

Caractérisation du fromage Bastelicaccia

Erick CASALTA^{a*}, Yolande NOËL^b, Dominique LE BARS^c,
Christophe CARRÉ^d, Christine ACHILLEOS^b, Marie-Xavière MAROSELLI^a

^a Laboratoire de Recherches sur le Développement de l'Élevage, INRA,
Quartier Grossetti, 20250 Corté, France

^b Station de Recherches en Technologie et Analyses Laitières, INRA,
BP 89, 39801 Poligny, France

^c Unité de Biochimie et Structure des Protéines, INRA, Domaine de Vilvert,
78352 Jouy-en-Josas, France

^d Chambre d'Agriculture de la Corse du Sud, 19 avenue N. Franchini, BP 913,
20700 Ajaccio Cedex 9, France

(Reçu le 11 juillet 2000 ; accepté le 23 novembre 2000)

Abstract — Characterization of Bastelicaccia cheese. The cheesemaking parameters and the microbiological, physico-chemical and rheological properties of Bastelicaccia, a soft cheese produced in Corsica, were studied in order to characterize the product. The work was carried out during winter and spring, on 4 farms, two of which transforming goat milk and the two others ewe milk. Bacterial counts revealed that lactococci and leuconostocs (about 8 Log ufc·g⁻¹) were dominant in the cheese microflora while enterococci were less numerous (about 5 Log ufc·g⁻¹). Cheeses made in winter were significantly different ($p < 0.05$) (lower dry matter, lower level of lipolysis, higher level of proteolysis, lower firmness) from cheeses made in spring. The variability in cheesemaking conditions, depending on farmhouse producers, resulted in cheeses with significantly different ($p < 0.05$) physico-chemical and rheological properties. This characterization of Bastelicaccia cheese provides data basis for physico-chemical, microbial and rheological properties in order to develop quality management of the cheese production in the small-scale traditional units.

ewe / goat / milk / cheese

Résumé — Les paramètres de fabrication et les caractéristiques microbiologiques, physico-chimiques et rhéologiques du Bastelicaccia, fromage à pâte molle de Corse, ont été étudiés dans le but de caractériser le produit. Le travail a été réalisé chez 4 producteurs fromagers fermiers, deux transformant du lait de chèvre et deux du lait de brebis, en hiver et au printemps. Les dénombrements réalisés montrent que les lactocoques et les leuconostocs sont dominants dans la microflore du fromage (de l'ordre de 8 Log ufc·g⁻¹), les entérocoques étant présents à un niveau nettement inférieur (environ

* Correspondance et tirés à part

Tél. : (33) 4 95 45 15 16 ; Fax : (33) 4 95 46 11 81 ; e-mail : eca@corte.inra.fr

5 Log ufc·g⁻¹). Le fromage d’hiver présente des caractéristiques significativement différentes ($p < 0,05$) (moins sec, moins lipolysé, plus protéolysé et moins ferme) de celles du fromage de printemps. La variabilité des conditions de fabrication observée d’un producteur à l’autre conduit à des fromages ayant des caractéristiques physico-chimiques et rhéologiques significativement différentes ($p < 0,05$). La caractérisation du Bastelicaccia fournit un référentiel sur les propriétés physico-chimiques, microbiologiques et rhéologiques du fromage, dans la perspective d’une gestion de la qualité de cette production fromagère traditionnelle.

brebis / chèvre / lait / fromage

1. INTRODUCTION

Le fromage Bastelicaccia est une pâte molle à croûte fleurie de Corse. De forme ronde, d’un poids variant de 500 à 700 g, il est fabriqué dans la région d’Ajaccio à partir de lait cru de brebis ou de chèvre. La période de lactation des brebis et des chèvres débutant en novembre et se terminant en juin, la fabrication se fait sur deux saisons : l’hiver et le printemps. Le schéma de fabrication, de type fermier, n’est pas complètement fixé. Les producteurs emploient néanmoins un procédé avec des éléments communs (Fig. 1) : la coagulation est mixte à caractère présure dominant, l’affinage dure 30 j. Cependant, ils introduisent des différences avec le mode d’acidification du caillé. La méthode traditionnelle consiste à favoriser la croissance de la microflore indigène du lait pour acidifier. Depuis quelques années, les producteurs ont amélioré l’hygiène de fabrication, notamment en adoptant des techniques de désinfection, dans l’objectif d’être conforme aux normes européennes, en matière de qualité bactériologique, définies par la Directive 92/46 [16]. Cette évolution se traduit par une diminution sévère des bactéries qui composent la microflore indigène : l’acidification est alors insuffisante et le caillé peut être le siège d’un développement de coliformes se traduisant par des gonflements [8]. Pour pallier ce risque, certains producteurs emploient aujourd’hui des ferments commerciaux. D’autres modifications ont été apportées, notamment le remplacement de la présure artisanale, issue de la caillette de

chevreau, par la présure industrielle. Dans cette évolution, le fromage peut perdre une partie de ses propriétés spécifiques, en particulier celles qui sont associées à l’odeur et au goût. En outre, la variabilité des conditions de fabrication induit une variabilité de la qualité des fromages.

Une simple observation du produit permet de constater que les caractéristiques du

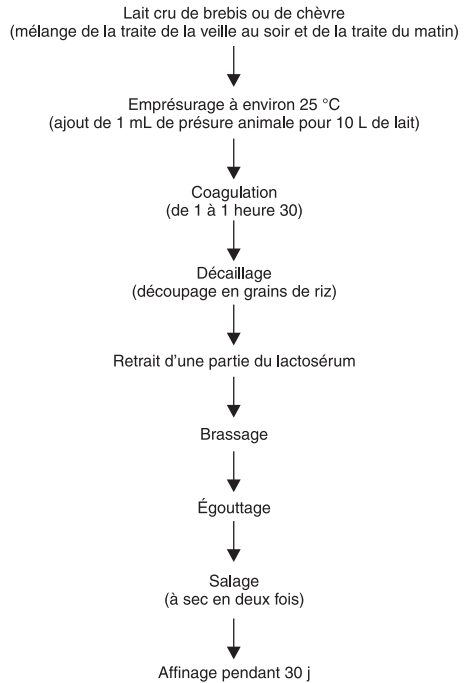


Figure 1. Procédé de fabrication du fromage de Bastelicaccia.

Figure 1. Bastelicaccia cheese process.

fromage Bastelicaccia varient également selon la saison. En hiver, la croûte est totalement recouverte de *Penicillium* ce qui lui confère un aspect velouté, la pâte est relativement humide et crémeuse. Le fromage a tendance à s'aplatir. Au printemps, la croûte est beaucoup moins fleurie, la pâte est plus sèche et le fromage conserve sa forme tronconique.

La caractérisation microbiologique, physico-chimique et rhéologique du fromage, constitue un point de départ d'une démarche dont l'objectif est la conservation et la protection de ses caractéristiques spécifiques. En permettant d'identifier les difficultés technologiques rencontrées par le fromager, elle est aussi incontournable pour le développement d'innovations technologiques aptes à améliorer la qualité du produit tout en préservant son originalité [7]. C'est aussi le moyen de mieux comprendre les mécanismes qui déterminent sa typicité et de fournir les références indispensables à la mise en place d'une appellation d'origine contrôlée [9].

L'objectif du travail présenté était d'évaluer les caractéristiques bactériologiques, physico-chimiques et rhéologiques du fromage, ainsi que leur variabilité en considérant l'effet de « l'espèce » (brebis ou chèvre), l'effet du « producteur » (les pratiques de fabrication) et l'effet de la « saison » (hiver et printemps).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Choix des producteurs et échantillonnage

L'étude a été réalisée chez 4 producteurs, 2 fabriquant du fromage Bastelicaccia avec du lait de chèvre (notés A et B) et 2 avec du lait de brebis (notés C et D). Chez chaque producteur, 5 suivis de fabrication ont été réalisés en hiver (janvier à mars) et 5 suivis au printemps (avril à juin) ce qui représente 10 échantillons de lait et 10 échan-

tillons de fromages par producteur. Au cours de chaque suivi, les paramètres de fabrication suivants ont été mesurés : volume du lait de fabrication, dose de présure, température du lait à l'emprésurage, temps de prise (durée séparant l'emprésurage du moment où le lait commence à gélifier), temps de durcissement (durée séparant le moment où le lait commence à gélifier du moment où le fromager procède au décaillage), temps de coagulation (durée entre l'emprésurage et le moment où le fromager procède au décaillage, c'est-à-dire la somme des 2 temps précédents).

