



Influence de la teneur en NaCl et de la durée d'affinage sur les caractéristiques sensorielles d'un fromage type camembert enrichi en magnésium

L Lesage, D Lorient, Andrée Voilley, François Sauvageot

► To cite this version:

L Lesage, D Lorient, Andrée Voilley, François Sauvageot. Influence de la teneur en NaCl et de la durée d'affinage sur les caractéristiques sensorielles d'un fromage type camembert enrichi en magnésium. *Le Lait*, 1992, 72 (1), pp.73-85. <hal-00929279>

HAL Id: hal-00929279

<https://hal.science/hal-00929279v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Influence de la teneur en NaCl et de la durée d'affinage sur les caractéristiques sensorielles d'un fromage type camembert enrichi en magnésium

L Lesage, F Sauvageot, A Voilley, D Lorient

ENSBANA, CUM, 21000 Dijon, France

(Reçu le 7 août 1991; accepté le 31 octobre 1991)

Résumé — L'influence de la teneur en chlorure de sodium (0, 0,4, 0,8 et 2,1%) et de la durée d'affinage (22, 40 et 55 jours) a été étudiée sur un fromage type camembert enrichi en chlorure de magnésium. Le profil sensoriel, déterminé à l'aide de la norme AFNOR, comprend 44 termes. L'aspect et la texture des fromages à teneur en NaCl égale à 0%, 0,4% et 0,8% sont fortement modifiés au cours de l'affinage, alors que pour une teneur en NaCl de 2,1% l'affinage a peu d'effet. L'odeur et la flaveur évoluent au cours de la maturation pour toutes les teneurs en NaCl. Le fromage dont la teneur en NaCl est égale à 0,8% est perçu comme différent des autres fromages. L'addition de magnésium entraîne une augmentation de la protéolyse quelle que soit la teneur en NaCl des fromages et agit sur la texture des fromages.

chlorure de sodium / affinage / profil sensoriel / fromage à croûte fleurie

Summary — Effect of sodium chloride concentration and ripening time on the sensory characteristics of camembert cheese with addition of magnesium. The effect of ripening (22, 40, 55 days) and sodium chloride content (0, 0.4, 0.8, 2.1%) on the sensory characteristics of camembert cheese enriched with magnesium chloride was studied. Forty-four selected characteristics were used to describe appearance, odor, texture, aroma and taste of the sensory profile. During ripening, appearance and texture were greatly modified in cheeses with NaCl content of 0, 0.4, 0.8%. These characteristics were not influenced with 2.1% NaCl. Flavor changed during ripening for all NaCl contents; cheeses containing 0.8% of NaCl were found to be different from the others. Addition of magnesium increased proteolysis at all NaCl levels.

sodium chloride / ripening / sensory profile / mould-ripened cheese

INTRODUCTION

Au cours des années 1980-1985, l'innovation dans l'industrie agroalimentaire a porté essentiellement sur la réduction de l'apport calorique des aliments. Depuis 1985, une préoccupation supplémentaire est apparue : la nouveauté a été recherchée dans des produits à teneur garantie en vitamines ou en sels minéraux ainsi qu'à teneur réduite en certains composés comme le cholestérol et le sodium. Ainsi, dans des fromages de type «cottage», Demott *et al* (1984) ont réduit de 50% la quantité de sodium en lui substituant du potassium sans affecter le caractère hédonique. De même, dans des gruyères, Lefier *et al* (1987) ont abaissé de 80% la teneur en sodium en lui substituant du magnésium; et ces auteurs signalent que la qualité organoleptique est légèrement modifiée mais que le produit reste acceptable. À l'inverse, des essais préliminaires réalisés en milieu industriel nous ont montré que, dans un fromage type camembert, la substitution du chlorure de sodium par du chlorure de magnésium ne permettait pas d'obtenir une qualité organoleptique satisfaisante : le fromage avec addition de chlorure de magnésium était jugé fade et sans goût.

La saveur caractéristique des fromages apparaît, au cours de l'affinage, à la suite d'une série de mécanismes, essentiellement de nature enzymatique, transformant les différents constituants du caillé en diverses substances qui formeront l'arôme caractéristique. L'étude préliminaire évoquée précédemment avait mis en évidence un phénomène curieux : le remplacement du chlorure de sodium par du chlorure de magnésium ne modifiait pas la flore microbienne (dénombrement des flores lactiques, halophiles, caséolytiques et lipolytiques), mais provoquait une augmentation de la protéolyse et de la lipo-

lyse, sans conduire cependant à la saveur caractéristique de fromage. Un phénomène du même ordre avait déjà été observé par Thakur *et al* (1975) sur du cheddar : la suppression du chlorure de sodium augmentait la lipolyse et la protéolyse mais conduisait à une diminution de la saveur.

Ces observations nous ont conduits à examiner les conséquences de la diminution de la teneur en chlorure de sodium sur les caractéristiques sensorielles d'un camembert enrichi en chlorure de magnésium pour des durées d'affinage maîtrisées : 22, 40 et 55 jours.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La préparation des fromages

Cent quatre-vingt caillés (diamètre : 10 cm, épaisseur : 4 cm, poids : 220 g), obtenus par coagulation mixte à partir d'un lait standardisé en matière grasse (de façon à obtenir dans les échantillons un rapport teneur en matière grasse sur matière sèche égal à 0,50), ont été prélevés, après égouttage, sur une chaîne de fabrication d'une usine de l'Est de la France.

