecart-type* | *Coefficient de variation (%)* | *Minimum* | *Quartile inférieur* | *Médiane* | *Quartile supérieur* | *Maximum* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Büscion | Propanal, 2-méthyl- | 14 | 11 | 1550 | 1650 | 106 | 90 | 380 | 1140 | 2350 | 6090 |
| | Butanal, 3-méthyl- | 14 | 13 | 3250 | 3490 | 107 | 90 | 868 | 2550 | 4010 | 13400 |
| | Butanal, 2-méthyl- | 14 | 10 | 643 | 579 | 90 | 90 | 128 | 342 | 1030 | 1760 |
| | Pentanal | 14 | 14 | 1170 | 505 | 43 | 407 | 886 | 1120 | 1490 | 2060 |
| | Hexanal | 14 | 14 | 2430 | 2200 | 91 | 443 | 927 | 1470 | 3790 | 7820 |
| | Nonanal | 14 | 5 | 183 | 140 | 76 | 90 | 90 | 90 | 282 | 500 |
| | 2-Propanone | 14 | 10 | 39900 | 28400 | 71 | 90 | 10800 | 45800 | 58100 | 84700 |
| | 2,3-Butanedione | 14 | 13 | 76800 | 52100 | 68 | 90 | 27900 | 83000 | 105000 | 192000 |
| | 2-Butanone | 14 | 12 | 1830 | 984 | 54 | 90 | 1400 | 1950 | 2570 | 3200 |
| | 2-Butanone, 3-méthyl- | 14 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | 2-Pentanone | 14 | 14 | 1920 | 1180 | 61 | 503 | 1170 | 1640 | 2250 | 5320 |
| | 2,3-Pentanedione | 14 | 13 | 610 | 412 | 68 | 90 | 319 | 457 | 905 | 1430 |
| | 2-Pentanone, 3-méthyl- | 14 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | 2-Hexanone | 14 | 1 | 99 | 32 | 32 | 90 | 90 | 90 | 90 | 209 |
| | 2-Heptanone | 14 | 14 | 1100 | 377 | 34 | 394 | 833 | 1100 | 1270 | 1700 |
| | 3-Octanone | 14 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | 2-Nonanone | 14 | 3 | 144 | 118 | 82 | 90 | 90 | 90 | 90 | 433 |
| Robiola | Propanal, 2-méthyl- | 11 | 8 | 2040 | 2850 | 139 | 90 | 238 | 1050 | 2390 | 9400 |
| | Butanal, 3-méthyl- | 11 | 8 | 3220 | 3510 | 109 | 90 | 239 | 1630 | 5810 | 10100 |
| | Butanal, 2-méthyl- | 11 | 6 | 570 | 599 | 105 | 90 | 90 | 421 | 817 | 1800 |
| | Pentanal | 11 | 4 | 468 | 651 | 139 | 90 | 90 | 90 | 619 | 1880 |
| | Hexanal | 11 | 4 | 1600 | 2690 | 169 | 90 | 90 | 90 | 1690 | 7470 |
| | Nonanal | 11 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | 2-Propanone | 11 | 11 | 206000 | 428000 | 208 | 44800 | 60800 | 75000 | 101000 | 1490000 |
| | 2,3-Butanedione | 11 | 11 | 23500 | 31800 | 135 | 2420 | 4500 | 8640 | 24200 | 97000 |
| | 2-Butanone | 11 | 11 | 3510 | 4520 | 129 | 1270 | 1820 | 2210 | 2350 | 17000 |
| | 2-Butanone, 3-méthyl- | 11 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |

| Produit | Composé | n total | n > l.d. | Moyenne | Ecart-type | Coefficient de variation (%) | Minimum | Quartile inférieur | Médiane | Quartile supérieur | Maximum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Robiola (suite) | 2-Pentanone | 11 | 11 | 4230 | 6170 | 146 | 543 | 1370 | 1660 | 3820 | 22000 |
| | 2,3-Pentanedione | 11 | 7 | 627 | 730 | 117 | 90 | 90 | 322 | 872 | 2130 |
| | 2-Pentanone, 3-méthyl- | 11 | 1 | 157 | 222 | 141 | 90 | 90 | 90 | 90 | 826 |
| | 2-Hexanone | 11 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | 2-Heptanone | 11 | 11 | 937 | 613 | 65 | 472 | 576 | 751 | 1030 | 2590 |
| | 3-Octanone | 11 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | 2-Nonanone | 11 | 5 | 266 | 246 | 93 | 90 | 90 | 90 | 387 | 798 |
| Formaggella | Propanal, 2-méthyl- | 7 | 7 | 631 | 272 | 43 | 365 | 451 | 561 | 710 | 1170 |
| | Butanal, 3-méthyl- | 7 | 7 | 5900 | 9050 | 153 | 757 | 1540 | 2070 | 4650 | 26100 |
| | Butanal, 2-méthyl- | 7 | 5 | 674 | 852 | 126 | 90 | 169 | 286 | 770 | 2460 |
| | Pentanal | 7 | 7 | 611 | 294 | 48 | 366 | 419 | 487 | 692 | 1210 |
| | Hexanal | 7 | 7 | 680 | 304 | 45 | 368 | 457 | 544 | 901 | 1130 |
| | Nonanal | 7 | 3 | 183 | 122 | 67 | 90 | 90 | 90 | 268 | 384 |
| | 2-Propanone | 7 | 7 | 66300 | 24500 | 37 | 30100 | 48500 | 69800 | 86800 | 93300 |
| | 2,3-Butanedione | 7 | 7 | 30000 | 20500 | 68 | 5840 | 23500 | 26100 | 29400 | 72600 |
| | 2-Butanone | 7 | 7 | 13800 | 8240 | 60 | 5990 | 6780 | 13700 | 18100 | 27300 |
| | 2-Butanone, 3-méthyl- | 7 | 6 | 416 | 296 | 71 | 90 | 233 | 262 | 579 | 939 |
| | 2-Pentanone | 7 | 7 | 44700 | 31600 | 71 | 11100 | 25200 | 29100 | 61000 | 101000 |
| | 2,3-Pentanedione | 7 | 7 | 1450 | 752 | 52 | 635 | 1130 | 1210 | 1520 | 3020 |
| | 2-Pentanone, 3-méthyl- | 7 | 7 | 1250 | 629 | 51 | 583 | 851 | 1040 | 1490 | 2420 |
| | 2-Hexanone | 7 | 6 | 596 | 524 | 88 | 90 | 334 | 346 | 845 | 1380 |
| | 2-Heptanone | 7 | 7 | 19400 | 9390 | 48 | 8730 | 13100 | 18500 | 23400 | 35600 |
| | 3-Octanone | 7 | 3 | 402 | 409 | 102 | 90 | 90 | 90 | 734 | 986 |
| | 2-Nonanone | 7 | 7 | 1380 | 879 | 64 | 684 | 812 | 1180 | 1520 | 3170 |

Légende: cf. tableau 7

Tableau 10

**Esters identifiés par MS et quantifiés par FID (unité arbitraire) dans des Büscion, des Robiola et des Formaggella (fromages de chèvres) de divers producteurs**

| *Produit* | *Composé* | *n total* | *n > l.d.* | *Moyenne* | *Ecart-type* | *Coefficient de variation (%)* | *Minimum* | *Quartile inférieur* | *Médiane* | *Quartile supérieur* | *Maximum* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Büscion | Acétate de méthyle | 14 | 7 | 175 | 104 | 60 | 90 | 90 | 135 | 225 | 381 |
| | Acétate d'éthyle | 14 | 14 | 179000 | 338000 | 189 | 1650 | 3120 | 10700 | 158000 | 1190000 |
| | Butanoate d'éthyle | 14 | 11 | 2530 | 3470 | 137 | 90 | 290 | 766 | 3240 | 10700 |
| | Hexanoate d'éthyle | 14 | 6 | 444 | 597 | 134 | 90 | 90 | 90 | 643 | 2220 |
| | Octanoate d'éthyle | 14 | 1 | 109 | 72 | 66 | 90 | 90 | 90 | 90 | 358 |
| Robiola | Acétate de méthyle | 11 | 6 | 308 | 350 | 113 | 90 | 90 | 220 | 349 | 1280 |
| | Acétate d'éthyle | 11 | 11 | 21900 | 28400 | 130 | 626 | 2180 | 8960 | 27600 | 93800 |
| | Butanoate d'éthyle | 11 | 7 | 6760 | 18000 | 267 | 90 | 90 | 637 | 2720 | 60800 |
| | Hexanoate d'éthyle | 11 | 3 | 1010 | 2700 | 268 | 90 | 90 | 90 | 238 | 9100 |
| | Octanoate d'éthyle | 11 | 1 | 294 | 677 | 230 | 90 | 90 | 90 | 90 | 2340 |
| Formaggella | Acétate de méthyle | 7 | 3 | 213 | 189 | 89 | 90 | 90 | 90 | 270 | 592 |
| | Acétate d'éthyle | 7 | 7 | 11700 | 14700 | 126 | 2690 | 3440 | 5780 | 11400 | 44100 |
| | Butanoate d'éthyle | 7 | 7 | 3180 | 1580 | 50 | 1750 | 2320 | 2710 | 3380 | 6400 |
| | Hexanoate d'éthyle | 7 | 3 | 230 | 202 | 88 | 90 | 90 | 90 | 319 | 614 |
| | Octanoate d'éthyle | 7 | 0 | 90 | 0 | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |

Légende: cf. tableau 7

Tableau 11

**Composés divers, parfois non résolus identifiés par MS et quantifiés par FID (unité arbitraire) dans des Büscion, des Robiola et des Formaggella (fromages de chèvres) de divers producteurs**

| *Produit* | *Composé* | *n total* | *n > l.d.* | *Moyenne* | *Ecart-type* | *Coefficient de variation (%)* | *Minimum* | *Quartile inférieur* | *Médiane* | *Quartile supérieur* | *Maximum* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Büscion | Sulfure de diméthyle | 14 | 2 | 204 | 325 | 160 | 90 | 90 | 90 | 90 | 1270 |
| | Disulfure de diméthyle | 14 | 7 | 951 | 2630 | 277 | 90 | 90 | 136 | 349 | 10100 |
| | Benzène, éthyl- + Acétate d'isopentyle* + 4-Heptanone* | 14 | 11 | 1470 | 2290 | 155 | 90 | 227 | 401 | 1160 | 7240 |
| | Heptanal + 2-Heptanol | 14 | 14 | 5070 | 4860 | 96 | 270 | 953 | 4470 | 7180 | 16600 |
| Robiola | Sulfure de diméthyle | 11 | 6 | 1170 | 2320 | 198 | 90 | 90 | 307 | 729 | 7870 |
| | Disulfure de diméthyle | 11 | 3 | 192 | 250 | 130 | 90 | 90 | 90 | 150 | 923 |
| | Benzène, éthyl- + Acétate d'isopentyle* + 4-Heptanone* | 11 | 3 | 219 | 222 | 101 | 90 | 90 | 90 | 318 | 579 |
| | Heptanal + 2-Heptanol | 11 | 5 | 805 | 1470 | 182 | 90 | 90 | 90 | 404 | 4590 |
| Formaggella | Sulfure de diméthyle | 7 | 6 | 1350 | 2260 | 167 | 90 | 318 | 367 | 1020 | 6360 |
| | Disulfure de diméthyle | 7 | 6 | 869 | 884 | 102 | 90 | 339 | 488 | 1080 | 2670 |
| | Benzène, éthyl- + Acétate d'isopentyle* + 4-Heptanone* | 7 | 7 | 985 | 648 | 66 | 681 | 686 | 774 | 810 | 2450 |
| | Heptanal + 2-Heptanol | 7 | 7 | 2120 | 600 | 28 | 1440 | 1690 | 1860 | 2580 | 3020 |

Légende: cf. tableau 7

Tableau 12
**Caractérisation sensorielle des trois sortes de fromages de chèvre tessinois étudiés**

| *Critères* | *Büscion* | *Robiola* | *Formaggella* |
|---|---|---|---|
| Texture | pâte de couleur blanche, molle, humide, crémeuse et adhésive | de couleur blanche (œuf cuit), légèrement nacrée. Cette pâte fraîche est très élastique, moyennement friable, de grains fins à finement granuleux. Elle possède la particularité d'être à la fois une pâte molle aqueuse exprimant le petit-lait et asséchante en bouche | pâte légèrement élastique, légèrement moins ferme que mi-dure, moyennement friable, présente des grains fins et des morceaux plus gros et asséchants |
| Odeur | animale (étable, cuir), végétale (herbe) | très faibles notes lactiques de petit-lait et de caillé frais | lactique, de lait chaud, animale (étable, chèvre), légèrement à moyennement aigre |
| Goût | de saveurs moyennement à fortement acide, légèrement à moyennement salée, dominées par des notes animale et lactique (caillé acidifié). Nette persistance en bouche | de saveurs légèrement salée et légèrement sucrée, la Robiola présente des arômes légèrement lactique (petit-lait acidulé, caillé frais) et animal (chèvre). Un très léger goût de blanc d'œuf cuit est perceptible | de saveurs moyennement à fortement salée, moyennement acide et amère, dominées par des arômes de croûte et de morge. Des arômes de noix ont été notés. Légèrement piquant et astringent. Persistance plutôt longue |

