

Alimentation, système de production et qualités sensorielles des produits laitiers.

B Martin¹, S Buchin², C Hurtaud³

¹ *Unité de Recherches sur les Herbivores, INRA Theix, 63 122 Saint-Genès Champanelle*

² *Unité de Recherches en Technologie et Analyses Laitières, INRA, 39801 Poligny*

³ *Unité Mixte de Recherches INRA-ENSAR Production du Lait, 35590 Saint-Gilles*

Introduction

La qualité sensorielle des fromages dépend d'un grand nombre de facteurs, liés à la fois à la technologie de fabrication et aux caractéristiques chimiques et microbiologiques de la matière première mise en œuvre. Ces dernières dépendent elles mêmes de nombreux facteurs d'amont (d'origine génétique, physiologique, alimentaire...). Ces facteurs d'amont sont de plus en plus au centre des préoccupations des consommateurs qui s'interrogent en particulier sur l'alimentation offerte aux animaux. Ils revêtent une importance toute particulière dans le cas des produits marqués (Appellation d'Origine Contrôlée, Indication Géographique Protégée, labels...) pour lesquelles les modifications de la matière première au moment de sa transformation sont limitées, voire interdites et qui revendiquent un lien fort avec les conditions de production du lait, dont certaines sont à la base de la notion de terroir (Grappin et Coulon, 1996). Dans le domaine des productions fromagères, les relations entre ces conditions de production (alimentation et type d'animal en particulier) et les caractéristiques des fromages sont souvent mises en avant par les fromagers, sur la base d'observations empiriques. Jusqu'à récemment il n'existait cependant que peu de travaux expérimentaux sur le sujet, en raison, entre autres, de la difficulté de séparer correctement les effets propres de ces facteurs d'amont de ceux qui sont liés à la transformation fromagère proprement dite. Depuis quelques années, plusieurs études spécifiques ont été mises en œuvre pour préciser ces liaisons. Elles ont été permises par le développement des méthodes d'analyse des caractéristiques sensorielles des fromages et par la maîtrise ou le contrôle des paramètres technologiques de fabrication fromagère.

Ce texte a pour objectif de faire le point sur les principaux résultats concernant les effets des systèmes de production du lait sur les caractéristiques sensorielles des fromages. Il se limite donc à une partie seulement du système de production du fromage puisque, dans la majorité des études, la technologie fromagère était contrôlée et semblable entre les traitements : les fromages étaient fabriqués dans des unités expérimentales et affinés dans un même lieu permettant une maîtrise et un contrôle optimal des différents paramètres de fabrication. Les études concernent à la fois des approches réalisées en conditions expérimentales sur les laits de mélange de quelques animaux et des approches plus globales, réalisées chez des producteurs fermiers ou des transformateurs industriels.

Effet des facteurs animaux

Chez les bovins, les facteurs génétiques peuvent modifier les caractéristiques sensorielles des fromages, et en particulier leur texture, en raison d'abord des différences de rapport taux butyreux/taux protéique entre les principales races utilisées en France (ainsi que de la nature des acides gras) (Verdier et al, 1995 ; Martin et al, 2000). Cependant, ces différences ne s'exprimeront que si ce rapport n'est pas standardisé lors de la fabrication fromagère. Certains variants génétiques des lactoprotéines du lait modifient fortement l'aptitude à la coagulation du lait. C'est le cas en particulier des variants de la caséine κ . Ce variant n'a pas eu d'effet sur les caractéristiques sensorielles des fromages (Verdier-Metz et al, 2000) contrairement aux observations faites sur le variant C de la caséine bêta (Marie et Delacroix-Buchet, 1994). Ce variant est spécifique de la race Tarentaise et confère au Beaufort des caractéristiques de goût et de texture particulières.

Chez la chèvre, le polymorphisme de la caséine α_{S1} est associé à des différences exceptionnelles du taux de synthèse des caséines (Grosclaude et al, 1987). Les allèles conduisant à une augmentation de cette

synthèse sont associés à une saveur chèvre moins affirmée, à une texture plus ferme ainsi qu'à des rendements plus élevés (Pierre et al, 1998).