Les caillés ont ensuite été salés par trempage dans une saumure comme indiqué sur la figure 1. Pendant le trempage (5 min à 15 °C), un brassage de la saumure a été effectué pour éviter la formation autour des échantillons d'une couche diluée en sels. De plus, dans le cas des échantillons à teneur égale à 2,1%, le saumurage a été suivi d'un saupoudrage mécanique de NaCl. Les caillés ont été ensuite placés en haloir durant 10 j (température de 13 °C, hygrométrie comprise entre 0,90 et 0,95); puis chaque fromage a été emballé sous film plastique et stocké en chambre froide à 6 °C.

Les concentrations en sodium et magnésium, déterminées 20 j après salage, sont données dans la figure 1. Pour ce type de fromage, la quantité de magnésium absorbée par un caillé atteint très rapidement (1-2 min) un palier égal à 0,1%. Les différences de teneur en magnésium entre échantillons fabriqués à différentes

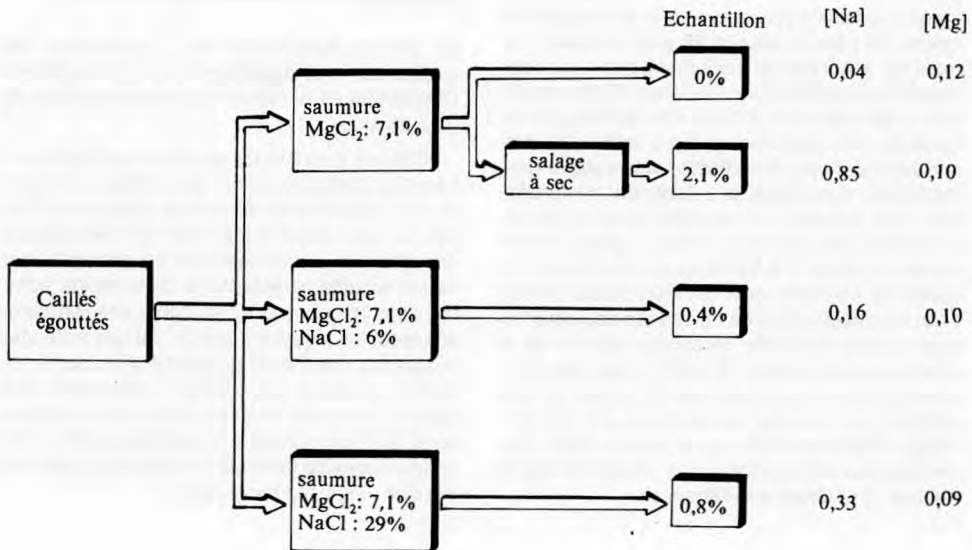


Fig 1. Schéma de salage et teneur en Na et Mg après 20 jours de fabrication (g/100 g).
Diagram of cheese brining and Na, Mg concentrations measured 20 days after manufacture.

teneurs en NaCl sont faibles, comparées aux différences de teneur en sodium (30 mg/100 g contre 810 mg/100 g). Après 22 j de stockage à 6 °C, la teneur en matière sèche a été trouvée, quelle que soit la teneur en NaCl, égale à $0,495 \pm 0,005$ et elle est restée constante entre 22 et 55 j.

Analyse sensorielle

La préparation des échantillons

Après prélèvement dans la chambre froide, les fromages (poids unitaire de l'ordre de 200 g) ont été laissés à température du laboratoire pendant 1 h. Ensuite, ils ont été coupés en portions de 30–40 g et chaque portion a été déposée sur une coupelle pendant 30 min de manière à obtenir une température, dans le fromage, comprise entre 22 et 25 °C, la face posée sur la coupelle étant celle placée sur la grille dans le haloir.

Une portion de fromage peut se décomposer en 3 parties : la croûte, la pâte, et le cœur; la séparation entre cœur et pâte n'a posé aucune difficulté : celle-ci était effectuée par les sujets au moyen d'un couteau, sans consigne particulière. Dans les fromages présentant une teneur en NaCl égale à 2,1%, le cœur était absent.

Les descripteurs sensoriels

Ils ont été déterminés à l'aide de la méthode proposée par Gazano en 1984, reprise par l'AFNOR (1990) et décrite par Barthélémy (1990).