L'échantillonnage a été effectué selon la norme FIL-IDF 50C [19].

2.2. Analyses bactériologiques

La préparation des échantillons a été réalisée selon la norme FIL-IDF 122C [20].

Les dénombrements ont été réalisés sur les échantillons de lait et de fromage à 30 j. Les flores suivantes ont été dénombrées : flore mésophile aérobie totale sur milieu PCA (Difco, Detroit, USA) après 72 h à 30 °C, lactocoques sur milieu M17 (Difco), après 24 h à 30 °C, entérocoques sur milieu Slanetz et Bartley (Merck, Darmstadt, Allemagne), après 48 h à 44 °C, coliformes totaux sur milieu VRBA (Difco), après 24 h à 30 °C, coliformes fécaux, sur VRBA, après 24 h d'incubation à 44 °C. Les leuconostocs ont été dénombrés dans les fromages d'hiver à 30 j, sur milieu MRS additionné de vancomycine (Sigma, Saint-Quentin Fallavier, France) à 30 µg.L⁻¹.

2.3. Analyses physico-chimiques

Les analyses suivantes ont été effectuées sur les laits de fabrication : pH mesuré à température ambiante, avec une électrode de pénétration Schott 6880 (Hofheim, Allemagne), extrait sec (ES) selon la méthode Afnor NF 04-207 [1], matière grasse (MG) selon la méthode Afnor NF 04-210 [2],

calcium (Ca) selon la méthode de Pearce [29] adaptée par Jeunet (communication personnelle), chlorure de sodium (NaCl) par conductimétrie avec un chloruromètre Corning 926 (Halstead, Essex, Angleterre) selon le principe de Volhard.

Sur les fromages à 30 j, les teneurs Ca et NaCl ont été déterminées selon les mêmes méthodes que celles utilisées pour le lait, ES selon la méthode Afnor 04-282 [3], MG selon la méthode de Heiss [24], acidité grasse (AG) suivant la norme FIL-IDF 6B [18] adaptée par Delacroix-Buchet et al. [11], azote total (NT) et soluble (NS) selon la méthode Kjeldhal adaptée aux fromages par Gripon et al. [23], acides aminés libres (aal) par chromatographie liquide haute performance sur colonne échangeuse de cations et dérivation post-colonne par la ninhydrine [6]. Le pH a été mesuré sur les fromages à 7, 15 et 30 j, à mi-rayon et à mi-hauteur de l'échantillon, à température ambiante, avec la même électrode employée pour les laits.

2.4. Analyses rhéologiques

Un test de pénétrométrie a été effectué sur les fromages à 30 j avec l'appareil TA-XT2 (Société RHEO, Champlan, France). Les conditions du test étaient les suivantes : température des échantillons : 19 °C (température de consommation habituelle du fromage) ; outil de pénétration : cylindre à bout plat de 12 mm de diamètre ; vitesse de déplacement : 0,8 mm·s⁻¹, distance de pénétration : 20 mm. Les critères retenus pour apprécier les propriétés rhéologiques du fromage étaient :

- la pente initiale (PO) qui estime les propriétés élastiques à la périphérie du fromage : plus PO est élevé, moins la pâte est élastique,
- la force maximale (FM) qui rend compte de la résistance mécanique du produit : plus FM est élevée, plus le fromage est résistant,

- le déplacement au moment où la force est maximale (DFM), indicateur de la déformabilité : plus DFM est élevé, plus le fromage est déformable.

2.5. Traitements statistiques

Les effets des facteurs « espèce » (2 niveaux : chèvre, brebis), « producteur » (4 niveaux : A, B, C, D) et « saison » (2 niveaux : hiver, printemps) ont été étudiés par analyse de variance. Un test de comparaison des moyennes des variables a été mis en œuvre lorsque l'effet du facteur sur la variable était significatif ($p < 0,05$). Deux analyses en composantes principales (ACP) ont été réalisées avec les variables pour lesquelles l'effet d'au moins 1 facteur était significatif ($p < 0,05$). Une première ACP a été effectuée avec les résultats des analyses physico-chimiques et des mesures rhéologiques, une deuxième avec les résultats des fractions azotées et des tests rhéologiques. Les résultats des ACP sont représentés sous forme de biplot [25] avec les échantillons et les variables dans le même plan. Les traitements statistiques ont été réalisés avec le logiciel SAS version 6.11 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

3. RÉSULTATS

3.1. Paramètres de fabrication

L'analyse de variance (Tab. I) montre que le facteur « producteur » et le facteur « espèce » ont un effet significatif sur les 5 paramètres étudiés. Par contre la « saison » a seulement un effet significatif sur le temps de durcissement et, par suite sur le temps de coagulation. En fait, le temps de durcissement est influencé de manière significative par les 3 facteurs.

Le tableau II présente les moyennes des paramètres de fabrication. Le producteur B se distingue des autres fromagers par

Tableau I. Analyse de la variance des caractéristiques des laits, des paramètres de fabrication et des caractéristiques des fromages à 30 j.**Table I.** Variance analysis of the milk characteristics, of the process parameters and of the 30 d cheese characteristics.

	Facteurs		
	producteur	espèce	saison
LAITS			
Caractéristiques bactériologiques			
flore totale	NS	NS	NS
coliformes totaux	***	NS	NS
coliformes fécaux	*	*	NS
lactocoques	**	*	NS
entérocoques	NS	NS	*
leuconostocs	***	*	nd
Caractéristiques physico-chimiques			
ES	NS	***	NS
MG	NS	***	**
MG/ES	NS	*	NS
Ca	NS	***	***
Ca/ES	NS	NS	NS
NaCl	NS	***	***
NaCl/ES	NS	***	**
pH	NS	*	NS
Paramètres de fabrication			
dose de présure	***	*	NS
température du lait à l'emprésurage	***	*	NS
temps de prise	*	***	NS
temps de durcissement	*	**	***
temps de coagulation	***	***	***
FROMAGES			
Caractéristiques bactériologiques			
flore totale	NS	NS	*
coliformes totaux	NS	NS	**
coliformes fécaux	NS	NS	NS
lactocoques	**	NS	NS
entérocoques	NS	NS	NS
leuconostocs	*	*	nd
Caractéristiques physico-chimiques			
ES	***	***	*
MG	*	***	NS
AG	*	*	**
NT	NS	NS	***
NS/NT	*	NS	***
aal/NT	*	NS	**
NaCl	***	*	**
Ca	*	**	NS
pH	NS	NS	**
Caractéristiques rhéologiques			
PO	**	**	**
FM	***	*	***
DFM	NS	NS	NS

ES : extrait sec ; MG : matière grasse ; AG : acidité grasse ; NT : azote total ; NS : azote soluble ; aal : acides aminés libres ; NaCl : chlorure de sodium ; Ca : calcium ; PO : pente initiale ; FM : force maximale ; DFM : déplacement au moment où la force est maximale. *** : $p < 0,001$; ** : $p < 0,01$; * : $p < 0,05$; NS $p > 0,05$; nd : non déterminé.

ES: total solids; MG: fat; AG: fat acidity; NT: total nitrogen; NS: soluble nitrogen; aal: free amino acids; NaCl: sodium chloride; Ca: calcium; PO: initial slope; FM: maximum strength; DFM: moving when strength is maximum. ***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; NS $p > 0.05$; nd: not determined.

Tableau II. Paramètres de fabrication utilisés par les producteurs de chèvre (A et B) et de brebis (C et D). Moyenne et écart type par producteur (n = 10), par nature du lait (n = 20) et par saison (n = 20).

