

Effet conjoint de la race et de la nature du fourrage sur les caractéristiques des fromages : interaction avec la technologie mise en oeuvre

I. VERDIER-METZ (1), B. MARTIN (2), P. PRADEL (3), J.B. COULON (2)

(1) INRA, Laboratoire de Recherches Fromagères, 36 rue de Salers, 15000 Aurillac, France

(2) INRA, Unité de Recherche sur les Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champagnelle, France

(3) INRA, Domaine expérimental de la Borie, 15190 Marcenat, France

RESUME – Dans un contexte expérimental, durant 6 semaines, le lait produit par des animaux issus de deux systèmes de production simplifiés (HO/EH = vaches de race Holstein alimentées à l'ensilage de ray grass et MO/FO = vaches de race Montbéliarde alimentées avec du foin de prairie naturelle) a été transformé, en fromagerie expérimentale, en fromages de type Saint-Nectaire, un jour selon une technologie "fermière" (F) et le jour suivant selon une technologie "laitière" (L). Le système de production a essentiellement eu un effet sur la composition chimique du lait, qui a eu des répercussions sur les fromages affinés : les fromages HO/EH se sont révélés plus jaunes, plus fermes avec des odeurs moins prononcées. L'effet de la technologie, nettement plus important que celui du système de production, a permis une différenciation significative des fromages sur de nombreux descripteurs : les fromages L ont eu des goûts et des odeurs moins prononcées que les fromages F. Les fromages L et F se sont également distingués par les descripteurs de texture : "ferme" pour les fromages L, "fondant" et "collant" pour les F. Une forte interaction entre le système et la technologie a été mise en évidence, en particulier pour la texture des fromages.

Combined effect of the breed and the type of forage on the cheese characteristics : interaction with the cheese-making used

I. VERDIER-METZ (1), B. MARTIN (2), P. PRADEL (3), J.B. COULON (2)

(1) INRA, Laboratoire de Recherches Fromagères, 36 rue de Salers, 15000 Aurillac, France

SUMMARY – In experimental context, during 6 weeks, the milk produced by the cows of two simplified production systems (HO/EH = Holstein cows fed with rye grass silage and MO/FO = Montbéliarde cows fed with natural grassland hay) was processed, in an experimental mini-cheese dairy, in Saint-Nectaire type cheese, one day according to a "farmer" technology (F) and another day according to an "industrial" technology (L). The production system influenced mainly the chemical composition of the milk and so on the ripened cheeses: the HO/EH cheeses were more yellow, firmer and had less pronounced odours. The technology effect was more important than the production system effect, the cheeses were significantly separated by many attributes: the L cheeses had odours and tastes less pronounced than the F cheeses. The L and F cheeses differed principally by the attributes of texture: "firm" for the L cheeses, "melting" and "sticky" for the F cheeses. A strong interaction between the production system and cheesemaking was showed for the cheese texture.

INTRODUCTION

L'influence de certaines caractéristiques des animaux (génétiques ou physiologiques) ainsi que de la nature de l'alimentation sur le fromage affiné fait l'objet de nombreuses interrogations. Des travaux ont permis de mettre en évidence des différences entre les fromages selon le type de fourrage consommé par l'animal (foin vs ensilage) et la race de celui-ci (Holstein vs Montbéliarde ou Tarentaise) (Verdier-Metz *et al.*, 1998). Dans ces travaux, ces facteurs ont été testés toutes choses étant égales par ailleurs et sur des fromages réalisés avec une même technologie. En pratique, ces facteurs sont souvent associés de manière non indépendante. De plus, il est vraisemblable qu'il existe des interactions entre les caractéristiques du lait, et donc les facteurs de production, et la technologie de transformation mise en œuvre (Martin et Coulon 1995). L'objectif de l'essai présenté ici a été 1) de préciser les effets d'associations de facteurs dont on a mis en évidence les effets propres, 2) de préciser les interactions éventuelles avec la technologie de transformation du lait utilisée. On a donc cherché à reproduire de manière expérimentale deux systèmes de production simplifiés (vaches de race Holstein alimentées à l'ensilage d'herbe vs vaches de race Montbéliarde alimentées avec du foin) dont le lait produit par les animaux de chacun de ces deux systèmes a été transformé selon deux technologies de fabrication (l'une voisine de celle pratiquée par les producteurs fermiers, l'autre de celle suivie en industrie) du même fromage, le Saint Nectaire.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX

Deux lots de vaches multipares de race Holstein (n=8) et Montbéliarde (n=8) e enne) pour les vaches Holstein (HO) et entre 16 et 24 kg/j (20 en moyenne) pour les vaches Montbéliardes (MO). Les fréquences alléliques du variant A de la caséine kappa ont été de 80% chez les Holstein et de 50% chez les Montbéliardes.

