

Optimisation de fabrication de fromage artisanal de chèvre (fromage premier français) / M. el Azzi ; sous la direction du Dr A. Bassal. — Extrait de : Annales de recherche scientifique. — N° 6 (2005), pp. 125-143.

Bibliographie. Figures. Tableaux.

I. Produits laitiers. II. Fromage fermier — France. III. Fromage — France.

Bassal, A.

PER L1049 / FA193890P

## OPTIMISATION DE FABRICATION DE FROMAGE ARTISANAL DE CHÈVRE (FROMAGE FERMIER FRANÇAIS)

M. EL AZZI<sup>(1)</sup>

Sous la direction du Dr A. BASSAL<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Université Saint-Esprit Kaslik,  
Faculté des Sciences Agronomiques,  
B.P. 446 Jounieh, Liban

<sup>(2)</sup>Institut des Recherches Agronomiques du Liban  
Laboratoire de Fanar, Jdeidet el-Metn

### RÉSUMÉ

Cette étude vise à optimiser la fabrication du fromage fermier français (type Crottin). Ce fromage de chèvre est à pâte lactique fraîche. Il a été fabriqué selon un Plan Composite Centré en variant le taux de ferment lactique (1 - 4%), et le taux de présure (3 - 8,8 mg/1,5 litre du lait de chèvre).

La réalisation du projet est effectuée à l'industrie laitière « Marj » au centre agricole du nord (CAN), Fondation René Mouawad, Zghorta, en collaboration avec l'Institut des Recherches Agronomiques Libanais (IRAL) au Fanar.

Les analyses microbiologiques ont montré que le fromage est conforme à la norme libanaise, Libnor 221 (2002). Le traitement statistique des analyses physico-chimiques du fromage a montré que le pH, l'acidité, le taux de cendre et le rendement sont influencés significativement ( $P < 0,05$ ) par le taux de ferment et de la présure.

L'évaluation sensorielle montre que l'aspect de la pâte est lié au manipulateur et à la composition du lait. La texture, en la coupant au couteau, montre un caractère collant très influencé par le ferment et la présure ( $P < 0,01$ ).

L'odeur du lait fermenté acidifié du fromage est influencée ( $P < 0,05$ ) par le ferment et la présure. L'odeur aigrette dépend d'une manière significative

( $P < 0,05$ ) du ferment. Par contre, l'odeur de chèvre est influencée ( $P < 0,05$ ) par la quantité de présure.

Les saveurs acide, salée et chèvre du fromage sont influencées significativement ( $P < 0,05$ ) par le ferment et la présure. Les saveurs amère et rance dépendent significativement ( $P < 0,05$ ) du ferment. La texture fondante en bouche du fromage montre une influence très significative ( $P < 0,01$ ) du ferment.

L'optimum de désirabilité est obtenu pour le fromage fabriqué avec 2,4% ferment lactique et 8,8 mg présure/l,5 litre du lait de chèvre.

**Mots clés :** Lait, chèvre, fromage, qualité, évaluation sensorielle, plan d'expérience, désirabilité.

## ABSTRACT

This project aims to optimize the making of a French farmhouse cheese (type Crottin). This goat cheese is from fresh lactic paste. It was based on the Central Composite Design (CCD) by modifying the rate of the lactic starter culture (1- 4%) and the rate of chymosine (3-8,8 mg/l,5 liter of goat milk).

The execution of this project was done in « Marj » Dairy Industry, in the Northern Agricultural Center (NAC), Rene Mouawad Foundation, Zghorta, with the collaboration of the Lebanese Agricultural Research Institute (LARI), Fanar.

Microbiological analysis has shown that the cheese has the Libnor characteristics 221 (2002). The statistical design of physico-chemicals analysis of cheese has shown that the pH, acidity, ash rate, and yield were significantly influenced ( $P < 0,05$ ) by the rate of starter culture and chymosine.

The organoleptic evaluation has shown that the aspect of the paste is linked to the manipulator and to the milk's composition. For knife cutting, texture is seemed as a deep influenced sticked character by the starter culture and the chymosine ( $P < 0,01$ ).

The acidity fermented milk smell of cheese is influenced ( $P < 0,05$ ) by the starter culture and the chymosine. Vinegar's smell is depended as a significative manner ( $P < 0,05$ ) of starter culture. Otherwise, goat's smell is influenced ( $P < 0,05$ ) by the chymosine quantity.

The acidity, salty and goaty flavors are significantly influenced ( $P < 0,05$ ) by the starter culture and the chymosine. Rance and bitter flavors are signifi-

cantly depended ( $P < 0,05$ ) on the starter culture. Mouth melt cheese texture seems as a deep significant ( $P < 0,01$ ) by the starter culture.

*The optimum desirability is obtained for the made cheese with 2,4% of lactic starter culture and 8,8 mg chymosine/1,5 liter of goat milk.*

**Keywords:** Milk, goat, farmhouse cheese, quality, panel test, experimental design, desirability.

## INTRODUCTION

Historiquement, la chèvre et la brebis jouent depuis l'antiquité un rôle majeur dans les économies des régions montagneuses sèches ainsi que dans la plupart des pays méditerranéens où il existe dans chacun d'entre eux des races locales de chèvre et de brebis (Kalantzopoulos, 1993).

