Article de recherche

Caractérisation de l'emmental français «grand-cru» II. Analyses sensorielles

JL Berdagué ¹*, R Grappin, B Chaillet ², JF Clément ³

avec la collaboration technique de G Duboz, P Pidoux ²

¹ INRA, Station de recherches en technologie et analyses laitières, 39800 Poligny;

² Institut technique du gruyère, 70190 Rioz;

³ Gruvial, 01000 Bourg-en-Bresse, France

(Reçu le 11 août 1989; accepté le 5 décembre 1989)

Résumé — L'emmental français «grand-cru» est un produit soumis à une série de contraintes incluant l'ensemble de la chaîne de fabrication. Ces contraintes interviennent au niveau de la production des laits (absence d'ensilage, fabrication au plus tard 36 h après la première traite), de leur transformation et de l'affinage (10 semaines minimum). L'emmental français «grand-cru» qui se distingue des autres emmentals français par sa composition (Berdagué *et al*, 1990) se caractérise également au niveau sensoriel par une saveur plus intense incluant les termes «fruité», salé, piquant, sucré et une odeur rance plus faible que dans les autres fromages. Le caractère piquant reste très inférieur à celui rencontré dans d'autres fromages (types pâtes persillées par exemple). La texture des fromages «grand-cru» est également apparue moins ferme et plus granuleuse que celle des autres emmentals. L'étude des liens entre les descripteurs sensoriels des emmentals et l'origine biochimique des constituants analysés montre l'existence de nombreuses corrélations entre l'intensité de la protéolyse et celle de plusieurs descripteurs de la saveur ou de la texture.

fromage / emmental / composition / caractérisation sensorielle

Summary — **Sensory analysis of French emmental.** From milk production to cheese ripening, the French emmental «grand-cru» is subject to reverse limitations: no silage, milk storage limited to 36 h, no heat treatment and minimum cheese ripening time of 10 weeks. The French emmental «grand-cru» differs from the other emmental varieties, not only by its physico-chemical composition (Berdagué *et al*, 1990) but also by its sensory characteristics. The French emmental «grand-cru» is less rancid, with higher typical emmental flavour intensity, higher saltiness, spiciness and sweetness than the other types of emmental. The spicy characteristic is low compared to other cheese varieties like blue cheese. The texture of the «grand-cru» is softer and thinner than other types of emmental. The study of the relationship between the physico-chemical and sensory characteristics of the cheeses has shown significant correlations between proteolysis and several flavour and texture characteristics.

cheese / emmental / composition / sensory characteristics

* INRA, Station de recherches sur la viande, 63122 Ceyrat, France

INTRODUCTION

La caractérisation sensorielle de l'emmental français «grand-cru» qui regroupe les fromages d'emmental «est-central grand-cru» et «Savoie» est un prolongement logique à l'étape de caractérisation physico-chimique de l'emmental «est-central grand-cru» déjà réalisée par Berdagué *et al* (1990).

L'emmental français «grand-cru» est aujourd'hui un produit dont la fabrication est soumise à une série de contraintes incluses dans le label 04-79 de l'emmental français «grand-cru» (1987). Le lait utilisé pour la fabrication doit provenir d'exploitations portant une attention particulière à l'état sanitaire et à l'hygiène des animaux. L'alimentation doit être exempte de produits d'ensilage et d'aliments fermentés. Le lait doit parvenir à l'atelier pour que l'emprésurage intervienne dans un délai maximum de 24 h (exceptionnellement 36 h en période froide), après la traite la plus ancienne. La fabrication de ce type d'emmental ne peut s'exercer que dans un atelier qui reçoit des laits de la zone de production et ne pratiquant pas la thermisation qui consiste à chauffer environ 30 s le lait entre 61 et 63 °C.

L'emmental français «grand-cru» est affiné au minimum 10 semaines et seuls les fromages répondant à certains critères de forme, de croûtage, de pâte, de goût, d'odeur et d'ouverture, se verront attribuer la dénomination d'emmental français «grand-cru».

Face à ce type de produit, existent d'autres fabrications d'emmental, obtenues à partir de lait thermisé. Ces fromages sont fabriqués à partir de laits produits sans interdiction d'utilisation de l'ensilage au niveau de l'alimentation des animaux. Le temps de stockage à basse température de ces laits est compris entre 24 et

72 h. La durée d'affinage de ces emmentals est réglementée à 8 semaines minimum.

