



*PROJET DE FIN D'ETUDES*



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES  
Département de chimie / TACCQ



Domaine Agricole Douiet

*PROJET DE FIN D'ETUDES*

*Maîtrise des procédés de fabrication des fromages :  
EMMENTAL et TOMME*

Encadré par : Pr HARRACH Ahmed  
Mr EL ALLAM Jamal (Douiet)

Réalisé par : BENJELLOUN Youssef

Licence Sciences et Techniques (LST)

Année Universitaire : 2010/2011



# Introduction

La formation en License Sciences et Techniques « TACCQ », à la faculté des sciences et techniques, se complète par un stage en entreprise de 6 semaines. Celui-ci constitue une étape obligatoire pour l'obtention du diplôme.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un stage que j'ai effectué au sein des domaines agricoles « DOUIET » département des produits laitiers afin d'accentuer et de développer mon savoir faire acquis au cours de mes études et d'enrichir mes connaissances sur ce genre d'industrie alimentaire. Ce stage m'a permis aussi de perfectionner mon sens de responsabilité et mon esprit de travail en groupe.

L'élaboration de ce rapport a pour principale source, les enseignements tirés de la pratique quotidienne des différentes tâches auxquelles j'ai assisté et des entretiens que j'ai pu avoir avec le personnel de la société.

Au cours de ce stage j'ai suivie un ensemble de tâches qui concerne la technologie fromagère.

Ce rapport, après une présentation de l'entreprise en première partie, traitera des généralités sur le lait et des techniques d'analyses, ainsi le suivie des résultats d'analyses de sa composition physico-chimique obtenues sur trois élevages différents pendant six semaines.

Dans un second temps, on présentera le procédé de fabrication d'Emmental en détaillant ces étapes ainsi qu'une étude sur le développement des ouvertures (trous) spécifiques à ces fromages à pâte pressé cuite.

La dernière partie consacrera l'étude du procédé de fabrication des tommes et mini tommes et le suivie de la perte en poids de ces fromages.



# présentation

## *Les domaines agricoles*

La société des domaines agricoles a été Créée en 1960. Elle regroupe plusieurs opérateurs dans les métiers de la production agricoles et agro-alimentaire. Elle est présente sur l'ensemble des régions agricoles du Maroc avec de nombreux sites de production.

Les Domaines constituent l'un des principaux producteurs exportateurs de fruits et légumes au Maroc, leurs principales activités sont :

### ➤ *Activités agricoles :*

Elles englobent :

- ✓ La production d'aliment (fourrages et céréales).
- ✓ La production laitière (Élevage bovin laitier et caprin laitier).
- ✓ La fourniture pour la parfumerie haut de gamme de plantes aromatiques et d'huiles essentielles.
- ✓ La production horticole (maraichage, Arboriculture, floriculture).

### ➤ *Activités Agro-industrielle :*

Il s'agit de :

- ✓ La transformation laitière.
- ✓ La conservation de fruits et le conditionnement de fruits et légumes.

### ➤ *Activités commerciales :*

- ✓ Le domaine assure la commercialisation de ses produits au Maroc et plus particulièrement dans les régions où l'entreprise est implantée.

Les Domaines disposent par ailleurs de plusieurs exploitations dont le plus célèbre, celle de DOUIET dans la région de Fès qui fournit le fameux « Chergui ».

## *I. Domaine DOUIET*

Le domaine de DOUIET est une exploitation agricole d'une superficie d'environ 700 Ha répartie en surface cultivable (330 Ha) et le reste en surface forestière et hydrique. Ce dernier dispose de 2 forages « Ain Allah » ainsi « BOURKAIZE ».

Le domaine est situé à 15 Km au nord-ouest de la ville de Fès. Il est constitué de divers secteurs de production animale, agricole et laitières et emploie un effectif d'environ 800 personnes.

### ➤ *Ressources hydriques*



Tous les terrains cultivés du domaine sont irrigués. L'eau provient de deux sources :

- ✓ Forage de « Ain Allah » : le plus important qui déverse une eau avec un débit de 158 litres / s. C'est une eau chaude à 42°C avec une pression de 20 bars et sur une profondeur de 1600 m.
- ✓ Forage de « BOURKAIZE » : sur une profondeur de 630 m et un débit de 60 litre/s

### *1. Historique*

- 1970 : Création de la ferme dont la production est destinée uniquement au propriétaire.
- 1997 : construction de la nouvelle usine de la production laitière dans le but d'élargir le champ de commercialisation et de viser une nouvelle clientèle.
- 1998 : Création de trois départements distincts (élevage, horticulture et produits laitiers).
- 2000 : mise en place de système HACCP (Hasard Analysis Critical Control Point), « Analyses des dangers- point critique pour leur maîtrise ». C'est un système qui identifie, évalue et maîtrise les dangers significatifs au regard de la sécurité des aliments.
- 2003 : certification ISO 9001 version qui vise à accroître la satisfaction de ses clients.
- 2007 : reconduction de la certification ISO 9001.
- 2007 : certification ISO 22000 qui assure la sécurité du consommateur.
- 2011 : Création de la nouvelle usine de la production laitière à oued N'JA.

### *2. Filière Elevage-Culture*

Le secteur élevage a deux activités principales : l'élevage des bovins (jeunes bovins, vache laitière, génisses) et des caprins (chèvres). Ce secteur est considéré comme base de production laitière car le volume et la qualité des produits laitiers sont tributaires de la quantité et de la qualité du lait collecté par jour. Le secteur comprend deux complexes (C1 et C2) placés sous la responsabilité du chef du département. Un système HACCP est placé pour maîtriser les points critiques de l'élevage.

Le secteur culture est scindé en trois zones : deux à DOUIET et une à Ras EL Ma/ OUED N'JA.

## 2.1. Elevage bovin

Le cheptel bovin est constitué de deux complexes 1 et 2 :

- Le complexe 1 est composé uniquement de la race de Holstein qui est une race laitière.
- Le complexe 2 est composé de 30 % de la race Holstein et 70 de la race de Montbéliard : qui est une race mixte (laitière et viande).



*Holstein*



*Montbéliard*

## 2.2. Alimentation

L'alimentation des bovins a pour objet d'assurer une alimentation équilibrée, stable et homogène répondant aux besoins d'entretien et de production de l'animal.

Les vaches sont des herbivores, leur alimentation est composée principalement de matières végétales riche en fibre (fourrage, Céréales,...), mais également de concentré riche en énergie (granulés, farines,...) des minéraux et des vitamines. Elle mange environ chaque jour 70 kilos de végétaux.

## 2.3. Reproduction

La reproduction bovine est la principale clé de la reproduction laitière.

La gestion de la reproduction a pour objectif la mise en place d'un système d'identification et de traitement des animaux malades et la détection des pathologies de reproduction en vue d'en limiter les effets économiques.

## 2.4. Santé

A pour objectif de maintenir le statut sain de maladies contagieuses et prévenir les maladies à incidence économique. Les méthodes de prévention :

- Barrières physiques et chimiques :



- ✓ Restreindre l'accès aux personnes et aux animaux d'agrément.
- ✓ Éliminer les rongeurs en leur supprimant toute voie d'accès aux bâtiments.
- ✓ Limiter la population d'oiseaux.
- ✓ Vacciner couramment les bovins contre les maladies respiratoires et l'avortement.
- ✓ Isoler les nouveaux arrivants pendant 21 à 30 jours, en vue d'effectuer :
  - une culture bactérienne du lait.
  - des analyses de sang visant le dépistage de maladies précises.

➤ Hygiène de personnel, des locaux et des matériels.

### 3. Filière d'Horticulture

Le secteur d'horticulture a utilisé le système de certification EuREP-GAP (**E**uro **R**etailers **P**roduce – **G**ood **A**griculture **P**ractices) souhaitant avoir une satisfaction des clients et une facilité de communication avec eux.

Le secteur a trois activités principales :

- Production maraichère (divers légumes).
- Arboriculture (pêche, vigne,...).
- Floriculture.

### 4. Filière des produits laitiers

Le secteur de production et de transformation laitière a été créé en 1983. Après son évolution, le secteur atteint une surface de 2150 m<sup>2</sup> en 1997 et les six Hectares en 2011 qui assurent une production moyenne de 15000 litre par jour.