Cette méthode comporte 3 phases. Dans la première phase, on cherche à obtenir une liste de termes aussi exhaustive que possible. Cette liste a été générée à l'aide de 14 fromages type camembert très divers (camemberts au lait cru ou pasteurisé, fabriqués dans l'Est ou l'Ouest de la France, avec une teneur en matière grasse comprise entre 40% et 62%). Dans la deuxième

phase, on cherche à réduire le nombre de termes de la liste précédente (94 termes pour la croûte, 93 pour la pâte et 88 pour le cœur), de manière à conserver seulement ceux qui permettent la meilleure discrimination. Cette réduction a été effectuée à l'aide des techniques de l'analyse des données (analyse factorielle des correspondances, classification ascendante hiérarchique) appliquées à 3 tableaux d'intensité (l'un pour la croûte, le deuxième pour la pâte et le troisième pour le cœur); chaque tableau comportait 14 lignes (14 fromages du commerce) et autant de colonnes que de descripteurs potentiels; la variable d'entrée de ces tableaux était la somme des intensités recueillies auprès de 9 sujets sur une échelle à 6 points. Dans une troisième phase, avec l'aide des 10 sujets qui ont effectué par la suite les analyses sur les fromages expérimentaux, nous avons défini les descripteurs retenus lors de la deuxième étape (tableau I) et choisi les références.

Le groupe d'évaluation sensorielle

Le groupe était formé de 10 personnes travaillant dans les départements de recherche de l'ENSBANA (5 hommes et 5 femmes), âgés de 22 à 26 ans.

Chaque membre du groupe a participé à 10 séances d'entraînement, d'une durée chacune de 1 h. Au cours des premières séances, les sujets se sont familiarisés avec les descripteurs afin d'arriver à une définition de chacun d'eux. Ils ont ensuite caractérisé 8 camemberts achetés dans le commerce. Au cours des dernières séances, les sujets ont appris, sur des fromages couvrant *a priori* toute la gamme possible de variation, à utiliser pour chaque descripteur une échelle d'intensité non structurée d'une longueur égale à 12 cm portant à l'extrémité gauche l'indication «intensité nulle» et à l'extrémité droite l'indication «intensité très élevée».

Tableau I. Descripteurs sensoriels.
Sensory descriptors.

	<i>Croûte</i>	<i>Pâte</i>	<i>Cœur</i>
Aspect	lisse bosselé sec fin (épaisseur)	«trous» luisant coulant	«fissures» blanc (couleur)
Odeur	de paille de beurre	de champignon caillé	de beurre caillé
Texture	ferme	uniforme dense élastique collante	dure onctueuse ferme
Arôme	de champignon de noisette d'ammoniac de plastique	rance caillé de lait	de camembert rance caillé
Saveur	piquante amère salée	piquante amère acide salée	piquante amère acide salée

Le nombre de répétitions

Pour chaque «couple teneur en NaCl – durée d'affinage», les sujets ont effectué 3 évaluations sur 3 demi-journées consécutives, avec 4 échantillons différents par séance. L'ordre de présentation était tiré au hasard pour chaque séance et chaque sujet. Les évaluations ont été effectuées dans une salle où les sujets étaient isolés les uns des autres.

Le traitement des données

La distance entre l'extrémité gauche de l'échelle et le trait tracé par le sujet donne l'intensité perçue. Les valeurs expérimentales ont été soumises à une analyse de la variance à 3 facteurs (teneur en NaCl, durée d'affinage, juge) au moyen de la procédure GLM de SAS (1988, SAS Institute Inc CARY NC, USA). Quand l'analyse de la variance conduisait à une valeur du F significative au seuil de 5%, les moyennes ont été comparées 2 à 2 au moyen du test de Duncan.

Analyses physico-chimiques

Le pH

Le pH de la pâte (ou du cœur) a été mesuré sur une dispersion de pâte (ou de cœur) dans de l'eau distillée (Amariglio, 1986).

La teneur en sodium et magnésium

Une quantité de 150 g d'échantillon (prélevée à partir de 4 fromages différents) a été homogénéisée au moyen d'un appareil de cuisine (moulinette Moulinex); une quantité de 0,5 g était ensuite minéralisée par voie sèche et reprise dans 100 ml d'HCl 0,1 N. Les déterminations minérales ont été effectuées par spectrométrie d'absorption atomique pour le magnésium et spectrométrie d'émission atomique pour le sodium (Le Graet et Brulé, 1988).

La teneur en matières azotées

La technique employée pour doser les matières azotées a été la méthode de Kjeldahl. Les dosages ont été réalisés à partir d'échantillons obtenus comme pour la détermination de la teneur en minéraux; une quantité de 10 g a été, après homogénéisation, dispersée dans 100 ml d'une solution de citrate trisodique 0,5 mol/l. La mesure de l'azote totale a été effectuée sur la dispersion, tandis que la mesure de l'azote soluble a été réalisée sur le filtrat obtenu après précipitation des protéines par de l'acide trichloroacétique 24% (v/v).

RÉSULTATS

Aspect et texture des fromages

Effet de la durée d'affinage (toutes teneurs en NaCl confondues)

Dans le tableau II, les descripteurs sont répartis en 3 classes selon que l'intensité :

- augmente avec la durée d'affinage;
- diminue avec la durée d'affinage;
- est maximale à 40 jours.

L'intensité des termes bosselée, sèche (croûte), luisante, coulante, collante et uniforme (pâte) augmente significativement avec la durée d'affinage tandis que celle des descripteurs lisse, fine (croûte), trous, dense (pâte), fissures et blanc (cœur) diminue.