Table II. Process parameters used by goat cheesemakers (A and B) and ewe cheesemakers (C and D). Mean and standard deviation according to the cheesemaker (n = 10), the milk origin (n = 20), and the season (n = 20).

Facteur	Producteur				Espèce			Saison	
	A	B	C	D	chèvre	brebis	hiver	printemps	
paramètre									
dose de présure (mL·10L ⁻¹ de lait)	0,95 ^b ± 0,06	1,21 ^a ± 0,19	1,01 ^b ± 0,02	0,90 ^b ± 0,08	1,08 ^a ± 0,24	0,95 ^b ± 0,08	0,99 ± 0,03	1,05 ± 0,09	
température du lait à l' emprésurage (°C)	24,1 ^a ± 1,5	27,9 ^b ± 0,4	26,0 ^a ± 2,2	25,1 ^a ± 1,3	26,0 ^a ± 2,2	24,8 ^a ± 1,5	25,7 ± 1,5	25,0 ± 2,3	
temps de prise (min)	28,5 ^c ± 8,1	19,2 ^c ± 4,5	36,5 ^b ± 8,3	46,6 ^a ± 14,0	22,5 ^b ± 7,2	41,5 ^a ± 12,3	33,0 ± 17,1	31,0 ± 10,1	
temps de durcissement (min)	51,4 ^a ± 1,9	42,1 ^b ± 2,9	57,7 ^a ± 12,3	49,8 ^a ± 30,2	46,7 ^a ± 5,7	53,7 ^a ± 19,0	41,8 ^a ± 10,0	58,6 ^a ± 12,3	
temps de coagulation (min)	72,2 ^b ± 8,7	61,3 ^c ± 6,0	94,2 ^a ± 10,1	96,4 ^a ± 16,9	69,2 ^b ± 11,0	95,3 ^a ± 11,4	74,8 ^b ± 13,8	89,7 ^a ± 19,8	

Moyennes significativement différentes (*p* < 0,05) si elles sont affectées de lettres différentes. Means of each parameter significantly different (*p* < 0,05) if pointed with different letters.

l'emploi d'une dose de présure plus élevée et une température à l' emprésurage plus importante. Il obtient ainsi des temps de prise, de durcissement et, par suite des temps de coagulation plus courts.

La moyenne de la dose de présure est significativement plus élevée chez les producteurs de fromage de chèvre. Il en résulte des moyennes de temps de prise et de coagulation significativement plus réduites en fabrication de fromages de chèvre. Enfin, la moyenne du temps de coagulation est significativement plus élevée au printemps.

3.2. Caractéristiques bactériologiques

3.2.1. Laits

L'analyse de variance montre que les facteurs « producteur » et « espèce » ont un effet significatif sur 4 et 3 caractéristiques bactériologiques, respectivement (Tab. I). Les coliformes fécaux, les lactocoques et les leuconostocs sont influencés de manière significative par ces deux facteurs. La « saison » a un effet non significatif sur toutes les variables sauf les entérocoques.

Le tableau III indique les moyennes des dénombrements réalisés sur les laits et les fromages. Les moyennes de la flore totale des laits sont comprises entre 5 et 6 Log ufc·mL⁻¹. La directive CEE 92/46 [16] autorise une population maximale de 5,70 Log ufc·mL⁻¹ pour les laits destinés à être transformés à l'état cru. Les laits de chèvre présentent une moyenne de flore totale juste au-dessus de cette norme européenne. Les populations de coliformes totaux et fécaux sont significativement plus élevées chez D. Les moyennes de population de lactocoques varient fortement selon le producteur (de 3,01 Log ufc·mL⁻¹ chez C à 5,26 Log ufc·mL⁻¹ chez A).

Les moyennes de population d'entérocoques se situent entre 3 et 4 Log ufc·mL⁻¹. Les moyennes de population de leuconostocs présentent des différences significati-

ves entre producteurs, D présentant la plus élevée.

Les laits de chèvre se différencient des laits de brebis par des populations de coliformes fécaux, de leuconostocs significativement plus faibles et une population de lactocoques significativement plus élevée.

Les laits de printemps présentent une population en entérocoques significativement plus élevée que les laits d'hiver.

3.2.2. Fromages

L'analyse de variance (Tab. I) montre que l'effet des facteurs « producteur » et « espèce » est beaucoup moins marqué sur les caractéristiques bactériologiques des fromages (effet significatif sur 2 et 1 variables respectivement) que sur celles des laits.

Le tableau III indique que les lactocoques et les leuconostocs sont dominants dans les fromages à 30 j (de l'ordre de 8 Log ufc·g⁻¹), les entérocoques se situant à des populations environ 1 000 fois plus faibles. Seules les moyennes des lactocoques et des leuconostocs présentent des différences significatives selon le « producteur », les moyennes les plus élevées étant observées chez le producteur C.

Les différences de microflore entre les fromages de chèvre et de brebis ne sont pas significatives, excepté pour les leuconostocs plus nombreux dans les fromages de brebis.

La flore totale et les coliformes totaux sont significativement plus élevés en hiver qu'au printemps (Tab. III).

3.3. Caractéristiques physico-chimiques

3.3.1. Laits

Le facteur « producteur » n'a pas d'effet significatif sur les 8 variables étudiées (Tab. I). Par contre, « l'espèce » a un effet

Tableau III. Dénombrements des flores bactériennes des laits (Log ufc·mL⁻¹) et des fromages (Log ufc·g⁻¹) de chèvre (A et B) et de brebis (C et D) à 30 j. Moyenne et écart type par producteur (n = 10), par nature de lait (n = 20 sauf pour les leuconostocs n = 10) et par saison (n = 20).
Table III. Counts of microflora on milk (Log ufc·mL⁻¹), goat (A and B) and ewe (C and D) cheese (Log cfu·g⁻¹) after 30 d of ripening. Mean and standard deviation according to the cheesemaker (n = 10), the milk origin (n = 20 except for leuconostocs n = 10) and the season (n = 20).

Facteur	Producteur				Nature du lait			Saison	
	A	B	C	D	chèvre	brebis	hiver	printemps	
LAITS									
flore totale	5,94 ± 1,17	6,17 ± 0,76	5,62 ± 1,25	5,66 ± 1,16	6,05 ± 0,95	5,64 ± 1,17	5,62 ± 0,88	6,07 ± 1,20	
coliformes totaux	4,37 ^b ± 1,69	4,79 ^{ab} ± 0,86	4,81 ^{ab} ± 1,12	5,60 ^a ± 1,04	4,58 ± 1,70	5,20 ± 1,14	4,33 ± 1,72	4,49 ± 1,43	
coliformes fécaux	2,44 ^b ± 1,29	2,67 ^b ± 0,76	2,27 ^b ± 1,13	4,44 ^a ± 0,61	2,55 ^b ± 1,28	3,36 ^a ± 1,50	3,58 ± 1,48	3,30 ± 1,18	
lactocoques	5,26 ^a ± 0,71	4,16 ^b ± 0,77	3,01 ^c ± 1,14	4,73 ^{ab} ± 1,41	4,71 ^a ± 0,89	3,87 ^b ± 1,47	4,50 ± 1,19	4,09 ± 1,33	
entérocoques	3,74 ± 1,06	3,76 ± 0,70	3,04 ± 1,34	3,08 ± 0,96	3,75 ± 0,87	3,00 ± 1,15	2,93 ^b ± 1,00	3,87 ^a ± 0,92	
leuconostocs	3,94 ^b ± 0,64	3,04 ^c ± 0,59	3,32 ^{bc} ± 0,33	4,71 ^a ± 0,29	3,49 ^b ± 0,75	4,01 ^a ± 0,79	3,75 ± 0,79	nd	
FROMAGES									
flore totale	8,30 ± 0,60	8,67 ± 0,66	8,81 ± 0,91	8,61 ± 0,66	8,48 ± 0,64	8,71 ± 0,78	8,82 ^a ± 0,61	8,37 ^b ± 0,76	
coliformes totaux	4,90 ± 1,14	5,00 ± 0,81	5,59 ± 0,95	5,32 ± 1,88	4,95 ± 0,93	5,45 ± 1,39	5,84 ^a ± 1,21	4,56 ^b ± 0,92	
coliformes fécaux	3,84 ± 0,62	4,15 ± 0,51	4,43 ± 0,85	4,36 ± 1,47	4,01 ± 0,54	4,40 ± 1,15	4,34 ± 0,93	4,06 ± 0,79	
lactocoques	7,83 ^{ac} ± 0,52	8,37 ^{ab} ± 0,69	8,56 ^b ± 0,77	7,68 ^c ± 0,59	8,10 ± 0,65	8,12 ± 0,81	8,30 ± 0,53	7,92 ± 0,85	
entérocoques	5,65 ± 1,20	5,59 ± 1,46	5,47 ± 0,70	4,99 ± 0,93	5,62 ± 1,30	5,23 ± 0,84	5,58 ± 0,59	5,27 ± 1,42	
leuconostocs	8,36 ^{ab} ± 0,30	8,10 ^b ± 0,12	8,76 ^a ± 0,30	8,64 ^a ± 0,40	8,23 ^b ± 0,25	8,70 ^a ± 0,37	8,47 ± 0,39	nd	