L'objectif de cette étude est double : décrire les caractéristiques sensorielles (odeur, goût et texture) de l'emmental français «grand-cru» et des autres types d'emmental, indépendamment de leurs variations saisonnières; apprécier les liens existant entre les caractéristiques sensorielles et la composition des fromages.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Protocole expérimental

Deux séries de dégustations ont été réalisées en 1986 et 1987, faisant intervenir respectivement 3 et 4 groupes distincts d'emmental constitués de la manière suivante :

— groupe 1 (G 1) : emmental «est-central grand-cru» (productions originaires des départements du Doubs et de la Haute-Saône);

— groupe 2 (G 2) : emmental «grand-cru Savoie» (productions originaires des départements de Savoie et de Haute-Savoie);

— groupe 3 (G 3) : emmental «franc-comtois» thermisé (productions originaires des départements du Doubs, de la Haute-Saône et du territoire de Belfort);

— groupe 4 (G 4) : emmental «autres provenances», fabriqué avec du lait thermisé.

Pour chacun des groupes, l'analyse sensorielle a porté sur 18 fromages affinés, prélevés sur le site d'affinage provenant de 18 entreprises de fabrication différentes tirées au hasard. Les fabrications ont été réparties sur 6 mois (mars, avril, mai et août, septembre, octobre) à raison de 3 fromages par mois et par groupe.

Les dégustations faites en 1986 à l'INRA de Poligny (série 1) ont concerné les emmentals des groupes 1, 3, 4 et celles faites en 1987 par Gruvial, à Bourg-en-Bresse (série 2) les groupes 1, 2, 3 et 4. Les dégustations effectuées en 1987 avaient pour objectif de répéter

les observations déjà faites en 1986 pour l'emmental «est-central grand-cru» et d'introduire un groupe supplémentaire de fromages fabriqués au lait cru : l'emmental «grand-cru Savoie», afin de considérer l'emmental français «grand-cru» dans son intégralité.

Au total, 126 fromages ont été dégustés (série 1 : 3 groupes de 18 fromages et série 2 : 4 groupes de 18 fromages) entraînant une très forte variabilité du produit étudié. Les relations entre la composition physico-chimique et les caractéristiques sensorielles ne concernent que les 54 emmentals de la série 1 qui ont été analysés de manière instrumentale.

Protocole des analyses sensorielles

Les 126 fromages ont été dégustés par groupes de 3 (série 1) ou par groupes de 4 (série 2). Les évaluations sensorielles étaient de type profil, utilisant une échelle de notation structurée à 5 barreaux dont les notes varient de 1 à 5.

Pour la série 1, le jury était constitué en moyenne d'un groupe de 25 juges appartenant à la profession fromagère. Une série de 3 dégustations préalables avait permis de définir le vocabulaire utilisé lors de l'expérimentation.

Pour la série 2 de dégustations, le jury comprenait 10 juges par session (communs à toutes les sessions) entraînés à la reconnaissance des saveurs élémentaires (normes AFNOR 1980) et familiarisés à l'analyse sensorielle.

Pour les 2 types de jury, les caractéristiques sensorielles sur lesquelles ont porté les notations étaient les suivantes :

- aspect olfactif : odeur d'emmental, odeur rance (référence : fromage non butyrique, liposé et oxydé à température ambiante), odeur piquante;
- aspect gustatif et flaveur : intensité des caractères fruité, goût de noisette et mauvais goût (vocables très utilisés par la profession fromagère et qui présentent une connotation hédonique certaine), piquant (sensation rapidement perçue sur la langue pendant la mastication), salé, sucré et amer;
- la texture des fromages était appréciée à la main et en bouche pour les caractères de fermeté, d'élasticité et de granuleux de la pâte.

Une rubrique «remarques» était inscrite en fin de questionnaire d'analyse sensorielle. Les conditions matérielles (local, présentation des fromages) dans lesquelles ont été effectuées les dégustations sont déjà décrites (Berdagué et Grappin, 1988).

Analyses physico-chimiques

Seule, la première série d'emmentals a fait l'objet d'analyses instrumentales. Pour obtenir toutes les informations concernant la physico-chimie, les dosages des lactates, des acides gras libres (volatils et non volatils) et des fractions azotées, se référer à Berdagué *et al* (1990).

Analyses statistiques

Pour chacune des caractéristiques sensorielles, une note correspondant à la moyenne des notes du jury est attribuée à tous les fromages. Ces notes moyennes sont intégrées dans l'étude statistique au même titre qu'une analyse physico-chimique. L'incidence du groupe d'appartenance des fromages sur les descripteurs sensoriels est étudiée par analyse de la variance selon un modèle à un facteur (groupe d'appartenance) en randomisation totale avec 18 répétitions par niveau (G_1, G_3, G_4 pour la série 1 et G_1, G_2, G_3, G_4 pour la série 2). Lorsque l'effet du groupe d'appartenance est significatif, une comparaison des moyennes est réalisée par le test de Newman-Keuls. Pour chaque groupe, la moyenne et l'écart type des variables sont regroupés dans des tableaux.