Les différences les plus importantes entre 22 et 55 jours sont observées pour le coulant et le luisant de la pâte et pour les fissures du cœur; les différences entre les notes sont respectivement égales à 5,5, 4,1 et 2,7. Pour 3 autres descripteurs, les différences sont supérieures à 2 : les ca-

Tableau II. Évolution des caractéristiques sensorielles d'aspect et de texture au cours de l'affinage. Un même indice en exposant indique que les moyennes ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Effect of ripening time on appearance and texture sensory characteristics. Means with the same letter are not significantly different ($P < 0.05$).

		Durée de l'affinage (jours)		
		22	40	55
		<i>L'intensité augmente</i>		
Croûte	bosselée *	4,3 ^a	5,1 ^b	5,9 ^c
	sèche	5,4 ^a	6,2 ^b	6,6 ^b
Pâte	luisante	4,2 ^a	6,5 ^b	8,3 ^c
	coulante *	2,4 ^a	6,0 ^b	7,9 ^c
	collante	5,6 ^a	6,5 ^b	8,0 ^c
	uniforme *	7,9 ^a	8,5 ^b	8,6 ^b
		<i>L'intensité diminue</i>		
Croûte	lisse *	7,0 ^a	6,4 ^a	5,3 ^b
	fine	6,5 ^a	6,4 ^a	5,5 ^b
	ferme	6,3 ^a	5,9 ^a	5,9 ^a
Pâte	trous *	1,8 ^a	1,6 ^a	1,4 ^a
	dense *	6,7 ^a	5,2 ^b	4,5 ^b
Cœur	fissures	5,3 ^a	3,2 ^b	2,6 ^b
	blanc	5,5 ^a	3,6 ^b	3,3 ^b
		<i>L'intensité passe par un maximum</i>		
Pâte	élastique	4,8 ^a	5,5 ^b	4,6 ^a

* L'interaction entre le facteur «durée d'affinage» et le facteur «concentration en NaCl» est significative ($P < 0,05$).

* Indicates a significant interaction between ripening time and NaCl concentration.

ractères collant et dense de la pâte, la couleur blanche du cœur.

Effet de la teneur en NaCl (toutes durées d'affinage confondues)

Les résultats sont donnés dans le tableau III.

La comparaison entre les tableaux II et III montre une opposition entre l'effet du NaCl et l'effet de la durée d'affinage. Le

groupe formé des descripteurs dont l'intensité augmente avec la teneur en NaCl est le même (à une exception près : les fissures du cœur) que celui dont l'intensité diminue avec la durée d'affinage; de même, le groupe composé des descripteurs dont l'intensité diminue avec la teneur en NaCl est identique à celui dont l'intensité augmente avec la durée d'affinage. Ce résultat est logique : le NaCl est un agent de conservation traditionnel, qui s'oppose à l'effet

Tableau III. Évolution des caractéristiques sensorielles d'aspect et de texture en fonction de la teneur en NaCl.*Effect of NaCl concentration on appearance and texture sensory characteristics.*

		Concentration en NaCl (%)			
		0	0,4	0,8	2,1
<i>L'intensité augmente</i>					
Croûte	lisse *	4,9 ^a	6,3 ^b	6,6 ^b	7,2 ^c
	fine	5,4 ^a	5,8 ^a	5,8 ^a	7,6 ^b
	ferme	5,2 ^a	5,7 ^{a,b}	6,2 ^b	7,0 ^c
Pâte	trous *	0,9 ^a	1,1 ^a	1,5 ^a	2,9 ^b
	dense *	4,9 ^a	4,6 ^a	4,9 ^a	7,5 ^b
Cœur	fissures	3,5 ^a	3,6 ^a	3,7 ^a	X
<i>L'intensité diminue</i>					
Croûte	bosselée *	7,1 ^a	5,6 ^b	4,7 ^c	3,2 ^d
	sèche	6,7 ^a	5,8 ^b	6,2 ^{a,b}	5,7 ^b
Pâte	luisante	7,1 ^a	7,6 ^a	7,3 ^a	3,4 ^b
	coulante *	5,9 ^a	7,0 ^b	7,1 ^b	1,7 ^c
	collante	7,0 ^a	7,7 ^a	7,3 ^a	5,0 ^b
	uniforme *	8,6 ^a	8,5 ^a	8,4 ^a	7,8 ^b
Cœur	blanc	4,3 ^a	4,2 ^a	3,8 ^a	X
<i>L'intensité passe par un maximum ou un minimum</i>					
Pâte	élastique	4,7 ^a	4,8 ^a	5,0 ^a	5,5 ^a

Un même indice en exposant indique que les moyennes ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).* L'interaction entre le facteur «durée d'affinage» et le facteur «concentration en NaCl» est significative ($P < 0,05$).Means with the same letter are not significantly different ($P < 0,05$).* Indicates a significant interaction between ripening time and NaCl concentration ($P < 0,05$).

du temps. De plus, son pouvoir mycostatique explique la diminution de l'épaisseur de la croûte (caractérisé par le terme fin) quand la teneur en NaCl augmente.

