

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Science Alimentaire  
Filière : Science Alimentaire  
Option : Bioprocédés et Technologie alimentaire



Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

*Optimisation des paramètres de production du fromage  
frais SOUMMAM dans le but d'améliorer le rendement*

Présenté par :  
**BELATECHE Youba**

**Devant le jury composé de :**

Mme. GEUNDOUZ N.  
Mme. ADRAR S.  
Mme. OUKIL N.

Grade MAA  
Grade MAA  
Grade MCB

Présidente  
Encadreur  
Examinatrice

**Année universitaire : 2015 / 2016**

## *Remerciements*

*Je tiens, en premier lieu, à rendre grâce à Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force et la patience pour achever ce travail.*

*Je commence tout d'abord, par remercier Mme ADRAR S. Je suis vraiment chanceux de vous avoir comme promotrice, je vous remercie vivement pour toutes les heures, les jours et les mois que vous avez passé avec patience extrême à me diriger et corriger ce manuscrit. Je vous remercie pour vos conseils et encouragements.*

*Mes remerciements sont adressés également aux membres du jury qui ont pris sur leur temps et ont bien voulu accepter de juger ce travail :*

*Je tiens à remercier Mme GEUNDOUZ N. qui m'a fait l'honneur de présider ce jury ainsi que Mme OUKIL N. d'avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Je remercie vivement les responsables de l'entreprise SOUMMAM (Akhou), de m'avoir offert l'opportunité d'effectuer mon stage de fin de cycle au sein de leur entreprise et tout le personnel du laboratoire de contrôle de qualité, du laboratoire process et du laboratoire microbiologie pour leur aide technique et scientifique ainsi pour leur disponibilité et gentillesse.*

*Merci à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici mon estime, ma sympathie ainsi que mes vifs remerciements.*

# *Dédicace*

*Au nom du Dieu le tout puissant, à qui je dois tout, et surtout d'avoir honoré et éclairé mon chemin par le savoir*

*A mes chers parents qui m'ont tout appris et se sont tant donnés pour me voir aujourd'hui réussir et qui, à aucun moment, n'ont cessé de m'encourager et me pousser à aller de l'avant.*

*Que ce travail vous soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde et infinie reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi, j'espère que je serai toujours à la hauteur de vos espérances.*

*A mes très chers frères Abaouz, Massi et mes chères sœurs Lynda, Assia, Kahina ainsi que leurs maris qui ont toujours été là pour me tenir la main et me soutenir dans chaque moment de ma vie.*

*A toute ma famille (oncles, tantes, cousins et cousines)*

*A tous mes amis et amies*

*A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin afin de réaliser ce modeste travail.*

# Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

**Introduction** ..... 1

## Synthèse bibliographique

**I. Le Lait** ..... 2

I.1. Définition ..... 2

I.2. Caractéristiques organoleptiques ..... 2

I.3. Composition et valeur énergétique ..... 2

I.4. Les protéines du lait de vache ..... 3

**II. Le Fromage** ..... 4

II.1. Définition ..... 4

II.2. Etapes de la fabrication du fromage ..... 4

II.3. Classification des fromages ..... 7

**III. Le fromage frais ou fromage à pâte fraîche** ..... 8

III.1. Définition ..... 8

III.2. Composition et valeur énergétique du fromage frais ..... 8

III.3. Classification des fromages frais ..... 9

III.4. Valeur nutritionnelle du fromage frais ..... 9

## Partie expérimentale

### Matériel et méthodes

**I. Présentation de l'organisme d'accueil** ..... 10

**II. Echantillonnage** ..... 10

II.1. Echantillonnage des matières premières ..... 10

II.2. Echantillonnage au niveau du process ..... 11

II.3. Echantillonnage du produit fini ..... 11

**III. Analyse bactériologique** ..... 11

III.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux ..... 11

III.2. Dénombrement de la flore totale ..... 11

III.3. Dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs ..... 11

III.4. Recherche des salmonelles ..... 12

**IV. Analyses physico-chimiques** ..... 12

IV.1. Mesure du pH.....	13
IV.2. Détermination de l'acidité Dornic .....	13
IV.3. Détermination du taux d'humidité .....	14
IV.4. Détermination de l'indice d'insolubilité.....	14
IV.5. Détermination de la masse volumique.....	14
IV.6. Détermination de taux de matière grasse (Poudre de lait) .....	15
IV.7. Test de fermentation.....	15
IV.8. Détermination de l'extrait sec total (EST) .....	15
IV.9. Détermination du taux de matière grasse (produit fini).....	15
IV.10. Détermination du taux de matière protéique.....	16
<b>V. Calcule du rendement.....</b>	<b>16</b>
<b>VI. Analyse statistique.....</b>	<b>17</b>
<b>Résultats et discussion</b>	
<b>I. Analyses préliminaires sur la matière première .....</b>	<b>18</b>
I.1. Analyses bactériologique.....	18
I.2. Analyses physico-chimiques .....	18
<b>II. Suivi de la production du fromage frais .....</b>	<b>19</b>
II.1.Impact de la composition de la poudre de lait sur le rendement .....	19
II.2.Impact de la durée d'attente d'égouttage sur le rendement.....	22
II.3.Impact du débit de séparation sur le rendement la production .....	26
<b>Conclusion.....</b>	<b>30</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	
<b>résumé/Abstract</b>	

<b>Numéro</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Composition du lait de vache en gramme par litre.	<b>3</b>
<b>II</b>	Composition et valeur calorique moyennes des fromages frais (pour 100g de produit).	<b>8</b>
<b>IV</b>	Les différentes analyses effectuées pour chaque échantillon.	<b>13</b>
<b>V</b>	Résultats des analyses microbiologiques de la matière première.	<b>18</b>
<b>VI</b>	Analyse physico-chimiques de la poudre de lait.	<b>18</b>
<b>VII</b>	Suivi du rendement avec deux poudres de lait différentes.	<b>19</b>
<b>VIII</b>	Effet de la durée d'attente d'égouttage sur le rendement.	<b>23</b>
<b>IX</b>	Suivi du rendement avec deux débits différents.	<b>27</b>

## **Liste des tableaux**

## **Tableau en annexes**

<b>Numéro</b>	<b>Titre du tableau</b>
<b>III</b>	Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes.

L'industrie laitière est probablement le secteur le plus diversifié et flexible de l'industrie alimentaire. La flexibilité du lait comme matière première réside dans les propriétés physico-chimique et chimique de ses constituants. Les principaux constituants du lait peuvent être modifiés par des procédés enzymatiques, chimiques et/ou de méthodes physiques, permettant la production de nouveaux produits tels que le fromage frais (**Fox, 2003**). Le fromage constitue un excellent aliment en raison de sa valeur nutritionnelle élevée et sa bonne digestibilité; la consommation des fromages apporte principalement une quantité importante en protéines, minéraux (calcium et phosphore) (**Frédot, 2005**).

La valorisation du lait par les fromages passe par la production de produits de qualité mais par aussi une optimisation de la quantité du fromage produit à partir du lait, l'amélioration est, où devrait donc être une préoccupation quotidienne des fromages. En effet, la perte de quelques grammes de fromages par jours peut sembler insignifiante sur la production journalière, mais rapporté à l'année les pertes économique peuvent vite prendre une plus grande ampleur. C'est sur ce contexte que la présente investigation a été proposée.

Ce travail, est réalisé au niveau de la laiterie SOUMMAM, qui a pour but d'améliorer le rendement en effectuant un suivi de la production du fromage frais, afin de tirer des conclusions concernant les paramètres de production pour un meilleur rendement. Pour mener à bien ce travail, nous l'avons subdivisé en deux parties :

- Une partie théorique qui comporte des généralités sur le lait et le fromage ;
- Une partie expérimentale qui traite les analyses physico-chimiques et microbiologiques des étapes de fabrication du fromage.

## **I. Le Lait**

### **I.1. Définition**

Le lait et les produits laitiers ont longtemps été au centre de l'alimentation dans les pays développés et en voie de développement (**Smit ; 2003**), car ils fournissent environ 30% des protéines et des lipides et environ 80% du calcium alimentaire (**Fox ; 2003**).

### **I.2. Caractéristiques organoleptiques**

#### **I.2.1. Couleur**

L'opacité du lait est due à sa teneur en particules suspendues de matières grasses, de protéines et de certains minéraux. La couleur varie du blanc au jaune en fonction de la coloration (teneur en carotène) de la matière grasse (**Gosta, 1995**).

#### **I.2.2. Odeur**

La présence de la matière grasse dans le lait, lui confère une odeur caractéristique. Egalement, au cours de sa conservation, le lait présente une odeur aigüe due à l'acidification par l'acide lactique formé (**Vierling, 1998**).

#### **I.2.3. Saveur**

Il est difficile de définir cette caractéristique du lait car elle provient de l'association d'éléments ; on retrouve notamment la saveur douce du lactose, la saveur salée du NaCl, la saveur particulière des lécithines qui s'équilibre et qui est atténuée par la masse des protéines. Leur appréciation varie donc grandement selon l'observateur (**Martin, 2000**).