Le département des produits laitiers comprend trois secteurs :

- Laiterie / Fromagerie.
- Commercial.
- Contrôle qualité / Recherches et Développement.

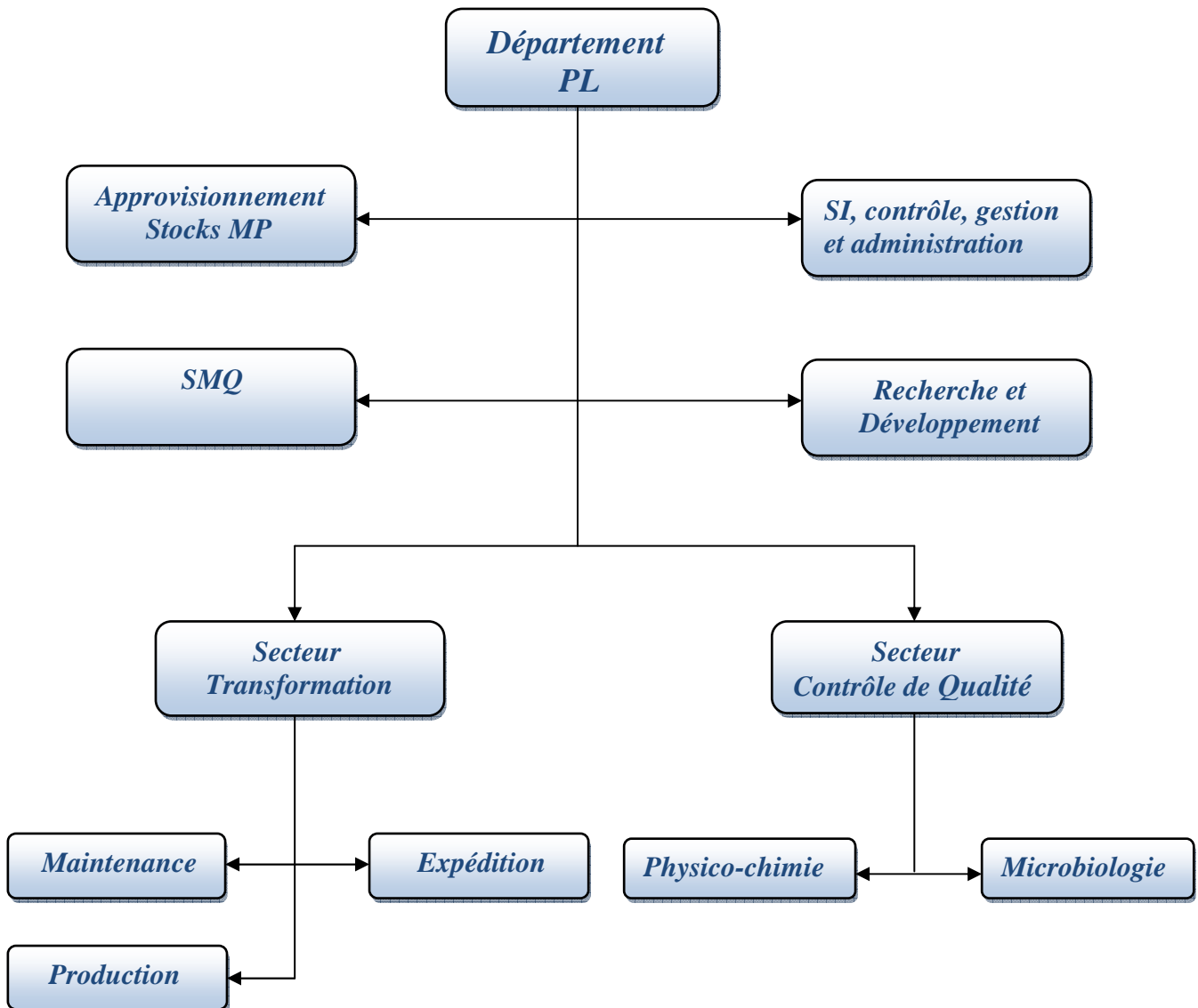
La production : après la réception du lait, il subit un contrôle avant sa transformation. Deux types de lait sont réceptionnés par le domaine : le lait du domaine et le lait de la ferme KOUACEM.

Il existe deux lignes de fabrication :

- Produits frais : Yaourt, Daya, Leben, leben avec les arômes, jus de lait en fruits.
- Fromagerie : Cottage, Crème Fraiche, Beure, Fromages.

5. Organigramme de département des produits laitiers

# Organigramme



Organigramme du Département des Produits Laitiers

## I. Généralités sur le lait





## 1. Définition

Le lait est le produit intégral de la traite totale d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum.

*Colostrum : est le produit sécrété par la mamelle au bout de la première semaine. C'est un liquide visqueux, acide, salé, jaune à odeur forte et gout amer.*

Le lait est la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou de plusieurs traites par jour, sans rien y ajouter ou en soustraire. Il est destiné à la consommation comme lait liquide ou il va subir un traitement ultérieur. » (Codex STAN 206-1999).

La dénomination « lait » sans indication de l'espèce animale de provenance est réservée au lait de vache.

Le lait est l'élément de base des produits laitiers, comme le fromage, le beurre, les yaourts. Il est souvent utilisé dans l'industrie agroalimentaire comme ingrédient (en pâtisserie, biscuiterie, charcuterie).

## 2. Composition physico-chimique du lait

Le lait de vache est un liquide opaque de couleur blanche plus ou moins jaunâtre selon la teneur en  $\beta$ -carotène de sa matière grasse. Sa composition varie en fonction de l'alimentation, de la période de lactation, de la saison et de la race de l'animal. Sa saveur est douce et son odeur est faible mais identifiable.

Le lait est un mélange complexe constitué de 90 % d'eau et le reste (10%) comprend :

- Une solution homogène : sucre + protéines solubles + minéraux + vitamines hydrosolubles.
- Une solution colloïdale : protéines en particulier les caséines.
- Une émulsion : matières grasses.

### 2.1. Eau

L'eau représente environ 90 % du volume de lait. L'eau du lait se trouve sous deux formes : l'eau libre (96% de la totalité) et l'eau liée (4%) à la matière sèche.

L'eau libre par sa mobilité est très réactive. Elle autorise l'état de solution du lactose et d'une partie des minéraux et rend le milieu très favorable au développement des microorganismes.

L'eau liée est fortement associée aux protéines, à la membrane des globules gras et à certains minéraux. Elle n'est pas affectée par les procédés classiques de transformation et n'intervient pas dans les réactions chimiques physiques ou enzymatiques.



## 2.2. Matière sèche total (125-130 g/l)

La matière sèche totale (extrait sec total) représente 125 à 130 g par litre, dont 35 à 45 g de matières grasses. Les autres composants principaux sont les composants organiques (glucides lactose, lipides, protides, vitamines) et les composants minéraux Ca, Na, K, Mg, Cl..

L'extrait sec dégraissé correspond à l'ensemble des composants de la matière sèche à l'exception des matières grasses.

### 2.2.1 Glucides (45-51 g/l)

Le sucre principal de lait est le lactose (disaccharide) qui est constitué par l'association d'une molécule de glucose et d'une molécule de galactose.

Le lactose est un sucre fermentescible. Il est dégradé en acide lactique par des bactéries lactiques (lactobacilles et streptocoques), ce qui provoque un abaissement du pH de lait entraînant sa coagulation. Cette dernière est indispensable à la fabrication du fromage et du lait fermenté.

### 2.2.2. Matière grasse (35-45g /l)

La quantité de la matière grasse varie en fonction des conditions d'élevage. Elle est présente dans le lait sous forme de globules gras (de 1 à 8  $\mu\text{m}$  de diamètre) émulsionnées dans la phase aqueuse.

Cette matière grasse est constituée principalement de composés lipidiques (98% des triglycérides). Les acides gras sont des composés fondamentaux de la matière grasse et ils représentent 90 % de la masse des glycérides.

### 2.2.3. Matière azotée (31-35g / l)

On distingue deux groupes de matières azotés dans le lait, les protéines et les matières azotées non protéiques. Les protéines sont constituées de caséine (80%), de protéines solubles (albumine, globulines : 19%) et des protéines diverses (enzymes : 1%) en constituant la fraction essentielle.