Interactions entre «durée d'affinage» et «teneur en NaCl»

L'interaction entre la durée d'affinage et la teneur en NaCl est significative pour les descripteurs bosselée, coulante, uniforme,

lisse, trous et dense (dans les tableaux II et III, ces descripteurs sont indicés d'un point). L'analyse des moyennes par durée d'affinage et teneur en NaCl montre que ces interactions sont dues uniquement au fromage présentant une teneur en NaCl égale à 2,1%. En effet, pour ce produit l'évolution entre 22 et 55 jours est beaucoup plus faible que pour les autres teneurs en NaCl. Ce résultat est en opposition avec l'évolution de la teneur en azote

soluble entre 22 et 55 j (tableau IV). L'observation de la déformation de la croûte dénommée «peau de crapaud» par les fromagers est en accord avec l'explication sur l'origine des interactions observées. À 0, 0,4 et 0,8% de NaCl, ce défaut est perceptible à 40 j et à 55 j et disparaît dans le fromage à 2,1% de NaCl. Ce défaut de croûtage est généralement attribué à *Geotrichum candidum*; Guéguen (1984) a montré que la croissance de *Geotrichum* était inhibée quand la teneur en NaCl était supérieure à 1% et favorisée par l'apport de magnésium.

Odeur et flaveur des fromages

À la différence des tableaux consacrés aux caractéristiques d'aspect et de texture qui répertoriaient tous les descripteurs, les tableaux portant sur l'odeur et la flaveur donnent seulement les descripteurs pour lesquels l'analyse de la variance conduit à un effet significatif de ce facteur sur ce descripteur ($P < 0,05$).

Effet de la durée d'affinage (toutes teneurs en NaCl confondues, tableau V)

L'intensité des caractéristiques odeur paille, caillé, arôme ammoniac, plastique, rance et saveur piquante augmente continuellement avec la durée d'affinage; à l'exception du descripteur odeur de paille, tous ces descripteurs ont une connotation plutôt négative sur le plan hédonique. En revanche, l'intensité d'autres descripteurs passe par un maximum à 40 j d'affinage : odeur de beurre, de champignon, arôme noisette, champignon, lait, caillé et camembert; ces derniers, au contraire sont plutôt des descripteurs à connotation positive. Cette double observation est en accord avec l'opinion générale des fromagers selon laquelle la qualité organoleptique d'un camembert est maximale entre 30 et 40 jours. Elle suppose seulement que les descripteurs à connotation négative qui augmentent au cours du temps ont un poids équivalent aux descripteurs à connotation positive qui diminuent au cours du temps.

Tableau IV. Évolution de la fraction d'azote soluble en fonction de la teneur en NaCl et de l'affinage (quantité d'azote soluble $\times 100$ /quantité d'azote total). Les valeurs du tableau sont des moyennes de 3 essais.

Effect of NaCl concentration and ripening time on soluble nitrogen fraction (soluble nitrogen content $\times 100$ /total nitrogen content). Three repetitions have been carried out for each sample.

	0%	0,4%	0,8%	2,1%	M
22 jours	12,0 (1,1)	12,0 (0,9)	9,5 (1,2)	5,0 (1,0) *	9,6 ^a
40 jours	11,0 (1,0)	17,7 (1,9)	17,4 (1,5)	13,0 (1,1)	14,8 ^b
55 jours	21,0 (1,8)	23,0 (2,3)	27,0 (2,4)	26,0 (3,0)	24,2 ^c
M	14,7 ^a	17,6 ^b	18,0 ^b	14,7 ^a	

M : moyenne; () : écart type de la moyenne. Un même indice en exposant indique que les moyennes ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

M: mean; () : standard deviation. Means with the same letter are not significantly different ($P < 0,05$).

Tableau V. Évolution des caractéristiques sensorielles d'odeur et de flaveur au cours de l'affinage.
Effect of ripening time on flavor and taste sensory characteristics.

		Durée de l'affinage (jours)		
		22	44	55
<i>L'intensité augmente</i>				
Croûte	paille	6,6 ^a	7,1 ^{a,b}	7,4 ^b
	ammoniac *	3,9 ^a	3,9 ^a	5,1 ^b
	plastique	3,0 ^a	4,0 ^b	4,3 ^b
	piquante	3,3 ^a	4,1 ^b	4,5 ^b
Pâte	caillé (od)	5,3 ^a	6,2 ^b	6,2 ^b
	rance	4,2 ^a	5,0 ^b	5,2 ^b
Cœur	rance	3,5 ^a	4,3 ^b	5,0 ^c
<i>L'intensité diminue</i>				
Pâte	amère	7,0 ^a	6,0 ^b	6,1 ^b
Cœur	acide	4,7 ^a	4,3 ^b	3,8 ^c
<i>L'intensité passe par un maximum</i>				
Croûte	beurre (od)	3,6 ^a	4,6 ^b	3,6 ^a
	noisette	3,5 ^a	4,3 ^b	3,5 ^a
	champignon (ar)	5,5 ^a	6,5 ^b	5,5 ^a
Pâte	champignon (od)	3,8 ^a	4,2 ^a	3,2 ^b
	lait	4,7 ^a	5,8 ^b	5,1 ^a
Cœur	beurre (od)	4,2 ^a	5,3 ^b	4,9 ^{a,b}
	caillé (ar)	5,1 ^{a,b}	5,6 ^b	4,5 ^a
	camembert	4,1 ^a	5,6 ^b	4,8 ^c

Un même indice en exposant indique que les moyennes ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

* L'interaction entre le facteur «durée d'affinage» et le facteur «concentration en NaCl» est significative ($P < 0,05$).