Les 4 semaines précédant l'essai, tous les animaux ont reçu une ration de base composée d'ensilage de ray-grass et de foin de prairie naturelle complétée par environ 30% de concentré (45% blé, 20% son, 30% radiceles d'orge et 3% mélasse) afin que les besoins énergétiques et azotés soient couverts de manière semblable pour tous les animaux.

Durant 6 semaines d'expérimentation, le lot HO a exclusivement reçu de l'ensilage de ray-grass (EH), à raison de 11 kg MS/j et 8 à 10 kg/j du même concentré que précédemment selon le niveau de production soit environ 40% de la MS totale. Le lot MO a uniquement reçu du foin (FO) de prairie naturelle (14 kg MS/j) complété par 2 à 4 kg/j de concentré (dont 0,5 kg de tourteau de soja) soit environ 16% de la MS totale.

Durant tout l'essai, les animaux ont reçu 100 g/j d'un complément minéral de type 6P-22Ca.

1.2. TRANSFORMATION

Au cours de la période expérimentale, le lait de chaque système (HO/EH et MO/FO) a été transformé en fromage de type Saint-Nectaire selon deux technologies : l'une "fermière" (F) dans laquelle la matière première ne subit aucun traitement, l'autre "laitière" (L) où le lait est partiellement écrémé de façon à obtenir un rapport matière grasse sur matière protéique voisin de 1,14. Ces deux technologies se distinguent par la nature et la quantité de ferments lactiques, qui est plus forte dans la technologie L, ce qui a entraîné des différences

d'acidification nettes (l'acidification met 2 fois plus de temps à débuter dans la technologie F que dans L). Elles diffèrent également par la méthode de salage, en surface dans le cas des fromages F et en saumure pour les fromages L.

Au total, 40 fromages ont été fabriqués (2 fromages/cuve x 2 systèmes x 2 technologies x 5 répétitions) et affinés 7 semaines.

1.3. MESURES

1.3.1. Laits

Les teneurs en matières grasses, protéines, protéines solubles, caséines, urée, calcium (total et soluble), phosphore, carotènes, bactéries coliformes, spores butyriques, cellules, flore totale ont été déterminées sur chaque lait de mélange destiné à la transformation de même que la lipolyse, la composition en acides gras et les paramètres de coagulation (Formagraph).

1.3.2. Fromages

Sur les fromages affinés ont été mesurés le pH, la matière grasse, l'extrait sec, l'indice de jaune de la pâte, la force d'extrusion. La composition en acides gras des fromages a également été analysée. Les caractéristiques sensorielles des fromages affinés ont été évaluées d'une part par une dégustation évaluant l'aspect (note/5), la pâte et la texture (note/5) ainsi que le goût (note/10) du fromage et d'autre part à l'aide d'une analyse sensorielle (1 fromage/cuve) selon la méthode des profils par la mesure de l'intensité, sur une échelle structurée de 0 à 10, de 15 descripteurs d'odeur, 5 de texture, 19 d'arôme et de goût et l'intensité de la couleur.

1.4. ANALYSE DES DONNEES

Les données ont été traitées par analyse de variance (SAS, 1987) en introduisant dans le modèle le système de production, la technologie de transformation et l'interaction technologie-système.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. EFFET DU SYSTEME