Au Liban, la race locale de chèvre est à finalité mixte pour la viande et le lait. La production laitière est faible pour plusieurs raisons : la race, le système et les conditions d'élevage extensif catastrophique pour la flore végétale. Une augmentation de cette production peut être obtenue par une amélioration de la race locale, ou par l'introduction des races améliorées génétiquement pouvant être élevées en intensif avec un bon rendement du lait. Dans cette optique, des races ont été introduites au Liban par le Centre Agricole du Nord (CAN), telle que : l'Alpine (de la France), Saanen (de la Suisse), et le Shami (de la Syrie).

Malgré leur bon goût et leur grande valeur nutritionnelle, le lait et le fromage de chèvre au Liban restent des produits artisanaux, puisque les produits frais fabriqués à partir du lait de chèvre sont peu nombreux à l'échelle industrielle. L'absence du système d'assurance qualité chez le fermier, producteur de ces fromages dans des conditions traditionnelles, avec une hygiène limitée, diminue la confiance du consommateur en vue de ces produits. Le rendement fromager de chèvre reste très bas, par suite l'élevage intensif des chèvres améliorées diminue.

Au Liban, les informations scientifiques et techniques sont peu nombreuses sur le lait de chèvres produit par les différentes races locales. La transformation industrielle du lait de chèvre rencontre certains problèmes liés à sa qualité physico-chimique et microbiologique ainsi qu'à son aptitude à la transformation fromagère.

La maîtrise de cette fabrication donne confiance au consommateur du produit introduit et encourage la production du lait de chèvre chez le fermier.

La composition physico-chimique du lait de chèvre dépend d'un ensemble des facteurs internes et externes qui influencent la qualité microbiologique du lait de chèvre ainsi que son aptitude technologique à la fabrication du fromage.

Les micro-organismes, susceptibles de contaminer le lait et les fromages, sont nombreux. Leur origine est multiple : air, eau, animaux, matériel de traite et de fromagerie, ainsi que l'homme (Joffin, 1992). La maîtrise de leur développement dépend de l'importance de la contamination initiale, de la température, de l'acidité du milieu ainsi que de la présence d'eau, de sel et d'oxygène (Hermier *et al.*, 1992).

L'aptitude technologique du lait de chèvre se différencie du lait de vache ou brebis suivant son comportement vis-à-vis de la chaleur, de la présure et des ferments lactiques.

Les différentes technologies de fabrication de fromage de chèvre sont classées en trois groupes (Martin-Hernandez *et al.*, 1992 ; Gay *et al.*, 1993 ; Le Jaouen, 2000), qui peuvent être appliquées artisanalement ou industriellement.

Ces trois groupes sont classés suivant le type de caillé voulu. On a alors le caillé à dominance enzymatique avec de la présure ; le caillé à dominance lactique avec des ferments lactiques pour augmenter l'acidité et le caillé mixte avec de la présure et des ferments lactiques.

L'objectif de cette étude, effectuée dans le Centre Agricole du Nord (CAN) à Mejdlaya-Zgharta, en collaboration avec l'Institut de Recherches Agronomiques Libanais (IRAL) à Fanar, a pour but d'optimiser la fabrication du fromage fermier français (type Crottin) à partir du lait de chèvre. Ce fromage lactique à pâte molle fraîche doit être adaptée au goût du consommateur libanais et aux normes Libanaises.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Collecte du lait de chèvre

Le lait de chèvre utilisé dans cette étude est un mélange composé de 1/2 lait de chèvre de race Shami, 1/4 lait de chèvre Alpine et 1/4 de lait de chèvre Saanen. Il a été obtenu de la traite du matin des chèvres élevées au centre.

Après la traite, le lait est transporté à l'industrie où il est analysé avant d'être transformé en fromage, suivant un Plan Composite Centré (PCC), avec le diagramme de fabrication (Fig. 1).

L'analyse statistique des résultats du plan d'expérience (PCC) a été fait à l'aide du logiciel « Statgraphics plus », version 4 (1999).