## Conclusion

Cette étude largement consacrée à la microbiologie non seulement des trois sortes de fromages étudiées, Formaggini (Büscion et Robiola) et Formaggella, mais aussi des laits de départ et des caillés (produits intermédiaires) montre d'une façon générale que leur qualité est bonne à excellente, à quelques rares exceptions près. En ce qui concerne *E. coli* dans les Formaggini (Büscion et Robiola, des pâtes fraîches), les valeurs mesurées sont pratiquement <10 ufc/g à une exception près (env. 800 ufc/g). L'Ordonnance correspondante en matière d'hygiène ne prévoit pas de valeur de tolérance pour les pâtes fraîches, mais une valeur de 1000 ufc/g pour les pâtes mi-dures. La valeur maximale trouvée une seule fois dans une Formaggella (200 ufc/g) est donc inférieure à cette tolérance.

Pour *S. aureus*, un seul Formaggini avec 1000 ufc/g a dépassé la valeur de tolérance de 100 ufc/g. Cette valeur reste pourtant largement en dessous de la valeur limite de 10000 ufc/g fixée par cette même ordonnance. La fréquence et la densité de ce germe sont toujours nettement plus faibles dans les produits finis (le fromage) que dans les laits de départ. Ces micro-organismes sont généralement dus aux mammites des chèvres, relativement plus difficiles à mettre en évidence et à soigner que chez les vaches. Les échantillons analysés ne contenaient en revanche ni *Listeria monocytogenes*, ni salmonelles.

L'ensemble de ces résultats est très satisfaisant à de rares exceptions près, mais indique pourtant qu'il faut rester des plus soigneux et vigilants du point de vue de l'hygiène de ces produits laitiers. Ceci concerne non seulement les producteurs eux-mêmes mais aussi les autorités sanitaires.

Les analyses de radioactivité faites sur les laits de départ montrent que le Tessin comme le nord de l'Italie en général sont encore influencés par l'accident de Tschernobyl. Les valeurs mesurées sont relativement faibles, toujours inférieures à la limite de détermination pour le Cs-134. Elles sont supérieures à la valeur de tolérance (10 Bq/kg (44)) mais largement inférieures à la valeur limite (1000 Bq/kg) pour le Cs-137 (37) sauf pour le producteur D dont les chèvres semblent ne pas recevoir un fourrage indigène. La mesure de ce radionucléide peut donc constituer un critère intéressant d'authenticité des laits tessinois. Il faudrait poursuivre cette étude dans une optique de fromages tessinois AOC, puisqu'il pourrait permettre de déterminer si les animaux ont effectivement consommé du fourrage indigène. Il n'est pourtant pas certain que le Cs-137 se retrouve en quantité mesurables dans les fromages, une partie importante étant éliminée lors de l'égouttage du petit-lait.

Les diverses grandeurs caractérisant la composition chimique de ces trois sortes de fromages mettent en évidence l'effet marqué de l'affinage de la Formaggella, une pâte mi-dure affinée sur un mois environ, comparé aux deux autres sortes, les Formaggini. On note en effet dans la première citée toutes les caractéristiques d'un fromage bien protéolysé et mûr telles qu'acidification marquée, teneurs en fractions azotées WLN et NPN élevées, teneurs en acides gras volatils et en autres composés volatils tels qu'alcools primaires et secondaires et méthycétones abondants, absence

de saccharides transformés en acides lactiques L et D, teneur élevée en sel etc. Les deux Formaggini présentent en revanche les profils typiques de pâtes fraîches.

Divers constituants terpénoïdes ont également été identifiés dans ces trois sortes de fromages tessinois qui trouvent leur origine dans des végétaux de montagne consommés par les animaux et qui peuvent également servir de traceurs ou de marqueurs de fromage d'altitude (43). En ce qui concerne toujours les composés volatils, la littérature cite enfin d'autres composés volatils typiques des fromages de chèvres tels qu'acides gras linéaires et ramifiés (par ex. 4-méthyl octanoïque et 4-éthyl octanoïque) (45) mais qui n'ont pu être mis en évidence dans les trois sortes étudiées parce que non extractibles avec les méthodes d'analyses utilisées dans ce travail.