### 2.2.4. Matière saline (9 g/l)

Le lait contient des sels à l'état dissous sous forme notamment de phosphates, de citrates et de chlorure de calcium, magnésium, potassium et sodium. La valeur moyenne de leur concentration massique (g/l) dans le lait est donnée dans le tableau 1 :

Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	S <sup>-</sup>	P <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Citrates
0,12	0,58	1,23	1,41	0,30	0,95	1,19	1,6

**Tableau 1 : Composition de la matière saline (en g par litre de lait)**



*Remarque : L'ion calcium est le plus important dans le lait aussi bien pour la nutrition que pour la coagulation du lait industriel.*

### 2.2.5. Vitamines

Le lait contient des :

- Vitamines liposolubles A, D et E, leur teneur dépend beaucoup de l'alimentation quel que soit l'espèce animale considérée.
- Vitamines hydrosolubles, les taux de vitamines de groupes B sont plus constants chez les monogastriques, leur taux est lié à l'alimentation.

*N.B : le lait contient des gaz dissous, essentiellement du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), du di azote (N<sub>2</sub>) et du dioxygène (O<sub>2</sub>).*

## 2.3. Paramètres physico-chimiques de lait

### 2.3.2. Acidité pH

L'acidité du lait en général varie de 6,4 à 6,8. Les constituants naturels du lait contribuent à l'acidité sont les phosphates (0,09%), les caséines (0,05-0,08%), les autres protéines (0,01%), les citrates (0,01%) et le bioxyde (0,01%).

En technologie laitière, on s'intéresse particulièrement aux changements de l'acidité au cours des traitements. En effet, ces changements peuvent influencer la stabilité des constituants de lait.

Le chauffage de lait peut :

- Causer la perte de gaz carbonique.
- Décomposer le lactose en acides organiques divers.
- Causer le blocage des groupements aminés des protéines et provoquer alors une augmentation de l'acidité.

De même, aux températures élevées, le phosphate tricalcique peut précipiter et causer une augmentation de l'acidité provoquée par la dissociation des radicaux phosphates.

### 2.3.3. Point de congélation

Le point de congélation est la température de passage de l'état liquide à l'état solide. C'est l'une des constantes les plus stables du lait. Cette constante résulte du fait que la pression osmotique du lait est maintenue en équilibre avec celle du sang.

Le point de congélation de lait peut varier de -0,52 à -0,56°C, toute variation supérieure à -0,52°C étant un indice de mouillage.

### 2.3.4. Densité du lait

La densité de lait à 15°C est en moyenne 1,032. Elle est la résultante de la densité de chacun des constituants du lait. S'il y a présence d'air dans le lait, la densité sera plus faible.

**En résumé :**

<i>Constantes physiques du lait</i>	<i>Moyennes</i>
<b>Densité du lait à :</b> - 15°C - 20°C	1,030 - 1,034 1,031
<b>Point de congélation °C</b>	-0,55
<b>Point d'ébullition °C</b>	100,16
<b>Chaleur spécifique : (cal /g. °C)</b> -du lait -de la matière grasse pure	0,933 à 0,954 0,52
<b>pH à 20 °C</b>	6,4 à 6,5
<b>Acidité titrable en degré Dornic</b>	15-17
<b>Activité de l'eau à 20°C</b>	0,99
<b>Indice de réfraction</b>	$N_d^{20} = 1,344$ à 1,348
<b>Energie (Kcal/l)</b>	701

**Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimique du lait de vache**

## **II. Techniques et contrôle de qualité**

Le domaine Douiet est muni d'un laboratoire qui a pour but le contrôle de qualité des produits finis et les matières premières utilisées lors de la production. Ce contrôle assure le respect des normes exigées par la société afin de préserver la conformité du produit et par la suite contribuer à la sécurité sanitaire des consommateurs.

Les différentes cellules de contrôle au laboratoire du domaine sont :

- Cellule de contrôle physico-chimique.
- Cellule de contrôles sensoriels.
- Cellule de microbiologique.

### **1. Contrôle physico-chimique**

Dans la cadre de la mise au point des contrôles de qualités des matières premières et des produits finis, le laboratoire du domaine Douiet réalise une variété d'analyses physico-chimiques pour la caractérisation de chaque produit

chimiques	
<b>pH</b>	Crème fraîche, fromages affinés, fromages frais, cottage cheese
<b>Matière grasse</b>	Crème fraîche, fromages affinés
<b>Extrait sec total</b>	Fromages affinés
<b>Viscosité</b>	Crème fraîche
<b>Lactose et matière azotée protéique</b>	Le lait

*Tableau 3 : Analyses physico-chimiques effectuées sur divers produits laitiers*

### *1.1. Analyse du pH*

Cette analyse est effectuée pour déterminer l'acidité d'un produit. Elle se fait à l'aide d'un pH mètre.

### *1.2. Analyse de la matière grasse*

#### *1.2.1. Fromages*

On enlève la croûte de fromages, on introduit l'échantillon coupé en petit morceaux dans un godet à fromage qu'on fixe fermement avec le col inférieur du butyromètre.

On verse l'acide sulfurique par l'extrémité supérieure jusqu'à ce que le niveau d'acide atteigne une hauteur de 2/3. (L'acide sulfurique induit la dissolution des protéines et ainsi extraction de la matière grasse).

On ferme le butyromètre et on le place dans un bain marie jusqu'à dissolution complète des morceaux de l'échantillon. Au cours de cette opération, le butyromètre est agité plusieurs fois.

Une fois retiré du bain marie, on ajoute l'alcool iso-amylique et l'acide sulfurique (l'alcool iso-amylique favorise la séparation de la matière grasse). On agite le butyromètre puis on le place dans la centrifugeuse pendant 5 min.

La teneur en matière grasse est exprimée en gramme pour 100 g de fromage.

#### *1.2.2. Crème*

Un échantillon de la crème fraîche est versé dans un godet de la crème. Ce dernier est fixé à un butyromètre. On verse un volume précis de l'acide sulfurique et de l'alcool iso-amylique ainsi que l'eau distillée.

Le butyromètre est placé dans un bain marie, puis on note la teneur en matière grasse de la crème.

### *1.2.3. Lait*

La teneur en matière grasse du lait est déterminée par le LACTOSCOPE qui se base sur une analyse par faisceau d'Infra Rouge. Ce dernier donne aussi les résultats d'analyses concernant : le lactose, la matière protéique et l'extrait sec à la fois pour le lait.

Le LACTOSCOPE est l'instrument destiné à renseigner sur la proportion des glucides, des matières grasses, des protéines et de l'extrait sec contenu dans le lait.



*Figure 1 : LACTOSCOPE*

### *1.3. Analyse de l'extrait sec total*

L'extrait sec total ou matières sèches totales est l'ensemble de toutes les substances qui dans des conditions physiques déterminées ne se volatilisent pas. Il est exprimé en pourcentage ou g/l.

#### *Méthode d'analyse :*

On place une capsule sur la balance et on note son poids. On pose l'échantillon en morceaux dans la capsule et on la place dans l'étuve pendant 3H à 102°C. Puis on pèse la capsule à nouveau. La différence entre les deux poids est le taux de l'extrait sec total.

### *1.4. Analyse de viscosité*

Cette analyse a pour objectif la détermination de la durée nécessaire à l'écoulement d'une quantité quelconque de l'échantillon étudié, elle s'effectue à l'aide d'un viscomètre à écoulement ordinaire.

## *2. Suivre des analyses physico-chimiques du lait de Douiet*

### 2.1. But

Déterminer la composition physico-chimique de trois élevages différents dans le domaine Douiet, par conséquent contrôler le lait orienté vers la fabrication des fromages et des produits laitiers.

### 2.2. Résultats

En se basant sur les techniques déjà cités au dessus, j'ai effectué les analyses concernant l'acidité du lait, la quantité de matière grasse et de matière azotée protéique ainsi que l'extrait sec total pour chacun des trois élevages pendant six semaines.

- pH
- MG (g/l) : Matière Grasse exprimée en grammes par litre du lait.
- MAP (g/l) : Matière Azotée Protéique exprimée en grammes par litre du lait.
- EST (g/l) : Extrait Sec Total exprimé en grammes par litre du lait.

Les normes que nos résultats d'analyses doivent atteindre sont :

- pH : 6,6 à 6,8
- MG : 35 à 45 g/l.
- MAP : 32 à 34 g/l.
- EST : 125 à 130 g/l.