L'ensemble des corrélations composition-sensoriel a été calculé et les liens significatifs ($P < 0,05$) sont également présentés. Une analyse en composantes principales a également été faite depuis les données de la première série de dégustations. Tous les descripteurs de la composition ont été introduits en variables illustratives (c'est-à-dire sans intervenir dans le calcul des axes).

RÉSULTATS

Caractérisation sensorielle des différents types d'emmental

Les moyennes générales des descripteurs montrent (tableaux I et II, colonne 2) que l'emmental français obtient des notes plutôt élevées pour l'appréciation de la saveur fruitée (2,54 et 2,56/5) et de la texture plutôt ferme (2,95 et 3,16/5) ou élastique (2,72 et 3,09/5) de la pâte. La notation de l'odeur d'emmental est apparue peu dispersée autour de chacune des moyennes générales (2,83 et 2,79/5) avec absence de fromages ayant une odeur atypique.

Si l'on considère maintenant les différents groupes de fromages, l'analyse de la variance et plus particulièrement le classement des moyennes par groupes (tableaux I ou II, colonne 3), montrent que les emmentals fabriqués au lait cru (groupe 1 ou groupes 1 et 2) se distinguent des autres fromages (groupes 3 et 4) par plusieurs descripteurs sensoriels. Concernant les caractéristiques olfactives, les fromages «grand-cru» des groupes 1 (tableau I) ou 1 et 2 (tableau II) ont obtenu l'odeur de rance la plus faible (1,49 ou 1,59 et 1,65/5) lors des 2 séries de dégustations, en signalant que la note moyenne de ce critère pour tous les emmentals était cependant basse (1,64 et 1,72/5). Ces fromages présentaient également la saveur la plus salée (2,45 ou 2,37 et 2,41/5) et la plus piquante (2,15 ou 2,24 et 2,30/5) pour les 2 séries de dégustations. Cette saveur piquante, modérée dans son intensité, n'a jamais été signalée comme un défaut dans la rubrique *remarques*.

D'autres différences gustatives sont apparues à l'occasion d'une série de dégustations seulement. Ainsi, les emmentals du groupe 1 ont été notés les plus fruités (2,85/5) lors de la première série de dé-

gustations. Certains fromages qui avaient obtenu des notes élevées pour ce caractère possédaient une saveur proche de celle du gruyère de Comté. Les emmentals du groupe 2 ont été jugés les plus sucrés (1,75/5) lors de la deuxième série de dégustations. L'intensité moyenne du caractère sucré reste cependant très faible (1,55 ou 1,61/5).

La texture des fromages «grand-cru» (groupe 1 ou 1 et 2) a été notée la plus granuleuse (2,03 ou 2,37 et 2,32/5), sachant que, la remarque de nombreux juges, le terme «sableux mais fondant» décrivait mieux la sensation perçue en bouche que l'adjectif granuleux. Les fromages du groupe 1 sont apparus les moins élastiques uniquement lors de la première série de dégustations.

Une vision synthétique de l'ensemble des relations existant entre les descripteurs sensoriels et les descripteurs de la composition est donnée par le cercle des corrélations associé au premier plan de l'analyse en composantes principales des descripteurs sensoriels. L'étude du cercle des corrélations (fig 1) nous montre que les descripteurs des goûts salé, fruité, «de noisette» et piquant ainsi que les descripteurs de la texture élastique, collante et ferme sont fortement corrélés à l'axe 1 ($0,923 \geq r \geq 0,597$) tandis que les variables les mieux corrélées à l'axe 2 sont le mauvais goût, l'amertume, l'odeur rance et l'odeur piquante des fromages ($0,905 \geq r \geq 0,444$). L'axe 1 apparaît donc essentiellement représentatif de l'intensité de la saveur en bouche (PIQ, SAL, FRU, NOI) et de la texture de la pâte (COL, ELA, FER) tandis que l'axe 2 est plutôt représentatif de défauts notoires du fromage (MGO, AME, ORA, OPI). Les descripteurs goût sucré, odeur d'emmental et texture granuleuse sont mal corrélés avec les 2 premiers axes ($0,312 \geq r \geq -0,061$) et leur variance répartie sur des axes lointains s'est avérée difficile à interpréter.