**Remerciements**

Les auteurs de cette étude tiennent à exprimer ici leur gratitude au Fonds Interreg II mis à disposition par la Confédération suisse, en particulier M. *Pierfranco Venzi* (Tessin) à Mme *Solange Buchin* (INRA de Poligny, F), MM. *Raoul Daniel* et *Robert Sieber* (FAM) et *Gérald Steiger* (Mauss) et au Prof. *Raphaël Tabacchi* (Université de Neuchâtel) pour leur lecture critique du manuscrit et pour les références bibliographiques communiquées. Un grand merci est également exprimé au Prof. *Bruno Donati*, Licée cantonal de Locarno et à Mme *Sara Del Pietro*, CDSI à Bellinzone, pour leurs renseignements historiques sur ces fromages tessinois ainsi qu'aux divers producteurs tessinois qui ont aimablement participé à ce travail.

**Résumé**

Cette vaste étude a pour objectif de caractériser trois sortes de fromages de chèvres tessinois destinés à obtenir une AOC (Appellation d'origine contrôlée): deux pâtes fraîches, grasses, le Büscion et la Robiola (ou Formaggini), et une pâte mi-dure, grasse, la Formaggella. Les laits de départ ainsi que les caillés utilisés pour la fabrication de ces fromages ont également été analysés. De nombreuses méthodes d'analyse i) microbiologiques, incluant également la détection de microorganismes pathogènes (*E. coli*, *S. aureus*, *Listeria monocytogenes* et salmonelles), ii) chimiques de la composition globale (taux butyrique, sel, fractions azotées, acides lactiques L et D et acides gras volatils à courte chaîne), iii) de la radioacivité (Cs-134 et Cs-137) ainsi que iv) de la composition en substances volatiles, ont été utilisées. Ce travail montre que la qualité microbiologique générale des produits étudiés varie de bonne à excellente, à de très rares exceptions près. La mesure de la radioactivité du Cs-137 est un indicateur ou traçeur intéressant de l'origine géographique des laits. Ces trois sortes de fromages se distinguent encore par maintes grandeurs mesurées, notamment par leur degré d'acidification, par leur protéolyse ainsi que par leur teneur en composés volatils, dont certains sont formés pendant l'affinage.

**Zusammenfassung**

Diese breit angelegte Studie hatte zum Ziel, drei Ziegenkäsesorten aus dem Tessin zu charakterisieren, welche für den Erhalt des AOC vorgesehen sind. Es sind dies zwei vollfett Frischkäse, Büscion bzw. Robiola (oder Formaggini), und Formaggella, ein Halbhartkäse. Sowohl die Ausgangsmilch wie auch der Käsebruch wurden in die Untersuchungen einbezogen. Es gelangten diverse bakteriologische Untersuchungsmethoden zum Einsatz, insbesondere wurde auf potentiell pathogene Keime, wie *E. coli*, koagulasepositive Staphylokokken (*S. aureus*), *Listeria monocytogenes* und Salmonellen geprüft. Im weiteren wurden die chemische Zusammensetzung (Fettgehalt, Salzgehalt, Stickstoff-Fraktionen, L und D Milchsäure), die Radioaktivität (Cs134 und 137) sowie die flüchtigen Substanzen bestimmt. Die Untersuchungen ergaben, dass die Käse bakteriologisch, abgesehen von einzelnen Ausnahmen, im allgemeinen von guter bis sehr guter Qualität sind. Es zeigt sich, dass sich die Messung des radioaktiven Isotops CS-137 als interessanter Indikator für die geographische Herkunft der Milch verwenden lässt. Die drei Käse unterscheiden sich durch verschiedene Messgrössen, besonders deutlich durch ihren Säuregrad, ihre Proteolyse aber auch durch ihren Gehalt an flüchtigen Stoffen, welche teilweise während der Reifung produziert werden.

