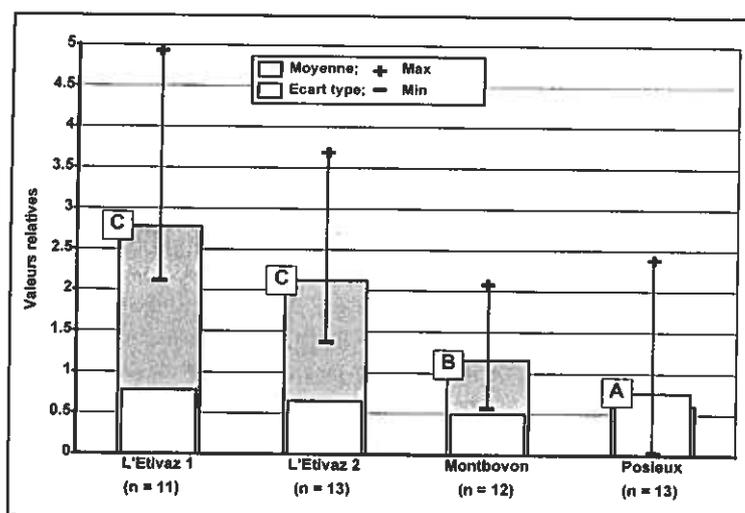


Effets de la composition botanique des herbages pâturés sur quelques composants des fromages de type L'Etivaz ou Gruyère

J.O. Bosset⁽¹⁾,
J. Scehovic⁽²⁾, B. Jeangros⁽²⁾, J. Troxler⁽²⁾

⁽¹⁾ FAM Liebefeld, CH-3003 Berne

⁽²⁾ RAC, Changins, CH-1260 Nyon



Effets de la composition botanique des herbages pâturés sur quelques composants des fromages de type L'Etivaz ou Gruyère

J. SCEHOVIC, B. JEANGROS et J. TROXLER,

Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, CH-1260 Nyon

J. O. BOSSET, Station fédérale de recherches laitières de Liebefeld, CH-3003 Berne

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude visant à vérifier si les herbages de montagne, dont la composition botanique est souvent très diversifiée, donnent des fromages plus aromatiques que les herbages de plaine. Les fromages analysés, de type L'Etivaz ou Gruyère, ont été produits sur quatre lieux situés à des étages de végétation différents (subalpin, montagnard et collinéen). Les analyses globales effectuées, non sélectives, portent sur des classes de substances généralement produites par le métabolisme secondaire des végétaux et susceptibles d'influencer les caractéristiques chimiques et organoleptiques des fromages. Les résultats obtenus indiquent certaines tendances qui devront encore être confirmées par des analyses quantitatives plus sélectives. On constate qu'une augmentation de la proportion de dicotylédones dans les herbages s'accompagne d'une augmentation des aldéhydes et des terpènes supérieurs dans les fromages. On observe en revanche une diminution d'autres substances, telles que l'acétaldéhyde et les composés volatils soufrés. Ces substances, non présentes dans les végétaux, sont formées à partir de précurseurs lors de la fermentation digestive des fourrages et durant la maturation des fromages. Par ailleurs, on remarque une importante variation saisonnière de la composition chimique des fromages.

Introduction

Les proportions respectives de graminées, légumineuses et autres dicotylédones dans le fourrage influencent sa composition chimique et, à travers celle-ci, ses valeurs nutritive et alimentaire. Les prairies permanentes sont caractérisées, entre autres, par leur richesse plus ou moins prononcée en dicotylédones. Ces plantes appartiennent à diverses familles botaniques et n'ont guère de caractéristiques communes, comme c'est le cas pour les graminées et les légumineuses. Malgré cette hétérogénéité apparente, les dicotylédones possèdent un certain nombre de particularités chimiques communes qui les distinguent des autres groupes botaniques. Elles sont

généralement pauvres en substances pariétales, mais riches en divers **métabolites secondaires**.

On admet que ce très vaste groupe de substances organiques (plus de 10 000 structures connues) est non essentiel pour les fonctions physiologiques de l'organisme végétal. Leur rôle principal est écologique (BELL, 1980; MOTTHES, 1980). On attribue généralement aux métabolites secondaires la fonction de protéger les plantes dans des conditions de stress et de maintenir leur intégrité contre les compétiteurs, les prédateurs et les agents pathogènes (COLLECTIF, 1978). Ils peuvent aussi exercer un effet positif; certains arômes et pigments attirent par exemple les insectes pollinisateurs. Les métabolites secondaires

interviennent donc au niveau des interactions entre les plantes et leur environnement.