Moyennes significativement différentes ($p < 0.05$) si elles sont affectées de lettres différentes ; nd : non déterminé.
 Means significantly different ($p < 0.05$) if pointed with different letters; nd: not determined.

Tableau IV. Caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre (A et B) et de brebis (C et D). Moyenne et écart type par producteur (n = 10), par nature de lait (n = 20) et par saison (n = 20).

Table IV. Physico-chemical characteristics of the goat (A and B) and ewe (C and D) milk. Mean and standard deviation according to the cheesemaker (n = 10), the milk origin (n = 20) and the season (n = 20).

Variable	Producteur				Espèce			Saison	
	A	B	C	D	chèvre	brebis	hiver	printemps	
ES (g·L ⁻¹)	136,66 ± 10,24	127,72 ± 6,42	175,22 ± 17,11	185,85 ± 18,21	132,19 ^b ± 0,75	180,53 ^a ± 17,90	159,75 ± 31,12	152,98 ± 25,47	
MG (g·L ⁻¹)	50,01 ± 8,35	45,43 ± 5,02	72,40 ± 8,16	75,55 ± 11,75	47,06 ^b ± 6,83	73,9 ^a ± 9,98	64,81 ^a ± 17,05	56,88 ^b ± 14,32	
MG/ES (g·L ⁻¹)	36,22 ± 5,65	35,22 ± 2,78	41,55 ± 5,05	40,58 ± 6,06	36,05 ^b ± 4,33	41,07 ^a ± 5,41	40,49 ± 5,27	36,92 ± 5,17	
Ca (g·L ⁻¹)	1,50 ± 0,34	1,34 ± 0,27	2,28 ± 0,19	2,44 ± 0,48	1,42 ^b ± 0,31	2,36 ^a ± 0,36	2,02 ^a ± 0,66	1,73 ^b ± 0,46	
Ca/ES (%)	1,10 ± 0,28	1,09 ± 0,19	1,30 ± 0,11	1,14 ± 0,47	1,10 ± 0,23	1,23 ± 0,33	1,20 ± 0,38	1,12 ± 0,19	
NaCl (g·L ⁻¹)	2,16 ± 0,40	2,13 ± 0,36	1,57 ± 0,39	1,61 ± 0,44	2,15 ^a ± 0,37	1,57 ^b ± 0,41	2,17 ^a ± 0,34	1,57 ^b ± 0,41	
NaCl/ES (%)	1,59 ± 0,32	1,62 ± 0,26	0,79 ± 0,34	0,81 ± 0,23	1,61 ^a ± 0,29	0,81 ^b ± 0,29	1,33 ^a ± 0,55	1,07 ^b ± 0,41	
pH	6,63 ± 0,06	6,70 ± 0,07	6,56 ± 0,11	6,63 ± 0,94	6,67 ^a ± 0,07	6,59 ^b ± 0,10	6,62 ± 0,11	6,64 ± 0,08	

ES : extrait sec ; MG : matière grasse ; NaCl : chlorure de sodium ; Ca : calcium. Moyennes significativement différentes ($p < 0,05$) si elles sont affectées de lettres différentes.

ES: total solids; MG: fat; NaCl: sodium chloride; Ca: calcium. Means significantly different ($p < 0.05$) if pointed with different letters.

significatif sur toutes les variables sauf sur le rapport Ca/ES. La « saison » a un effet significatif sur 4 variables.

Le tableau IV présente les moyennes des caractéristiques physico-chimiques des laits. Les laits de brebis se distinguent de manière significative des laits de chèvre par des taux d'ES, de MG, MG/ES et Ca plus élevés, des taux de NaCl, NaCl/ES et un pH plus faibles. Les laits d'hiver se différencient des laits de printemps par des taux de MG, Ca, NaCl et NaCl/ES significativement plus élevés.

3.3.2. Fromages

L'effet « producteur » est significatif sur 7 variables parmi les 9 étudiées, « l'espèce » sur 5 et la « saison » sur 7 (Tab. I). Les variables ES, AG et NaCl sont influencées de manière significative par les 3 facteurs.

Le tableau V montre les moyennes des caractéristiques physico-chimiques des fromages. Les moyennes de ES, MG, Ca, NaCl, NS/NT et AG sont significativement différentes selon le « producteur ». L'AG varie du simple au double selon ce facteur. Les fromages de chèvre sont significativement plus secs, plus gras, plus salés plus lipolysés et moins riches en Ca que les fromages de brebis.

Les fromages de printemps sont significativement plus secs, plus lipolysés, moins salés et moins acides que les fromages d'hiver. De plus, ils sont significativement plus concentrés en NT et moins protéolysés que les fromages d'hiver.

La moyenne du taux aal/NT est moins élevée dans les fromages de printemps mais la différence avec les fromages d'hiver n'est pas significative. Les acides aminés libres dominants sont la valine, la leucine et l'acide glutamique.

3.3.3. Évolution du pH

La moyenne du pH des laits se situe entre 6,63 (A) et 6,70 (B) en chèvre et 6,56 (C) et 6,63 (D) en brebis. Deux échantillons de lait de printemps chez A, 3 chez C et 1 chez D présentent un pH inférieur à 6,60. La moyenne du pH des laits de chèvre (6,67) est significativement plus élevée que celle de brebis (6,59). Il y a peu de différence de pH entre les laits d'hiver et les laits de printemps. La figure 2 représente l'évolution de la moyenne du pH des fromages de chèvre (Fig. 2a) et des fromages de brebis (Fig. 2b) en hiver et au printemps. Pour les 2 types de fromages, le pH après 7 j se situe entre 4,5 et 5. Il reste relativement stable entre le 7^e et le 15^e j, puis il augmente progressivement entre le 15^e et le 30^e j. La remontée de pH est assez limitée puisqu'à 30 j les valeurs sont pour la plupart inférieures à 5,5. Par contre, la remontée de pH est moins rapide dans les fromages de brebis (pH à 30 j aux environs de 5 contre 5,2 à 5,7 en chèvre). Les différences entre producteurs sont aussi moins marquées en brebis.

3.4. Caractéristiques rhéologiques

Les 3 facteurs, « producteur », « espèce », « saison », ont un effet significatif sur la pente et la force maximale (Tab. I). Les fromages du producteur A se distinguent significativement des autres produits par une pente et une force maximale plus élevées (Tab. V). Ils présentent donc une élasticité moins élevée, c'est-à-dire une rigidité plus grande, et une résistance mécanique beaucoup plus grande que celles des autres fromages dont les propriétés rhéologiques sont assez similaires. Les fromages de chèvre se différencient des fromages de brebis par une pente et une force maximale plus élevées. Ils sont donc moins élastiques et offrent une plus grande résistance mécanique que ceux de brebis. Les fromages de printemps sont 2 fois moins élastiques et 2 fois plus résistants que ceux d'hiver.