**Summary "Microbial, Chemical and Sensory Characterisation of Goat Milk, Curd and Büscion, Robiola and Formaggella Cheeses from Ticino (Switzerland)"**

A broad study was carried out to characterise three goat's milk cheeses produced in the south of the Swiss Alps (canton Ticino) in order to obtain a PDO (Protected Designation of Origin): two fresh full-cream products called Büscion and Robiola cheese (or Formaggini cheese), and the full-cream semi-hard Formaggella cheese. Starting milks as well as curds used for the manufacture of these cheese varieties were also analysed. Several methods of analysis: i) microbiological, also including the detection of pathogenic micro-organisms (*E. coli*, *S. aureus*, *Listeria monocytogenes* and salmonellas), ii) chemical for the determination of the gross composition (fat, salt, nitrogen fractions, lactic acid L and D and volatile short chain fatty acids), iii) radioactivity (Cs-134 and 137) as well as iv) the make-up of volatile components were used. This investigation indicates that the general microbial quality of the products investigated varied from good to excellent with very rare exceptions. Measurement of the radioactivity of Cs-137 could be an interesting indicator for the geographical origin of the milks. These three kinds of cheeses are differentiated by several parameters, such as degree of acidification and proteolysis, and content of volatile compounds, some of which are produced during ripening.

**Riassunto**

Quest'importante studio effettuato, ha quale obiettivo la caratterizzazione di tre tipi di formaggio caprino ticinese, in vista dell'ottenimento di una DOC: due for-

maggini a pasta fresca, grassi, il Büscion e la Robiola e uno a pasta semidura grasso, la Formaggella. Il latte alla partenza come pure la cagliata utilizzata per la fabbricazione di questi formaggi, sono pure stati analizzati. Numerosi metodi analitici i) microbiologici, includendo pure la ricerca d'organismi patogeni (*E. coli*, *S. aureus*, *Listeria monocytogenes* e Salmonelle), ii) chimiche della composizione totale (tasso butirrici, sale, frazioni azotate, acido lattico L e D e acidi grassi volatili), iii) della radioattività (Cs-134 e 137) come pure iv) della composizione in sostanze volatili sono stati utilizzati. Questo lavoro dimostra che la qualità microbiologica generale dei prodotti considerati per lo studio è da buona ad eccellente, a parte qualche rara eccezione. La misura della radioattività del Cs-137, è un interessante indicatore per l'origine geografica del latte. Questi tre tipi di formaggi si distinguono da numerosi valori misurati, segnatamente dal loro grado d'acidificazione, dalla loro proteolisi come pure dal loro contenuto in elementi volatili, dei quali taluni si formano durante la stagionatura.

**Key words**

Büscion cheese, Robiola cheese, Formaggella cheese, Microbial composition, Chemical composition, Radioactivity

## Bibliographie

1 *Corti, M., Bruni, G.* e *Oldrati, G.:* La Capra in provincia di Bergamo. Ferrari Edizioni, Bergamo 1997.

2 *Zanatta, G.:* Indagine sul comportamento dei greggi di capre al pascolo libero. Programma INTEREG II. Valorizzazione e tipicizzazione delle produzioni agricole. Comunità Montana Valli del Luinese. Zootecnico del Servizio Assistenza Tecnica agli Allevamenti Ovicaprini–Provincia di Varese. Dicembre 1999.

3 *Zanatta, G., Lorenzo, N.* e *Oneto, S.:* Osservazioni sul comportamento alimentare in greggi di capre al pascolo in ambiente prealpino insubrico. In: Enne, G., Greppi, G.F. e Licitra, G. (eds), Produzioni animali di qualità ed impatto ambientale nel sistema mediterraneo 363–376. XXXV Simposio internazionale di zootecnia/Proceedings of the XXXV International Symposium of the Società Italiana per il Progresso della Zootecnia (In occasione di CHEESE ART 2000 – Nell'ambito del 2° Meeting Euromediterraneo, Ragusa Ibla, 25 Maggio 2000), MG Scientific pub., Bergamo 2000.

4 *Büchin, S., Duboz, G., Le Quéré, J.-L.* et *Grappin, R.:* Développement des caractéristiques biochimiques et sensorielles des fromages de chèvre. Etude interespèce par échanges de la matière grasse et du lait écrémé de laits de vache et de chèvre. Lait **78**, 673–687 (1998).

5 *Engel, E., Nicklaus, S., Garem, A., Septier, C., Salles, C.* and *Le Quéré, J.-L.:* Taste active compounds in a goat cheese water-soluble extract. 1. Development and sensory validation of a model water-soluble extract. J. Agric. Food Chem. **48**, 4252–4259 (2000).

6 *Engel, E., Nicklaus, S., Septier, C., Salles, C.* and *Le Quéré, J.-L.:* Taste active compounds in a goat cheese water-soluble extract. 2. Determination of the relative impact of water-soluble extract components on its taste using omission tests. J. Agric. Food Chem. **48**, 4260–4267 (2000).