Malgré leurs effets plutôt négatifs sur l'appétibilité, la digestibilité et l'ingestibilité des fourrages (SCEHOVIC, 1991 et 1995a), les métabolites secondaires sont en partie ingérés par les animaux. Les fourrages consommés peuvent ainsi être la source d'une multitude de substances, volatiles ou non, telles qu'acides libres, structures aliphatiques (alcools, esters, aldéhydes et cétones) et aromatiques (phénols), substances azotées et soufrées diverses, ainsi que différentes «essences» (terpènes) et «principes amers» (terpènes, alcaloïdes). La présence de telles substances dans les produits laitiers pourrait en influencer les **caractéristiques organoleptiques**.

Que deviennent les métabolites secondaires synthétisés par les plantes lors de leur passage à travers l'organisme animal? Les caractéristiques spécifiques des métabolites secondaires permettent d'envisager un certain nombre d'éventualités. En raison de leur faible stabilité, de nombreuses substances peuvent changer de structure avant leur passage dans le plasma sanguin; d'autres former des liaisons chimiques avec d'autres molécules et perdre ainsi leur caractère d'origine. Certaines substances peuvent être utilisées par les micro-organismes du rumen comme source d'énergie ou d'azote, ou être transformées par les enzymes végétaux et/ou animaux (précurseurs). **Les métabolites secondaires qui demeurent inchangés qualitativement ou quantitativement durant la transformation de l'herbe en fromage sont probablement peu nombreux.**

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'une vaste étude interdisciplinaire dé-

crité par JEANGROS *et al.* (1997) visant à vérifier si les herbages de montagne, dont la composition botanique est souvent très diversifiée et riche en dicotylédones, donnent des fromages plus aromatiques que les herbages de plaine. Nous nous sommes intéressés à quelques groupes de métabolites secondaires, en particulier à ceux que nous analysons à Changins dans les herbages. Nous avons voulu savoir si certaines différences observées au niveau des herbages entre les lieux de production (JEANGROS *et al.*, 1998) étaient également perceptibles au niveau des fromages.

Vu le caractère préliminaire et exploratoire du présent travail, nous avons utilisé des méthodes simples et rapides, couramment appliquées sur les végétaux dans le laboratoire de Changins, adaptées mais non validées pour les fromages. Les informations ainsi obtenues devraient permettre d'examiner les relations possibles entre certains composants des fromages et la composition botanique plus ou moins complexe des herbages pâturés. Les **tendances** enregistrées, d'une valeur purement **indicative**, devront être confirmées par une étude plus exhaustive, à l'aide de méthodes quantitatives, sélectives et spécifiques.

Matériel et méthodes

Prélèvement et traitement des échantillons

Les fromages proviennent de quatre lieux d'observation décrits dans le tableau 1. Ces derniers se distinguent en particulier par la proportion d'autres plantes dans les herba-

ges, celle-ci étant plus élevée en montagne qu'en plaine. Une description plus détaillée des herbages est donnée par JEANGROS *et al.* (1998).

L'échantillonnage des 49 fromages analysés, âgés de huit mois environ, a été effectué de façon standardisée (JEANGROS *et al.*, 1997). Les échantillons ont été râpés à température ambiante et stockés en petites portions dans un congélateur à -18°C jusqu'au moment de leur analyse.

Analyses effectuées

- Les **phénols solubles** dans un mélange acidifié de méthanol + eau sont des substances d'origine exclusivement végétale, d'une forte oxydabilité par voie chimique ou enzymatique (RIBÉRAU-GAYON, 1968). Leurs formes polymérisées (tanins) forment des liaisons avec différentes macromolécules telles que la cellulose, les protéines, les amidons, etc. Ces propriétés pourraient probablement expliquer la faible présence des monomères et l'absence des polymères phénoliques dans les fromages. Certains de ces composés développent une forte activité antibiotique dans le tube digestif des ruminants. Leur présence dans l'extrait est détectée à l'aide d'un réactif spécifique (Folin-Ciocalteu) et mesurée par spectrophotométrie (SCEHOVIC, 1990).
- Les **éthers et esters phénoliques volatils** sont des substances d'un faible pouvoir odorant qui peuvent contribuer à caractériser certaines fractions des «essences végétales» (NICHOLAS, 1973). Elles sont entraînaibles à la vapeur d'eau (ROBINSON, 1980). Leur présence dans le distillat est déterminée comme dans la fraction soluble. Une partie des coumarines est mélangée à cette fraction phénolique.
- Les **coumarines**, comme les autres structures phénoliques, sont largement répan-

dues dans les végétaux (surtout chez les graminées et les ombellifères), sous forme native ou comme produits de l'hydrolyse enzymatique d'autres substances. La plus commune est la scopolétine dont l'arôme est caractéristique. Les coumarines sont faiblement volatiles, mais fortement odoriférantes (odeur d'herbe fraîchement coupée). Certaines possèdent un goût amer et développent une activité antibiotique ou toxique (ROBINSON, 1980; BRUNETON, 1987).