Tableau V. Caractéristiques physico-chimiques, fractions azotées et caractéristiques rhéologiques des fromages de chèvre (A et B) et de brebis (C et D) à 30 j. Moyenne et écart-type par producteur (n = 10), par nature de lait (n = 20) et par saison (n = 20).

Table V. Physico-chemical characteristics, nitrogen fractions and rheological characteristics of the goat (A and B) and ewe (C and D) cheeses after 30 d of ripening. Mean and standard deviation according to the cheesemaker (n = 10), the milk origin (n = 20) and the season (n = 20).

Variable	Producteur				Espèce			Saison	
	A	B	C	D	chèvre	brebis	hiver	printemps	
ES (g·kg ⁻¹)	643,70 ^a ± 50,42	550,23 ^{bc} ± 44,23	569,48 ^b ± 37,53	531,61 ^c ± 57,65	596,95 ^a ± 66,45	550,54 ^b ± 51,18	554,90 ^b ± 56,23	592,49 ^a ± 65,27	
MG (g·kg ⁻¹)	352,75 ^a ± 41,13	312,50 ^b ± 27,41	282,50 ^d ± 47,27	258,50 ^{bc} ± 45,99	332,62 ^a ± 39,79	270,50 ^b ± 47,03	291,50 ^b ± 58,10	311,62 ± 46,30	
MG/ES (%)	54,77 ± 4,50	56,85 ± 3,37	49,79 ± 5,38	48,53 ± 5,42	55,81 ^a ± 4,01	49,16 ^b ± 5,30	52,38 ± 6,37	52,59 ± 5,81	
Ca (g·kg ⁻¹)	4,42 ^a ± 0,86	3,44 ^b ± 1,00	4,75 ^a ± 0,89	5,18 ^a ± 0,94	3,93 ^b ± 1,04	4,97 ^a ± 0,92	4,34 ± 0,83	4,56 ± 1,33	
Ca/ES (%)	0,69 ± 0,14	0,63 ± 0,19	0,83 ± 0,14	0,97 ± 0,15	0,66 ^b ± 0,16	0,90 ^a ± 0,16	0,78 ± 0,16	0,77 ± 0,24	
NaCl (g·kg ⁻¹)	23,82 ^a ± 8,72	17,81 ^{bc} ± 3,20	14,39 ^c ± 3,56	20,87 ^{ab} ± 4,64	20,81 ^a ± 7,15	17,63 ^b ± 5,22	21,65 ^a ± 5,47	16,79 ^b ± 6,43	
AG (mg d'acide laannique·g ⁻¹ de MG)	7,00 ^b ± 1,80	10,72 ^a ± 2,46	5,47 ^c ± 1,94	8,24 ^{ab} ± 2,10	8,86 ^a ± 3,17	6,88 ^b ± 1,40	6,60 ^b ± 1,03	9,11 ^a ± 1,26	
pH	5,69 ± 0,35	5,49 ± 0,55	5,49 ± 0,70	5,28 ± 0,24	5,59 ± 0,46	5,38 ± 0,36	5,32 ^b ± 0,40	5,65 ^a ± 0,39	
NT (g·kg ⁻¹)	30,26 ± 9,94	25,56 ± 8,63	29,21 ± 10,42	27,40 ± 13,53	27,91 ± 9,38	28,30 ± 11,79	20,53 ^b ± 6,92	35,69 ^a ± 7,62	
NS (g·kg ⁻¹)	4,71 ^b ± 2,09	6,21 ^a ± 1,89	6,05 ^a ± 1,24	4,66 ^b ± 1,32	5,46 ± 2,09	5,36 ± 1,44	5,75 ± 2,04	5,06 ± 1,42	
NS/NT (%)	18,21 ^b ± 13,04	28,35 ^a ± 15,02	22,36 ^{ab} ± 7,25	19,87 ^b ± 8,29	23,28 ± 14,65	21,10 ± 7,68	29,73 ^a ± 11,63	14,64 ^b ± 4,58	
aal (g·kg ⁻¹)	4,52 ^{ab} ± 1,84	3,68 ^b ± 0,74	5,82 ^a ± 1,86	3,92 ^b ± 1,57	4,10 ± 1,43	4,87 ± 1,94	3,70 ^b ± 0,97	5,27 ^a ± 1,97	
aal/NT (%)	0,16 ^a ± 0,07	0,16 ^a ± 0,07	0,20 ^a ± 0,04	0,15 ^a ± 0,04	0,16 ± 0,07	0,17 ± 0,05	0,19 ^a ± 0,05	0,15 ^a ± 0,06	
PO (N·mm ⁻¹)	11,15 ^a ± 9,04	5,01 ^b ± 3,02	4,43 ^b ± 2,83	3,72 ^b ± 4,48	8,04 ^a ± 7,39	4,07 ^b ± 3,76	3,83 ^b ± 2,74	8,34 ^a ± 7,68	
FM (N)	41,12 ^a ± 26,97	16,78 ^b ± 9,15	16,55 ^b ± 8,50	16,47 ^b ± 15,25	28,79 ^a ± 23,46	16,51 ^b ± 12,35	15,31 ^b ± 9,10	30,22 ^a ± 24,28	
DFM (mm)	4,02 ± 0,72	5,67 ± 4,66	4,65 ± 0,83	5,80 ± 1,31	4,85 ± 3,48	5,23 ± 1,22	5,07 ± 1,26	5,02 ± 3,46	

ES : extrait sec ; MG : matière grasse ; AG : acidité grasse ; NT : azote ; NS : azote ; NS : azote aminés libres ; NaCl : chlorure de sodium ; Ca : calcium ; PO : pente initiale ; FM : force maximale ; DFM : déplacement au moment où la force est maximale. Moyennes significativement différentes ($p < 0,05$) si elles sont affectées de lettres différentes.

ES: total solids; MG: fat; AG: fat acidity; NT: total nitrogen; NS: soluble nitrogen; aal: free amino acids; NaCl: sodium chloride; Ca: calcium; PO: initial slope; FM: maximum strength; DFM: moving when strength is maximum. Means significantly different ($p < 0.05$) if pointed with different letters.

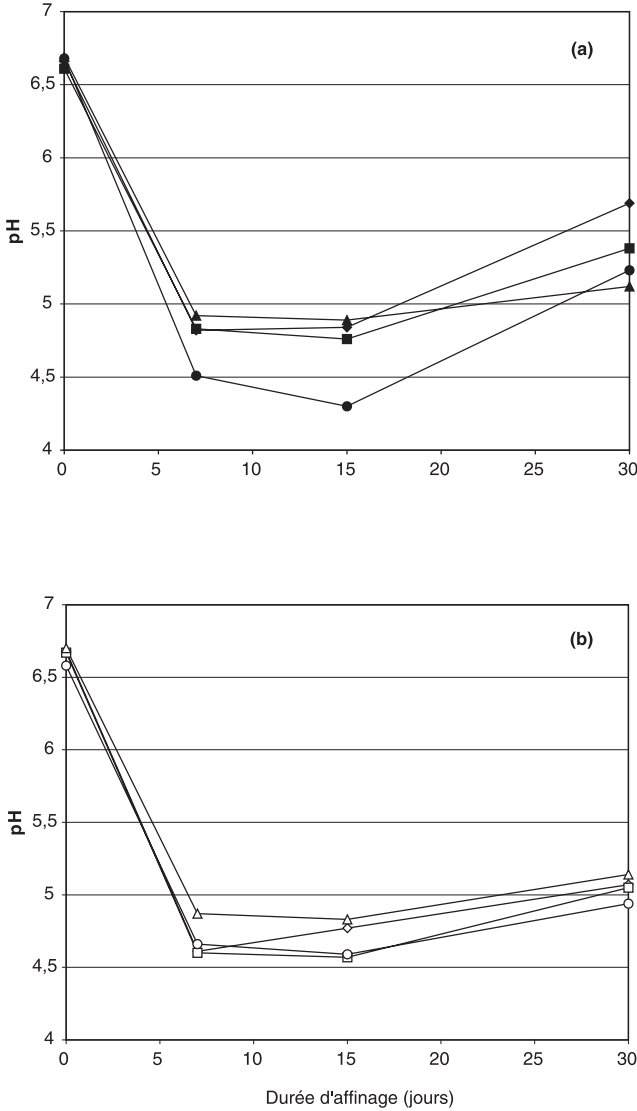


Figure 2. Évolution de la moyenne du pH des fromages pendant l'affinage ; (a) fromages de chèvre d'hiver des producteurs A (◆) et B (■), de printemps des producteurs A (▲) et B (●) ; (b) fromages de brebis d'hiver des producteurs C (◇) et D (□), de printemps des producteurs C (△) et D (○). **Figure 2.** Cheese pH mean change during ripening; (a) goat cheeses of winter from cheesemakers A (◆) and B (■) of spring from cheesemakers A (▲) and B (●); (b) ewe cheeses of winter from cheesemakers C (◇) and D (□), of spring from cheesemakers C (△) and D (○).

