

# Relations entre les caractéristiques de l'herbe et celles du fromage. Présentation et premiers résultats d'une étude pluridisciplinaire

B. Jeangros<sup>1</sup>, J. Troxler<sup>1</sup>, D. Conod<sup>1</sup>, J. Scehovic<sup>1</sup>, J.O. Bosset<sup>2</sup>, U. Bütikofer<sup>2</sup>, R. Gauch<sup>2</sup>, R. Mariaca<sup>2</sup>, J.P. Pauchard<sup>2</sup>, R. Sieber<sup>2</sup>

Dans les régions où les coûts de production sont élevés, produire des aliments de haute qualité, avec des conditions spécifiques d'élaboration, est une voie intéressante. De bonnes connaissances sur la filière de production du fromage, en particulier sur l'influence des herbages, devraient permettre de mieux caractériser et maîtriser la qualité du produit commercialisé.

## RÉSUMÉ

*Cette publication présente sommairement le cadre général d'une étude pluridisciplinaire visant à étudier les relations existant entre les fourrages, le lait ou la crème et le fromage affiné. Les observations ont porté sur la végétation du pâturage, la composition chimique du fourrage, la composition chimique du lait et de la crème, la composition chimique et les caractéristiques sensorielles du fromage affiné. Les premiers résultats obtenus sont rapidement présentés. Les fourrages de montagne comportent plus de terpènes volatils dont certains se retrouvent dans les produits laitiers d'alpage. Certains autres composés du fromage semblent en rapport avec l'utilisation d'un feu de bois ouvert pour le chauffage du lait.*

## MOTS CLÉS

Composition chimique, fromage, montagne, pâturage, production laitière, qualité du lait, qualité des produits, qualité organoleptique, Suisse, végétation.

## KEY-WORDS

Cheese, chemical composition, dairying, grazing, highland, milk quality, organoleptic quality, product quality, upland grazing, Switzerland, vegetation.

## AUTEURS

1 : Station fédérale de recherches en production végétale de Changins (RAC), CH-1260 Nyon (Suisse).

2 : Station fédérale de recherches laitières de Liebefeld (FAM), CH-3003 Berne (Suisse).

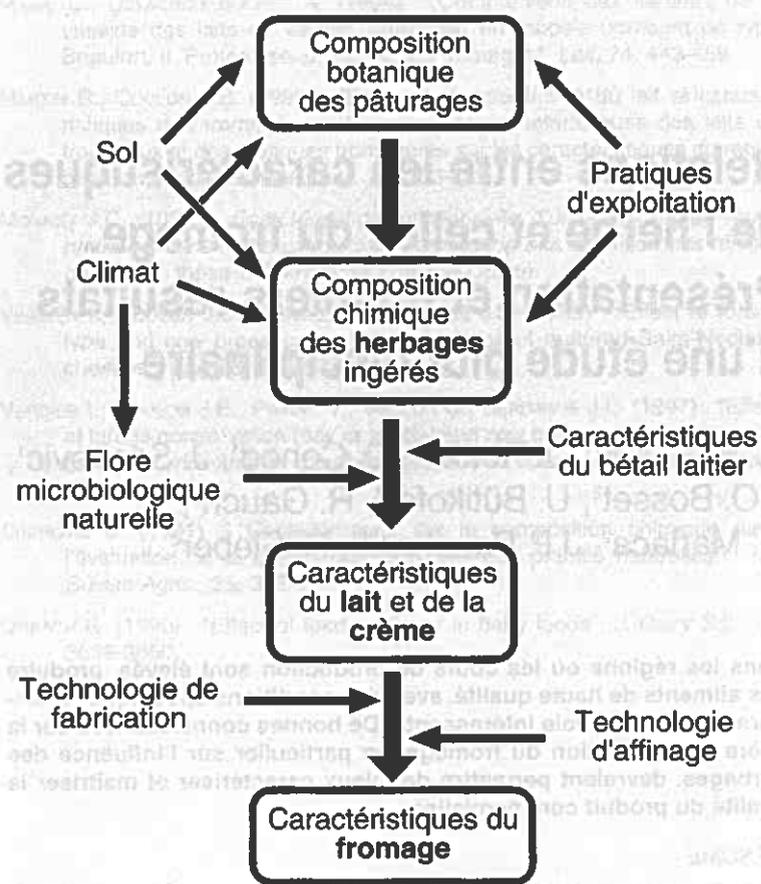


FIGURE 1 : Principaux facteurs influençant les caractéristiques d'un fromage de type Gruyère produit à partir d'herbages.