Les résultats sont regroupés dans les tableaux 4,5et6 :

Semaines	Date	pH	MG	MAP	EST
S1	21-avril	6,7	39	33	130
	22-avril	6,7	37,5	32	127
S2	28-avril	6,71	36	31,5	126,5
	29-avril	6,7	35	30,5	123
S3	05-mai	6,68	36,5	31	126
	06-mai	6,7	35	31	125
	07-mai	6,7	37	31	126
S4	12-mai	6,74	38	32	128
	13-mai	6,74	37,5	32	127
	14-mai	6,73	37,5	31,5	127,5
S5	19-mai	6,73	37	32	128
	20-mai	6,74	36,5	32	127
	21-mai	6,74	37,5	31	127
S6	26-mai	6,68	37	31	127
	27-mai	6,68	37,5	31,5	128,5
	28-mai	6,7	38	31,5	128

**Tableau 4: Résultats des analyses du lait de l'élevage 1**

Semaines	Date	pH	MG	MAP	EST
S1	21-avril	6,71	37	32	126
	22-avril	6,7	38	32	127
S2	28-avril	6,71	35	30,5	128
	29-avril	6,72	36	31	128
S3	05-mai	6,7	35,5	30,5	127
	06-mai	6,72	37	32	126
	07-mai	6,71	36,5	32	128
S4	12-mai	6,75	36	30,5	122
	13-mai	6,7	36	30	121
	14-mai	6,78	35,5	31	123
S5	19-mai	6,74	36	30	122
	20-mai	6,7	37	30	121
	21-mai	6,71	36,5	31	124
S6	26-mai	6,7	36,5	30	123
	27-mai	6,69	37	33	127
	28-mai	6,69	37	34	129

**Tableau 5: Résultats des analyses du lait de l'élevage 2**

Semaines	Date	pH	MG	MAP	EST
S1	21-avril	6,7	38	32,5	130
	22-avril	6,71	37	33	129
S2	28-avril	6,7	41	34	134
	29-avril	6,74	36	32,5	128,5
S3	05-mai	6,69	40	34	132
	06-mai	6,71	40,5	33	133
	07-mai	6,68	38	31,5	130
S4	12-mai	6,71	39	32	130
	13-mai	6,75	38	33	128
	14-mai	6,7	40	32	129
S5	19-mai	6,7	38	32	130
	20-mai	6,75	39	33	128
	21-mai	6,7	39	32	130
S6	26-mai	6,71	38	32,5	129,5
	27-mai	6,71	37,5	32	128
	28-mai	6,7	37	33	130

**Tableau 6: Résultats des analyses du lait de l'élevage 3**





## ***2.3. Discussion***

### ***2.3.1. Elevage 1***

Tous les résultats obtenus sont conformes à la norme, donc le lait de cet élevage est convenable à la fabrication des fromages et des autres produits laitiers.

### ***2.3.2. Elevage 2***

Les résultats de l'élevage 2 obtenus sont conformes à l'exception de celles des deux semaines 4 et 5. On observe une légère diminution au niveau de la quantité de MG et de MAP, ce qui implique un abaissement de la quantité de l'EST.

### ***2.3.3. Elevage 3***

On constate que les résultats des analyses du lait de troisième élevage sont conformes et même plus riche en protéine et en matière grasse que la norme appuyée.

## ***2.4. Explication***

Malgré que le domaine Douiet fourni la même alimentation et possède la même race des vaches pour les 3 élevages, on constate une différence de composition physico-chimique. Celle ci est due à la période de lactation des vaches, c'est-à-dire :

- Une vache au début de lactation donne une grande quantité du lait moins riche en MG et en MAP.
- Une vache à la fin de lactation donne une quantité moins élevée mais un lait riche en MG et en protéine alors l'extrait sec total est élevé.

La composition de lait varie en fonction de l'alimentation selon la période de lactation, la saison et la race de l'animal.

### ❖ Secteur Fromagerie

Le secteur fromagerie des domaines DOUIET regroupe un certain nombre de fromage présentés sur le tableau suivant :

Type de pâte	Produits
Pâte pressée cuite	Emmental
Pâte pressée non cuite	Zouaghi
Pâte molle	Tomme/mini tomme
Pâte fraîche	Fromage frais (jben0%) Fromage blanc Fromage affiné caprin Fromage frais caprin Cottage (cheese)

*Tableau 7 : Types des fromages fabriqués au domaine Douiet*

#### *1. Fromage à pâte pressée*

##### *1.1. Fromage à pâte pressée cuite*

Les fromages à pâte pressée cuites (emmental, comté, gruyère, beaufort...) sont des fromages de grande taille (meules) avant d'être découpés, ils ont une croûte blonde et une pâte jaune pâle.

Ce sont des fromages dont le caillé est pressé au moment du moulage afin d'éliminer le maximum de lactosérum d'où le terme « pâte pressée », et qui a subi un chauffage au moment de son tranchage d'où le terme « pâte cuite ».

Parmi les différents types des fromages à pâte pressée cuite c'est l'Emmental qui est fabriqué au niveau de la fromagerie du domaine Douiet.

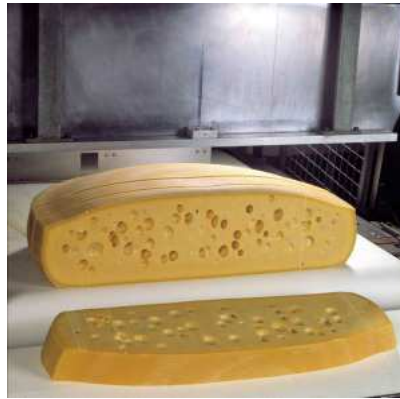
##### *1.1.1. Emmental*

###### *Définissions*

L'Emmental est un fromage affiné à pâte dure, cette pâte a une couleur allant du blanc cassé ou de l'ivoire à la jaune pâle ou jaune. Il a une texture élastique, mais pas collante. On peut le tranché facilement, il possède un nombre de trous de gaz réguliers, allant de rares aux nombreux, d'une taille variant entre celle d'une cerise et d'une noix.

L'Emmental est traditionnellement fabriqué en roues et en blocs de 40 kg ou plus, mais les pays qui autorisent d'autres poids exigent que le fromage dispose des propriétés physiques, biochimiques et sensorielles similaires. Il possède un goût typique doux, de noix et sucré plus ou moins dit.

L'Emmental est riche en protéines, ce sont des protéines à haute valeur nutritionnelle contenant les acides aminés essentiels à l'organisme. A noter que 60 g d'Emmental équivalent en protéines à deux œufs, trois verres de lait ou 100 g de viande de bœuf.



*Figure 2 : Fromage Emmental*

### *1.2. Procède de fabrication du fromage emmental*

La fabrication de l'Emmental passe par les étapes chronologiques suivantes :

Immédiatement après la fin de la traite, le lait est acheminé vers la fromagerie du domaine pour être stockés au niveau d'une citerne de stockage. Ce procédé de fabrication est toujours précédé par des analyses physico- chimique du lait afin de s'assuré qu'il possède les caractéristiques nécessaires pour la fabrication de fromage. (Voir analyses chapitre1)

#### *Standardisation*

Réglage d'une grandeur (pH), d'un composant (matière grasse, matières azotées) pour qu'il soit convenable à une valeur objectif.

#### *Pasteurisation*

La pasteurisation de lait s'effectue au niveau d'un pasteurisateur à une température  $75^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Le lait est envoyé vers une cuve de température  $33^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  (La température de sortie de lait du pasteurisateur est  $34^{\circ}\text{C}$ ). C'est une opération qui détruit 90 % à 98 % de la flore contenue dans le lait, notamment tous les germes pathogènes non sporulés.

#### *Ensemencement*

Après une pasteurisation haute du lait, sa température est amenée à  $34^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  pour permettre sa maturation après un ensemencement avec des ferments lactiques. Sachant que ces derniers doivent être conservés à une température de  $4^{\circ}\text{C}$ .

#### *Maturation*

C'est le développement des microorganismes pour atteindre une acidité voulue et l'action d'un ensemble des activités enzymatiques afin de préparer un milieu favorable pour les germes d'ensemencement au moment de la fabrication de fromage.



L'effet bénéfique de cette maturation est essentiellement une protéolyse\* limitée sous action de protéases microbiennes surtout celles des microcoques. Les peptides ou les acides aminés ainsi libérés ont un effet activateur sur les bactéries lactiques.