Les laits MO/FO ont été significativement plus riches en protéines et en caséines (Tableau 1) ce qui s'est traduit par une meilleure aptitude à la coagulation caractérisée par des temps de prise et de raffermissement plus courts et des gels plus fermes. Ces résultats confirment l'effet race mis en évidence dans d'autres études (Macheboeuf *et al.*, 1993 ; Remeuf et Hurtaud, 1991) qui s'explique en partie par le fait que les animaux de race Montbéliarde de notre étude possédaient plus de variant B de la caséine kappa que les vaches de race Holstein, variant reconnu pour son effet bénéfique sur les propriétés coagulantes du lait (Delacroix-Buchet *et al.*, 1993). En revanche, les laits MO/FO ont été moins riches en matières grasses, d'où un rapport TB/TP plus faible, qui s'explique par un effet, bien connu, de la race. En dehors d'une teneur en matières grasses plus faible et d'un taux d'urée plus élevé (+0,06, P<0,01) pour les laits MO/FO (probablement lié à un léger déséquilibre entre l'énergie et l'azote apportés par la ration, mais sans incidence sur la transformation fromagère compte-tenu de la faible différence), la composition chimique et la qualité bactériologique des laits n'ont pas été significativement différentes d'un système à l'autre.

Cet effet du système sur la composition chimique du lait s'est traduit par des modifications des caractéristiques physico-chimiques des fromages : les fromages HO/EH ont présenté un gras sur sec plus élevé, en particulier dans le cas des fabrications F (+1,7 point d'écart entre les fabrications F et L) où

Tableau 1
Effet du système de production (Sys) et de la technologie fromagère (Tech)
sur les caractéristiques des laits et des fromages.

	Système		Technologie		Signification		
	HO/EH	MO/FO	F	L	Sys	Tech	Sys*Tech
Lait							
Production laitière (kg/j)	22,3	14,6			**		
Taux butyreux (g/kg)	37,3	33,3	35,3	35,4	***	ns	ns
Taux protéique (g/kg)	27,1	30,1	28,6	28,6	***	ns	ns
Lipolyse (mEq/100 g matière grasse)	0,59	0,85	0,61	0,83	ns	ns	ns
Caséines (g/kg)	23,2	26,2	24,6	24,7	***	ns	ns
Urée (g/kg)	0,22	0,28	0,22	0,28	**	**	ns
Calcium total (g/kg)	1,3	1,3	1,3	1,3	ns	ns	ns
Phosphore (g/kg)	0,9	0,9	0,9	0,9	ns	ns	ns
Spores butyriques (/L)	516	215	520	211	ns	ns	ns
Coliformes (Log/mL)	2,2	2,6	2,6	2,3	ns	ns	ns
Cellules (Log/mL)	5,2	4,8	4,9	5	***	ns	ns
Carotènes (ng/mL)	221,2	93,6			***		
Temps de prise à pH 6,60 (mn)	22,3	18,8	19,9	21,1	***	*	ns
Temps raffermissement à pH 6,60 (mn)	19,6	8,7	13,6	14,7	***	+	+
Fermeté caillé à pH 6,60 (mm)	23,9	30,9	27,9	27	**	ns	ns
Fromages							
pH	5,59	5,46	5,32	5,64	ns	***	+
Extrait sec (%)	52,1	51,2	51,5	51,8	*	ns	ns
Matière grasse (%)	28,2	26,4	27,0	27,5	***	+	***
Gras / sec (%)	53,9	51,5	52,5	53,0	***	ns	***
Indice de jaune	30,8	24,7	27,8	27,7	***	ns	ns
Force d'extrusion (N)	213	189	169	234	*	***	+
Dégustation							
- aspect (/5)	3,3	3,4	3,7	3,0	ns	***	**
- pâte (/5)	3,6	3,6	3,6	3,6	ns	ns	ns
- goût (/10)	7,0	6,7	6,8	7,0	*	+	ns
- total (/20)	13,9	13,7	14,1	13,6	ns	**	+

Signification : ***, P<0,001 ; **, P<0,01 ; *, P<0,05 ; +, P<0,1 ; ns, non significatif

le rapport TB/TP des laits mis en œuvre n'est pas ajusté à 1,14, contrairement à la technologie L. La texture des fromages HO/EH a été plus "ferme" (aussi bien par description sensorielle que par mesure instrumentale de la force d'extrusion) que celle des fromages MO/FO qui s'est révélée plus "fondante" et "collante". Ces différences sont probablement dues à la composition en acides gras des laits dont les écarts entre les deux systèmes se retrouvent au niveau des fromages correspondants (Tableau 2). Les laits et les fromages HO/EH ont été plus riches en acides gras saturés (C16:0 et C18:0) que les produits MO/FO, acides connus pour leur caractère "durcissant"; le rapport C16/C18:1 qui est un bon indicateur de la dureté d'un produit (Hurtaud *et al*, 2001) a ainsi été plus élevé pour les produits HO/EH.