7 *Salles, C., Hervé, C., Septier, C., Demaizières, D., Lesschaeve, I., Issanchou, S.* and *Le Quéré, J.-L.:* Evaluation of taste compounds in water-soluble extract of goat cheeses. Food Chem. **68**, 429–435 (2000).

8 *Manuel suisse des denrées alimentaires.* Méthode 7.01, chapitre 56. Office fédéral des imprimés et du matériel, Berne 1988.
9 *Manuel suisse des denrées alimentaires.* Méthode 7.07, chapitre 56. Office fédéral des imprimés et du matériel, Berne 1988.
10 *Manuel suisse des denrées alimentaires.* Méthode 7.11, chapitre 56. Office fédéral des imprimés et du matériel, Berne 1988.
11 *Terzaghi, B.E.* and *Sandine, W.E.:* Improved medium for lactic streptococci and their batcteriophages. Appl. Microbiol. **29**, 807–813 (1975).
12 *Anonyme:* AccuProbe™. Listeria Monocytogenes culture identification test. Commercial information by Gen-Probe®, San Diego CA 92121 1992.
13 *Fédération internationale de laiteries (FIL/IDF).* Méthode 93B: 1995.
14 *Zannoni, M.* and *Annibaldi, S.:* Standardization of the renneting ability of milk by formagraph – I. Scienza e Tec. Latt. Cas. **32** (2), 79–94 (1981).
15 *Gallmann, P., Rüegg, M., Jakob, E., Lehmann, H.* und *Moor, U.:* Messung der enzymatischen Milchgerinnung mit Hilfe des Formagraphen. Schweiz. Milchw. Forschung **21**, 12–16 (1992).
16 ISO 3433: 1975
17 *Fédération internationale de laiteries (FIL/IDF).* Méthode 88A: 1988
18 Norme ISO 2446: 1976
19 *Fédération internationale de laiteries (FIL/IDF).* Méthode 20B: 1993
20 *Collomb, M., Spahni, M.* et *Steiger, G.:* Dosage de la teneur en azote selon Kjeldahl de produits laitiers et de certaines de leurs fractions azotées à l'aide d'un système automatisé. Trav. chim. aliment hyg. **81**, 499–509 (1990).
21 *Badertscher, R., Liniger, A.* und *Steiger, G.:* Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren in Käse aus dem Wasserdampfdestillat mit «Headspace-GC/FID» FAM INFO n° 272, Liebefeld-Berne 1993
22 *Bergmeyer, H.U.:* Bestimmung von Harnstoff. Glutamat-Dehydrogenase als Indikatorenzym. In: Methoden der enzymatischen Analyse, 3. Aufl., Bd 2, 1842–1846. Verlag Chemie, Weinheim 1974.
23 *Boehringer Mannheim.* Urea/Ammonia. In: Methods of biochemical analysis and food analysis, 144–146. Mannheim 1989.
24 *Bergmeyer, H.U.:* L(+)-Lactat. Bestimmung mit Lactat-Dehydrogenase und NAD. In: Methoden der enzymatischen Analyse, 3. Aufl., Bd 2, 1510–1514. Verlag Chemie, Weinheim 1974.
25 *Boehringer Mannheim.* L–/D-Lactic acid. In: Methods of biochemical analysis and food analysis, 78–81. Mannheim 1989.
26 *Werner, W., Rey, H.G.* und *Wielinger, H.:* Über die Eigenschaften eines neuen Chromogens für die Blutzuckerbestimmung nach der GOD/POD-Methode. Z. anal. Chem. **252**, 224–228 (1970)
27 *Hübner, O., Schäfer, R.* und *Pietsch, H.:* Zur enzymatischen Lactosebestimmung in diätischen Lebensmitteln. Nahrung **23**, 959–962 (1979)
28 *Roche Diagnostics GmbH, Mannheim:* Glucose GOD-Perid®-Methode, July 1999.
29 *Lavanchy, P., Bérodier, F., Zannoni, M., Noël, Y., Adamo, C., Squella, J.* et *Herrero, L.:* L'évaluation sensorielle de la texture des fromages à pâte dure et semi-dure. Etude interlaboratoire. Lebensm.-Wiss.-Technol. **26**, 59–68 (1993).
30 *Bérodier, F., Lavanchy, P., Zannoni, M., Casals, J., Herrero, L.* et *Adamo, C.:* Guide d'évaluation olfacto-gustative des fromages à pâte dure et semi-dure. Lebensm.-Wiss.-Technol. **30**, 653–664 (1997).
31 *Bosset, J.O., Gubler, M., Bütikofer, U.* and *Gauch, R.:* Mono-, di- and trimethyl benzene in frozen cheese samples: Natural metabolites or environmental pollutants? Trav. chim. aliment. hyg. **91**, 287–299 (2000).