### **I.3. Composition et valeur énergétique**

Le lait est un système colloïdal constitué d'une solution aqueuse de lactose, de matières salines et de plusieurs autres éléments à l'état dissous, dans laquelle se trouvent des protéines à l'état de suspension et des matières grasses à émulsion. L'extrait sec total du lait est en moyenne de 13,1% et l'extrait sec dégraissé (sans matière grasse) est de 9,2% (**Aboutayeb, 2009**). La valeur énergétique du lait de vache est entre 650 et 750 Kcal/litre (**Cheftel et Cheftel, 1977**). La composition générale du lait de vache est présentée dans le tableau I.



**Tableau I.** Composition du lait de vache en gramme par litre.

Composants	Valeur pour 1000ml
Eau	900
Matière grasse	36/40
Lactose	48/50
Sels minéraux	7/8
Matière azotée	33
Caséines	24
Protéines solubles	7
NPN	2

## **I.4. Les protéines du lait de vache**

### **I.4.1. Caséines**

Les caséines représentent 82% des protéines du lait de vache, les 18% restants sont constitués par la lactoglobuline, la lactalbumine, la sérumalbumine et par un grand nombre de protéines diverses, enzymes, immunoglobulines et lactoferrine bovine (**Barnig et al., 2005**). Leur point isoélectrique moyen est de 4,65. L'élucidation de la structure appelée micelles (les micelles de caséines), sont constituées de 92% de protéine et de 8% de minéraux.

Les quatre principales protéines contenues dans les micelles sont les caséines  $s_1$ ,  $s_2$ , et dans les proportions respectives suivantes : 4,1 ; 3,7 et 1,4. Il existe également une  $\alpha$ -caséine qui est fournie par l'hydrolyse de la  $\beta$ -caséine par la plasmine. Les micelles sont formées de sous-micelles périphériques sont plus hydrophiles et contiennent une grande proportion de  $\alpha$ -caséine (**Amiot et al., 2002**).

### **I.4.2. Protéines solubles**

Elles englobent toutes les protéines solubles à pH 4,6 d'où le nom aussi de protéines sériques, puisqu'on les retrouve dans le lactosérum après coagulation des caséines à pH 4,6. A la différence des caséines, les protéines solubles sont sous forme d'une chaîne enroulée, très serrée en pelote, naturellement non dénaturés et exclusivement de nature organique. La  $\alpha$ -lactoglobuline, l' $\alpha$ -lactalbumine, la sérumalbumine bovine, les immunoglobulines et les lactoferrines représentent plus de 90% des protéines sériques totales. Ce sont majoritairement des protéines globulaires présentant une grande sensibilité aux traitements thermiques. Elles

sont globalement riches en acides aminés soufrés et possèdent des résidus tryptophane leur conférant une excellente valeur nutritionnelle en particulier l'  $\alpha$ -lactalbumine (Snappe et al., 2010).

## **II. Le Fromage**

### **II.1. Définition**

La dénomination « fromage » est réservée, selon le **décret Français n° 88-1206 du 30 décembre 1988**, au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir de matière d'origine exclusivement laitière (lait entier, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre), utilisées seules ou en mélange, et coagulées en totalité ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de leur eau (Gillis, 2006).

### **II.2. Etapes de la fabrication du fromage**

#### **II.2.1. Préparation du lait**

La qualité du lait de fromagerie peut être définie comme son aptitude à donner un bon fromage dans les conditions de travail normales avec un rendement satisfaisant. Elle dépend d'un certain nombre de caractéristiques du produit : sa composition chimique notamment sa richesse en caséines, sa charge microbienne, la nature de sa microflore et son aptitude au développement des bactéries lactiques. Elle dépend aussi de son comportement vis-à-vis de la présure (Hermier et al., 1992; Thapon, 2005). Cette étape peut concerner :

- L'homogénéisation des globules gras : elle permet une meilleure répartition de la matière grasse au sein du caillé et favorise une couleur plus blanche du caillé. Elle peut toutefois accélérer les phénomènes de lipolyse, d'acidification et d'oxydation ;
- La standardisation de la composition chimique du lait en matière grasse (retrait ou ajout de MG) et en matière protéique ;
- Le traitement thermique : il vise à détruire la majorité de la flore banale et pathogène tout en conservant au mieux la qualité sensorielle du lait et en créant des conditions favorables aux étapes technologiques suivantes (Grappin et al., 2006).