Fig 1. Analyse en composantes principales des descripteurs sensoriels des fromages: cercle des corrélations associé au plan 1-2. Les variables participant au calcul des axes sont présentées en caractères gras (ORA = odeur rance; OPI = odeur piquante; OEM = odeur d'emmental; FRU = goût fruité; NOI = goût de noisette; SAL = goût salé; AME = goût amer; PIQ = goût piquant; MGO = mauvais goût; SUC = goût sucré; ELA = texture élastique; FER = texture ferme; COL = texture collante). Les variables illustratives sont présentées en caractères maigres. Leurs positions dépendent de leurs corrélations avec les axes. Le cercle en pointillé délimite les corrélations significatives ($P < 0,05$) – à l'extérieur du cercle – ou non significatives – à l'intérieur du cercle – entre les variables illustratives et les axes. C2 à C18:2 = acides gras libres; β , γ_1 , γ_2 , γ_3 = pourcentages respectifs des caséines résiduelles; NS et NPN = rapports NS/NT et NPN/NT; PHE = phénylalanine; TRP = tryptophane; NH4 = ammoniac; EST = extrait sec total; MG = matière grasse; CL = chlorure de sodium; LAD = lactate D; PH = pH. Les variables cachées sont C16 sous C14, C17:1 sous C15, C18:3 sous C18:2, α S1 sous C14:1, tyrosine sous NS, β dégradée sous γ_2 , lactate L sous EST, calcium sous CL.

Principal component analysis of sensory parameters of the cheese. The variables used to calculate the axis are in bold face (ORA = rancid odor; OPI = piquant odor; OEM = Emmental odor; FRU = Emmental flavour intensity; NOI = nutty flavour; SAL = salty; AME = bitter; PIQ = piquant flavour; MGO = off flavour; SUC = sweet; ELA = elastic; FER = firm; COL = sticky). Additional variables are in light type. Variables inside the dotted circle are not significantly correlated with the axis.

L'étude de la projection des individus dans le premier plan nous permet d'apprécier visuellement les différences entre les trois groupes de fromages (fig 2). Les emmentals fabriqués au lait cru se distinguent

des autres fromages essentiellement selon l'axe 1, par une saveur en bouche plus intense et une texture moins élastique, moins ferme et plus collante. Chacun des 3 groupes de fromages étudiés présente

Tableau I. Dégustations réalisées à l'INRA de Poligny (1986). Analyse de la variance. Caractéristiques organoleptiques et texture. 1. Seuil de signification (NS = non significatif; * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$), coefficient de détermination exprimé en pourcentage de la variance totale. 2. Moyenne générale, écarts type. 3. Moyennes par groupes, écarts types et comparaisons des moyennes (test de Newmann-Keuls). Les moyennes significativement différentes sont indiquées par des lettres différentes. Les différents groupes sont définis comme suit : G_1 = emmental est-central «grand-cru»; G_3 = emmental franc-comtois thermisé; G_4 = emmental d'autres provenances.

*Analysis of variance. Texture and flavour characteristics. 1. Significance level (NS = non significant; * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; *** = $P < 0.001$), coefficient of determination expressed in percent of the total variance; 2. Mean, standard deviation; 3. Means and standard deviations of the groups. Comparison of the means (Newmann-Keuls test). Means with different subscripts are statistically different. G_1 = Central-East Emmental "grand-cru", G_3 = Franche-Comté Emmental from heat treated milk, G_4 = Emmental from other regions.*

Variables	1	2	3		
			G_1	G_3	G_4
Odeur d'emmental	NS —	2,83 ± 0,36	2,89 ± 0,25	2,82 ± 0,27	2,78 ± 0,48
Odeur rance	* 10,1	1,64 ± 0,28	1,49 ± 0,21 ^a	1,62 ± 0,28 ^b	1,82 ± 0,31 ^b
Odeur piquante	NS —	1,64 ± 0,28	1,64 ± 0,36	1,64 ± 0,25	1,64 ± 0,21
Goût fruité	** 15,5	2,54 ± 0,52	2,85 ± 0,63 ^b	2,52 ± 0,52 ^a	2,25 ± 0,57 ^a
Goût de noisette	NS —	1,99 ± 0,35	2,09 ± 0,29	2,02 ± 0,34	1,86 ± 0,33
Goût piquant	*** 31,0	1,80 ± 0,48	2,15 ± 0,48 ^b	1,76 ± 0,44 ^a	1,49 ± 0,23 ^a
Goût amer	NS —	1,76 ± 0,53	1,85 ± 0,27	1,70 ± 0,30	1,72 ± 0,30
Goût salé	** 20,9	2,13 ± 0,52	2,45 ± 0,46 ^b	2,06 ± 0,49 ^a	1,88 ± 0,44 ^a
Goût sucré	NS —	1,55 ± 0,26	1,45 ± 0,16	1,60 ± 0,33	1,59 ± 0,24
Mauvais goût	NS —	1,74 ± 0,33	1,78 ± 0,34	1,66 ± 0,24	1,80 ± 0,37
Fermeté	NS —	2,95 ± 0,67	2,84 ± 0,55	3,06 ± 0,81	2,96 ± 0,60
Elasticité	* 12,7	2,72 ± 0,52	2,47 ± 0,55 ^a	2,77 ± 0,47 ^b	2,92 ± 0,43 ^b
Collant	NS —	1,75 ± 0,49	1,83 ± 0,46	1,75 ± 0,62	1,68 ± 0,29
Granuleux	** 17,4	1,88 ± 0,34	2,03 ± 0,35 ^b	1,91 ± 0,34 ^b	1,69 ± 0,23 ^a