➤ **Rôles des bactéries lactiques :**

- ✓ Transformer les sucres (lactose) en acide lactique :
  - Augmentation de l'acidité, conservation des produits, limitation du développement des bactéries nuisibles.
- ✓ Transformer les sucres en CO<sub>2</sub>
  - Ces bactéries ont la propriété de transformer le lactose ou ses dérivés en métabolites variés et notamment en composés gazeux : Libération de CO<sub>2</sub> : Ouvertures.
- ✓ Transformer les protéines :
  - Par protéolyse\* au cours de la maturation mais surtout au cours de l'affinage.

*\*Protéolyse : Fragmentation d'une protéine en plusieurs morceaux sous l'action d'une enzyme.*

- ✓ *Protéolyse primaire (au cours de la maturation) : dont les protéases jouent le rôle des enzymes.*
- ✓ *Protéolyse secondaire (au cours de l'affinage) : dont la plasmine et les levains thermophiles jouent le rôle des enzymes.*

### *Emprésurage*

Consiste à ajouter 500 ml d'une solution de présure à 2000 l de lait mûré et réparti dans un bassin. Après l'emprésurage, le lait est soigneusement brassé pendant 2 à 3 minutes maximum. Ensuite, il est important que le lait s'immobilise en l'espace de 8 à 10 minutes afin d'éviter toute perturbation du processus de coagulation et la perte de caséine dans le lactosérum.

### *Coagulation*

La coagulation est une étape qui dure 35 à 45 minutes et qui consiste tout d'abord à l'ajout des ferments lactiques (sous forme lyophilisés\*). Après l'ajout de la présure pour provoquer la coagulation par la précipitation des caséines du lait. Le principe actif de cette substance est la chymosine. Le lait va alors se scinder en deux :

- ✓ Le « caillé » (partie solide) qui va servir à faire les fromages.
- ✓ Le « petit lait » ou lactosérum (partie liquide).

*\*Lyophilisation : ou séchage à froid, est un procédé qui permet de retirer l'eau contenu dans les bactéries afin de les rendre stable à la température ambiante et ainsi faciliter leur conservation.*

➤ *Coagulation par voie lactique : Acidification*

Elle consiste à précipiter les caséines par acidification biologique à l'aide des ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique.

L'acide déshydrate ainsi les micelles, ce qui leur permet de se rapprocher. Plus la déminéralisation (acidification du lait par des bactéries lactiques ou par acidification chimique) est importante plus le caillé est de type lactique.

En effet, les micelles se lient par des interactions hydrophobes (liaisons faibles, réversibles) en retenant dans leur réseau les globules gras, les micro-organismes, les vitamines, toutes les particules qui peuvent être retenues dans les mailles du réseau caséinique.

➤ *Coagulation enzymatique : Emprésurage*

Elle consiste à employer des protéases qui vont par leur activité protéolytique conduire à la formation d'un gel à partir des protéines (caséines) de lait.

*Présure : est une solution qui contient un mélange de 2 enzymes protéolytiques : la chymosine (80%) et la pepsine (20%). L'activité de ce dernier est spécifique sur la caséine, alors que la chymosine a une activité protéolyse générale pouvant se manifester sur toutes les protéines.*

La coagulation du lait par la présure comprend deux phases :

- ✓ phase enzymatique au cours de laquelle la chymosine dégrade la caséine kappa de façon spécifique.
- ✓ Phase de coagulation correspond à la formation d'un gel par agrégation des micelles modifiées.

*Décaillage*

Le caillé est découpé à l'aide d'une tranche caillée. Ce tranchage suivi d'une augmentation de température à 48°C par la vapeur et un brassage induisent le phénomène synérèse (séparation du caillé du lactosérum, ce qui facilite l'expulsion de ce dernier).



*Tranche Caillé*

*Figure 3 : Tranchage du caillé*

### Égouttage

Cette étape technologique consiste à l'élimination plus ou moins grande du lactosérum (ou sérum ou petit lait) emprisonné dans les mailles du gel formé par voie acide et/ou enzymatique. Elle aboutit à la formation du fromage en blanc ou caillebotte. Il existe divers facteurs qui favorisent l'égouttage.

- *Facteur thermique* : C'est pourquoi on effectue un chauffage-brassage à une température de 48°C pendant 45 min.
- *Facteurs mécaniques* : tranchage, brassage, pressage...
  - ✓ Pré-pressage : sous une pression de 4 bars pendant 25 à 30 min.
  - ✓ Moulage et pressage : le moulage consiste à presser le caillé dans des moules perforés pour que le fromage prenne sa forme définitive. Les moules sont ensuite placés sous une **presse-mouleuse** qui presse doucement le caillé pendant 24 heures.
- *Facteurs biologique* : Activités des ferments lactiques : acidification.
- *Facteurs physico-chimiques* : pH, formation de liaisons.



*Figure 4 : Presse-Mouleuse*

### Salage

Après pressage, les meules sont immergées dans un bain de saumure pendant 24 h. L'objectif de cette étape est d'incorporer une quantité déterminée de chlorure de sodium ( $\text{Na Cl}$  = sel de cuisine) dans le fromage, juste après l'égouttage et juste avant l'affinage. Le sel va donc renforcer le pouvoir gustatif des matières grasses et des caséines, et diminuer la perception d'acidité.

Durant le salage un flux du lactosérum est observé entre l'intérieur du fromage et la saumure (loi naturelle de la physique qui tend à rétablir les équilibres minéraux entre le fromage et la saumure). Ce phénomène sera d'autant plus important si la phase d'égouttage n'a pas été effectuée correctement, une petite correction de l'égouttage peut être faite pendant le salage.



L'assèchement du fromage, dû à la pénétration du sel, commence par sa zone corticale (surface). Cette zone devient de plus en plus imperméable et est appelée (crouste), elle a le rôle d'une barrière permettant de :

- ✓ Evite une dessiccation trop rapide de la pâte.
- ✓ Empêche le développement des flores contaminants.
- ✓ Conserver les conditions aérobies (sans oxygène) à l'intérieur du fromage (conditions idéales pour les bactéries d'affinage).

### *Ressuyage*

Cette étape consiste à sortir le fromage de la saumure et le placer sur des clés d'inox avec retournement régulier dans un hâloir à hygrométrie réglée.

Un hâloir est une chambre froide de 11 à 13 °C dont l'hygrométrie réglée entre 70 et 95,5% selon le mode de ressuyage et l'affinage de chaque type de fromage. Il existe aussi un ventilateur qui distribue l'air sous faible pression dans toutes les parties d'hâloir.

### *Affinage*

L'Emmental est mis en fermentation de 2 à 3 mois. Régulièrement retournés, ils pourront aussi être lavés avec de l'eau salée. Cette période de maturation déterminera sa saveur et son goût. Les bactéries propioniques, naturellement contenues dans le lait d'origine ou bien ajoutées artificiellement, vont se mettre alors à produire beaucoup de gaz (CO<sub>2</sub>).

Le gaz ne peut pas totalement s'échapper, il va former des bulles à l'intérieur de fromage (les ouvertures de l'Emmental).

### *Conditionnement*

Emballés avec soin puis expédiés. L'emmental peut être commercialisé en bloc, sous forme portion ou même râpé.