## **II.2.2. Coagulation**

La coagulation correspond à une modification physico-chimique des micelles de caséines sous l'action protéolytique et ou d'acide lactique. Celle-ci entraîne la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé : coagulum ou gel. Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement suivant ces modifications sont induites par acidification ou par action d'enzymes coagulantes ou encore par l'action combinée des deux (**Eck, 1990**). Il existe 3 voies de coagulation selon le type de fromage à fabriquer :

- **La coagulation acide**

L'obtention d'un coagulum par voie acide s'effectue grâce à l'action des bactéries lactiques qui fermentent le lactose en acide lactique induisant ainsi la baisse du pH du lait. Au fur et à mesure de l'abaissement lent du pH, les résidus acides libres fixent des protons et l'effet par lequel augmente la solubilité du phosphate micellaire du calcium. La neutralisation des charges négatives en surface des micelles de caséine entraîne une agrégation des micelles entre elle, ce qui produit une augmentation du diamètre moyen des micelles par chainage. Lorsque le point isoélectrique des caséines est atteint (pH 4,65), la totalité du phosphate du calcium est dissout et les micelles sont complètement déstructurées. La charge nette des micelles et les répulsions électrostatiques sont insistantes. Les protéines déminéralisées sont totalement dénaturées. Le gel du type acide est formé par des liaisons hydrophobes. C'est un gel friable, ferme, cassant. Ce gel n'a pas le pouvoir de se contracter et présente un égouttage très limite (**Legreat et Brulé, 1993**).

- **La coagulation enzymatique**

L'hydrolyse de la caséine située en périphérie de la micelle se fait par la présure composée de 80% chymosine et de 20% pepsine. L'attaque enzymatique se fait sur la liaison peptidique phénylalanine(105) et méthionine (106) qui libère une partie hydrophile de la caséine et une partie restante hydrophobe la para caséine rattachée à la micelle (**Amiot et al., 2002**). L'hydratation diminuée, des liaisons hydrophobes et électrostatiques s'établissent entre les micelles modifiées. Enfin les micelles agrégées se réorganisent avec l'apparition de liaisons phosphocalciques et des ponts disulfures entre la para caséine. Ce gel est structuré, souple, imperméable, peu friable avec un fort pouvoir de rétention d'eau permettant un repartage de sa fraction aqueuse lors de l'égouttage par synérèse. Les facteurs influençant la coagulation sont nombreux : la composition du lait, la concentration en enzyme, la température, d'emprésurage et les traitements technologiques (**Vetier et al., 2000**).

- **Coagulation mixte**

La coagulation est réalisée par action conjointe de la présure et de l'acide lactique. Cependant, la formation du coagulum se fait généralement sous l'action dominante de la présure. C'est ensuite, progressivement, qu'il acquiert des caractères lactiques. Selon les pâtes, les doses de présures varient de 15 à 25 ml pour 100 litres, celles des levains lactiques de 1 à 3 litres pour 100 litres à des températures de coagulation de 28 A 32°C. En jouant dans les limites précitées sur les paramètres ci-dessus, on obtient un coagulum présentant, de façon plus ou moins accentuée en fonction du fromage désiré, les caractères ci-après : contractilité moyenne déterminée par une minéralisation modérée ; possibilité d'intervention mécanique accélérant l'égouttage dans la mesure ou la friabilité reste sans excès, c'est-à-dire ou l'acidification et la déminéralisation ne sont pas trop poussées (**FAO, 1995**).

### **II.2.3. Egouttage**

Dans un coagulum laissé au repos, l'égouttage se traduit macroscopiquement par une élimination progressive de lactosérum qui s'accompagne d'une rétraction et d'un durcissement corrélatif du gel (**Ramet et Scher, 1997**). Il s'agit donc d'une phase essentielle qui conditionne directement la composition du fromage et son devenir au cours de l'affinage (**Ramet, 1985**).

Le lactosérum est constitué par la plus grande partie des éléments solubles du lait (lactose, sels minéraux) et quelques fractions insolubles mineures (azotes, matières grasses) sont en effet expulsées du gel conjointement à l'eau. A l'opposé, la presque totalité des caséines et des matières grasses se retrouvent dans le fromage sous forme plus ou moins concentrée en fonction de la teneur en lactosérum résiduel (**Ramet, 1985**).

### **II.2.4. Salage**

Le salage a un rôle sensoriel, en donnant une saveur marquée au produit, et un rôle technologique en complétant l'égouttage et en limitant l'acidification et la déminéralisation. L'ajout de sel permet également la sélection de la flore de l'affinage. Le salage se fait avec le sel par saupoudrage, immersion en saumure ou par salage direct du caillé (**Michel, 2008**)

### **II.2.5. Affinage**

A l'exception des fromages frais, tous les autres types de fromages subissent une maturation biologique plus ou moins prononcée. L'affinage est une étape clef pour le développement des qualités spécifiques de chaque fromage. Sous l'action d'enzymes de

diverses origines, le caillé est fermenté, hydrolysé et transformé en une pâte d'aspect, de texture, de saveur et d'arôme complètement modifiés. Cette étape dépend de la composition et de la structure du caillé, de la durée d'affinage, de la composition de la flore interne et de la surface ainsi que du contexte environnemental de la cave (contrôlée ou naturelle) : aération, humidité et température (Herbert, 1999).