Tableau II. Dégustations réalisées à Gruvial (1987). Analyse de la variance. Caractéristiques organoleptiques et texture. 1. Seuil de signification (NS = non significatif; * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$) coefficient de détermination exprimé en pourcentage de la variance totale. 2. Moyenne générale, écarts type. 3. Moyennes par groupes, écarts types et comparaisons des moyennes (test de Newmann-Keuls). Les moyennes significativement différentes sont indiquées par des lettres différentes. Les différents groupes sont définis comme suit : G_1 = emmental est-central «grand-cru»; G_2 = emmental savoyard «grand-cru»; G_3 = emmental franc-comtois thermisé; G_4 = emmental d'autres provenances. *Analysis of variance. Texture and flavour characteristics.* 1. Significance level (NS = non significant, * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; *** = $P < 0.001$), coefficient of determination expressed in percent of the total variance; 2. Mean, standard deviation; 3. Means and standard deviations of the groups. Comparison of the means (Newmann-Keuls test) means with different subscripts are statistically different: G_1 = Central-East Emmental "Grand-Cru"; G_2 = Savoy Emmental "Grand-Cru"; G_3 = Franche-Comté Emmental from heat treated milk; G_4 = Emmental from other origins.

Variables		1	2	3			
				G_1	G_2	G_3	G_4
Odeur d'emmental	NS	—	2,79 ± 0,39	2,80 ± 0,32	2,72 ± 0,46	2,77 ± 0,37	2,86 ± 0,35
Odeur rance	*	11,8	1,72 ± 0,33	1,59 ± 0,32 ^a	1,65 ± 0,25 ^a	1,86 ± 0,30 ^b	1,78 ± 0,36 ^b
Odeur piquante	NS	—	1,80 ± 0,30	1,77 ± 0,35	1,79 ± 0,30	1,86 ± 0,24	1,78 ± 0,30
Goût fruité	NS	—	2,56 ± 0,48	2,65 ± 0,43	2,59 ± 0,54	2,51 ± 0,43	2,48 ± 0,50
Goût de noisette	NS	—	1,65 ± 0,33	1,61 ± 0,29	1,65 ± 0,34	1,66 ± 0,32	1,69 ± 0,37
Goût piquant	**	18,5	2,04 ± 0,58	2,24 ± 0,66 ^b	2,30 ± 0,70 ^b	1,80 ± 0,37 ^c	1,82 ± 0,48 ^a
Goût amer	NS	—	2,05 ± 0,39	2,07 ± 0,39	2,13 ± 0,39	2,04 ± 0,39	1,94 ± 0,34
Goût salé	*	9,8	1,77 ± 0,41	2,37 ± 0,34 ^b	2,41 ± 0,43 ^b	1,15 ± 0,40 ^a	1,13 ± 0,38 ^a
Goût sucré	*	12,6	1,61 ± 0,28	1,65 ± 0,25 ^b	1,75 ± 0,43 ^c	1,55 ± 0,26 ^b	1,49 ± 0,24 ^a
Mauvais goût	NS	—	1,93 ± 0,59	1,99 ± 0,64	1,97 ± 0,53	1,91 ± 0,69	1,86 ± 0,44
Fermeté	NS	—	3,16 ± 0,70	3,20 ± 0,65	3,04 ± 0,77	3,07 ± 0,63	3,34 ± 0,71
Elasticité	NS	—	3,09 ± 0,45	2,95 ± 0,59	3,08 ± 0,33	3,21 ± 0,32	3,10 ± 0,44
Collant	NS	—	1,97 ± 0,49	1,95 ± 0,39	2,02 ± 0,32	1,80 ± 0,33	2,12 ± 0,71
Granuleux	*	8,4	2,27 ± 0,49	2,37 ± 0,47 ^b	2,32 ± 0,52 ^b	2,17 ± 0,46 ^a	2,11 ± 0,44 ^a

Fig 2. Analyse en composantes principales des descripteurs sensoriels : espace des individus associé au plan 1-2. L'appartenance des fromages aux différents groupes est définie comme suit : G1 = emmental français «grand-cru» : Δ ; G2 = emmental franc-comtois thermisé : $\blacktriangle$; G3 = emmental thermisé autres provenances : $\blacksquare$.

Principal component analysis of the sensory descriptors. G1 = French Emmental "Grand-Cru": Δ ; G2 = Franche-Comté Emmental from heat treated milk: $\blacktriangle$; G3 = Emmental from heat treated milk of other origin: $\blacksquare$.

une amplitude de variation assez semblable selon l'axe 2 qui caractérise assez bien les défauts des fromages.