Means with the same letter are not significantly different ($P < 0,05$).

* Indicates a significant interaction between ripening time and NaCl concentration ($P < 0,05$).

L'augmentation de l'arôme ammoniac observée dans la croûte correspond également à une augmentation de la teneur en azote soluble au cours de l'affinage (tableau IV).

L'augmentation du caractère rance peut s'expliquer par la libération d'acides gras à courtes chaînes (Adda, 1986) et relève donc de la lipolyse.

La saveur piquante relève probablement du même phénomène de lipolyse puisque la libération d'acide butyrique donne une sensation piquante (Lodi et Pirovano, 1988) mais il est possible que la protéolyse intervienne également puisque l'ammoniac possède un caractère piquant caractéristique.

L'augmentation du caractère plastique de la croûte peut s'expliquer par l'activité

de *Penicillium camemberti*. En effet, Adda et al (1989) ont montré que ce champignon pouvait dans certaines conditions produire du styrène. Cependant, l'activité enzymatique du *penicillium* conduit également à la formation d'octène-1-ol, qui présente l'odeur caractéristique de champignon (Karahadian et al, 1985).

Par ailleurs, la diminution de l'acidité perçue dans le cœur est en accord avec les mesures de pH. Celui-ci augmente entre 22 et 55 j (5,4, 6,1 et 6,4 respectivement à 22, 40 et 55 jours d'affinage). Ce phénomène n'est pas observé dans la

pâte où le pH est maximum à 40 jours (6,2 à 22 jours, 6,8 à 40 jours et 6,4 à 55 jours).

Effet de la teneur en NaCl (toutes durées d'affinage confondues, tableau VI)

L'intensité de l'arôme camembert et de la saveur salée augmente avec la teneur en NaCl alors que celle de l'arôme plastique et ammoniac diminue. L'intensité des descripteurs rance, amer, acide et piquant est minimale pour le fromage 0,8%. L'arôme noisette est plus intense dans le produit 0,4%, et l'arôme lait dans le fromage 0,8%.

Tableau VI. Évolution des caractéristiques sensorielles d'odeur et de flaveur en fonction de la teneur en NaCl.

Effect of NaCl concentration on flavor and taste sensory characteristics.

		Concentration en NaCl (%)			
		0	0,4	0,8	2,1
		<i>L'intensité augmente</i>			
Croûte	salée	3,9 ^a	4,5 ^{a,b}	4,8 ^b	6,9 ^c
Pâte	salée	4,6 ^a	4,5 ^a	4,9 ^a	8,6 ^b
Cœur	camembert	3,8 ^a	5,1 ^b	5,9 ^b	X
		<i>L'intensité diminue</i>			
Croûte	ammoniac *	5,8 ^a	4,5 ^b	3,5 ^c	3,5 ^c
	plastique	4,6 ^a	3,8 ^b	3,3 ^b	3,4 ^b
Cœur	rance	5,2 ^a	4,2 ^b	3,3 ^c	X
	amer	7,0 ^a	5,6 ^b	4,2 ^c	X
		<i>L'intensité passe par un minimum ou un maximum</i>			
Croûte	noisette	3,8 ^{a,b}	4,3 ^b	3,8 ^{a,b}	3,2 ^b
	piquante	4,5 ^a	4,1 ^a	3,2 ^b	4,0 ^a
Pâte	lait	4,9 ^a	5,6 ^b	6,5 ^c	3,7 ^d
	rance	5,7 ^a	5,1 ^{a,b}	3,5 ^c	4,9 ^b
	piquante	4,2 ^a	3,3 ^b	2,9 ^b	4,5 ^a
	amère	7,8 ^a	6,2 ^b	4,5 ^c	6,9 ^d
	acide	4,5 ^a	4,1 ^a	3,2 ^b	4,0 ^a

* L'interaction entre le facteur «durée d'affinage» et le facteur «concentration en NaCl» est significative ($P < 0,05$).

Un même indice en exposant indique que les moyennes ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

* Indicates a significant interaction between ripening time and NaCl concentration ($P < 0.05$).

Means with the same letter are not significantly different ($P < 0.05$).

Comme attendu, l'intensité de la saveur salée augmente avec la teneur en NaCl du fromage. Les différences entre 0,8 et 2,1% sont significatives pour la croûte, la pâte et le cœur. En revanche, les différences ne sont pas significatives entre 0,4 et 0,8%, c'est-à-dire pour un écart de 0,8 g de NaCl pour 100 g d'eau. Chamba (1987) donne une valeur du seuil différentiel de 0,2% pour du gruyère, soit une valeur de 0,6 g de NaCl pour 100 g d'eau; mais la présence du chlorure de magnésium augmente la salinité du milieu et, par voie de conséquence, le seuil différentiel du salé.