3.5. Analyses en composantes principales

Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) des analyses physico-chimiques et des mesures rhéologiques de l'ensemble des échantillons sont représentés sur la figure 3. Les 2 premiers axes prin-

cipaux (PC1 et PC2) expliquent 57 % de la variance totale. L'axe PC1 oppose la variable DFM, indicateur de déformabilité aux indicateurs d'élasticité (PO), de résistance mécanique (FM) et à la teneur en MG. L'axe PC2 est défini par les teneurs en Ca, NaCl d'une part, l'AG d'autre part. La variabilité des fromages de brebis s'exprime

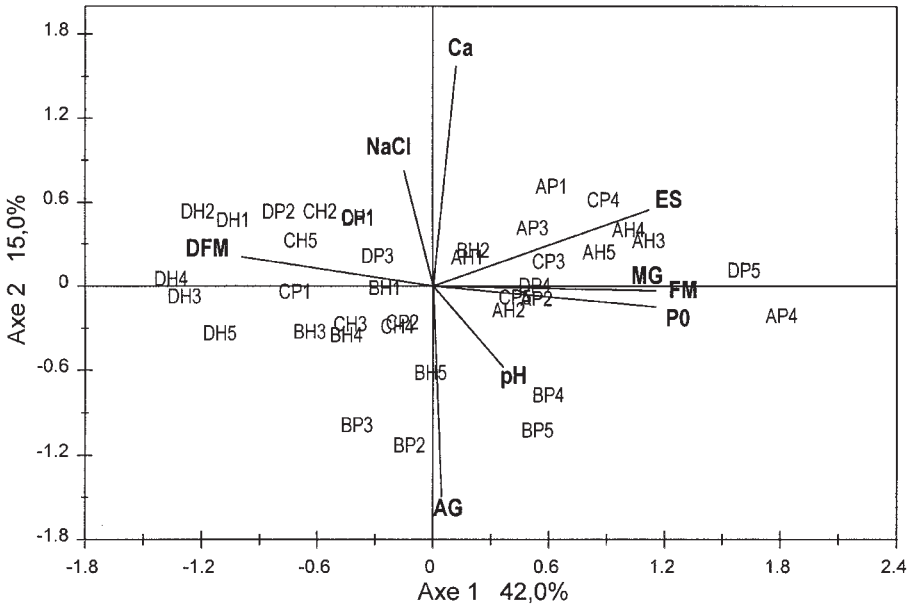


Figure 3. Représentation biplot des données de rhéologie (PO, pente ; FM, force maximale ; DFM, déplacement au moment où la force est maximale) et de physico-chimie (ES, extrait sec ; MG, matière grasse ; AG, acidité grasse ; Ca, calcium ; NaCl, chlorure de sodium). Codes des échantillons : A et B, fromages de chèvre ; C et D, fromages de brebis ; H, fromages d'hiver ; P, fromages de printemps.

Figure 3. Biplot representation of rheological data (PO, initial slope; FM, maximum strength; DFM, moving when the strength is maximum) and of physico-chemical data (ES, total solids; MG, fat; AG, fat acidity; Ca, calcium; NaCl, sodium chloride). Sample codes: A and B, goat cheese; C and D, ewe cheese; H, winter cheese; P, spring cheese.

plutôt par les variables rhéologiques, car les fromages sont plutôt dispersés le long de l'axe PC1. La variabilité des fromages de chèvre s'exprime plutôt par les caractéristiques physico-chimiques. Les échantillons du producteur B, situés dans la partie inférieure de l'axe PC2, sont moins secs, plus lipolysés et moins minéralisés que les échantillons de A, placés dans la partie supérieure de l'axe PC2. L'effet « saison » est davantage marqué pour les fromages de D et B. Pour ces deux producteurs, les fromages de printemps présentent des caractéristiques plus variables que les fromages d'hiver.

La figure 4 présente les résultats de l'ACP réalisée avec les fractions azotées et les paramètres rhéologiques pour l'ensemble des échantillons. Les 2 premiers axes principaux (PC1 et PC2) expliquent 83,4 % de la variance totale. L'axe PC1 est déterminé par les variables rhéologiques et l'axe PC2 par les variables de protéolyse. En brebis, les échantillons du producteur D sont séparés par l'axe PC1. La plupart de ces fromages sont moins protéolysés et ont un indicateur de déformabilité (DFM) plus élevé que les échantillons du producteur C. En chèvre, les échantillons du producteur B sont séparés par l'axe PC2, les échantillons

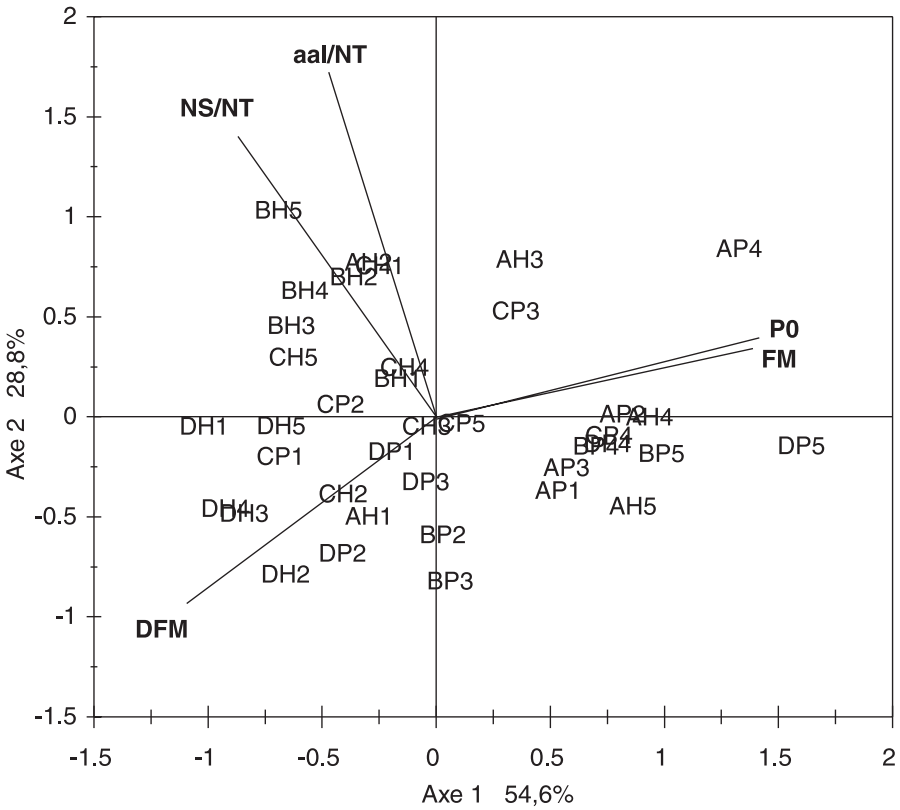


Figure 4. Représentation biplot des données de rhéologie (PO, pente ; FM, force maximale ; DFM, déplacement au moment où la force est maximale) et de protéolyse (NS/NT, azote soluble/azote total, aal/NT, acides aminés libres/azote total). Codes des échantillons : A et B, fromages de chèvre ; C et D, fromages de brebis ; H, fromages d’hiver ; P, fromages de printemps.