FIGURE 1 : Main factors affecting the characteristics of cheese of the Gruyère type made from grass.

Les Stations fédérales de recherches de Changins (RAC) et de Liebefeld (FAM), en Suisse, ont mis sur pied une importante étude pluridisciplinaire ayant pour but général d'approfondir les connaissances actuelles sur les relations existant entre les caractéristiques des herbages<sup>(1)</sup> et celles du fromage de type Gruyère. Cet article présente sommairement le projet, en particulier ses objectifs, la démarche adoptée, les lieux d'observation, le déroulement des travaux et les analyses effectuées. Une présentation plus complète du projet est donnée par JEANGROS *et al.* (1997). La plupart des résultats acquis dans cette étude sont encore dans la phase de mise en valeur. Ils feront l'objet de plusieurs publications ultérieures dans diverses revues techniques ou scientifiques.

(1) La Rédaction de la revue attire l'attention du lecteur sur le sens particulier attribué au terme "herbage" dans cet article : "partie valorisable de la végétation d'une prairie", sens qui est très proche de l'acception habituelle du terme "fourrage". En France, un "herbage" désigne une parcelle prairiale, généralement pâturée, dont la production fourragère est relativement abondante.

Les caractéristiques d'un fromage sont influencées par de nombreux facteurs qui interviennent dans la filière "herbages (matière première) - lait et crème (produits intermédiaires) - fromage affiné (produit final)" (figure 1). Cependant, très peu de travaux ont porté sur les relations existant entre les caractéristiques des herbages et celles du fromage. Si certaines analyses chimiques et physico-chimiques permettaient d'apprécier, ne serait-ce que partiellement, la qualité et l'origine d'un fromage, le dépôt d'un label pourrait reposer sur une base solide et objective. Dans les Préalpes vaudoises par exemple, la Coopérative des producteurs de fromages d'alpages de L'Etivaz a déposé une demande d'appellation d'origine contrôlée (AOC) pour son fromage à pâte dure de type Gruyère.

## 1. Objectifs et démarche

Un premier objectif ciblé du projet est de **vérifier si les herbages de montagne donnent un fromage plus riche en composés volatils que les herbages de plaine** dont la flore est moins diversifiée. Un deuxième objectif, plus général, est de mettre en évidence l'influence des conditions naturelles (conditions climatiques et pédologiques, période de pâture, etc.) sur les caractéristiques des herbages, des laits, des crèmes et des fromages, et de **cerner les relations existant entre les différentes composantes de cette filière**. Enfin, un troisième objectif est de **confirmer l'influence de la fabrication artisanale**, avec un chauffage du lait cru dans une chaudière en cuivre sur feu de bois ouvert, sur les caractéristiques du fromage, notamment sur la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques. Ces composés qui proviennent de la fumée pourraient être de bons "traceurs" pour reconnaître des fromages d'alpages.

Pour atteindre ces objectifs, **nous avons suivi pendant un été, de début juin à mi-septembre 1995, les caractéristiques des herbages et des produits laitiers correspondants sur quatre unités de fabrication**. Nous avons choisi des unités de taille relativement modeste et se distinguant surtout par les caractéristiques des herbages (sol, climat et pratiques d'exploitation différents) ainsi que par le mode de chauffage du lait (tableau 1). Pour le reste, les modes de fabrication et d'affinage ont été partiellement modifiés de façon à les rendre aussi comparables que possible. Les pâturages étaient situés à haute

TABLEAU 1 : Caractéristiques principales des 4 unités de fabrication.

TABLE 1 : Main characteristics of the four cheese-making units.