Leur extraction est effectuée à l'aide d'une solution basique à chaud. Une succession de purifications de l'extrait permet d'obtenir une solution alcoolique des coumarines (ROBINSON, 1980). Leur dosage est effectué par spectrophotométrie comme pour les autres fractions phénoliques.

- Les **composés volatils carbonylés (aldéhydes, cétones)** permettent aux végétaux d'attirer les insectes «pollinisateurs» et les animaux «disséminateurs» de graines. Malgré leur très faible concentration, ce groupe est d'une importance majeure dans la formation de l'arôme des plantes, conjointement aux mono- et aux sesquiterpènes volatils, auxquels ils sont chimiquement apparentés. Ces substances font partie des «huiles essentielles» et pourraient donner un arôme «herbacé» aux produits laitiers. Fortement volatils, ils peuvent aussi développer une action antibiotique. L'**acétaldéhyde** possède une odeur plutôt piquante. Les substances volatiles carbonylées sont entraînaibles à la vapeur d'eau. Leur présence dans le distillat est détectable à l'aide de réactifs spécifiques comme la 2,4-dinitrophénylhydrazine et le nitroprussiate de sodium (ROBINSON, 1980). La mesure est effectuée par spectrophotométrie.
- Les **composés volatils soufrés** sont des substances à pouvoir odorant très élevé (seuil de détection olfactive = 50 ppb dans l'air) et à caractère fortement agressif (oignon, ail, radis). Mis à part quelques exceptions (famille des Brassicacées et des Composées), ils n'existent pas sous forme primaire dans les plantes des prairies. Ils sont formés dans le rumen par hydrolyse enzymatique des acides aminés soufrés lors de la fermentation digestive des fourrages. La protéolyse qui a lieu durant la maturation des fromages peut aussi générer des composés volatils soufrés (DUMONT et ADDA, 1979). Ces composés peuvent être libérés par l'action de l'acide sulfurique sur les fromages et entraînés par un courant d'azote, puis absorbés sur de l'hydroxyde de cadmium. Après désorption, leur présence est détectée à l'aide d'un réactif spécifique (4-amino-N, N-diméthylaniline) et leur concentration est mesurée par spectrophotométrie (ACREE *et al.*, 1971).
- Les **terpènes supérieurs** non volatils constituent un groupe de substances numériquement très important qui peut englober des alcaloïdes, des stérols, des saponines, des pigments, des acides, des alcools, etc. Ils sont présents dans tous les organismes vivants (BANTHORPE et

Tableau 1: Synthèse des observations sur la végétation des quatre sites.

Lieux Altitude (m)	L'Etivaz 1 1400-1920	L'Etivaz 2 1275-2120	Montbovon 900-1210	Posieux 600-650
Graminées (%)				
Moyenne	40,8	38,6	63,4	52,5
Minimum	14,8	18,5	40,9	30,0
Maximum	57,5	56,4	79,0	70,0
Légumineuses (%)				
Moyenne	6,7	11,0	7,4	47,5
Minimum	0,2	1,7	1,1	30,0
Maximum	11,4	16,8	20,1	70,0
Autres plantes (dicotylédones non légumineuses) (%)				
Moyenne	43,3	42,9	27,1	0,0
Minimum	30,6	31,7	10,6	0,0
Maximum	60,3	65,6	49,4	0,0
Nombre d'espèces par relevé				
Moyenne	49	56	54	6
Minimum	30	34	39	4
Maximum	71	77	80	8

CHARLWOOD, 1980). Souvent caractérisés par un goût fortement amer (sesquiterpènes lactones, polymères isopréniques et autres), ils pourraient participer à la formation du goût des fromages. Les familles botaniques des Composées et des Crucifères sont particulièrement riches en ce groupe de substances. Les terpènes développent souvent une action puissamment antibiotique et sont classés parmi les principales phytoalexines. Leur extraction est effectuée à l'aide de dichlorométhane. Une succession de purifications de l'extrait permet d'obtenir une solution alcoolique des terpènes (MABRY et GILL, 1979) dont le dosage est effectué à l'aide d'une analyse spectrale en UV.