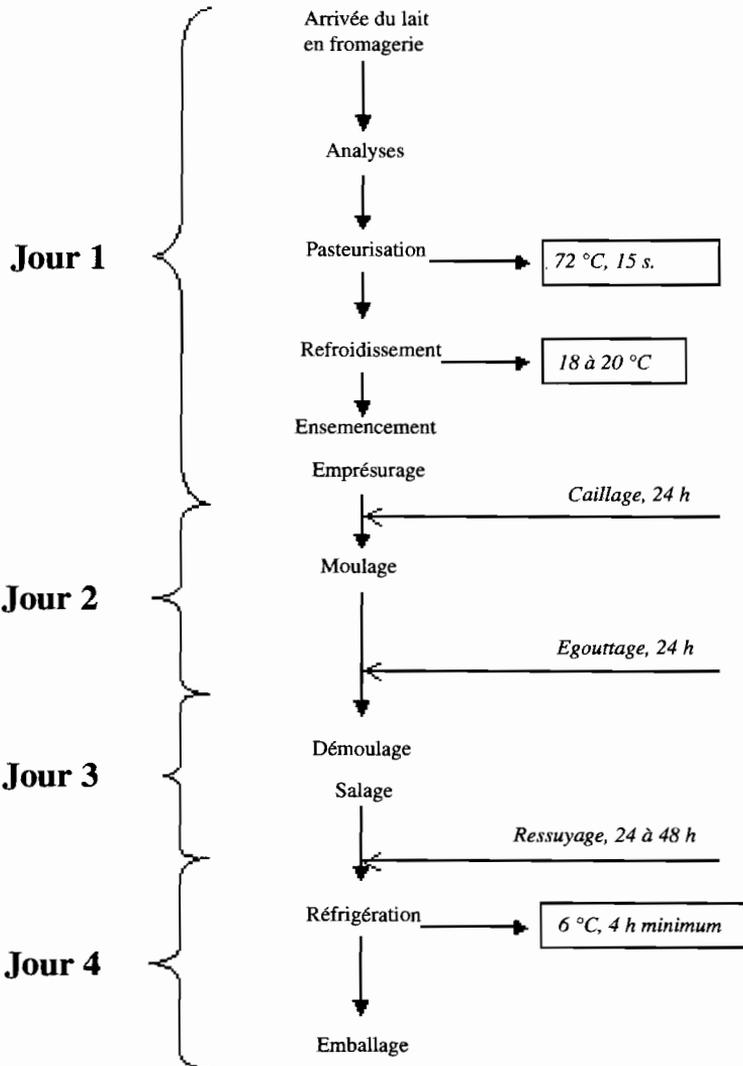


Figure 1 . Diagramme de fabrication du fromage de chèvre.

## 2. Les analyses physico-chimiques du lait et fromage de chèvre

Les analyses physico-chimiques appliquées sur le lait et fromage de chèvre sont indiquées dans la norme libanaise Libnor 221 (2002).

Le pH du lait de chèvre est mesuré par un pH mètre (EcoScan, Eutech instruments, USA), à la température de 20 °C (Marschall, 1992). Celui du fromage est mesuré à l'aide d'électrode (Metler) spécifique.

L'acidité du lait de chèvre est mesuré par la titration d'une solution de soude caustique 0,11N (AKZO Nobel) sur un volume de 10 mL de lait, avec quelques gouttes de phénolphthaléine (CISE) (AOAC OIC, 1995). Celle du fromage est mesurée selon la norme AOAC 920,124 (1995), avec un échantillon de 10 g.

La densité du lait de chèvre est déterminée par un lacto-densimètre Quenne (Marschall, 1992).

La présence d'antibiotique dans le lait de chèvre est déterminé à l'aide d'un appareil (SNAP, Portable heater, Westbrook, USA), en utilisant des Kits de détection des bêta-lactamines (Pénicilline G, IDEXX Laboratoires, USA).

La matière grasse du lait ou du fromage de chèvre est mesurée selon la méthode butyrométrique (AFNOR 1997), avec un butyromètre Gerber de 8 % pour le lait, ou de 40 % pour le fromage.

Les matières sèches totales du lait et du fromage sont déterminées selon la norme ISO 2920 (1974). Un échantillon, de 10 g de lait ou 1 g de fromage, est pesé à l'aide d'une balance de précision (0,001) (ADAM equipments, USA), mis dans une boîte de Pétri pyrex, ensuite déshydraté dans l'étuve (P Selecta, 250 °C, Espagne) à 105 °C.

Les cendres du lait et du fromage regroupent les éléments minéraux obtenus après combustion de la matière organique. Le cendre a été déterminé selon la méthode AOAC 935,42 (1995). Un échantillon de 10 g de lait ou 4 g du fromage est mis dans un creusé de porcelaine ensuite brûlé dans un four (Furnace FB 1300, Barnstead Thermolyne, U.K) à 550 °C durant 24 heures.

Le rendement est déterminé suivant le coefficient G (Guerault) désigné par Eck et Gillis (1997), selon l'équation suivante :

$$\text{Coef G (en g)} = (10 \times \text{ESD} \times \text{P})/\text{V} \quad (\text{eq. 1})$$

P = Poids du fromage obtenu en kg.

V = Volume de lait mise en œuvre en litre.

ESD = Extrait sec dégraissé, en % de grammes de fromage.

### 3. Les analyses microbiologiques du lait et du fromage de chèvre

Les analyses microbiologiques effectuées sur le lait et le fromage de chèvre sont indiquées par Libnor 221 (2002). La flore mésophile aérobie revivable (FMAR) du lait de chèvre est faite par la revivification de 1 mL de lait, dans un bouillon Trypcase-soja (Biomérieux, France).

Un mL de ce bouillon, après incubation, est ensemencé dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose nutritive (Nutrient agar, Himedia, India). Les colonies comptées sont multipliées par 10 pour former le CFU/g (unité de colonies formé par gramme; Joffin, 1992). La culture est faite avec du lait cru et ensuite avec du lait pasteurisé pour connaître l'efficacité de la pasteurisation.