Unité de fabrication	Altitude des pâturages (m)	Exposition	Substrat	Nb de vaches	Production de lait (kg/vache/année)	Mode d'affinage	Lieu de fabrication
1. L'Etivaz 1 (vallée de la Tomeresse)	1 400 - 1 900	ouest	Flysch	30 à 48	4 000	pâturage uniquement	chalet d'alpage
2. L'Etivaz 2 (vallée de la Tomeresse)	1 300 - 2 100	est	Flysch et calcaire	27 à 40	4 000	pâturage uniquement	chalet d'alpage
3. Montbovon (Les Allières)	900 - 1 200	aucune (plusieurs)	Flysch et calcaire	50 à 90 <sup>(1)</sup>	4 500	pâturage uniquement	fromagerie
4. Posieux (Grangeneuve)	600 - 650	aucune (± plat)	molasse	50 à 55	7 000	mixte (pâturage+crèche)	fromagerie

(1) : plusieurs troupeaux

Analyses	Herbe	Lait	Crème	Fromage
Matière sèche	+	+		+
Azote total	+(1)	+		+
Métaux alcalino-terreux (Na, K, Ca, Mg)	+(1)	+(2)		+(2)
Métaux en traces (Cu, Mn, Zn...)	+(1)	+(2)		+(2)
Matières fibreuses (cellulose, lignine...)	+(1)			
Glicides	+(1)			
Composés phénoliques	+(1)	+(2)		+(2)
Composés terpéniques non volatils	+(1)	+(2)		+(2)
Aldéhydes supérieurs	+(1)	+(2)		+(2)
Composés soufrés volatils	+(1)	+(2)		+(2)
Coumarines	+(1)	+(2)		+(2)
Composés volatils (GC-MS & FID)	+(2)(3)		+(2)	+(2)
Matière grasse		+	+	+
Couleur (L, a, b selon Hunter)		+		+
Lactose		+		
Caroténoïdes			+	+
Composition en acides gras			+	
Azote soluble dans l'eau				+
Azote non protéique				+
Hydrocarbures aromatiques polycycliques				+
Stéréoisomères terpéniques volatils				+(2)
Chlorure de sodium				+
Acides gras volatils				+
Acides organiques (lactique L & D, citrique)				+(2)
Acides aminés libres				+
Amines biogènes				+
Analyses de la microflore		+		+
Taxation (aspect, goût, conservation, etc.)				+
Analyses sensorielles (jury de dégustation)				+
Analyses rhéologiques				+

(1) Echantillons séchés ; (2) Echantillons surgelés ; (3) Uniquement sur des plantes isolées

altitude (entre 1 300 et 2 100 m) pour les deux premières unités (L'Étivaz, sur deux versants opposés), à moyenne altitude (environ 1 000 m) pour la troisième (Montbovon/Les Allières) et en plaine (environ 600 m) pour la quatrième (Posieux/Grangeneuve). Le lait était chauffé sur un feu de bois ouvert dans les deux premières unités, par de la vapeur circulant dans le double manteau des chaudières dans les deux autres cas.

**Sur chaque site, nous avons procédé à une douzaine d'observations.** Lors de chacune d'entre elles, nous avons analysé (tableau 2) :

- la composition botanique des pâturages,
- la composition chimique des herbages,
- la composition chimique du lait et de la crème,
- la composition chimique du fromage affiné,
- les caractéristiques organoleptiques du fromage affiné.

## 2. Déroulement des observations

Les observations se sont généralement déroulées de la manière suivante : une surface aussi homogène que possible, avec suffisam-

TABLEAU 2 : Analyses effectuées sur les échantillons d'herbe, de lait, de crème et de fromage.

TABLE 2 : Analyses carried out on samples of herbage, of milk, of cream, and of cheese.

ment d'herbe pour nourrir le troupeau pendant au moins trois jours, a été clôturée. Avant le passage des animaux, la composition botanique de cette surface a été déterminée et des échantillons d'herbe ont été prélevés. Après avoir laissé pâturer les vaches pendant 2 à 3 jours sur cette surface<sup>(2)</sup>, un échantillon représentatif du lait de la traite du soir a été prélevé. Les bêtes ayant encore pâture la nuit sur la même surface, le premier fromage du lendemain, fabriqué avec les laits du soir et du matin, a été retenu pour notre étude. Le lendemain de leur fabrication, tous les fromages retenus ont été transportés jusqu'aux caves de L'Étivaz pour y être affinés de manière identique pendant environ 8 mois.