Résultats et discussion

Bien que les **composés phénoliques** soient sensiblement plus abondants dans les fourrages de montagne que dans ceux de plaine (SCEHOVIC, 1990; JEANGROS *et al.*, 1998), on en trouve davantage dans les fromages de plaine que dans ceux de montagne (fig. 1 et 2).

Cela est dû probablement au comportement de leur fraction polymérisée, particulièrement abondante dans les fourrages de montagne riches en dicotylédones (SCEHOVIC, 1990). Cette fraction est probablement éliminée du tube digestif en se liant à la fraction non digestible des parois cellulaires.

Apparemment, les concentrations en composés phénoliques dans les fromages sont très faibles. Cela pourrait être dû, entre autres, à leur importante dégradation enzymatique (RIBÉRAU-GAYON, 1968), à leur solubilité dans l'eau et aux autres propriétés chimiques responsables de leur transformation dans l'appareil digestif (GRIFFITHS et BARROW, 1972; HARBORNE, 1980).

Aucune différence significative n'a pu être établie en ce qui concerne la teneur en **coumarines** des quatre groupes de fromages considérés (fig. 3). Cette constatation n'est guère surprenante vu l'omniprésence des coumarines dans les plantes, indépendamment des familles botaniques.

La présence des **composés volatils car-**

bonylés dans les fromages reflète la complexité botanique des lieux d'observation. Il est intéressant de noter que l'**acétaldéhyde** semble diminuer avec l'augmentation de la proportion des dicotylédones (fig. 4). Ce composé est probablement en partie produit par la flore microbienne des laits crus à partir d'acide lactique et/ou pyruvique (DUMONT et ADDA, 1979). Inversement, les **aldéhydes supérieurs**, qui pourraient influencer positivement l'arôme des fromages, sont plus abondants en montagne qu'en plaine (fig. 5). Les dicotylédones sont fréquemment riches en substances inhibitrices de l'activité enzymatique (tanins, quinones) (DAIBER, 1975; SWAIN, 1977; COLLECTIF, 1978; ROBINSON, 1980; CHESSEON *et al.*, 1982; MUELLER-HARVEY, 1989; SCEHOVIC, 1995b) et de l'activité microbienne (tanins, coumarines, terpènes, alcaloïdes, acides organiques toxiques, acides phénoliques, etc.) (HARTLEY, 1972; COLLECTIF, 1978; CHENG *et al.*, 1980; ROBINSON, 1980; JUNG, 1985; BORNEMAN *et al.*, 1986; VAREL et JUNG, 1986; BRU-

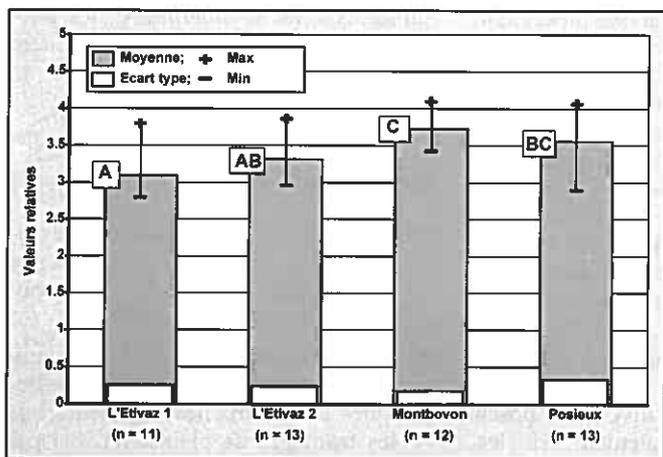


Fig. 1. Les phénols solubles dans les fromages des quatre sites (les moyennes désignées par une même lettre ne sont pas significativement différentes; si les lettres diffèrent, cela indique: A<B<C).

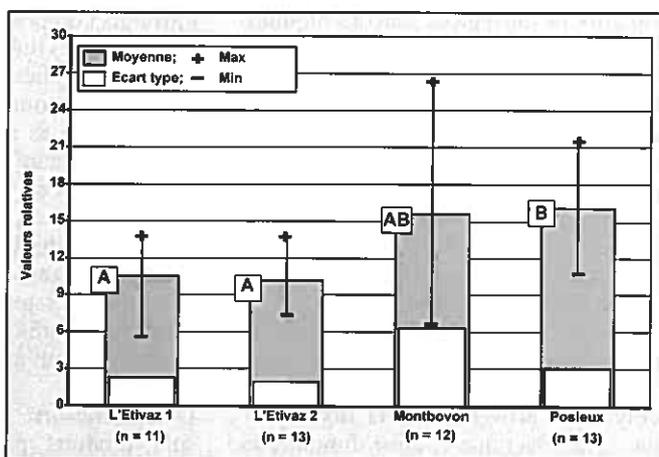


Fig. 2. Les éthers et esters phénoliques volatils dans les fromages des quatre sites (voir légende fig. 1).