32 *Bühlmann, G.* und *Finessi-Draković, S.:* Gesamtkeimzahl in Ziegenmilch. Agrarforschung **7**, 302–307 (2000)
33 *Grappin, R., Jeunet, R., Pillet, R.* et *Le Toquin, A.:* Etude des laits de chèvre. I. Teneur du lait de chèvre en matière grasse, matière azotée et fractions azotées. Lait **61**, 117–133 (1981).
34 *Anifantakis, E.M.* and *Kandarakis, J.G.:* Contribution to the study of the composition of goat's milk. Milchwiss. **25**, 617–619 (1980).
35 *Favier, J.C.:* Composition des fromages de chèvre. Cah.Nutr.Diet. **22**, 117–123 (1987).
36 *Bosset, J.O., Berger, T., Bühler-Moor, U., Bütikofer, U., Collomb, M., Gauch, R., Lavanchy, P., Mariaca, R., Sieber, R., Jeangros, B., Scehovic, J., Troxler, J.* and *Dafflon, O.:* Comparison of some highland and lowland Gruyère-type cheese of Switzerland: a study of their potential PDO/AOC/AOP characteristics. In: Amado, R. and Battaglia, R. (eds), Authenticity and adulteration of food – The analytical approach. Proceedings of the Symposium Euro Food Chem IX, September 24–26, 1997, Interlaken (Switzerland), Vol. 2, 395–400, Swiss Society of Food and Environmental Chemistry, Druckerei Sailer, Wintherthur 1997. FECS-Event No. 220.
37 *Buchin, S., Martin, B., Dupont, D., Bornard, A.* and *Achilleos, C.:* Influence of the composition of alpine highland pasture on the chemical, rheological and sensory properties of cheeses. J. Dairy Res. **66**, 579–588 (1999).
38 *Viallon, C., Verdier-Metz, I., Denoyer, C., Pradel, P., Coulon, J.B.* and *Berdagué, J.L.:* Desorbed terpenes ans sesquiterpenes from forages and cheeses. J.Dairy Res. **66**, 319–326 (1999).
39 *Mariaca, R.G., Berger, T.F.H., Gauch, R., Imhof, M.I., Jeangros, B.* and *Bosset, J.O.:* Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products. J. Agric. Food Chem. **45**, 4423–4434 (1997).
40 *Bosset, J.O* and *Liardon, R.:* The aroma composition of Swiss Gruyère cheese. II. The neutral volatile components. Lebens.-Wiss.-Technol. **17**, 359–362 (1984).
41 *Bosset, J.O.* and *Liardon, R.:* The aroma composition of Swiss Gruyère cheese. III. Relative changes in the content of alkaline and neutral volatile components during ripening. Lebens.-Wiss.-Technol. **18**, 178–185 (1985).
42 *Bosset, J.O., Gauch, R., Mariaca, R.* and *Klein, B.:* Comparison of various sample treatments for the analysis of volatile compounds by GC-MS: application to the Swiss Emmental cheese. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **86**, 672–698 (1995).
43 *Bosset, J.O., Bütikofer, U., Berger, T.* et *Gauch, R.:* Etude des composés volatils du Vacherin fribourgeois et du Vacherin Mont-d'Or. Trav. chim alim. hyg. **88**, 233–258 (1997).
44 *Anonyme:* Ordonnance sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires. OSEC du 26 juin 1995 (Etat 22 février 2000).
45 *Le Quéré, J.-L., Septier, C., Demaizières, D.* and *Salles, C.:* Identification and sensory evaluation of the character-impact compounds of goat cheese flavour. In: Taylor, A.J. and Mottram, D.S. (eds), Flavour science. Recent developments. 8th Weurman Flavour Research Symposium, 325–330. The Royal Society of Chemistry, Reading 1996.
46 Fédération internationale de laiteries (FIL/IDF). Méthode 148A: 1995.

Adresse du correspondant: Dr J.O. Bosset, Station fédérale de recherches laitières, Liebefeld, CH-3003 Berne, E-mail: jacques-olivier.bosset@fam.admin.ch