On aurait pu s'attendre à ce que les descripteurs à connotation négative aient une intensité minimale pour le fromage 2,1% puisque ce fromage possède une teneur en NaCl proche des camemberts commercialisés. Or, ce phénomène n'est pas observé. Sur 6 descripteurs qui présentent une différence significative entre 0,8 et 2,1%, 5 ont une connotation négative indiscutable (croûte et pâte piquante, rance, amère, acide) et leur intensité est minimale pour le fromage 0,8%. De plus, une analyse approfondie du tableau VI montre que pour ces 5 descripteurs, les valeurs observées pour les teneurs 0 et 0,4% sont proches de celles de la teneur 2,1%.

L'intensité amère est significativement différente entre les fromages, mais cette différence n'est peut-être pas due à l'effet du NaCl. En effet, la teneur en magnésium diminue légèrement entre 0 et 0,8% et l'ion magnésium, à la différence de l'ion sodium qui apporte seulement une saveur salée, apporte également de l'amertume (Bartoschuk, 1980).

Interaction entre «durée d'affinage» et «teneur en NaCl»

Une seule interaction a été trouvée significative : elle concerne l'intensité de l'arôme

ammoniac. Comme dans le cas des descripteurs de texture, cette interaction est due au fromage 2,1%; alors que pour les autres concentrations, l'intensité ammoniac augmente avec la durée d'affinage, pour 2,1%, celle-ci diminue entre 22 et 40 jours et reste stable entre 40 et 55 jours.

DISCUSSION

À la différence de l'analyse de la variance qui segmente les résultats descripteur par descripteur, l'analyse factorielle en composantes principales permet de décrire les liens existant entre les données.

La figure 2 donne la représentation des fromages dans le plan 1-2 pour les descripteurs d'aspect et de texture. L'axe 1 montre que l'influence de la durée d'affinage est importante pour les fromages de teneur en NaCl égale à 0, 0,4 et 0,8% alors que ce facteur a peu d'influence sur le fromage 2,1%, ce qui explique les inter-

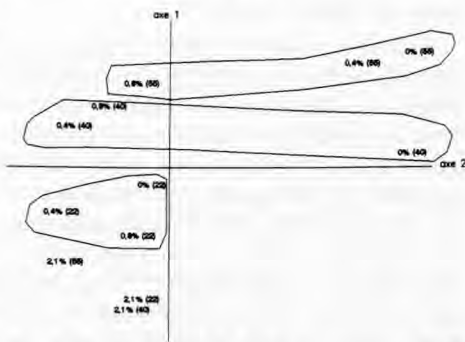


Fig 2. Plan factoriel 1-2 obtenu par une ACP pour les descripteurs d'aspect et de texture. Les teneurs en NaCl sont suivies du symbole % et les durées d'affinages sont mises entre parenthèses.

Projection of samples on the first and second principal components for appearance and texture descriptors. NaCl concentration are indicated by % symbol and ripening times are given in brackets.

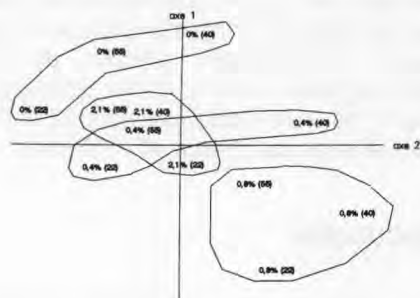


Fig 3. Plan factoriel 1-2 obtenu par une ACP pour les descripteurs d'odeur et de flaveur. Les teneurs en NaCl sont suivies du symbole % et les durées d'affinages sont mises entre parenthèses.

Projection of samples on the first and second principal components for flavor and taste descriptors. NaCl concentrations are indicated with % symbol and ripening times are given in brackets.

actions entre les facteurs «durée d'affinage» et «teneur en NaCl».

À l'inverse, dans le cas de la flaveur, la figure 3 montre que l'effet de la durée d'affinage est identique pour toutes les teneurs en NaCl. Un maximum est observé dans tous les cas à 40 jours. Deux groupes se distinguent, les fromages 0, 0,4 et 2,1% situés dans le plan supérieur et le fromage 0,8% qui se situe dans le plan inférieur. Cette observation confirme que le fromage 0,8% est globalement différent des 3 autres du point de vue de l'odeur et de la flaveur, alors que le fromage 2,1% est voisin des produits 0 et 0,4%.

L'aspect et la texture du fromage 2,1% diffèrent des fromages 0%, 0,4% et 0,8% et cette différence ne provient pas d'un accroissement de la teneur en azote soluble (tableau IV). Une autre explication peut

être envisagée : Mpagana (1986) montre que l'augmentation de la teneur en NaCl dans des camemberts entraînait une structure plus dense, due à une diminution de l'hydratation des protéines, en particulier les paracaseïnes (Hardy, 1983), modifiant ainsi les interactions entre les constituants du caillé et donc sa structure. On peut donc supposer que le NaCl modifie la texture en agissant principalement sur la structure du caillé.