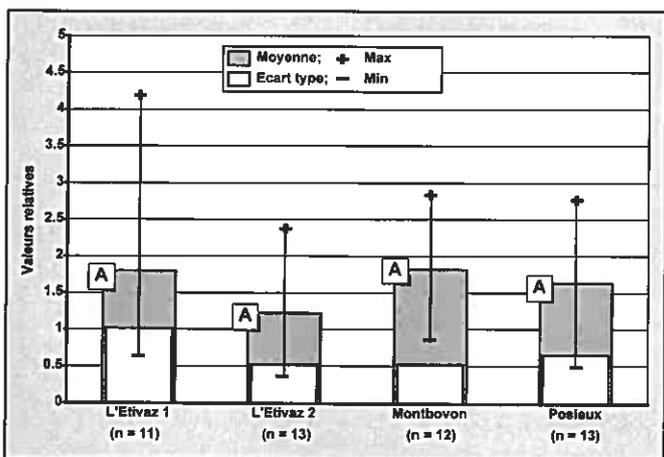


Fig. 3. Les coumarines dans les fromages des quatre sites (voir légende fig. 1).

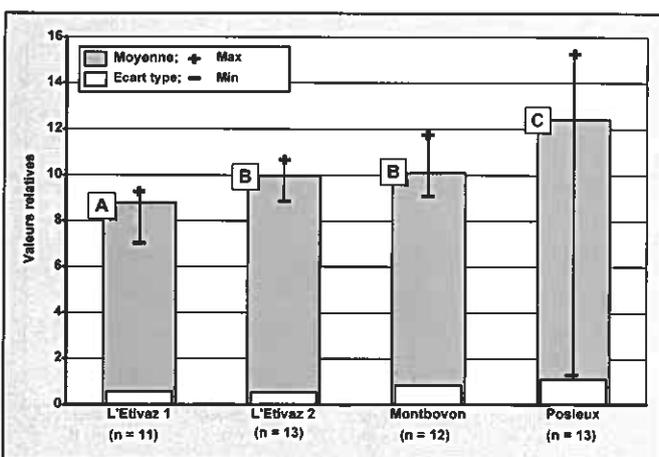


Fig. 4. L'acétaldéhyde dans les fromages des quatre sites (voir légende fig. 1).

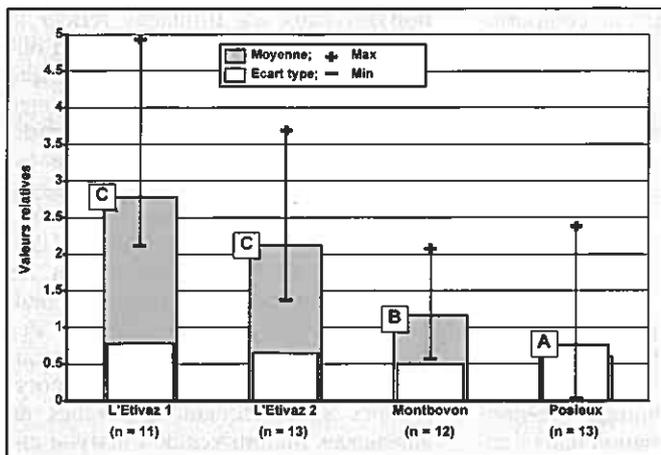


Fig. 5. Les aldéhydes supérieurs dans les fromages des quatre sites (voir légende fig. 1).

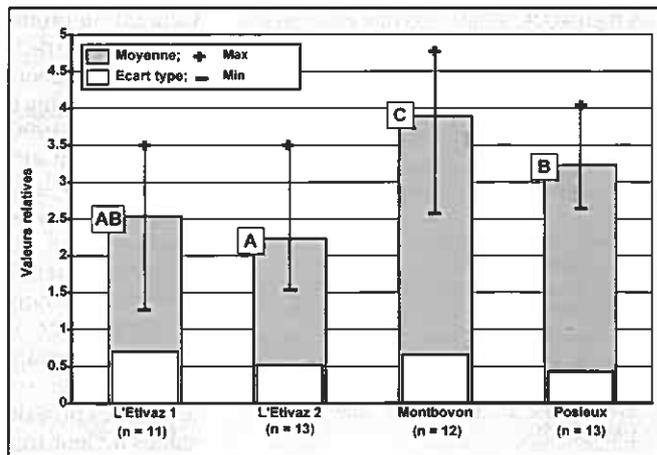


Fig. 6. Les composés soufrés volatils dans les fromages des quatre sites (voir légende fig. 1).