Les coliformes fécaux ont été déterminés dans le lait et le fromage de chèvre en ensemencant 1 mL du bouillon de revivification sur un milieu solide Mac Conkey Agar (Scharlau, Espagne).

La comparaison entre les laits crus et pasteurisés à la même température permet de calculer le temps de réduction décimale, suivant l'équation de la destruction thermique (Petrasxiene et Lapid, 1981; Joffin, 1992):

$$\text{Log } N_0 / N = t / D_T \quad (\text{eq. 2})$$

$N_0$  : Nombre des bactéries initiales

$N$  : Nombre des bactéries après pasteurisation à 72 °C

$t$  : Temps de la pasteurisation utilisée en seconde

$D_T$  : Temps de la destruction thermique de 1/10 des bactéries en seconde.

Les *Staphylococcus aureus* dans le fromage sont ensemencés sur un milieu de Manitol salt Agar (Scharlau, Espagne) dans des boîtes de Pétri (Petrasxiene et Lapid, 1981). Les *salmonelles* dans le fromage sont enrichies dans un bouillon de sélénite (Liofilchen diagnostici, Italie). Ensuite, 1 mL de ce bouillon est ensemencé sur le milieu Salmonella Shigella Agar (Scharlau, Espagne), préparé sans autoclavage.

### 4. Analyse sensorielle

Une évaluation sensorielle du fromage de chèvre a été faite suivant la norme AFNOR ISO 5492 (1992) et Multon (1998), avec un jury de dégustation de 10 personnes, sur les échantillons du fromage fabriqué selon le plan d'expérience (PCC).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées sur le lait et le fromage de chèvre sont présentés ci-dessous.

### 1. Les analyses physico-chimiques du lait de chèvre

Le lait de chèvre utilisé dans la fabrication du fromage provient de trois lots (trois traites différentes). Chaque lot a servi pour réaliser les essais du plan d'expérience. Les analyses physico-chimiques effectuées sur le lait sont récapitulées dans le tableau 1.

**Tableau 1** : Analyses physico-chimiques du lait de chèvre.

Lot du lait	Acidité (°D)	pH	Densité	Matière grasse %	Matière sèche totale %	Matière sèche non graissée %	Cendre %
Données de la littérature	12 - 16 ab	6,45 - 6,75 a	1,026 - 1,042 c	3,8 - 4,8 d	11,1 - 11,8 abe	6,3 - 7,4 abe	0,7 - 0,85 ab
1	15	6,63	1,028	4,35	11,8	7,43	0,79
2	15	6,64	1,029	4,65	11,54	6,89	0,81
3	16	6,62	1,03	4,14	11,36	7,21	0,75

a : Kalantzopoulos (1993); b : Le Jaouen (2000); c : Eck et Gillis (1997); d : Corcy et Lepage (1991); e : St-Gelais *et al.* (2000).

Le test d'antibiotique des trois lots de lait de chèvre est négatif, ce qui indique l'absence des médicaments dans le lait qui peuvent inhiber le travail des ferments lactiques ajoutés lors de la transformation.

## 2. Les analyses microbiologiques du lait de chèvre

Les résultats des analyses microbiologiques sont récapitulés dans les tableaux 2 et 3 qui présentent la flore mésophile aérobie revivable et les coliformes fécaux.

Le temps de réduction décimale à 72 °C des bactéries du lait de chèvre est donné dans le tableau 3. Ce temps varie légèrement d'un traitement à l'autre. Il a une valeur moyenne de 12,1 secondes.

**Tableau 2 :** Analyse microbiologique du lait de chèvre (en nombre de bactéries).

<b>Lot du lait de chèvre</b>	<b>Bactéries recherchées</b>	<b>Lait cru</b>	<b>Norme/1g</b>	<b>Lait pasteurisé à 72 °C en 15 sec</b>	<b>Norme/1g</b>
<b>1</b>	<b>Flore mésophile aérobie revivable</b>	250 000	300 000	15 000	30 000
	<b>Coliformes fécaux</b>	900	1 000	0	0
<b>2</b>	<b>Flore mésophile aérobie revivable</b>	280 000	300 000	12 000	30 000
	<b>Coliformes fécaux</b>	1 000	1 000	0	0
<b>3</b>	<b>Flore mésophile aérobie revivable</b>	240 000	300 000	17 000	30 000
	<b>Coliformes fécaux</b>	700	1 000	0	0

**Tableau 3 :** Temps de réduction décimale des bactéries du lait de chèvre.

<b>Lot du lait de chèvre</b>	<b>Bactérie</b>	<b>N°</b>	<b>N</b>	<b>D 72 °C (sec)</b>
<b>1</b>	FMAR	250000	15000	<b>12,28</b>
	Coliformes fécaux	900	$10^{-12}$	<b>1,00</b>
<b>2</b>	FMAR	280000	12000	<b>10,97</b>
	Coliformes fécaux	700	$10^{-12}$	<b>1,01</b>
<b>3</b>	FMAR	240000	17000	<b>13,05</b>
	Coliformes fécaux	700	$10^{-12}$	<b>1,01</b>

### 3. Les analyses physico-chimiques du fromage de chèvre

Les résultats des analyses physico-chimiques des fromages de chèvre obtenues lors de la réalisation du plan d'expérience centrale composite sont récapitulés dans le tableau 4.