Effet des facteurs alimentaires

En dehors de l'effet bien connu de certaines plantes (crucifères, ail, oignon) sur la saveur du lait ou du fromage (Urbach, 1990), l'effet propre de la nature de l'alimentation et en particulier des fourrages (type de fourrage, mode de conservation, diversité floristique) n'a été abordé que récemment (Coulon et Priolo, 2002). Pourtant, de nombreuses observations empiriques confèrent à ce facteur des effets sur les caractéristiques sensorielles des produits (Urbach, 1990). Ainsi, certains fromagers observent fréquemment des différences de qualités sensorielles des fromages selon la nature des fourrages offerts aux animaux. Ces observations ont pu être appuyées par des études globales destinées à analyser la diversité des caractéristiques sensorielles d'un type de fromage et à mettre en parallèle cette diversité avec les conditions de production du lait et des fromages. En zone Comté, Monnet et al (2000) ont mis en évidence des associations entre des typologies floristiques des pâturages et sensorielles des fromages et Bérodière (1997) a montré qu'une diversité botanique pouvait être associée à des arômes plus nombreux et plus variés des fromages. Par ailleurs, chez des producteurs de reblochon fermier, Martin et Coulon (1995) ont montré que dans certaines conditions de fabrication fromagère, des différences de caractéristiques sensorielles pouvaient être associées à des natures différentes de fourrage (foins ou pâtures). Récemment, la comparaison de fromages de Cantal, fabriqués dans une même laiterie à partir de laits prélevés dans 2 groupes d'exploitations différant par l'intensification de la conduite des animaux et des surfaces a révélé un effet du système de production sur les caractéristiques sensorielles des fromages (Bonnefoy et al, 2002). Cet effet a cependant été nettement moins important que celui d'un facteur technologique comme la durée d'affinage.

Parallèlement à ces approches globales, des travaux expérimentaux ont été entrepris pour analyser l'effet spécifique de la nature des fourrages, de son mode de conservation et de sa diversité botanique.

Effet de la nature de la ration et du mode de conservation de l'herbe

Comparativement à l'herbe, quel que soit son mode de conservation (foin, ensilage ou pâturage), le maïs conduit à des beurres ou des fromages plus blancs (en raison de sa très faible teneur en carotènes), plus fermes (en raison de la plus faible proportion des acides gras insaturés des laits issus du maïs) et globalement moins appréciés des dégustateurs (Verdier et al, 1995 ; Toso et Stephanon 2001 ; Hurtaud et al, 2002 ; Houssin et al, 2002). Chez la chèvre, des résultats récents montrent que le foin de luzerne, comparativement à l'ensilage de maïs, conduit à des fromages ayant une saveur plus intense (Gaborit et al, 2002).

Pour les régimes uniquement à base d'herbe, la question de la conservation sous forme d'ensilage est depuis longtemps un sujet de débats au sein des filières AOC de montagne. Verdier-Metz et al (1998) ont comparé des fromages de Saint-Nectaire fabriqués dans une fromagerie expérimentale à partir de laits issus d'ensilage (avec un conservateur acide) ou de foin (séché en grange), tous deux bien conservés et récoltés le même jour dans une même parcelle. Les fromages ont été très semblables à l'exception de la couleur plus jaune (en raison de sa plus forte teneur en carotènes) et de la saveur légèrement plus amère de ceux issus de l'ensilage d'herbe. Ceci a pu être confirmé par des observations en fermes (Agabriel et al, 1999). Ces travaux montrent que lorsque la conservation du fourrage est correctement réalisée, le mode de conservation au sens strict n'a qu'un effet limité, en dehors de la couleur de la pâte, sur les caractéristiques sensorielles du fromage. Il est cependant possible que les effets de la conservation de l'herbe sous forme d'ensilage soient variables selon le type de fromage. Dans un essai récent (Martin et al., non publié), la distribution d'ensilage d'herbe comparativement à du foin a entraîné des différences sensorielles plus significatives sur des fromages de type Cantal que sur des fromages de type Saint-Nectaire.