NETON, 1987; SCEHOVIC, 1997). Ces substances pourraient inhiber la formation de certains produits intermédiaires de la fermentation, tels que l'acétaldéhyde. Cette action inhibitrice semble se confirmer également pour les **composés volatils soufrés** qui sont eux aussi plus abondants en plaine qu'en montagne (fig. 6). Ces substances sont des produits de l'hydrolyse enzymatique, aussi bien dans le rumen (protéines végétales) que dans les fromages (caséine). Les analyses effectuées directement sur les laits correspondants n'ont permis de détecter que de faibles quantités de ce groupe de substances. Leur forte augmentation dans le fromage semble indiquer qu'elles sont pour la plupart d'origine microbienne (DUMONT et ADDA, 1979). De nombreux terpènes développent une action antimicrobienne. Ils pourraient réduire la production des enzymes protéolytiques provenant de la flore lactique et non lactique et ainsi diminuer la formation des produits d'origine microbienne (acétaldéhyde, composés volatils soufrés). La présence de **terpènes**

supérieurs dans les fromages de L'Etivaz 1 et 2 est relativement importante par rapport à ceux de Montbovon et de Posieux (fig. 7). La tendance est inverse au niveau des substances d'origine microbienne, ce qui semble indiquer l'existence potentielle des interactions entre certains groupes de substances. Plusieurs composés analysés présentent d'importantes fluctuations en cours d'estivage. Les phénols solubles, l'acétaldéhyde et surtout les **composés volatils soufrés** (fig. 8) affichent une augmentation significative de leur concentration au cours de la saison de pâture. En revanche, les terpènes supérieurs et surtout les **aldéhydes supérieurs** (fig. 8) diminuent significativement au cours de la saison. Les terpènes supérieurs sont sujets à une très forte variabilité quantitative, surtout au début de la saison de pâture. Dans la mesure où ces divers composés sont produits principalement par les herbages consommés et non pas par la flore microbienne des laits crus utilisés, les causes de ces évolutions doivent être

attribuées à des facteurs relatifs à la végétation (composition botanique et âge des plantes), zootechniques (stade de lactation) ou météorologiques (ensoleillement et température, facteurs influençant la biosynthèse de certains métabolites secondaires). Contrairement aux autres groupes de substances, les coumarines et les phénols volatils évoluent différemment d'un lieu d'observation à l'autre au cours de la saison.

Conclusions

- Cette étude révèle des différences significatives au niveau de la présence dans les fromages, de quelques groupes de métabolites secondaires.
- Les fromages de montagne contiennent davantage de composés carbonylés et de terpènes supérieurs que les fromages de plaine. Ils sont par contre moins riches en composés phénoliques, en acétaldéhyde et en composés volatils soufrés.

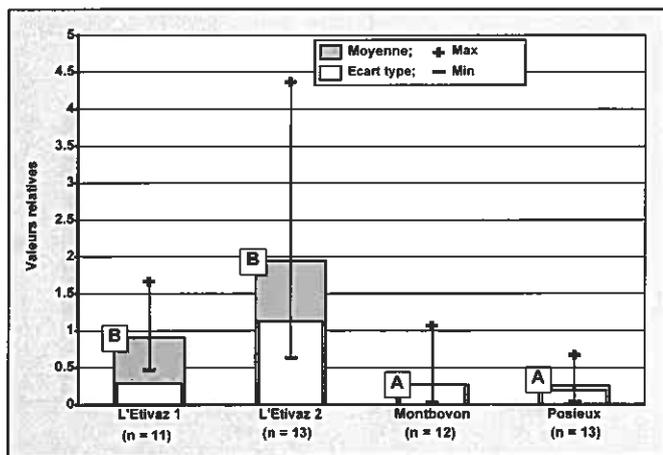


Fig. 7. Les terpènes supérieurs non volatils dans les fromages des quatre sites (voir légende fig. 1).