**Tableau 4** : Analyses physico-chimiques du fromage du chèvre.

Fromage numéro	pH	% Acidité	% MG	% MS	% MSNG	% Cendre	% Humidité	%MG / MST	coef G en g	% rendement
	<b>4,6- 4,8ab</b>	<b>0,8 -1,8ac</b>	<b>16,5- 22de</b>	<b>&gt;40d</b>	<b>21,5</b>	<b>&lt;3e</b>	<b>&lt;60de</b>	<b>46,25de</b>	<b>34,4f</b>	<b>16- 18c</b>
<b>1</b>	4,71 ± 0,10	1,48 ± 0,07	21,27 ± 0,93	40,81 ± 0,94	19,54 ± 1,69	2,66 ± 0,14	59,19 ± 0,94	52,16 ± 3,21	35,27 ± 2,92	16,84 ± 0,62
<b>2</b>	4,74 ± 0,13	1,49 ± 0,10	20,57 ± 0,97	41,80 ± 1,14	21,23 ± 1,92	2,21 ± 0,21	58,20 ± 1,14	49,26 ± 3,40	38,56 ± 1,97	17,49 ± 0,48
<b>3</b>	4,72 ± 0,08	1,49 ± 0,07	19,20 ± 1,06	42,59 ± 0,63	23,39 ± 1,62	1,52 ± 0,27	57,41 ± 0,63	45,11 ± 3,06	41,34 ± 4,51	17,00 ± 0,47
<b>4</b>	4,66 ± 0,04	1,58 ± 0,00	18,00 ± 0,50	41,21 ± 0,80	23,21 ± 1,19	2,53 ± 0,34	58,79 ± 0,80	43,70 ± 1,91	33,19 ± 2,45	16,87 ± 0,47
<b>5</b>	4,69 ± 0,01	1,52 ± 0,00	19,70 ± 0,98	43,86 ± 1,58	24,16 ± 1,04	2,78 ± 0,18	56,14 ± 1,58	44,92 ± 1,47	41,12 ± 2,42	17,08 ± 0,29
<b>6</b>	4,78 ± 0,11	1,45 ± 0,09	18,27 ± 0,64	42,88 ± 0,53	24,61 ± 1,16	1,83 ± 0,16	57,12 ± 0,53	42,62 ± 2,02	35,23 ± 2,44	17,14 ± 0,70
<b>7</b>	4,70 ± 0,05	1,51 ± 0,02	20,37 ± 1,31	41,85 ± 1,39	21,49 ± 0,90	2,30 ± 0,03	58,15 ± 1,39	48,64 ± 2,13	39,00 ± 2,36	17,07 ± 0,31
<b>8</b>	4,65 ± 0,02	1,55 ± 0,02	21,10 ± 0,85	44,01 ± 0,43	22,91 ± 0,77	2,44 ± 0,02	55,99 ± 0,43	47,94 ± 1,78	42,13 ± 1,30	17,00 ± 0,67
<b>9</b>	4,72 ± 0,04	1,50 ± 0,04	22,03 ± 0,55	43,03 ± 1,92	21,00 ± 2,47	1,57 ± 0,25	56,97 ± 1,92	51,31 ± 3,60	36,78 ± 2,03	17,01 ± 0,12
<b>10</b>	4,69 ± 0,09	1,51 ± 0,08	20,17 ± 1,04	42,49 ± 1,02	22,33 ± 1,73	2,12 ± 0,03	57,51 ± 1,02	47,49 ± 3,13	39,89 ± 2,44	16,93 ± 0,35

Chaque valeur est la moyenne de 6 mesures ± l'écart type

MG : matière grasse, MS : matière sèche ; MSNG : matière sèche non grasse ; MST : matière sèche totale

Les données suivies des lettres a jusqu'à e sont prises de la littérature pour la comparaison.

a: Gay et al. (1993); b: Martin-Hernandez et al. (1992); c: Le Jaouen (2000); d: Codex Stan 208 (1999); e: Libnor221 (2002); f: Eck et Gillis (1997)

L'analyse statistique du plan d'expérience montre que la variation du pH diminue d'une manière significative ( $P < 0,05$ ) quand le ferment augmente. Par contre, la quantité de présure n'a pas d'influence significative sur ce paramètre ( $P > 0,05$ ).

L'analyse statistique montre que l'acidité augmente d'une manière significative ( $P < 0,05$ ) avec le ferment lactique, mais elle n'est pas influencée par la présure ( $P > 0,05$ ).

L'analyse statistique montre que la matière sèche totale (MST), ainsi que la matière sèche non graissée (MSNG), et la matière grasse (MG) ne sont pas influencées ni par le ferment ni par la présure ( $P > 0,05$ ). Mais, elles sont influencées par le temps d'égouttage et par la matière grasse du lait.

L'analyse statistique montre que le taux de ferment et de la présure ont une influence très significative ( $P < 0,01$ ) sur le taux de cendre du fromage.