Par contre, d'importantes différences de caractéristiques sensorielles ont été observées entre des fromages selon que le lait provenait de vaches recevant une ration hivernale (à base de foin et d'ensilage d'herbe) ou

conduites au printemps sur un pâturage de montagne. Les fromages de Saint-Nectaire issus du lait de pâturage ont été plus jaunes, ont présenté une texture moins ferme, un goût plus intense et une odeur moins piquante, moins aigre et moins fruitée que ceux issus des laits hivernaux (Verdier-Metz et al., 2000). Des résultats voisins ont été obtenus par Buchin et al (1998) dans un essai comparant des fromages de Comté réalisés à partir de lait produit par des vaches recevant des rations à base de foin ou conduites sur un pâturage de printemps. Comme précédemment, des résultats récents (Verdier-Metz et al, 2002) semblent également montrer une interaction avec des facteurs technologiques ; ainsi un effet du régime (pâturage vs régime concentré+foin) a pu être mis en évidence dans le cas de fabrications de Cantal au lait cru contrairement à des fabrications avec du lait pasteurisé.

Effet de la composition botanique de l'herbe

Les effets de la nature botanique des prairies, en particulier des prairies permanentes de montagne, ont fait l'objet de nombreux travaux récents, aussi bien en Suisse qu'en France, sur différents fromages à pâte pressée ou à pâte pressée cuite. Ces essais, synthétisés sur le graphe 1, ont consisté à comparer les caractéristiques de fromages fabriqués avec des laits d'animaux recevant des fourrages différents. Les facteurs de variation liés aux caractéristiques et à la conduite des animaux étaient contrôlés et la technologie fromagère était semblable entre les traitements. Dans tous ces essais, des différences de texture et/ou de flaveur ont pu être mises en évidence selon la composition floristique, que l'herbe soit pâturée ou conservée sous forme de foin, bien que généralement, les différences mises en évidence aient été plus importantes dans les essais au pâturage que dans les essais au foin. Les fromages provenant des prairies d'altitude et/ou plus diversifiées ont présenté globalement un arôme plus diversifié et plus intense. Par ailleurs, Bugaud et al (2002) ont clairement montré chez 3 producteurs fermiers d'Abondance, qu'à côté de différences entre producteurs, il existait des écarts importants pour un même producteur selon les caractéristiques des prairies pâturées. Si les écarts les plus importants opposent les prairies de plaine à celles de montagne, il subsiste aussi des différences au sein des pelouses de montagne. La texture des fromages a été plus cohésive, élastique et déformable en plaine qu'en montagne. Les fromages de montagne ont également présenté une flaveur plus intense que ceux de plaine : ils ont en particulier été jugés plus « animal » et plus « piquant ».

Origine des différences sensorielles

Une partie des différences observées selon l'alimentation des animaux est due à certains constituants des laits et des fromages qui proviennent directement des fourrages. C'est le cas de la couleur jaune des produits laitiers, liée en partie à la présence de pigments caroténoïdes provenant des fourrages. Ils sont présents en grande quantité dans les fourrages verts et sont détruits lors du séchage et de la conservation des fourrages de manière d'autant plus forte que l'exposition à la lumière est importante. Ainsi les fromages réalisés avec des laits de printemps sont-ils beaucoup plus jaunes que ceux réalisés avec des laits d'hiver. L'hiver, les fromages réalisés avec des laits d'ensilage d'herbe sont plus jaunes que ceux réalisés avec des laits de foin, surtout si ces derniers sont restés longtemps au sol. L'ensilage de maïs, très pauvre en carotènes, conduit à des fromages très blancs. Une autre origine directe de l'effet de la composition botanique de fourrages est liée aux terpènes qui sont des molécules spécifiques du monde végétal et qui ont des propriétés odorantes reconnues à l'état concentré. Ces molécules passent très rapidement dans le lait (Viallon et al, 2000) et se retrouvent dans le fromage, en quantités beaucoup plus importantes lorsque les animaux consomment des fourrages issus de prairies diversifiées comparativement à des fourrages à base de prairies monospécifiques (Bosset et al, 1999 ; Viallon et al, 1999 ; Bugaud et al, 2001). Cependant, si ces molécules peuvent constituer des outils efficaces de marquage de l'origine des fromages (Cornu et al, 2002), la modification de leur teneur dans les fromages étudiés n'était pas suffisante pour s'accompagner d'effet direct important sur la flaveur des fromages. L'effet de ces molécules sur la texture ou la flaveur des fromages serait donc indirect, comme le suggèrent les résultats obtenus par Buchin et al (1999) ou Bugaud et al (2002) qui montrent une relation inverse entre la présence dans les fromages de

terpènes et de composés volatils issus du métabolisme microbien des composés azotés. Ainsi, l'activité microbienne durant l'affinage pourrait être inhibée par la présence de terpènes dans le lait. Cette action indirecte des terpènes a pu être vérifiée très récemment sur du fromage de Cantal puisque l'addition de terpènes dans du lait a eu un effet principalement sur la protéolyse et la texture des fromages (Martin et al, non publié)