Figure 4. Biplot representation of rheological data (PO, initial slope; FM, maximum strength; DFM, moving when the strength is maximum) and proteolysis data (NS/NT, soluble nitrogen/total nitrogen, aal/NT, free amino acids/total nitrogen). Sample codes: A and B, goat cheese; C and D, ewe cheese; H, winter cheese; P, spring cheese.

de A étant plus dispersés sur le diagramme. La plupart des fromages d’hiver se situent plutôt dans la partie à gauche du plan (résistance mécanique plus faible, élasticité et déformabilité plus élevées) alors que les fromages de printemps sont localisés plutôt sur la partie à droite du plan. L’effet saison est plus marqué chez les producteurs D et B.

4. DISCUSSION

La présence assez importante de coliformes totaux dans les laits montre qu’il est essentiel de réduire les risques de contamination du lait en amont, notamment lors de la traite, et de refroidir plus rapidement le lait de la traite du soir.

Les populations de lactocoques dans les laits sont significativement différentes selon le producteur. L'évolution du pH du fromage ne semblant pas directement liée à ces micro-organismes, les entérocoques et d'autres bactéries non dénombrées (lactobacilles) pourraient intervenir dans l'acidification.

Les populations d'entérocoques dans les fromages affinés sont comparables à celles observées dans le fromage portugais Picante élaboré à partir d'un mélange de lait de brebis et de lait de chèvre [21] et dans le fromage espagnol Ibore [27]. Bien que ces bactéries libèrent des composés d'arôme [10] et des peptides qui stimulent la croissance des lactocoques et des leuconostocs [14], leur effet sur la qualité sensorielle des fromages n'est pas encore établi de façon indiscutable [32]. Les leuconostocs représentent également une flore importante du Bastelicaccia. Leur présence a été mise en évidence dans des fromages de chèvre [17] et de brebis comme le Roquefort [13]. Leur population de l'ordre de $8 \text{ Log cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ dans le fromage Bastelicaccia d'hiver est similaire à celle du Crottin de Chavignol [15]. Par leur population élevée et la capacité de certaines espèces à fermenter le citrate en produits d'arôme comme le diacétyle, les leuconostocs pourraient intervenir dans le développement des caractéristiques organoleptiques du Bastelicaccia.

Il existe des différences importantes de paramètres technologiques entre producteurs. Ces différences traduisent des variations dans le procédé de fabrication et ont des effets sur les caractéristiques du produit fini. Le fait que les temps de prise, de durcissement et de coagulation soient significativement moins élevés en fabrication à partir de lait de chèvre résulte en partie d'une dose de présure plus élevée. Chez le producteur B, ceci peut être relié au taux plus élevé de NS/NT des fromages. Ces résultats vont dans le sens des travaux réalisés sur d'autres fromages. Berdagué et Grappin [4] ont montré que les teneurs en calcium et

en chlorure de sodium du Comté sont principalement influencées par le facteur « fromagerie », le pH et l'extrait sec par le facteur « conditions d'affinage ». Martin et Coulon [26] ont mis en évidence un lien entre la variabilité importante des caractéristiques chimiques et sensorielles du reblochon fermier et les paramètres technologiques du travail en cuve.

D'autres paramètres comme la température et l'hygrométrie du hâloir d'affinage qui ont un effet direct, notamment sur l'ES du fromage, mériteraient d'être étudiés. En effet, ces conditions étant dépendantes des paramètres météorologiques, elles sont très fluctuantes (au cours de la saison, voire de la journée). Il y a également des paramètres non mesurables liés au savoir-faire du fromager comme la manière de casser et de brasser le caillé, de saler qui ont une influence sur les propriétés du produit fini.

L'analyse statistique multidimensionnelle réalisée en considérant les fractions azotées et les propriétés rhéologiques met en évidence une assez grande variabilité des fromages d'un même producteur.

La variabilité des pratiques de fabrication implique que si les fromagers s'engagent dans une démarche de mise en place d'un signe de qualité, ils devront s'accorder sur un choix de paramètres de fabrication conduisant à des fromages dont les caractéristiques spécifiques seront mieux contrôlées, tout en conservant une certaine diversité liée à chaque producteur. En effet, aujourd'hui, l'exigence d'un produit irréprochable du point de vue sanitaire coexiste avec celle d'un produit « typé », ayant un goût qui permet de l'identifier parmi d'autres [12]. Il est donc essentiel pour l'avenir des fromages fermiers locaux de répondre à un double objectif : une qualité élevée et la préservation de la diversité liée, notamment, à la fabrication dans de petits ateliers.

L'espèce animale a un effet significatif sur l'extrait sec du fromage. Le fromage de chèvre est plus sec que le fromage de brebis alors que c'est l'inverse pour les laits.

Le fromage de chèvre aurait donc une plus grande aptitude à l'égouttage qui s'expliquerait par le fait que le lait de chèvre a une teneur en matière grasse inférieure à celle du lait de brebis. En effet, Pesenti [30] a mis en évidence qu'une teneur élevée en matière grasse dans le lait limite l'égouttage. L'extrait sec plus élevé du fromage de chèvre conduit à une pâte présentant une résistance mécanique plus forte que celle du fromage de brebis. L'espèce a également un effet significatif sur le degré de lipolyse. Le fromage de chèvre présente ainsi une plus grande aptitude à la lipolyse.

Le fromage d'hiver et celui de printemps présentent des caractéristiques physico-chimiques très distinctes. L'extrait sec est beaucoup plus faible en hiver qu'au printemps. Cette différence peut s'expliquer par des variations des conditions d'égouttage et d'affinage (température plus élevée et hygrométrie plus faible au printemps). Le fromage d'hiver est significativement plus salé que celui de printemps. Or les producteurs salent de la même manière en hiver et au printemps. Cette différence pourrait s'expliquer par une température plus élevée du local d'égouttage au printemps, qui induirait une migration du taux de sel dans le lactosérum plus élevée à cette saison. Le fromage d'hiver est davantage protéolysé que celui de printemps ce qui pourrait s'expliquer par une humidité supérieure favorisant la croissance et l'action protéolytique des bactéries, notamment de certains entérocoques. Le rapport NS/NT du Bastelicaccia (de l'ordre de 20 %) est comparable à celui du fromage espagnol au lait de chèvre Ibores [27]. Deux acides aminés libres dominants du Bastelicaccia, la leucine et l'acide glutamique, sont aussi dominants dans le fromage de chèvre Sainte-Maure [5].

Les différences de caractéristiques physico-chimiques des fromages selon la saison peuvent être mises en relation avec les différences de propriétés rhéologiques. La protéolyse plus élevée du fromage d'hiver,

associée à un extrait sec plus faible, conduit à une pâte plus élastique. L'extrait sec plus élevé du fromage de printemps est à relier à une pâte plus ferme. Une différence similaire a été mise en évidence entre le Reblochon fermier d'hiver et celui d'été [26]. Avec l'évolution des fromageries et des pratiques de fabrication, notamment sous la pression des distributeurs qui désirent un fromage régulier tout au long de l'année, ces différences pourraient être réduites, voire gommées. Ceci représente un risque pour le maintien des caractéristiques spécifiques du fromage. La mise en œuvre de solutions techniques, comme l'emploi de levains spécifiques constitués de souches locales de bactéries lactiques [22, 31], l'utilisation de présures artisanales [28], permettrait aux fromagers de conserver ce qui fait l'originalité du produit tout en maîtrisant la fabrication.

5. CONCLUSION

Cette étude fournit des éléments de connaissance des caractéristiques microbiologiques, physico-chimiques et rhéologiques du fromage Bastelicaccia.

Les caractéristiques du fromage varient beaucoup selon le producteur, ce qui signifie que des éléments du schéma de fabrication dépendent des choix du producteur. De plus, le fromage d'hiver est bien différent du fromage de printemps.