Le rendement du fromage est le pourcentage de poids du caillé obtenu par rapport à la quantité du lait de chèvre utilisée dans chaque fabrication.

Le rendement n'est pas influencé significativement ni par le ferment lactique ( $P > 0,05$ ), ni par la présure ( $P > 0,05$ ).

Le coefficient G (Guerault) représente le rendement en extrait sec dégraissé du fromage (Eck et Gillis, 1997). Il dépend d'une façon significative du taux de ferment utilisé ( $P < 0,05$ ).

#### **4. Les analyses microbiologiques du fromage de chèvre**

Les analyses microbiologiques du fromage de chèvre sont indiquées dans le tableau 5.

Les coliformes fécaux recherchés montrent que les fromages de chèvre fabriqués sont conformes aux normes microbiologiques de fromage (Libnor 221-2002 ; Tab. 5).

Les *Staphylococcus aureus* des fromages de chèvre fabriqués sont conformes aux normes (Libnor 221-2002 ; Tab. 5).

Les analyses microbiologiques montrent qu'il n'y a pas de salmonelles dans le fromage de chèvre. Ceci est dû soit à la bonne qualité du lait de départ, soit aux bonnes conditions hygiéniques de fabrication, soit à l'effet d'une bonne pasteurisation (Tab. 5).

**Tableau 5** : Analyse microbiologique du fromage de chèvre.

Lot	Fromage numéro	Coliformes fécaux	Staphylocoque aureus	Salmonelle
Norme		10 / g	100 / g	0 / 25 g
<b>1</b>	<b>1</b>	10	100	0
	<b>2</b>	0	70	0
	<b>3</b>	0	50	0
	<b>4</b>	10	100	0
	<b>5</b>	0	20	0
	<b>6</b>	0	10	0
	<b>7</b>	0	30	0
	<b>8</b>	10	50	0
	<b>9</b>	0	100	0
	<b>10</b>	0	100	0
<b>2</b>	<b>1</b>	0	60	0
	<b>2</b>	10	80	0
	<b>3</b>	0	100	0
	<b>4</b>	10	10	0
	<b>5</b>	0	30	0
	<b>6</b>	0	50	0
	<b>7</b>	0	80	0
	<b>8</b>	10	20	0
	<b>9</b>	0	10	0
	<b>10</b>	10	70	0
<b>3</b>	<b>1</b>	0	100	0
	<b>2</b>	10	60	0
	<b>3</b>	0	10	0
	<b>4</b>	0	50	0
	<b>5</b>	0	30	0
	<b>6</b>	10	90	0
	<b>7</b>	0	100	0
	<b>8</b>	0	20	0
	<b>9</b>	0	60	0
	<b>10</b>	10	50	0

## 5. Evaluation sensorielle du fromage de chèvre

L'évaluation sensorielle du fromage est faite suivant la norme AFNOR ISO 5492 (1992) et Multon (1998), où plusieurs critères organoleptiques sont traités par un jury de dégustation. Les réponses obtenues sont ensuite analysées statistiquement selon le plan composite centré.

Dans l'évaluation sensorielle du fromage fermier de chèvre, cinq facteurs organoleptiques ont été retenus :

- 1) Aspect de la pâte : la forme ronde et la couleur blanche sont recherchées pour les fromages :
  - la forme ronde du fromage est influencée par la forme des moules de fabrication, ainsi que par le manipulateur.
  - la couleur blanche de la pâte est due à la faible teneur en  $\beta$ -carotène du lait de chèvre (Buchin *et al.*,1998).
- 2) Texture en coupant : indique la texture du fromage coupé au couteau.
  - collant au couteau : le caractère collant au couteau du fromage de chèvre est très influencé par le ferment ( $P < 0,01$ ) et par la présure. Ce caractère augmente quand le taux de présure diminue et / ou le taux de ferment augmente.
- 3) Odeur de la pâte : le facteur odeur de la pâte renferme les caractéristiques odeur de chèvre, odeur de lait fermenté acidifié, odeur de beurre et odeur aigrelette.
  - l'odeur de chèvre, malgré sa faiblesse, est recherchée dans le fromage de chèvre, elle n'est pas influencée par le pourcentage de ferment ( $P > 0,05$ ), mais influencée par la présure ( $P < 0,05$ ).
  - l'odeur lait fermenté acidifié est influencée significativement par le ferment ( $P < 0,05$ ), ainsi que par la présure ( $P < 0,05$ ).
  - l'odeur beurre n'est pas très recherchée dans le fromage de chèvre, elle n'est pas influencée ni par le ferment ( $P > 0,05$ ) ni par la présure ( $P > 0,05$ ). L'odeur beurre est en relation avec la quantité de matière grasse dans le lait ainsi que dans le fromage.
  - l'odeur aigrelette, n'est jamais recherchée dans le fromage de chèvre, elle est très influencée par le ferment ( $P < 0,01$ ), mais pas par la présure où la différence n'est pas significative ( $P > 0,05$ ).
- 4) Flaveur du fromage : ce facteur comporte les flaveurs acide, salé, amer, rance et chèvre.
  - la flaveur acide est recherchée pour donner satisfaction au consommateur sans masquer les autres goûts dans le fromage de chèvre. Elle est très influencée par le pourcentage du ferment lactique ( $P < 0,01$ ), ainsi que par la dose de la présure.