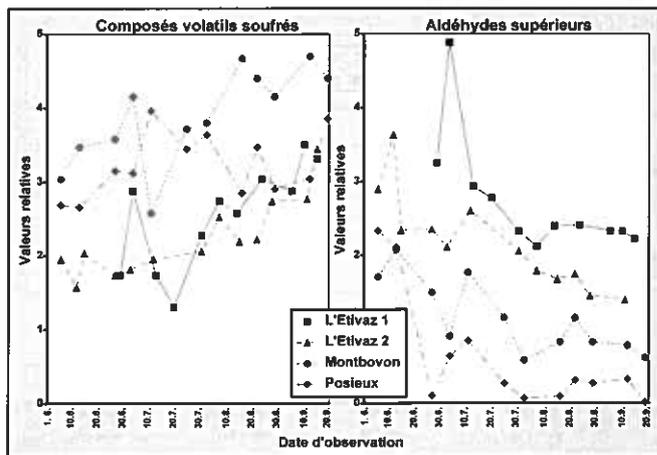


Fig. 8. Evolution saisonnière des composés soufrés volatils et des aldéhydes supérieurs dans les fromages des quatre sites.

- Ces différences de composition peuvent s'expliquer en partie par une proportion plus élevée d'autres plantes (dicotylédones non légumineuses) dans les herbages de montagne que dans ceux de plaine.
- Il faut toutefois rappeler qu'il ne s'agit que d'un travail préliminaire qui devra être vérifié par une étude plus approfondie. Les résultats présentés n'ont qu'une valeur indicative et purement comparative entre les quatre sites d'observation.

Remerciements

Nous remercions Monsieur U. Bütikofer (FAM) pour sa contribution à l'analyse statistique des résultats.

Bibliographie

- ACREE T. E., SONOFF E. P., SPLITTSTOESSER D. F., 1971. Determination of hydrogen sulfide in fermentation broths containing SO₂. *Applied Microbiology* 22 (1), 110-114.
- BANTHORPE D. V., CHARLWOOD B. V., 1980. The Terpenoids. Secondary plant products. Edited by E. A. Bell and B. V. Charlwood, Springer-Verlag, Berlin, New York, 185-220.
- BELL E. A., 1980. The possible significance of secondary compounds in plants. Secondary plant products. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 11-19.
- CHESSON A., STEWART C. S., WALLACE R. J., 1982. Influence of plant phenolic acids on growth and cellulolytic activity of rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 40, 613-625.
- CHESSON A., STEWART C. S., WALLACE R. J., 1982. Influence of plant phenolic acids on growth and cellulolytic activity of rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 44, 597-603.
- COLLECTIF, 1978. Biochemical aspects of plant and animal coevolution. *Proceedings of the Phytochemical society symposium*. Reading 1977. Edit. J. B. Harborne, Academic Press, 435 p.
- DAIBER K. H., 1975. Enzyme inhibition by polyphenols of sorghum grain and malt. *J. Sci. Food Agric.* 26, 1399-1411.
- DUMONT J. P., ADDA J., 1979. Flavour formation in dairy products. *Progress in flavour research*, London 1979. Edit. D. G. Land and H. E. Nursten, Applied Science Publishers Ltd, 245-262.
- GRIFFITHS L. A., BARROW A., 1972. Metabolism of flavonoid compounds in germ free rats. *Biochem. J.* 130, 1161-1162.
- HARBORNE J. B., 1980. Plant phenolics. Secondary plant products. Edited by E. A. Bell and B. V. Charlwood, Springer-Verlag, Berlin, New York, 329-402.
- HARTLEY R. D., 1972. p-Coumaric acid and ferulic acid components of cell walls of ryegrass and their relationships with lignin and digestibility. *J. Sci. Food Agric.* 23, 1347-1354.
- JEANGROS B., TROXLER J., CONOD D., SCHEHOVIC J., BOSSET J. O., BÜTIKOFER R., 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.
- JEANGROS B., SCHEHOVIC J., TROXLER J., BOSSET J., 1998. Relations entre les caractéristiques des herbages et celles du fromage de type L'Etivaz ou Gruyère II. Composition botanique et chimique des herbages. *Revue suisse Agric.* (en préparation).

Summary

Effects of the botanical composition of grazing areas on some components of L'Etivaz or Gruyère-type cheeses

This work is part of a study which aims to verify if milk produced in highland grazing areas, which often have a highly diversified botanical composition, produces more aromatic cheese than milk produced in lowland grazing areas. The L'Etivaz or Gruyère cheeses analysed were manufactured on four production sites located in different vegetation zones: two in subalpine zones, one in a mountain and one in a hill zone. Simple, but nonselective screening methods were used to measure some compounds, generated by plant secondary metabolism, which may influence the chemical and flavour characteristics of cheese. The preliminary results show some trends that should be confirmed using more specific, quantitative methods. An increase of the dicotyledon proportion in pasture possibly induces an increase in the content of some higher aldehydes and nonvolatile terpenes in cheese. Moreover a decrease of some other compounds such as acetaldehyde and volatile sulfur-containing compounds has been observed. These compounds, not found in plants, are most probably generated by the digestion in the rumen of cows and/or during cheese ripening. Important seasonal changes in the content of such cheese components was also observed.