Les résultats obtenus dans cette étude constituent donc un premier référentiel pour définir ce qui caractérise le fromage d'hiver et celui de printemps. Ce référentiel peut également être mobilisé dans la perspective de réduire la variabilité du fromage selon le site de fabrication sans pour autant gommer ce qui fait l'identité du fromage élaboré par chaque producteur.

Il devra être complété non seulement en prenant en considération les pratiques d'autres producteurs, mais aussi en précisant le

rôle de l'alimentation des animaux et celui des bactéries composant la microflore indigène des laits sur les caractéristiques finales du produit, y compris les propriétés sensorielles.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient sincèrement les producteurs fromagers P.-A. Canessa, A. Casalta, D. Piani, P. Salini pour leur participation à ce travail, ainsi que B. Duris (Inra, Lrde, France) pour son aide technique. Les auteurs remercient également J.-M. Masselot (Chambre d'Agriculture de Corse du Sud, Ajaccio, France) pour son appui technique, P. Schlich (Inra, Laboratoire des Arômes, Dijon, France) pour leur avoir permis d'utiliser une macro commande développée avec SAS software (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

RÉFÉRENCES

- [1] AFNOR, Lait. Détermination de la matière sèche. NF V04 207, in : AFNOR (Ed.), Recueil de normes françaises. Laits et produits laitiers. Méthodes d'analyse, Paris La Défense (1980), pp. 33–34.
- [2] AFNOR, Lait. Détermination de la teneur en matière grasse (méthode acido-butylrométrique). NF V04 210, in : AFNOR (Ed.), Recueil de normes françaises. Laits et produits laitiers. Méthodes d'analyse, Paris La Défense (1980), pp. 33–45.
- [3] AFNOR, Fromages. Détermination de la matière sèche (méthode par étuvage). NF V04 282, in : AFNOR (Ed.), Recueil de normes françaises. Laits et produits laitiers. Méthodes d'analyse, Paris La Défense (1980), pp. 104–105.
- [4] Berdagué J.L., Grappin R., Affinage et qualité du Gruyère de Comté. II. Influence de l'affinage sur l'évolution des caractéristiques physicochimiques des fromages, *Lait* 67 (1987) 237–247.
- [5] Bordet F., Évolution biochimique du fromage de chèvre de Sainte Maure au cours de l'affinage, *Ind. Agric. Aliment.* 4 (1990) 241–249.
- [6] Bütikofer U., Ardö Y., Quantitative determination of free amino acids in cheese, *Bull. IDF* 337 (1999) 24–32.
- [7] Casalta R., Les fromages au lait de brebis et de chèvre dans les pays méditerranéens de l'Union Européenne, *Les dossiers du Cirval* 3 (1998) 13 p.
- [8] Casalta E., Casabianca F., de Sainte-Marie C., Des souches microbiennes locales aux levains spécifiques : position des producteurs de fromages de Corse, *Cah. Agric.* 5 (1996) 423–433.
- [9] Chamba J.F., Delacroix-Buchet A., Berdagué J.L., Clément J.F., Une approche globale de la caractérisation des fromages : l'exemple du fromage de Beaufort, *Sci. Aliments* 14 (1994) 581–590.
- [10] Choisy C., Desmazeaud M., Gueguen M., Lenoir J., Schmidt J.L., Tourneur C., Les phénomènes microbiens, in : Eck A., Gillis J.E. (Eds), *Le fromage*, Lavoisier Technique et Documentation, Paris, France, 1997, pp. 377–446.
- [11] Delacroix-Buchet A., Degas C., Lamberet G., Vassal L., Influence des variants AA et FF de la caséine caprine α_{s1} sur le rendement fromager et les caractéristiques sensorielles, *Lait* 76 (1996) 217–241.
- [12] Delfosse C., Fromages. Tradition et modernité, Réussir, La chèvre 196 (1993) 38–40.
- [13] Devoyod J.J., Muller M., La flore microbienne du fromage de Roquefort. III. Les streptocoques lactiques et les leuconostocs. Influence des différents microorganismes de contamination, *Lait* 49 (1969) 369–399.
- [14] Devoyod J.J., Desmazeaud M.J., Les associations microbiennes dans le fromage de Roquefort. I. Action des entérocoques vis-à-vis des streptocoques lactiques et des leuconostocs, *Lait* 50 (1970) 374–390.
- [15] Devoyod J.J., Poullain F., Les leuconostocs. Propriétés : leur rôle en technologie laitière, *Lait* 3 (1988) 249–280.
- [16] Directive 92/46/CEE du Conseil des Communautés Européennes, Directive arrêtant les règles sanitaires pour la production et la mise sur le marché de lait cru, de lait traité thermiquement et de produits à base de lait, *Journal Officiel des Communautés Européennes* du 14-09-1992, 31p.
- [17] Fatichenti F., Deiana P., Farris G.A., Soggia G., Études microbiologiques sur le lait et le fromage de chèvre en Sardaigne, *Lait* 59 (1979) 387–400.
- [18] FIL-IDF, Free fatty acids in milk and milk products, standard 6B, *Int. Dairy Fed.*, Brussels, Belgium (1987).
- [19] FIL-IDF, Lait et produits laitiers. Guide de l'échantillonnage, standard 50C, *Int. Dairy Fed.*, Brussels, Belgium (1995).
- [20] FIL-IDF, Lait et produits laitiers. Préparation des échantillons et des dilutions en vue de l'examen microbiologique, standard 122C, *Int. Dairy Fed.*, Brussels, Belgium (1996).
- [21] Freitas A.C., Malcata F.X., Influence of milk type, coagulant, salting procedure and ripening time on the final characteristics of Picante cheese, *Int. Dairy J.* 6 (1996) 1099–1116.

- [22] Gonzales-Crespo J., Mas M., Estudio del empleo de fermentos iniciadores autoctonos en la elaboracion de queso de cabra de pasta prensada, con leche pasteurizada, *Aliment. junio* (1993) 51–53.
- [23] Gripon J.C., Desmazeaud M.J., Le Bars D., Bergère J.L., Étude du rôle des microorganismes et des enzymes au cours de la maturation du fromage, *Lait* 548 (1975) 502–516.
- [24] Heiss E., Essais de dosage de la matière grasse dans le fromage par des méthodes rapides, *Deut. Molk. Ztg.* 82 (1961) 67–70.
- [25] Krzanowski W.J., *Principles of Multivariate Analysis*, Oxford Science publications Clarendon Press, Oxford, 1988.
- [26] Martin B., Coulon J.B., 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 (1995) 133–149.
- [27] Mas Mayoral M., Timon Esteban J., Gonzales Crespo J., Queso de los Ibore: Caracterizacion productiva, fisicoquimica y microbiologica, *Sep. Arch. Zootec.* 40 (1991) 359–369.
- [28] Papoff C.M., Ferranti P., Pirisi A., Pirreda G., Mauriello R., Chianese L., Ripening of AOC pecorino cheese. Influence of the commercial type of rennet. Symposium « Amélioration de la caractérisation et des qualités sensorielles des fromages », Besançon, 26–28 février 1996.
- [29] Pearce K.N., The complexometric determination of calcium in dairy products, *N.Z.J. Dairy Sci. Technol.* 12 (1977) 113–115.
- [30] Pesenti V., Cohésion des fromages à pâtes pressée cuite : caractérisation rhéologique et influence des facteurs technologiques sur les mécanismes de formation de la cohésion, thèse de l'École Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes, 1998, 197 p.
- [31] Requena T., De la Fuente M.A., Fernandez de Palencia P., Juarez M., Pelaez C., Evaluation of a specific starter for the production of semi-hard goat's milk cheese, *Lait* 72 (1992) 437–448.
- [32] Richard J.A., Les entérocoques dans les fromages : une menace discutable pour quelques consommateurs à risque, une amélioration possible de la qualité des fromages au lait cru... ou pasteurisé, *Sci. Aliments* 20 (2000) 143–152.