- la saveur salée recherchée dans le fromage de chèvre sans perturber la perception des autres goûts. Elle est très influencée par le ferment ( $P < 0,01$ ), ainsi que par la présure ( $P < 0,05$ ). Le salage se différencie suivant le manipulateur et la quantité du sel ajouté.
  - la saveur amère n'est pas recherchée dans le fromage de chèvre. Elle augmente d'une manière significative quand le ferment augmente ( $P < 0,01$ ). Elle n'est pas influencée par la présure ( $P > 0,05$ ).
  - la saveur rance n'est pas recherchée dans le fromage de chèvre, l'influence est hautement significative par rapport au ferment ( $P < 0,01$ ), mais elle ne l'est pas par rapport à la présure ( $P > 0,05$ ).
  - la saveur chèvre est très recherchée dans le fromage de chèvre, la saveur de chèvre est très influencée par le ferment ( $P < 0,01$ ) et par la présure ( $P < 0,01$ ). La saveur chèvre augmente significativement quand le ferment diminue et/ou quand la présure augmente.
- 5) Texture en bouche : ce facteur comporte les caractères du fromage en bouche qui sont la fondante, la granuleuse, la collante.
- la texture fondante du fromage de chèvre est moyennement recherchée, l'influence est significative du ferment ( $P < 0,01$ ), mais celle de la présure est non significative ( $P > 0,05$ ). Elle diminue quand le taux de ferment augmente.
  - la texture granuleuse du fromage n'est pas recherchée. D'ailleurs, ce critère n'est pas influencé ni par le taux du ferment ni par la quantité de la présure.
  - la texture collante est faiblement recherchée pour le fromage de chèvre. L'analyse statistique ne montre pas une différence significative par rapport au ferment ou par rapport à la présure ( $P > 0,05$ ).

## 6. Optimisation de la fabrication du fromage de chèvre

La combinaison des facteurs organoleptiques effectuée lors de l'analyse statistique donne le fromage optimum qui satisfait aux mieux les goûts de consommateurs. Ce fromage est obtenu en utilisant un pourcentage de ferment lactique de 3 % et un taux de présure de 8,8 mg/1,5 litre de lait du chèvre. D'ailleurs cet optimum est très proche de l'essai numéro 8 (2,4 % ferment, et 8,8 mg présure/ 1,5 L de lait) qui a montré le maximum de désirabilité (Fig. 2).

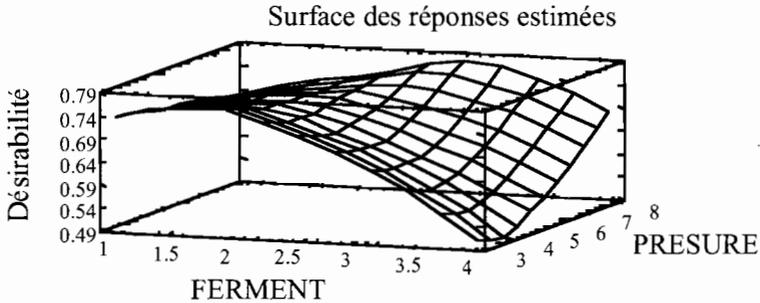


Figure 2 . Résultat statistique final de l'optimisation de fabrication.

## CONCLUSION

La composition physico-chimique du lait de chèvre des trois lots utilisés pour la fabrication du fromage fermier suivant le plan composite centré (PCC), est conforme aux valeurs de la littérature pour tous ces composants. La flore mésophile aérobie revivifiable (FMAR) et les coliformes fécaux du lait de chèvre sont en accord avec les normes microbiologiques. Le temps de réduction décimale de destruction thermique à 72 °C est de 12,1 secondes.

Les analyses physico-chimiques du fromage ont montré que le pH et l'acidité du fromage sont influencés par le ferment ( $P < 0,05$ ). Lorsque le pourcentage de ce dernier augmente, le pH du fromage diminue, par suite l'acidité augmente. La présure n'a pas d'influence sur le pH et l'acidité.

La matière sèche totale (MST) et la matière grasse (MG) du fromage ne sont pas influencées ni par le ferment, ni par la présure ( $P > 0,05$ ).

Le cendre du fromage varie avec le ferment et la présure ( $P < 0,01$ ). Le coefficient G montre une influence significative du ferment ( $P < 0,05$ ).

Les analyses microbiologiques des coliformes fécaux, de *Staphylococcus aureus*, des salmonelles du fromage sont conformes aux normes réglementaires.

L'évaluation sensorielle du fromage a montré que l'aspect de la pâte est lié au manipulateur et à la composition du lait. La texture en coupant au couteau montre un caractère collant très influencé par le ferment et la présure ( $P < 0,01$ ).