Le supplément d'information apporté par l'étude de l'espace des individus montre que les fromages des groupes 2 et 3 constituent un groupe homogène qui se distingue des fromages du groupe 1. La distinction observée n'est que partielle (ce qui reflète les coefficients de détermination assez faibles associés à l'effet du facteur «groupe d'appartenance» - tableaux I et II, colonne 1) car les individus au centre du plan présentent ici des caractéristiques sensorielles voisines, quelle que soit leur appartenance aux différents groupes. En revanche, il faut noter l'existence d'individus très typés à chacune des extrémités de l'axe 1. Dans le cas présent, les séparations des groupes obtenues dans l'ana-

lyse en composantes principales ou dans la figure 3 sont aussi performantes que celles qu'il est possible d'obtenir par analyse factorielle discriminante à cause des corrélations très élevées entre les variables les plus discriminantes des groupes.

Relations entre les caractéristiques sensorielles et la composition des emmentals

Le tableau III réunit l'ensemble des corrélations significatives ($P < 0,05$; $r > 0,270$) entre les données analytiques relatives au sensoriel et celles relatives à la composition des fromages de la première série de dégustations. Il apparaît que les teneurs en lactates ou en acides gras libres de C 2

Fig 3. Présentation du nuage de points correspondant à la relation entre la saveur «fruitée» et le pourcentage d'azote non protéique dans l'azote total de la pâte. G1 = emmental «est-central grand-cru» : Δ ; G2 et G3 = autres fabrications d'emmental : $\blacktriangle$.

Correlation between the Emmental flavour intensity and the non proteic nitrogen of the cheese. G1 = Central-Est Emmental "Grand-Cru": Δ ; G2, G3 = Emmental of other origin: $\blacktriangle$.

à C 18:3 ne sont pas ou très faiblement corrélées avec les caractéristiques sensorielles. En effet, les seuls liens élevés concernent l'acide butyrique, mais après vérification ces relations sont à considérer avec précaution car les coefficients de corrélation partiels calculés entre la teneur en C4 et les différents descripteurs sensoriels, à degrés de protéolyse fixe (NS/NT ou NPN/NT en particulier) ont des valeurs presque nulles. Les fractions azotées sont en revanche bien corrélées avec la saveur et la texture des emmentals. Un exemple est présenté figure 3 dans le cas de la saveur «fruitée» des fromages et du rapport azote non protéique sur azote total

(rapport NPN/NT). Les corrélations positives les plus fortes sont observées entre les critères fruité, salé ou piquant des fromages et des fractions azotées comme l'azote soluble (NS/NT), l'azote non protéique (NPN/NT), les acides aminés dosés à 214 nm ou l'ammoniaque. Les caractères élastique et collant de la pâte sont également très corrélés à ces fractions; les fromages notés les moins élastiques et les plus collants étaient les plus protéolysés.

Les pourcentages de caséines β et αS_1 résiduelles sont en revanche faiblement corrélés à la texture de la pâte : les fromages contenant le plus de caséines β résiduelles sont ceux qui ont la pâte la plus

Tableau III. Présentation des corrélations significatives ($P < 0,05$) calculées entre les caractéristiques sensorielles et la physico-chimie des fromages (B = pourcentage de caséine β ; AS1 = pourcentage de caséine α S1; NS/NT = azote soluble sur azote total; NPN/NT = azote non protéique sur azote total; TYR = tyrosine; PHE = phénylalanine; TRP = tryptophane; AMM = ammoniac; C4:0 à C14:1 = acides gras libres).
Significant correlations between sensory and physico-chemical characteristics of the cheeses.

	β	α S1	NS/NT	NPN/NT	TYR	PHE	TRP	AMM	C4:0	C8:0	C10:0	C12:0	C14:1
Odeur d'emmental	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Odeur rance	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,290
Odeur piquante	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Goût fruité	—	—	0,504	0,536	0,362	0,478	0,335	0,467	− 0,383	—	− 0,328	− 0,313	—
Goût de noisette	—	—	—	0,395	—	0,311	—	0,366	—	—	—	—	—
Goût piquant	—	—	0,512	0,614	0,406	0,593	0,473	0,536	− 0,486	—	—	− 0,293	—
Goût amer	—	—	0,349	0,361	—	0,367	0,404	—	− 0,318	—	− 0,319	—	—
Goût salé	—	—	0,544	0,580	0,394	0,507	0,390	0,449	− 0,428	—	—	—	—
Goût sucré	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mauvais goût	—	—	—	—	—	—	—	—	—	− 0,355	—	—	—
Fermeté	—	—	− 0,301	− 0,354	—	− 0,288	—	—	—	—	—	—	—
Elasticité	0,298	—	− 0,444	− 0,490	− 0,397	− 0,463	− 0,356	− 0,462	0,357	—	—	—	—
Collant	− 0,292	—	0,417	0,445	0,403	0,452	0,380	—	—	—	—	—	—
Granuleux	—	− 0,302	—	—	—	—	—	0,298	− 0,374	—	—	—	—

élastique et la moins collante, et ceux contenant le moins de caséines α_S résiduelles la pâte la plus granuleuse.