Enfin, des variations dans la concentration de certains composés synthétisés par l'animal avec la nature de l'alimentation permettent également d'expliquer une partie des différences observées. Il s'agit en particulier des acides gras qui jouent un rôle important sur la texture et certains descripteurs de la flaveur ou des enzymes comme la plasmine, impliquées dans les processus biochimiques de l'affinage des fromages, en particulier à pâte pressée cuite. Dans les essais de Bugaud et al (2002) et de Buchin et al (1999) une partie des différences de texture et de flaveur sont à relier à l'activité de la plasmine, très variable d'une situation à l'autre. L'augmentation de sa teneur dans le lait dans certaines situations alimentaires pourrait être due à une augmentation de la perméabilité cellulaire du tissu mammaire sous l'effet de l'ingestion de certaines espèces particulières (Renonculacées), présentes uniquement dans certains types de prairies. Par ailleurs, la composition en acides gras est différente entre pâturages de plaine et de montagne (Bugaud et al, 2002, Collomb et al, 1999) avec des différences significatives sur la texture des fromages d'Abondance.

Conclusions

Les différents résultats présentés dans ce texte montrent que les conditions de production du lait peuvent modifier de manière sensible les caractéristiques sensorielles des fromages. Ces résultats constituent pour les filières fromagères, et en particulier pour les filières de fromages d'AOC, une démonstration de l'existence d'un lien entre les caractéristiques sensorielles du produit et quelques-unes des composantes du terroir. Ce sont également des éléments objectifs importants pour réfléchir à l'évolution des cahiers des charges en matière de conditions de production du lait. Ils renvoient aux mesures à mettre en œuvre pour faire évoluer ou maintenir certaines caractéristiques spécifiques des conditions de production (par exemple le maintien de la biodiversité des prairies) afin que le fromage reflète au mieux l'originalité et la diversité du territoire où il est produit.

Il s'agit cependant dans leur majorité d'études expérimentales concernant l'effet propre d'un seul facteur. Cette approche analytique est fondamentale pour mettre en évidence et comprendre les effets, mais à terme, il faudra également mieux resituer ces facteurs dans les effets globaux des systèmes de production du lait dans la mesure où en pratique les facteurs étudiés ne sont pas indépendants d'autres facteurs qui pourraient interagir à l'échelle de l'exploitation (niveau de production des animaux, etc...). L'étude de la faisabilité de la mise en place des pratiques et leur influence sur la pérennité des exploitations et des filières concernées doit également être prise en compte.

Par ailleurs, la généralisation des effets mis en évidence n'est pas encore possible : ces effets semblent être variables selon les types de fromage et pour un même type de fromage selon les paramètres technologiques mis en œuvre. Il est vraisemblable que certaines technologies fromagères soient plus aptes à exprimer l'effet des facteurs d'amont que d'autres et que des pratiques fromagères telles que l'écémage partiel ou la pasteurisation puissent masquer partiellement des effets des facteurs d'amont. La quantification des interactions entre ces types de facteurs reste à faire.

Principales références¹

Agabriel C, Coulon JB, Journal C, Sibra C and Albouy H, 1999. Variabilité des caractéristiques des fromages saint-nectaire fermiers : relations avec la composition du lait et les conditions de production. Lait 79 : 291-302