Tableau 2: Effet du système sur la composition en acides gras (g.100.g-1 des acides gras totaux)

	Laits			Fromages		
	HO/EH	MO/FO	Si ¹	HO/EH	MO/FO	Si ¹
C16:0	37,1	33,7	ns	36,8	35,8	ns
C18:0	9,3	5,9	**	9,1	5,8	***
C18:1	12,6	14,2	ns	13,8	16,4	***
C18:2	1,2	0,9	+	1,0	0,9	ns
C18:3	0,4	0,6	*	0,4	0,6	**
C16/C18:1	2,9	2,4	ns	2,7	2,2	***
monoinsaturés	16,5	19,2	ns	17,5	20,9	**
polyinsaturés	3,7	4,1	ns	3,0	2,5	ns

¹ Si : signification : ***, P<0,001 ; **, P<0,01 ; *, P<0,05 ; +, P<0,1 ; ns, non significatif

L'indice de jaune de la pâte des fromages HO/EH a été plus élevé que celui des fromages MO/FO. Cet effet est dû à la teneur supérieure de ces laits en carotènes, elle-même étant liée à la teneur du fourrage en carotènes qui dépend de son mode de conservation. L'exposition prolongée à la lumière lors de la conservation du fourrage sous forme de foin détruit

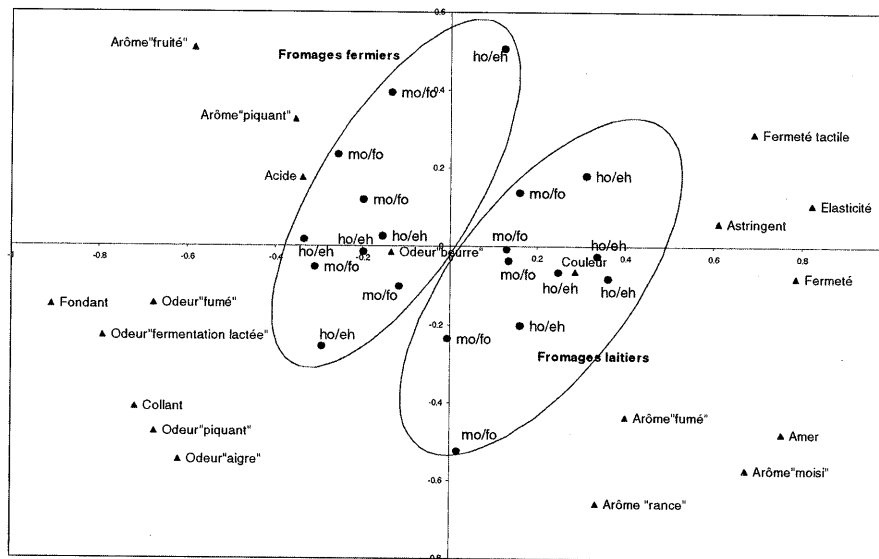
en effet la majeure partie des caroténoïdes (Tableau 1), ce qui explique les plus fortes teneurs en carotènes des laits (et des fromages) obtenus à partir des vaches alimentées avec l'ensilage d'herbe. D'un point de vue sensoriel (Figure 1), seuls quelques descripteurs d'odeur ont permis de discriminer les fromages des deux groupes d'animaux : les fromages HO/EH ont révélé des odeurs "fermentation lactée" et "herbe" moins prononcées et leur goût a été globalement plus apprécié par les dégustateurs que celui des fromages MO/FO. Aucun descripteur d'arôme n'a permis de différencier les fromages des 2 systèmes ; en particulier, les fromages HO/EH n'ont révélé ni odeur ni arôme d'ensilage significativement différents des fromages MO/FO.

Une interaction significative entre la technologie et le système de production a été mise en évidence pour quatre des descripteurs de texture : la fermeté au toucher et en bouche, l'élasticité et le fondant du fromage. Les différences de texture observées ont été plus importantes dans le cas des fromages F que dans celui des fromages L. Cette interaction est pour partie liée au gras/sec des fromages pour lequel une interaction a également été observée : les écarts de gras/sec ont été plus faibles dans le cas de la technologie L du fait de la standardisation du rapport TB/TP.