*Emmental en bloc*



*Emmental en portion*



*Emmental râpé*

### *1.3. Diagramme de fabrication de l'Emmental (voir page suivante)*



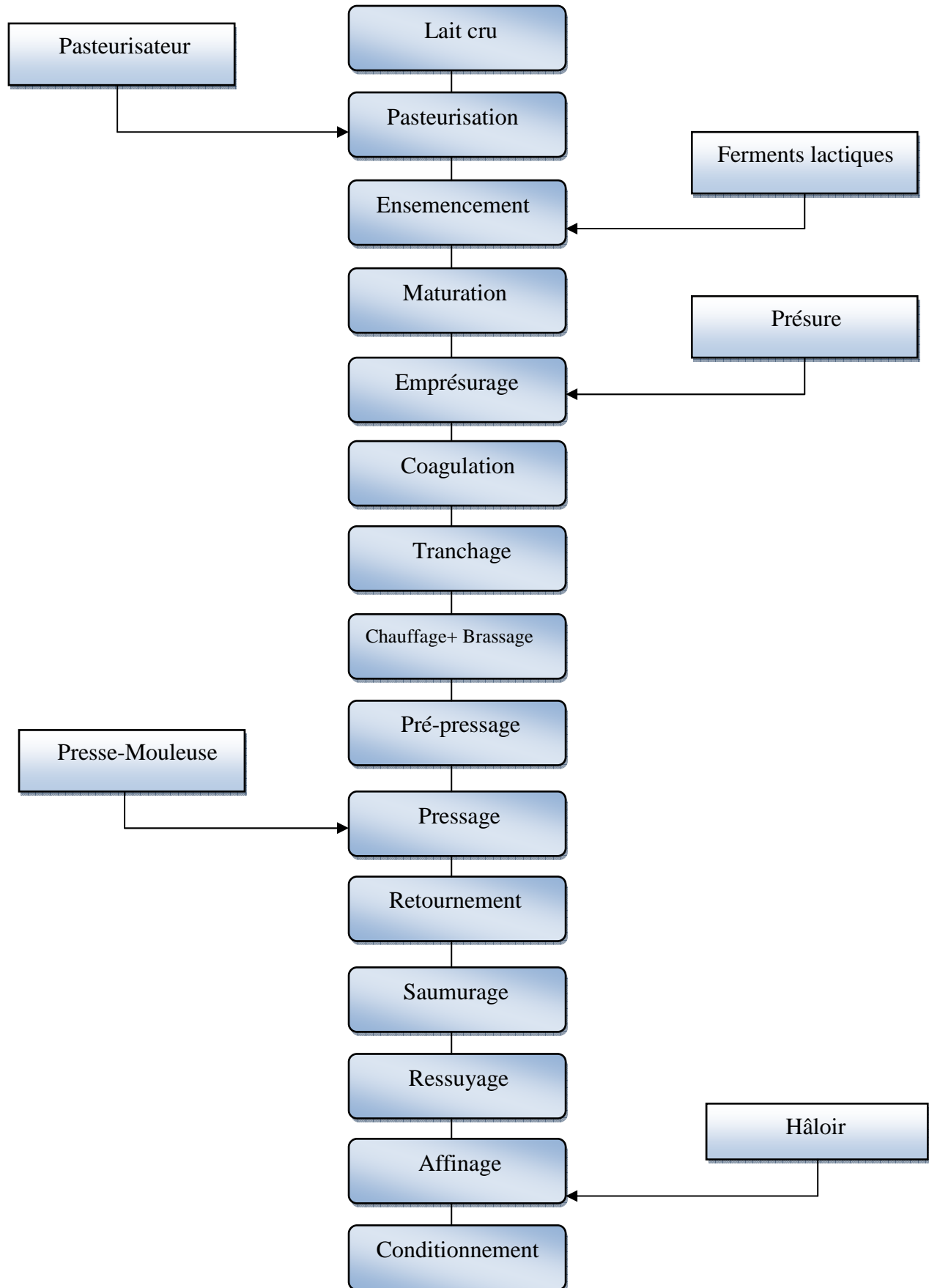


Figure 5 : Diagramme de Fabrication des PPC : l'Emmental

## II. Etude d'ouvertures des fromages « Emmental »

### 1. Objectif

Ces trous sont l'identité de l'Emmental et permettent de savoir si le fromage est correctement affiné. L'objectif de mon stage à Douiet est d'obtenir les conditions adéquates pour avoir les ouvertures spécifiques de l'Emmental.

On a réalisé plusieurs testes de fabrication de fromage en utilisant différents paramètres microbiologique afin d'étudier l'absence, la présence et la forme des trous (ouvertures).

Dans le premier teste le lait utilisé pour les trois fabrications ne contient que des ferments habituels, alors qu'on a ajouté les propioniques dans le deuxième teste, et le lysozyme dans le troisième, et la quatrième expérience le lait contient des ferments habituels, le lysozyme et les propioniques

Les résultats obtenus sont affichés sur le tableau 7 suivant :

	<b>Ferments habituels « Témoin »</b>	<b>Ferments habituels + bactéries propioniques</b>	<b>Ferments habituels + lysozyme</b>	<b>Ferments habituels + Lysozyme + bactéries propioniques</b>
<b>Fabrication 1</b>	Ouvertures non spécifiques	Ouvertures spécifiques + Ouvertures non spécifiques	Absence d'ouvertures	Ouvertures spécifiques
<b>Fabrication 2</b>	Ouvertures non spécifiques	Ouvertures spécifiques	Absence d'ouvertures	Ouvertures spécifiques
<b>Fabrication 3</b>	Ouvertures non spécifiques	Ouvertures non spécifiques	Absence d'ouvertures	Ouvertures spécifiques

**Tableau 7 : Résultats de la suivie de l'activité propionique**

### 2. Commentaires

#### 2.1. Ferments habituels

On obtient des ouvertures non spécifiques à cause des butyriques (bactéries). La fermentation butyrique s'effectue par des bactéries du genre Clostridium qui transforment l'acide lactique déjà produit en acide butyrique, responsable d'odeurs putrides et de goûts piquants, en gaz carbonique et hydrogène responsables du gonflement tardif des fromages.

## 2.2. *Ferments habituels + lysozyme*

Le fromage obtenu dans ces conditions ne contient plus d'ouvertures à cause de la faible concentration des bactéries butyriques et par conséquent les bactéries gazéifiées qui provoquent le dégagement de CO<sub>2</sub> donnent au fromage un goût non caractéristique.

**Lysozyme** : Est une enzyme extraite du blanc d'œuf de poule, il est ajouté dans le lait au cours de la fabrication dont le but est de détruire les spores butyriques et par conséquent éliminer ces bactéries. Ces dernières dégradent des acides aminés et du lactose et provoquent des gaz de mauvaise odeur.

## 2.3. *Ferments habituels + bactéries propioniques*

La formation des yeux (ouvertures spécifiques), mais des ouvertures non spécifiques persistent encore parce qu'il y a dominance des bactéries butyriques existant naturellement dans le lait.

## 2.4. *Ferments habituels + lysozyme + bactéries propioniques*

Les propioniques sont donc en condition favorable pour se développer et consommer les lactates de calcium. Ces derniers sont transformés en acide propionique : du gaz carbonique est libéré lors de cette réaction.

Ce gaz se dissout au début dans l'eau présente dans la pâte, jusqu'à saturation, au fur et à mesure du développement des propioniques. Alors la meule gonfle et se bombe sous l'effet de la poussée du gaz carbonique, la pâte est comme en ébullition. Les bulles de gaz carbonique, prisonnières de la croûte, éclatent et forment ces fameuses ouvertures dans les zones de moindre résistance de la pâte (d'où l'importance d'un caillé homogène pour obtenir une répartition équilibrée des ouvertures). Ce phénomène se produit au bout de la quatrième semaine en cave chaude.

## 3. *Affinage* *Définition*

Affiner un fromage, c'est conduire et maîtriser l'ensemble des transformations qui s'opèrent de manière naturelle, en surface et à l'intérieur des fromages. L'affinage correspond à une seconde étape de transformation, c'est une étape fondamentale pour la qualité des fromages. Il décrit une succession de phénomènes biologiques très complexes (développement de la croûte, évolution de la texture de la pâte, formation des yeux, révélation des arômes ...)

### 3.1. *Conditions d'affinage*

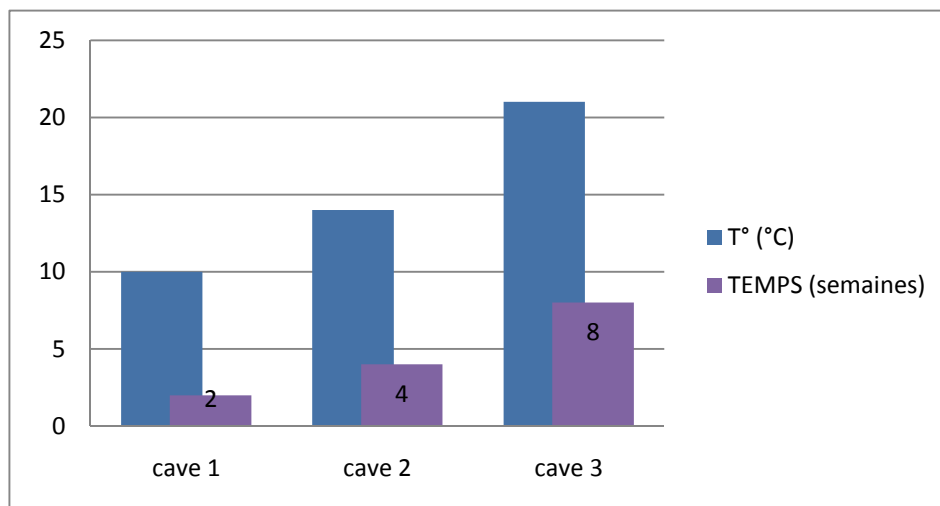
Pour obtenir une croûte imperméable et une bonne qualité d'ouvertures (bien rondes, réparties dans toute la pâte), on règle avec subtilité la température et l'hygrométrie de la cave.