¹ La liste complète est disponible auprès des auteurs

- Bérodier F, 1997. Crus de Comté, flore des prairies et pratiques agricoles, Du terroir au goût des fromages, 5th plenary meeting AIR 2039 - COST'95, 27-28 Septembre 1997, Besançon France, 186-189.
- Bosset JO, Jeangros B, Berger T, Bütikofer U, Collomb M, Gauch R, Lavanchy P, Scehovic J and Sieber R, 1999. Comparaison de fromages à pâte dure de type gruyère produits en région de montagne et de plaine. *Rev Suisse Agric* 31 : 17-22
- Buchin S, Martin B, Dupont D, Bornard A, Achilleos C, 1999. Influence of the composition of Alpine highland pasture on the chemical, rheological and sensory properties of cheese. *J. Dairy Res.* 66 : 579-588
- Bugaud C, Buchin S, Hauwuy A, Coulon JB, 2002. Texture et flaveur du fromage selon la nature du pâturage : cas du fromage d'abondance. *INRA Prod Anim* 15 : 31-36
- Collomb M, Bütikofer U, Spahni M, Jeangros B, Bosset JO, 1999. Composition en acides gras et en glycérides de la matière grasse du lait de vache en zone de montagne et de plaine. *Sci. Aliments* 19 : 97-110
- Cornu A, Martin B., Verdier-Metz I, Pradel P, Coulon JB, Berdagué JL, 2002. Use of terpene profiles in dairy produce to trace the diet of dairy cows. 19th General Meeting of the European Grassland Federation, In « Multi-fonction grasslands : quality forages, animal products and landscapes », JL Durand, JC Emile, C Huyghe and G Lemaire eds, British Grassland Society, 550-551.
- Coulon JB, Priolo A, 2002. La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. *INRA Prod. Anim.* 15, 333-342.
- Grappin R, Coulon JB, 1996. Terroir, lait et fromage : éléments de réflexion. *Renc. Rech. Rum.*, 3, 21-28.
- Houssin B, Foret A, Chenais F, 2002. Effect of winter diet (corn vs. Grass silage) of dairy cows on the organoleptic quality of butter and camembert cheese. In « Multi-fonction grasslands : quality forages, animal products and landscapes », JL Durand, JC Emile, C Huyghe and G Lemaire eds, British Grassland Society, 572-573
- Hurtaud C, Delaby L, Peyraud JL 2002. The nature of conserved forage affects milk composition and butter properties. In « Multi-fonction grasslands : quality forages, animal products and landscapes », JL Durand, JC Emile, C Huyghe and G Lemaire eds, British Grassland Society, 576-577.
- Hurtaud C, Goudebranche H, Delaby L, Camier-Caudron B, Peyraud JL, 2002. Effet de la nature du régime hivernal sur la qualité du beurre et de l'emmental. *Rencontres Recherches Ruminants*, 9,369.
- Marie C, Delacroix-Buchet A, 1994. Comparaison des variants A et C de la caséine bêta des laits de vaches Tarentaises en modèle fromager de type beaufort. 2- Protéolyse et qualité des fromages. *Lait* 74 : 443-459.
- Martin B, Coulon JB, 1995. Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. II. Influence des caractéristiques des laits de troupeaux et des pratiques fromagères sur les caractéristiques du reblochon de Savoie fermier, *Lait* 75 : 133-149.
- Monnet JC, Bérodier F, Badot PM, 2000. Characterization and localization of a cheese georegion using edaphic criteria (Jura Mountains, France), *J.Dairy Sci.* 83 : 1692-1704.
- Pierre A, Le Quééré JL, Famelart MH, Riaublanc A, Rousseau F, 1998. Composition, yield, texture and aroma compounds of goat cheeses as related to the A and O variants of alpha-s1 casein in milk. *Lait* 78 : 291-301.
- Urbach G, 1990. Effect of feed on flavor in dairy foods. *J.Dairy Sci.* 73 : 3639-3650.
- Verdier-Metz I, Coulon JB, Pradel P, Viallon C, Berdagué JL, 1998. Effect of forage conservation (hay or silage) and cow breed on the coagulation properties of milks and on the characteristics of ripened cheeses. *J. Dairy Res.* 65 : 9-21.
- Verdier-Metz I, Coulon JB, Pradel P, Viallon C, Albouy H, Berdagué JL, 2000. Effect of the botanical composition of hay and casein genetic variants on the chemical and sensory characteristics of ripened Saint-Nectaire type cheese. *Lait* 80 : 361-370.
- Viallon C, Verdier-Metz I, Denoyer C, Pradel P, Coulon JB, Berdagué JL, 1999. Desorbed terpenes and sesquiterpènes from forages and cheeses. *J. Dairy Res.* 66 : 319-326.

Figure 1 Différenciation des caractéristiques sensorielles (flaveur et texture) de différents fromages selon la nature des fourrages. Représentation schématique des résultats obtenus par Bosset et al., (1999), Buchin et al., (1999), Martin et al., (2001), Verdier-Metz et al., (2000).