La projection des variables illustratives dans le plan 1-2 de l'analyse en composantes principales montre que les descripteurs de la protéolyse sont les paramètres les mieux corrélés avec l'axe 1 (NPN/NT : $r = 0,613$; phénylalanine : $r = 0,564$; NS/NT : $r = 0,548$; caséine β : $r = -0,406$). Les autres corrélations significatives avec l'axe 1 concernent la teneur en acide butyrique ($r = -0,430$) dont l'interprétation impose les restrictions déjà évoquées précédemment, la teneur en C10:0 ($r = 0,328$) et le pH des fromages ($r = 0,376$). L'axe 2 est corrélé à la teneur en C8:0 des emmentals ($r = -0,349$). Ces résultats visualisent (fig 1) ceux déjà présentés dans le tableau III en relation avec le groupe d'appartenance des fromages (fig 2).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Pour mieux comprendre la discussion, il est utile que le lecteur puisse se reporter à l'article sur la caractérisation physico-chimique qui regroupe les données et les interprétations relatives à la composition des emmentals. Deux années d'observation montrent que l'emmental français «grand-cru» se distingue sur le plan sensoriel des autres fromages d'emmental considérés dans cette étude, les différences mises en évidence étant indépendantes des fluctuations saisonnières de la qualité.

L'ensemble des critères olfactifs mesurés apparaît très indépendant des analyses physico-chimiques effectuées, car exceptés les acides gras à courtes chaînes et l'ammoniac, les composés dosés ne sont pas volatils et n'interagissent donc pas directement avec la muqueuse olfactive. Les corrélations seraient

davantage à rechercher avec les constituants de la fraction volatile déjà étudiés dans les pâtes pressées cuites par Liardon *et al* (1982), Bosset et Liardon (1984), Guichard *et al* (1987). La faible perception de l'odeur rance dans le fromage d'emmental est certainement attribuable à sa lipolyse peu intense qui limite les possibilités d'oxydation. En effet, les mécanismes oxydatifs des acides gras sont une source importante de petites molécules volatiles (Dumont et Adda, 1978) et certains aldéhydes ainsi formés ont une odeur de rance typique. L'emmental français «grand-cru», dont l'odeur rance est la plus faible, est aussi le moins lipolysé. Le stockage des laits, dans le fromage de Cheddar, expliquerait, d'après Law *et al* (1976), l'apparition de saveurs rances et de goûts de savon. L'origine de ces modifications étant dans ce cas due aux lipases de la flore psychrotrophe.

Les fromages d'emmental français «grand-cru» se distinguent des autres emmentals par une saveur globale plus intense décrite par les caractères fruité (première série de dégustations), salé, piquant (première et deuxième séries de dégustations) et sucré (deuxième série de dégustations), classés ainsi dans l'ordre d'intensité de leur perception. Tous les descripteurs du goût (excepté sucré) présentent des liens très nets avec les indicateurs d'une protéolyse avancée comme les peptides et les acides aminés. L'origine de cette protéolyse plus intense des fromages fabriqués au lait cru étant probablement reliée à des potentiels enzymatiques différents (absence de thermisation, maturation de laits crus) s'exprimant sur des périodes d'affinage plus longues.

Cependant, les corrélations observées ne doivent pas être considérées comme des liens directs de cause à effet. Preuve en est le cas de la forte corrélation ($r = 0,593$) entre la teneur en phénylalanine de la pâte et le caractère piquant des fro-

mages, alors que cet acide aminé goûté pur a une saveur amère et que son incorporation par broyage dans la pâte affinée ne confère aucune saveur piquante au fromage.

Les acides aminés sont en tout cas d'intéressants précurseurs de composés d'arôme car ils peuvent subir des réactions de désamination, transamination, décarboxylation et être dégradés de façon variée selon le schéma général présenté par Hemme et al (1982). Les peptides qui sont mesurés globalement par l'azote non protéique (NPN) jouent certainement un rôle important dans la saveur du fromage. Ainsi, certains peptides contribuent notamment au goût de «bouillon» ou de «potage» dans le fromage suisse, tandis que leur interaction avec les ions calcium ou magnésium pourrait générer une saveur douce typique (Biede, 1977), à rapprocher peut-être de la saveur sucrée ressentie dans les emmentals.

Les valeurs très voisines des coefficients de corrélation entre certaines caractéristiques gustatives d'une part et des fractions azotées très différentes d'autre part comme NS et NPN, certains acides aminés ou l'ammoniaque (tableau III) laissent supposer que ces fractions sont des indicateurs généraux de la protéolyse qui évoluent de pair avec les entités moléculaires responsables de la saveur.