On retourne régulièrement les meules pour favoriser une bonne répartition des ouvertures.

- Les conditions d'affinage pour un fromage Emmental sont identiques :
  - ✓ La durée : 3 mois  $\pm$  15 jours
  - ✓ Température : 21 °C
  - ✓ L'humidité : 92-95 %
  - ✓ Composition de l'atmosphère (O<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>)
  - ✓ Mouvements et homogénéité de l'air
  - ✓ Hygiène des locaux

### 3.2. *Problème de local :*

- La bonne formation des yeux pendant l'étape de l'affinage consiste à le passage des meules de fromages par :
  - ✓ Cave 1 : Pendant deux semaines à une température de 10 °C.
  - ✓ Cave 2 : Un mois à la température équivalente à 14 °C.
  - ✓ Cave 3 : Deux mois à une température de 21 °C.
- La cave 3 (spécifique), n'est pas disponible. afin de fournir tous les conditions favorables pour l'évolution des meules et alors des ouvertures convenables, il est nécessaire d'apporter la cave spécifique pour la troisième phase de l'affinage.



*Figure 6 : Température et temps déterminants l'affinage dans les 3 caves*

## ***1. Fromage à pâte molle***

### ***1. Tomme / Mini tomme***

Il existe plusieurs types de fromages à pâtes molles dont le fromage à croûte fleurie et le fromage à croûte lavée.

L'expression à croûte fleurie s'applique à un fromage dont la croûte est couverte de moisissures (Notamment *penicillium*) qui lui donne un aspect duveteux blanc.

## ***2. Procédé de Fabrication***

### ***2.1. Préparation du lait***

Le lait de la traite du soir est refroidi et maintenu à une température inférieure à 10°C jusqu'au lendemain matin.

Le lait des deux traites matin et soir est chauffé (thermisé) à 58°C, puis maintenu 15 minutes à cette température.

### ***2.2. Addition des ferments***

Le lait thermisé est refroidi à 40°C en y ajoutant les ferments. Le lait continu de se refroidir jusqu'à la température d'emprésurage 35 °C.

### ***2.3. Addition de présure***

Après un repos de 45 min, on ajoute 20 ml de présure liquide pour 100 litres de lait, emprésuré à 35°C. Durée de la coagulation: 35 à 40 minutes.

### ***2.4. Décaillage***

Lorsque le caillé est très ferme, on le rompt avec le tranche-caillé. Durée 10 minutes.

### ***2.5. Brassage / chauffage***

- Soutirer un maximum de petit-lait après avoir laissé reposer le grain au fond de la cuve.
- Brasser 5 minute afin d'éviter l'agglomération du grain.
- Ajouter 15 % d'eau à 35 - 36°C.
- Brassage final 10 minutes.

### ***2.6. Moulage / égouttage***

- Soutirer une grande partie du petit-lait.
- Brasser afin de bien mélanger les grains au petit-lait.
- Verser le caillé directement dans les moules avec le pousseur.
- Retourner les tommes après 5 minutes, placer 2 tommes par moule.
- La température sous presse est de 25°C : les moules sont placés autour d'un bidon d'eau chaude et recouverts d'une toile plastique jusqu'au soir.

- Les tommes sont démoulées au plus tôt après 10 h d'égouttage. Le moment de démoulage dépend du pH de la tomme; il doit être 4,9 à 5,1.



Figure 7 : Les Tommes juste après le démoulage

### 2.7. Salage

Les tommes sont démoulées lorsque le pH est inférieur à 5.30, stockées en cave et salées au bain de sel pendant 30 à 45 min pour les tommes et pendant 15 à 30 min pour les mini tommes.

### 2.8. Affinage

- Température :  $9\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .
- Hygrométrie : 92 %.
- Durée d'affinage : 3 semaines.

➤ *Cycle de la Température jusqu'à la sortie en cave :*

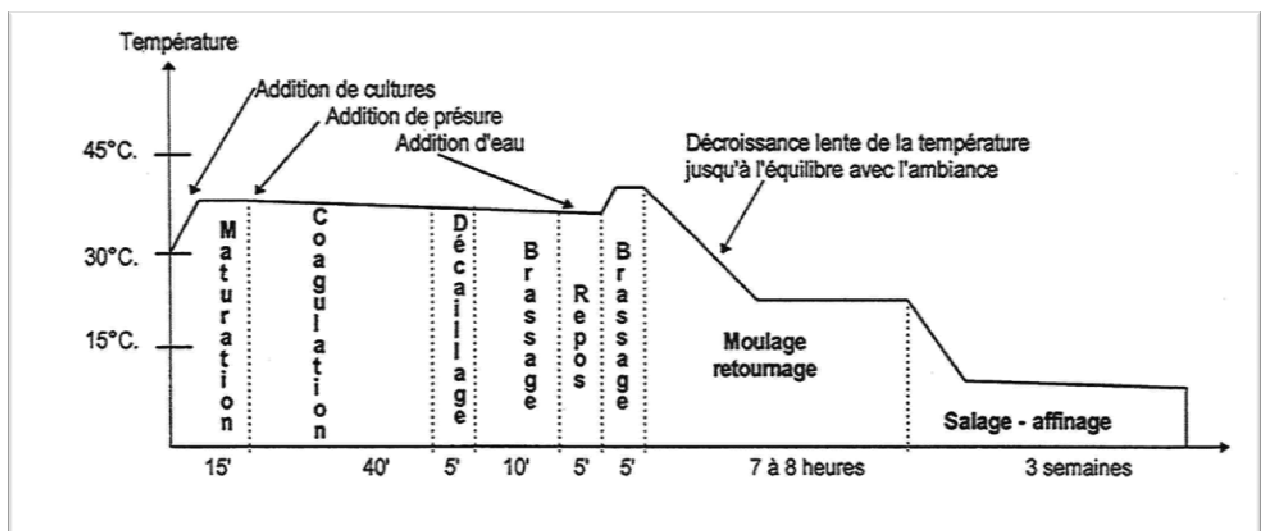


Figure 8 : Suivre du changement de T° la durant le procédé de fabrication des tommes

### ***3. Défaut de la tomme***

#### ***3.1. Tomme poisseuse***

La pâte reste poisseuse en cave.

❖ ***Cause :***

L'acidification a été insuffisante sous presse. Cela peut provenir soit :

- d'une température du local d'égouttage trop basse.
- d'une durée de pressage trop courte.
- d'une mauvaise qualité du lait.
- d'une culture en désordre.

- ✓ Il faut contrôler, chaque jour, le pH et effectuer une analyse bactériologique sur une tomme de cette fabrication.

#### ***3.2. Etalement des tommes***

La tomme coule après 2 semaines :

❖ ***Cause :***

- Durée de fabrication trop courte.
- Durée de pressage trop courte.
- Acidification insuffisante.

#### ***3.3. Surface des tommes***

Les tommes ne sont pas lisses en surface puisque les grains se soudent mal.

❖ ***Cause :***

- Durée de séchage en cuve trop longue, grains trop secs.
- Durée de mise en moule trop longue.
- Durée trop longue avant le premier retournage.

#### ***3.4. Gonflement des tommes***

Cela engendre un goût impur pour la pâte :

❖ ***Cause :***

- Propreté du lait insuffisante, lait mal refroidi.
- Lait de vaches atteint de mammite.
- Culture infectée, mal préparée.
- Infection lors de la fabrication (Ustensiles pas propres).