Les principales difficultés ont résidé dans le prélèvement d'échantillons représentatifs, en particulier pour les herbages. La délimitation de surfaces de pâture homogènes s'est révélée plus délicate que prévu, surtout à haute altitude, en raison de l'hétérogénéité de la végétation et du manque de points d'eau pour le bétail. Des compromis ont dû être trouvés pour concilier nos objectifs et ceux des exploitants.

Au moment de la pâture, le stade de développement phénologique des principales plantes a été observé. Pour déterminer la composition botanique, nous avons effectué des relevés linéaires. Sur les pâturages, les échantillons d'herbe ont été prélevés à l'aide d'une petite tondeuse électrique ou d'une cisaille à main, juste avant la pâture des vaches. Les espèces végétales de grande taille qui ne sont pas consommées par le bétail (*Cirsium spp.*, *Veratrum album*, *Rumex obtusifolius*, etc.) ont été exclues. L'analyse des composés terpéniques volatils a été faite sur une quarantaine de plantes caractéristiques des pâturages de haute altitude ou des prairies de plaine.

Les échantillons de lait ont été prélevés dans les baquets à lait ou directement dans la chaudière en cuivre avant l'adjonction de la présure et des ferments lactiques. Une partie des échantillons a été centrifugée pour en extraire la crème ainsi enrichie en composés lipophiles. Les caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques des fromages ont été analysées après 8 mois ( $\pm 2$  semaines) d'affinage.

## 3. Premiers résultats

Nous ne donnons ici qu'un bref aperçu des premiers résultats obtenus. Les quelques publications citées ci-après fournissent des indications plus détaillées. De nombreux résultats sont encore en cours d'évaluation.

(2) Cette durée de 2 à 3 jours nous a paru suffisante dans la mesure où la végétation n'était pas très différente d'un parc à l'autre ; d'autre part, une durée de pâture plus longue aurait conduit à une augmentation de la surface des parcs et provoqué des difficultés supplémentaires pour caractériser correctement les compositions botanique et chimique des herbages.

Les terpènes volatils (mono- et sesquiterpènes) ont été analysés sur 47 échantillons de plantes représentatives des différents types de pâturage. Près de la moitié des plantes analysées contenaient de telles substances (MARIACA *et al.*, 1998). 54 terpènes volatils différents ont été identifiés, les plus abondants étant le  $\beta$ -trans-ocimène, le limonène et le  $\beta$ -trans-caryophyllène. **Les plantes prélevées à basse altitude contenaient généralement moins de terpènes volatils que celles présentes dans les pâturages d'altitude.** Pour une même espèce, les teneurs en terpènes ont varié selon le stade de développement des plantes et le site de prélèvement.

L'un des objectifs de cette étude est de vérifier les résultats d'un essai préliminaire indiquant que, lorsque des vaches broutent des herbages de montagne riches en terpènes, une partie de ces composés se retrouve dans le lait et contribue à donner au fromage de montagne un caractère spécifique (BOSSET *et al.*, 1994). Pour vérifier cette hypothèse, nous avons donc également **analysé les terpènes volatils dans les produits laitiers.** Une première analyse statistique des résultats obtenus montre que l' $\alpha$ -pinène et, dans une moindre mesure, le  $\beta$ -pinène, le p-cymène et le limonène sont **des composés spécifiques des crèmes et des fromages d'alpages** (BOSSET *et al.*, 1997a).