2.2. EFFET DE LA TECHNOLOGIE

La technologie fromagère mise en œuvre a différencié significativement les produits : du point de vue de la composition, les fromages F ont eu un pH plus bas (-0,32 unités, P<0,001) que les fromages L. Dix-neuf descripteurs sensoriels (Figure 1) ont permis de distinguer les deux types de fromages. Les différences les plus marquées ont été observées sur la texture des deux produits, tant par mesure instrumentale que par profil sensoriel : les fromages F se sont révélés plus "fondant" et "collant" que les fromages L qui ont été plus "ferme". Cette

Figure 1
Effet du système et de la technologie de transformation
sur les caractéristiques sensorielles des fromages



fermeté des fromages L n'est pas liée au gras/sec des fromages identique dans les deux technologies, ni vraisemblablement à la protéolyse dans la mesure où le pH plus élevé des fromages F suggère que la protéolyse est plus avancée. Elle est plus sûrement due à la cinétique d'acidification différente : l'acidification des fromages F est plus tardive après l'emprésurage mais le pH minimal est plus bas ; ce qui peut être à l'origine d'une déminéralisation de la pâte expliquant les différences de texture observées.

D'un point de vue sensoriel, les fromages L ont globalement eu une saveur moins prononcée que les fromages F. Ces derniers se sont caractérisés par des odeurs "fermentation lactée", "aigre" et "fumé", des arômes "fruité", "herbe" et un goût "piquant". Les fromages L ont été plus "amer", "rance", "astringent", descripteurs qui peuvent résulter de la vitesse d'acidification, de la protéolyse mais également de la quantité de ferments plus importante que dans les fromages F masquant ainsi l'expression de la flore naturelle du lait. Les fromages F ont globalement été mieux notés lors de la dégustation et les notes attribuées aux descripteurs sensoriels de ces produits ont généralement été supérieures ; ces résultats sont en accord avec d'autres études (Martin et Coulon, 1995 ; Bugaud *et al.*, 2001) qui ont montré que les variations de la qualité sensorielle des fromages sont soumises en premier lieu à la maîtrise de la technologie et en particulier à celle de l'acidification.

CONCLUSION

Cet essai a permis de mettre en évidence les rôles respectifs du système de production et de la technologie de transformation. Il a montré que l'effet de la technologie sur les caractéristiques

des fromages était, sur ce type de fromage à pâte pressée non cuite, nettement plus important que celui combiné de la nature des fourrages et de la race des animaux. Les effets du système de production ont concerné essentiellement la couleur et la texture des fromages et ont pu être reliés à la teneur en carotènes et à la teneur et la composition des matières grasses du lait. Ces effets peuvent cependant être fortement modifiés selon la technologie mise en œuvre : ainsi, la standardisation du rapport matières grasses/protéines du lait dans la technologie L conduit à réduire fortement les effets du système de production observés dans la technologie F sur la texture des fromages et leur gras/sec.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Pôle Fromager AOC Massif Central avec la participation financière du Fonds National d'Aménagement et de Développement du Territoire. Nous remercions D. Bauchart et C. Legay pour la réalisation des analyses de matières grasses du lait et des fromages.

Bugaud, C., Buchin, S., Noël, Y., Tessier, L., Pochet, S., Martin, B., Chamba, J.F., 2001. Lait, 81, 593-607.

Delacroix-Buchet, A., Lefier, D., Nuyts-Petit, V., 1993. Lait, 73, 61-72.

Hurtaud, C., Buchin, S., Martin, B., Verdier-Metz, I., Peyraud, J.L., Noël, Y., 2001. Renc. Rech. Ruminants, 8, 35-42.

Macheboeuf, D., Coulon, J.B., D'Hour, P., 1993. J. Dairy Res., 60, 43-54.

Martin, B., Coulon, J.B., 1995. Lait, 75, 133-149.

Remeuf, F., Hurtaud, C., 1991. Rennes "Qualité des laits à la production et aptitude fromagère".

Verdier-Metz, I., Coulon, J.B., Pradel, P., Viallon, C., Berdagué, J.L., 1998. J. Dairy Res, 65, 9-21.