➤ ***Ces tommes doivent être détruites; des mesures de correction doivent être prises***



#### 4. Hygiène

Les risques d'intoxications alimentaires sont très élevés lorsque l'hygiène n'est pas suffisante. Puisque l'acidification des tommes étant plus faible que l'acidification du fromage emmental, les bactéries indésirables (pathogènes) peuvent facilement s'y développer. Il faut donc absolument :

- Fabriquer avec de la culture en utilisant comme ferment de la culture RA 401 ou de la culture lyophilisée pour la production de pâte molle.
- Ne pas fabriquer de tommes avec du lait marmiteux, ce lait contient souvent des germes toxiques pour l'homme (entre autre des staphylocoques), dans ce cas les tommes constituent un milieu idéal pour leurs développement.

##### 4.1. Hygiène personnelle

- Il faut nettoyer et désinfecter les mains avant de toucher le matériel de fabrication.
- Il ne faut pas tremper les mains dans la cuve lors de la fabrication de pâte molle.
- Il faut utiliser des gants lors du brassage, moulage.
- Il faut des habits propres.

##### 4.2. Hygiène des locaux

Il est nécessaire de :

- Nettoyer et désinfecter le matériel.
- Utiliser des matériels en inox ou en plastique alimentaire facile à nettoyer.
- Eliminer les moisissures dans les locaux de fabrication et dans les caves.
- Respecter le concept de sécurité et l'hygiène de produit.
- Nettoyer et désinfecter les mains avant de toucher le matériel de fabrication.
- Eviter de tremper les mains dans la cuve lors de la fabrication de pâte molle.
- Utiliser des gants lors du brassage, moulage.
- Mettre des habits propres.

*Il faut, fabriquer les tommes directement après la traite, deux fois par jour ou très bien refroidir le lait du soir, et si nécessaire thermisé le lait de mélange.*

## II. Suivie de la perte de poids (de l'eau) de fromage Tomme

**But :** Définir le temps nécessaire à l'affinage pour qu'un produit soit conforme en norme de poids.

### 1. Méthode

Consiste à faire le suivi de perte de poids du fromage dans la salle d'affinage en fonction du temps. Les échantillons sont pesés à l'aide d'une même balance. La première pesée se fait après le saumurage (salage), c'est-à-dire après élimination de l'eau persistante après l'égouttage.

Pour suivre la perte de poids, on a pris trois échantillons différents des tommes et trois échantillons des mini tommes.

On va présenter les résultats d'un seul échantillon de chaque type de fromage car on constaté que les résultats des pourcentages de perte poids en fonction de temps sont pratiquement les mêmes pour les trois échantillons.

*Par exemple le jour  $J_0$ : L'échantillon tomme avait une masse de 1325 g  
L'échantillon mini-tomme avait une masse de 330 g*

## 2. Résultats

Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux 8 et 9 :

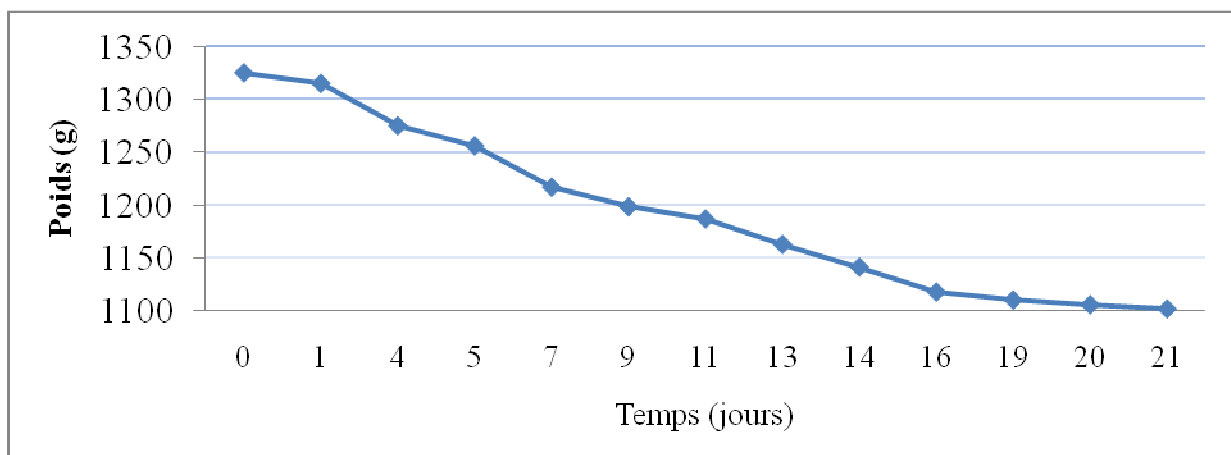
Jour	Poids (g)	$\Delta_m\%$
0	1325	0
1	1315	0,75
4	1275	3,77
5	1256	5,2
7	1217	8,15
9	1198,5	9,54
11	1187	10,41
13	1163	12,22
14	1141,5	13,84
16	1118	15,62
19	1110,5	16,18
20	1106	16,52
21	1102	16,83

Jour	Poids (g)	$\Delta_m\%$
0	330	0
1	327	0,91
4	317	3,93
5	312	5,45
7	302,5	8,33
9	298	9,69
11	295	10,63
13	287,5	12,87
14	284	13,93
16	279,5	15,30
19	277	16,06
20	274,5	16,81
21	273,5	17,12

**Tableau8 : Présentation de la perte de Poids en g et en% pour des tommes**

**Tableau9 : Présentation de la perte de poids en g et en% pour des mini tommes**

➤ *Suivi de la perte en poids (de l'eau) des tommes :*



**Figure 9 : Courbe représentant la perte du poids (masse) en fonction du temps des tommes**

### 3. Discussion

D'après les résultats regroupés dans les deux tableaux 8 et 9, on a constaté trois périodes différentes de pourcentage de perte de poids :

#### ➤ *Tomme*

- ✓  $J_0$  à  $J_7$  : la perte de masse est importante, soit une perte de masse de 108g au bout de 7 jours, elle représente 8,15 % de la masse initiale.
- ✓  $J_7$  à  $J_{14}$  : la perte de masse est moins importante, Dans cet intervalle le pourcentage de perte de poids est de 5%, c'est-à-dire le fromage a perdu 75g.
- ✓  $J_{14}$  à  $J_{21}$  : Cette masse stabilise autour de 1100g. Dans cette phase le pourcentage de perte de poids devient faible de 3%.

#### ➤ *Mini tomme*

On a constaté les mêmes résultats de pourcentages de perte en poids que les tommes durant les trois semaines.

### 4. Explication

- La perte de poids est liée à la perte d'eau contenue dans le fromage.
- Cette perte est due à l'exsudation de l'eau par contraction du gel suite à l'acidification.
- L'agrégation des micelles protéiques et la formation des liaisons calcium, phosphate et hydrogène participent activement à un phénomène de polymérisation, c'est-à-dire création d'une chaîne protéique, chose qui conduit à la contraction du caillé.
- La perte d'eau est importante durant les 7 premiers jours de l'affinage puisque le fromage contient toujours de l'eau dans les cavités protéiques. Le poids de caillé se stabilise autant que la durée d'affinage des tommes est plus longue.

*Pour que l'affinage passe dans de bonnes conditions, il est important de maîtriser la température et l'hygrométrie.*



# Conclusion

Durant la période de ce stage, j'ai pu mettre en pratique mes connaissances acquises durant ma formation à la réalité pratique du monde de l'industrie. En plus, je me suis confronté aux difficultés quotidiennes et aux multiples imprévus du monde de travail, ce qui m'a permis de renforcer mon sens d'initiative.

Ce stage m'a permis aussi de comprendre le fonctionnement et le suivi des différents étapes de production des fromages (Emmental et Tomme) au niveau de la fromagerie du domaine Douiet ainsi que les différents aspects du fonctionnement du matériel mis en œuvre.

Les études que j'ai effectuées au sein de laboratoire bien équipé de contrôle de qualité, m'ont permis de me familiariser avec le matériel utilisé et d'avoir une vision sur le déroulement de travail dans le département des produits laitiers.

Le travail effectué au domaine Douiet a pu montrer que :

- Les résultats d'analyses de la composition physico-chimique du lait effectuées durant six semaines sont conformes aux normes appliquées à la fabrication des fromages Emmental.
- L'apparition des ouvertures spécifiques au fromage Emmental nécessite une cave supplémentaire afin d'assurer la troisième phase d'affinage dans les bonnes conditions.