Key words: pasture, botanical composition, secondary metabolite, cheese composition, highland, lowland.

Zusammenfassung

Wirkungen der botanischen Zusammensetzung von Weiden auf einige Bestandteile von Käse des Typs L'Etivaz oder Gruyère

Diese Arbeit wurde im Rahmen einer Studie durchgeführt, die abklären soll, ob aus Milch, gewonnen auf Alpweiden mit einer oft sehr artenreichen botanischen Zusammensetzung, aromatischere Käse produziert werden können als aus solcher von Talweiden. Die untersuchten Käse vom Typ L'Etivaz oder Gruyère wurden an vier Standorten, die sich in verschiedenen Vegetationszonen befinden (subalpin, Berg- und Hügelzone), hergestellt. Die durchgeführten, nicht selektiven Analysen umfassten Gruppen von Substanzen, die vom sekundären Stoffwechsel der Pflanzen produziert werden und möglicherweise die chemischen und geschmacklichen Eigenschaften der Käse beeinflussen. Die Ergebnisse weisen auf gewisse Tendenzen hin, die durch spezifischere quantitative Analysen bestätigt werden müssen. Ein erhöhter Gehalt an langkettigen Aldehyden und Terpenen im Käse kann auf einen höheren Kräuteranteil im Futter der Kuh zurückgeführt werden. Der Anteil an Acetylaldehyd und flüchtigen schwefelhaltigen Substanzen nimmt hingegen ab. Diese in den Pflanzen nicht vorhandenen Substanzen stammen aus der Verdauung im Pansen der Kuh und/oder der Käsureifung. Im übrigen konnten bedeutende jahreszeitliche Schwankungen in der Zusammensetzung der Käse bezüglich dieser Stoffklassen festgestellt werden.

- JUNG H. G., 1985. Inhibition of structural carbohydrate fermentation by forage phenolics. *J. Sci. Food Agric.* 36, 74-80.
- MABRY T. J., GILL J. E., 1979. Sesquiterpene lactones and other terpenoids. Herbivores their interaction with secondary plant metabolites. Rosenthal and Janzen, Academic press, New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco, 502-537.
- MOTTHES K., 1980. Historical introduction. Secondary plant products. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 674 p.
- MUELLER-HARVEY I., 1989. Identification and importance of polyphenolic compounds in crop residue. Physico-chemical characterisation of plant residue for industrial and food use. A. Chesson, E. R. Orskow Eds. Elsevier Applied Science, NY, USA, 88-107.
- NICHOLAS H. J., 1973. Miscellaneous volatile plant products. *Phytochemistry*, volume II. L. P. Miller, Editor, Van Nostrand Reinhold Comp., 381-399.
- RIBÉRAU-GAYON P., 1968. Les composés phénoliques des végétaux. Dunod, Paris, 254 p.
- ROBINSON T., 1980. The organic constituents of higher plants: Their Chemistry and Interrelationships. Cordus Press, 352 p.

- SCHEHOVIC J., 1990. Tanins et autres polymères phénoliques dans les plantes de prairies: détermination de leur teneur et de leur activité biologique. *Revue suisse Agric.* 22 (3), 179-184.
- SCHEHOVIC J., 1991. Considérations sur la composition chimique dans l'évaluation de la qualité des fourrages des prairies naturelles. *Revue suisse Agric.* 23 (5), 305-310.
- SCHEHOVIC J., 1995a. Pourquoi et comment tenir compte des métabolites secondaires dans l'évaluation de la qualité des fourrages? *Revue suisse Agric.* 27 (5), 297-301.
- SCHEHOVIC J., 1995b. Etude de l'effet de diverses espèces de plantes des prairies permanentes sur l'hydrolyse enzymatique des constituants pariétaux. *Ann. Zootech.* 44, 87-96.
- SCHEHOVIC J., 1997. Effet *in vitro* de diverses plantes de prairies permanentes sur la population microbienne du rumen. *Revue suisse Agric.* 29 (2), 91-96.
- SWAIN T., 1977. Secondary compounds as protective agents. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28, 479-501.
- VAREL V. H., JUNG H. G., 1986. Influence of forage phenolics on ruminal fibrolytic bacteria and *in vitro* fibres degradation. *Appl. Environ. Microbiol.*, 52, 275-280.