Les teneurs en plusieurs triglycérides, acides gras saturés et insaturés à longues chaînes, métaux en trace (zinc, manganèse et fer), de même qu'en certains composés volatils, varient de façon significative selon le lieu de production (BOSSET *et al.*, 1997a). **Ces divers composés pourraient donc être utilisés comme "traceurs" pour reconnaître l'origine géographique des produits laitiers**, ceci dans une perspective d'appellation d'origine contrôlée (AOC) ou protégée (AOP). De plus, **certains hydrocarbures aromatiques polycycliques**, substances provenant de la fumée du foyer ouvert utilisé lors la fabrication artisanale des fromages d'alpages, **se révèlent être de bons traceurs de fabrication** (traceurs technologiques). Parmi ces composés, on peut citer l'anthracène, éventuellement le phénanthrène et le pyrène si leur concentration est suffisante (BOSSET *et al.*, 1997b). Les nombreux résultats déjà obtenus dans le cadre de ce vaste projet pluridisciplinaire sont en cours d'évaluation et seront publiés prochainement dans diverses revues scientifiques, techniques ou de vulgarisation.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.  
"Des prairies plus pérennes, pour des produits de qualité  
et l'entretien du territoire",  
les 1<sup>er</sup> et 2 avril 1997.

#### Remerciements

Ce travail a pu être réalisé grâce à la collaboration de la Coopérative des producteurs de fromages d'alpage de L'Etivaz, de l'Institut agricole de Grangeneuve (IAG-Posieux), de l'Association vaudoise de promotion des métiers de la terre (Prométerre-Yverdon) et de plusieurs éleveurs et fromagers dans les régions concernées.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOSSET J.O., BÜTIKOFER U., GAUCH R., SIEBER R. (1994) : "Caractérisation de fromages d'alpages subalpins suisses: mise en évidence par GC-MS de terpènes et d'hydrocarbures aliphatiques lors de l'analyse par "Purge and Trap" des arômes volatils de ces fromages", *Schweiz. Milchw. Forschung*, 23, 37-41.
- BOSSET J.O., BERGER T., BÜHLER-MOOR U., BÜTIKOFER U., COLLOMB M., DAFFLON O., GAUCH R., JEANGROS B., LAVANCHY P., MARIACA R., SCEHOVIC., SIEBER, R., TROXLER J. (1997a) : "Comparison of some highland and lowland gruyere-type cheese of switzerland: a study of their potential PDO/AOC/AOP characteristics", *Proc. IX<sup>th</sup> Symp. EuroP. Food Chem.*, September 24-26, Interlaken (Switzerland), sous presse.
- BOSSET J.O., BÜTIKOFER U., SIEBER R., DAFFLON O., KOCH H., SCHEURER L. (1997b) : "Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in Käsen", *Agrarforschung*, 4, 405-408.
- JEANGROS B., TROXLER J., CONOD D., SCEHOVIC J., BOSSET J.O., BÜTIKOFER U., GAUCH R., MARIACA R., PAUCHARD J.P., SIEBER R. (1997) : "Etude des relations entre les caractéristiques des herbages et celles du lait, de la crème et du fromage de type L'Etivaz ou Gruyère: I. Présentation du projet", *Revue suisse Agric.*, 29(1), 23-34.
- MARIACA R.G., BERGER T.F.H., GAUCH R., IMHOF M.I., JEANGROS B., BOSSET J.O. (1998) : "Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavour compounds in milk and dairy products", *J. Agric. Food Chem.*, sous presse.

#### SUMMARY

##### **Relationships between the characteristics of grass and those of cheese. Presentation and first results of a multi-disciplinary study**

This paper describes the outline, goals, procedures, study sites, and analyses adopted in studying the relationships between grass (starting material), milk or cream (intermediate) and ripened Gruyère and L'Etivaz cheese (final product). This was particularly aimed at testing whether upland grass (having a diversified botanical composition) produced cheese with more flavour than lowland grass. Our study also focused on the particularities of upland cheese made by using open wood fires to heat the milk. Four production sites were included in this study during the summer of 1995, from the beginning of June until mid-September. Care was taken that the sites would be as similar as possible in their production methods (with the exception of milk heating) but differing in the botanical composition of the pastures. Two production sites were located between 1 300 and 2 100 m a.s.l., one at approximately 1 000 m and the fourth at approximately 600 m. At each site, the following observations were made, repeated about twelve times : a) the botanical composition of the pasture ; b) the chemical composition of the grass ; c) the chemical composition of the milk and cream ; d) the chemical composition of the ripened cheese, and e) the sensory properties of the ripened cheese. First results, particularly about the occurrence of volatile terpenoids in plants and in dairy products, are rapidly given. Most results are still being evaluated and will be the object of several forthcoming papers.