Pour toutes les teneurs en NaCl, la fraction d'azote soluble augmente entre 22 et 55 jours. À 22 jours d'affinage, plus la teneur en NaCl est élevée, plus la teneur en azote soluble est faible. En revanche, ce phénomène n'est plus observé à 40 et 55 jours. De plus, dans un fromage traditionnel à 1,8% de NaCl fabriqué en même temps et dans les mêmes conditions que celles décrites dans *La préparation des fromages*, mais sans apport de magnésium, la fraction d'azote soluble est de 5,8, 8,5 et 8,0 respectivement à 22, 40 et 55 jours. Ces valeurs nettement inférieures au fromage dont la teneur en NaCl est de 2,1% et enrichi en magnésium semblent indiquer que le magnésium favorise la protéolyse et que cette action est plus forte que l'action inhibitrice du NaCl. Fitzgerald et Buckley (1985) ont également observé ce phénomène dans du cheddar.

CONCLUSION

Ce travail a précisé l'effet du NaCl sur la flaveur des fromages, mais les mécanismes en jeu sont encore incertains. En effet, le NaCl peut avoir une action sur la formation de la flaveur par le biais des microorganismes, ou sur la perception de la flaveur en tant qu'exhausteur d'arôme. De plus, la diffusion au sein du fromage n'est probablement pas identique pour les ions Na et Mg, d'où des rapports de concentra-

tions locales en ions très différentes des valeurs moyennes. Une étude en cours sur la diffusion du Na et Mg dans ce type de fromage fournira des éléments de réponses susceptibles d'expliquer l'augmentation de protéolyse et les modifications de texture.

Substituer totalement par du $MgCl_2$ le NaCl dans un fromage type camembert paraît délicat. Il convient donc de trouver un compromis entre la teneur en magnésium et la teneur en sodium, de façon à obtenir, pour un temps déterminé de conservation, les qualités organoleptiques d'un fromage traditionnel.

RÉFÉRENCES

- Adda J (1986) Flavour of dairy products. In: *Developments in food flavours* (Birch GGE, Lindley MG, eds) Elsevier Applied Science, Londres, 151-171
- Adda J, Dekimpe J, Vassal L, Spinnler HE (1989) Production de styrène par *Penicillium camemberti* Thom. *Lait* 69, 115-120
- Amariglio S (1986) *Le contrôle de la qualité des produits laitiers* AFNOR-ISTV, Paris, 651-652
- AFNOR (1990) Analyse sensorielle : méthodologie - Recherche de descripteurs pour l'élaboration d'un profil sensoriel. NF V 09-021, 1-28
- Barthélémy J (1990) Évaluation d'une grandeur sensorielle complexe : description quantifiée. In: *Évaluation sensorielle : manuel méthodologique*. (SSHA, ISHA, ed) Lavoisier-Technique et Documentation, Paris, 144-162
- Bartoshuk LM (1980) Sensory analysis of the taste of NaCl. In: *Biological and behavioral aspects of salt intake* (Kare MR, Fregly MJ, Bernard RA, eds) Acad Press, New York, 83-98
- Chamba JF (1987) Répartition du sel dans l'emmental. Relations entre la teneur en NaCl et la perception de la saveur salée. *Sci Alim* 7, n° hors-série VIII, 73-82
- Demott BJ, Hitchcock JP, Sanders OG (1984) Sodium concentration of selected dairy products and acceptability of a sodium substitute in cottage cheese. *J Dairy Sci* 67, 1539-1543
- Fitzgerald E, Buckley J (1985) Effect of total and partial substitution of sodium chloride on the quality of cheddar cheese. *J Dairy Sci* 68, 3127-3134
- Gazano G (1984) Évaluation d'une méthode d'élaboration de profil sensoriel à partir de descripteurs proposés par le jury. DEA Sci Alimentaires, ENSIA Massy
- Guéguen M (1984) Contribution à la connaissance de *Geotrichum* et notamment de sa variabilité. Conséquences pour l'industrie fromagère, Thèse docteur ès sciences, univ Caen
- Hardy J (1983) Diffusion et distribution de sodium dans les fromages. Influence sur l'activité de l'eau et les propriétés de sorption de l'eau. Thèse docteur ès sciences, INPL Nancy
- Karahadian C, Josephson DB, Lindsay RC (1985) Contribution of *Penicillium* sp to the flavors of Brie and Camembert cheese. *J Dairy Sci* 68, 1865-1877
- Le Graet Y, Brulé G (1988) Migration des macro et oligoéléments dans un fromage à pâte molle type camembert. *Lait* 68, 219-234
- Lefier D, Grosclaude G, Curtat G (1987) Qualité gustative et nutritionnelle des gruyères hyposodés. *Lait* 67, 451-464
- Lodi R, Pirovano F (1988) Activité lipolytique et arômes des fromages. *Microbiol Alim Nutr* 6, 279-284
- Mpagana M (1986) Propriétés rhéologiques des fromages à pâte molle. Influence du salage et de l'affinage. Thèse INPL, Nancy
- Thakur MK, Kirk JR, Hedrick TI (1975) Changes during ripening of unsalted Cheddar Cheese. *J Dairy Sci* 58, 175-180