La saveur salée (comme l'ensemble des autres descripteurs sensoriels) n'est pas apparue corrélée significativement avec des teneurs en chlorure de sodium (sel) comprises entre 0,18 et 0,78 g pour 100 g de fromage, mais avec les fractions azotées. En effet, si des différences de teneur en sel de l'ordre de 0,2 g pour 100 g peuvent être perçues en analyse sensorielle dans des fromages où l'on fait varier seulement ce paramètre (Chamba, 1982), il est probable qu'ici l'extrême variabilité de composition des emmentals (chaque fromage représente la fabrication d'une en-

treprise) a masqué l'effet de la teneur en sel sur le goût salé. Pour expliquer le lien assez étroit entre la saveur salée et les descripteurs de la protéolyse, il est possible de supposer que certaines fractions azotées ont un goût salé, ou bien que les peptides et les acides aminés (acides glutamique et aspartique, par exemple) qui agissent comme exhausteurs de goût pour cette saveur dans la plupart des aliments (Kirimura et al, 1969), ont aussi ce rôle dans les fromages.

Les corrélations entre la teneur en acide butyrique et les critères de flaveur (ou de texture) sont le contrecoup de l'absence de fermentation butyrique dans les fromages les plus protéolysés (fabrications au lait cru), en opposition aux fromages à tendance butyrique dont la protéolyse est plus limitée (affinage réduit des fabrications au lait thermisé pour limiter les gonflements butyriques potentiels). Les faibles liens observés entre la flaveur et la teneur en acides gras libres à plus de 8 carbones confirment les observations déjà faites par Forss (1979) sur le cheddar.

La texture de l'emmental français «grand-cru», qualifiée de «plus faite» en termes professionnels s'est distinguée par une moindre élasticité et un caractère granuleux plus marqué. La texture des fromages à pâte pressée cuite apparaît très corrélée à leur protéolyse, comme l'ont déjà constaté de nombreux auteurs (Steffen, 1975) et ce sont les fractions azotées de faible poids moléculaire plutôt que les caséines résiduelles qui en sont ici le meilleur indicateur.

REMERCIEMENTS

Ce programme a reçu une aide financière de la région Franche-Comté (contrat 3202 A). Nous remercions également l'ensemble des dégustateurs de l'Ecole nationale d'industrie laitière et de l'INRA de Poligny pour leur contribution ainsi

que M G Gagna de Gruvial, pour leur contribution à l'organisation des analyses sensorielles.

RÉFÉRENCES

- Berdagué JL, Grappin R (1988) Affinage et qualité du gruyère de Comté. VI: Caractéristiques sensorielles des fromages. *Lait* 68, 189-204
- Berdagué JL, Chaillet B, Delacroix A, Grappin R (1990) Caractérisation physico-chimique de l'emmental «est-central grand-cru». *Lait* 70, 1 (sous presse)
- Biede SL (1977) A study of the chemical and flavour profiles of Swiss cheese. Iowa State University PhD Thesis
- Bosset JO, Liardon R (1984) The aroma composition of Swiss Gruyere cheese. II : The neutral volatile components. *Lebensm Wiss Technol* 17, 359-362
- Chamba JF (1982) Le salage de l'emmental : étude de l'absorption, de la migration, de la répartition du sel et de son influence sur la qualité du fromage. Thèse de doctorat d'université, Nancy I
- Dumont JP, Adda J (1978) Flavour formation in dairy products. Flavour research, Symposium Weurman, 245-252
- Forss DA (1979) Review of the progress of dairy science: mechanisms of formation of aroma compounds in milk and milk products. *J Dairy Res* 46, 691-706
- Guichard E, Berdagué JL, Grappin R (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. V: Influence de l'affinage sur la teneur en composés volatils. *Lait* 67, 319-338
- Hemme D, Bouillanne C, Metro F, Desmazeaud MJ (1982) Review-Microbial catabolism of amino-acids during cheese ripening. *Sci Aliments* 2, 112-123
- Kirimura J, Shimizu A, Kimizula A, Niromiya T, Katsuya N (1969) The contribution of peptides and amino-acids to the taste of food-stuffs. *J Agric Food Chem* 17, 689
- Law BA, Sharpe ME, Chapman HR (1976) The effect of lipolytic gram-negative psychrotrophs in stored milk on the development of rancidity in Cheddar cheese. *J Dairy Res* 43, 458-459
- Liardon R, Bosset JO, Blanc B (1982) The aroma composition of Swiss Gruyere cheese. I : the alkaline volatile components. *Lebensm Wiss Technol* 15, 143-147
- Steffen P (1975) Teigeigenschaften und Teigfehler im Emmentaler Käse. *Schweiz Milchztg* 101, 72-76