L'odeur du lait fermenté acidifié de la pâte est influencée significativement ( $P < 0,05$ ) par le ferment et la présure. L'odeur du beurre n'est pas influencée significativement ( $P > 0,05$ ) ni par le ferment, ni par la présure. L'odeur aigrelette est influencée significativement ( $P < 0,05$ ) par le ferment, mais celle de chèvre n'est pas influencée ( $P > 0,05$ ) par le ferment. La présure a une influence significative ( $P < 0,05$ ) sur l'odeur de chèvre, mais elle n'a pas d'influence ( $P > 0,05$ ) sur l'odeur d'aigrelette.

Les saveurs acide, salée et chèvre sont influencées significativement ( $P < 0,05$ ) par le ferment et la présure. Le ferment influe très significativement ( $P < 0,01$ ) sur les saveurs amer et rance. La présure n'a pas d'influence ( $P > 0,05$ ) sur les saveurs amer et rance.

La texture collante en bouche n'est pas influencée significativement ( $P > 0,05$ ) par le ferment et la présure. Le ferment influe très significativement ( $P < 0,01$ ) sur la texture fondante. La présure n'a pas d'influence significative ( $P > 0,05$ ) sur la texture fondante en bouche. La texture granuleuse n'existe pas dans ce fromage.

L'optimisation du (PCC) suivant les critères organoleptiques de 100 dégustations montre que la fabrication optimale est celle obtenue avec 3 % de ferment lactique et de 8,79 mg de présure, tandis que le fromage 8 (2,4 % ferment ; 8,8 mg chymosine) a obtenu le maximum de désirabilité par les membres de jury de dégustation.

Comme perspective à cette étude, il serait souhaitable de suivre l'influence du taux protéique du lait de chèvre sur la qualité du fromage, ainsi que la teneur en Ca et P.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, ISO, 5492, 1992. Analyse sensorielle, glossaire.
- AFNOR, 1997. Détermination de la teneur en matière grasse, Méthodes butyrométriques, Lait et produits laitiers, 4:218.
- AOAC, 1995. Association of official analytical chemists. 16<sup>th</sup> Edition. International official methods of analyses, U.S.A.
- BUCHIN, S., DUBOX, G., Le QUERE, J.-L., et GRAPPIN, R., 1998. Développement des caractéristiques biochimiques et sensorielles des fromages de chèvre. Etude inter espèce par échange de la matière grasse et du lait écrémé de laits de vache et de chèvre. *Lait*, 78 : 673-687.
- CODEX STAN 208, 1999. Codex group standard for cheeses in Brine. Codex Alimentarius Commission, Suisse, 2p.
- CORCY, J. C. et LEPAGE, M., 1991. Fromages fermiers. Techniques et traditions. La maison rustique, Paris, 190p.
- ECK, A. et GILLIS, J. C., 1997. Le fromage. Lavoisier Technique et Documentation, 3<sup>ème</sup> édition, Paris, 875p.
- GAY, M. F., JAUBERT, G., et SABOURREAU, S., 1993. Incidence des traitements technologiques sur la qualité hygiénique du lait et des fromages de chèvre à pâte molle. *Lait*, 73:499-509.
- HERMIER, J., LENOIR, J. et WEBER, F., 1992. Les groupes microbiens d'intérêt laitier. Centre de formation permanente et de perfectionnement des industries du lait (CEPIL), Paris, 465p.
- ISO 2920, 1974. Determination of dry matter content in milk and cheese. International organization for standardization.
- ISO 707, 1997. Milk and milk products, Guidance on sampling. International organisation for Standardization.
- JOFFIN, J. N.C., 1992. Microbiologie alimentaire. Centre Régional de Documentation Pédagogique de Bordeaux, 200p.
- KALANTZOPOULOS, G., 1993. Etat de recherche sur le lait de chèvre en Grèce, *Lait*, 73 : 431-441.
- Le JAOUEN, J. C., 2000. La fabrication du fromage de chèvre fermier. Institut Technique de L'élevage Ovin et Caprin (ITOVIC), Paris, 207p.

- LIBNOR, n°221, 2002. Fromage traditionnel, Liban 11p.
- MARSCHALL, R., 1992. Standard methods for the examination of dairy products. American Public Health Association, 16<sup>ème</sup> édition, Washington, 529p.
- MARTIN-HERNANDEZ, M.C., JUAREZ, M. and RAMOS, M., 1992. Biochemical characteristics of three types of Goat cheese. *Journal of Dairy Science*, 75 (7): 1747-1752.
- MULTON, J. L., 1998. Evaluation sensorielle, Manuel méthodologique. Lavoisier Technique et Documentation, 2<sup>ème</sup> édition, Paris, 352p.
- PETRANSXIENE, D. et LAPIED, L., 1981. La qualité bactériologique du lait et des produits laitiers. Analyses et Tests, Lavoisier technique et documentation, 2<sup>ème</sup> édition, Paris, 221p.
- STATIGRAPHICS PLUS, 1999. A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments. Version 4, U.S.A.
- St-GELAIS, D., OULD, A., et TURCOT, S., 2000. Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation, Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Québec, 14p. accès le 20 Juillet 2003 (<http://sci.agr.ca/crda/pubs/chevre2000-goat2000.html>)