### **II.3. Classification des fromages**

La diversité des modes de fabrication des fromages et la variété des produits obtenus, ont conduit les spécialistes à des classifications usuelles. La classification la plus explicite est celle de Pernodet (1984), elle répartie les variétés de fromages en sept grandes familles :

#### **II.3.1. Fromages frais à pâte fraîche**

Ce sont des fromages très humides (car peu égouttés), ils sont consommés sans être affinés, additionnés habituellement de sel, d'arômes ou de sucre. Exemple : fromage blanc.

#### **II.3.2. Fromages à pâte molle**

C'est le produit d'un caillé mixte. Il présente une pâte molle presque fondante due à la protéolyse pendant l'affinage. Cette pâte est revêtue de moisissures blanches de *Penicillium camembertii*. Exemple : le camembert.

#### **II.3.3. Fromages à double présentation**

Ces fromages sont une transition entre les fromages frais du point de vue de la technologie et de la composition physico-chimique, et les fromages à pâtes molles (à croûte fleurie ou lavée). Leur croûte est le support de cultures fongiques ou bactériennes. Exemple : le Sait Florentin.

#### **II.3.4. Fromages à pâte persillée**

Ce sont des fromages dont la pâte est sillonnée intérieurement de marbrures verdâtres ou bleuâtres, constituées par les filaments mycéliens de la moisissure *Penicillium glaucum*, le plus connu de ces fromages est le Roquefort.

#### **II.3.5. Fromages à pâte pressée**

Ce sont des fromages dont la pâte a subi un pressage mécanique, leur lente maturation leur donne une saveur subtile. Exemple : Le Cantal, le Cheddar.

#### **II.3.6. Fromages à pâte pressée cuite**

Ce sont des fromages de gros format, ayant subi un traitement thermique notable. Ils sont caractérisés par la présence d'ouvertures conséquentes au développement de bactéries propioniques. Exemple : l'Emmental, le Gruyère.

### II.3.7. Autres types de fromages

Dans cette catégorie, sont classées les pâtes filées, le Feta, le Metton, les fromages séchés, les fromages aromatisés et les fromages de type sarde.

## III. Le fromage frais ou fromage à pâte fraîche

### III.1. Définition

C'est un fromage à égouttage par centrifugation ou filtration. Il subit essentiellement une fermentation lactique (avec souvent une légère action de la présure), son humidité est élevée (70% à 75%) ; il est obtenu avec du lait pasteurisé et est conservé au froid (le petit suisse par exemple) (Kosilkowski, 1987).

### III.2. Composition et valeur énergétique du fromage frais

La composition du fromage frais dépend de la composition du lait d'origine et de la technologie mise en œuvre (Mahaut et al., 2000). La composition et la valeur calorique moyennes des fromages frais sont présentées dans le tableau II.

**Tableau II.** Composition et valeur calorique moyennes des fromages frais (pour 100g de produit) (Apferlbaum et Roman, 2004)

Types de fromages	Energie (kcal)	Protéines (g)	Glucides (g)	Lipides (g)	Calcium (g)	Eau (g)
Frais	46	7.5	3.7	0.2	126	86.3
Frais	80	8.3	3.8	3.4	117	83.7
Frais	100	8.1	3.6	5.9	115	80.9
Frais	115	7	3.4	8	109	8.5
Frais aux fruits	163	6.6	17.4	7.5	75	66
Frais + crème	143	7.3	3.7	11	95	77
Frais salé	184	9.8	2.5	35.3	94	8.5

### **III.3. Classification des fromages frais**

L'égouttage lent se fait en sacs ou filtrés ou bien en cuves, mais les technologies modernes d'ultrafiltration ou de centrifugation du caillé maigre permettent d'obtenir un égouttage rapide. Les diverses technologies employées permettent de distinguer :

- Les fromages blanc moulés où le caillé garde son individualité à l'état de blocs ou de grains ;
- Les fromages blancs frais à structure homogène : à extrait sec faible et texture onctueuse comme les fromages blancs battus ou lissé, à extrait sec plus élevé et texture tartinable comme les petits suisse.

La teneur en matière sèche peut être abaissée jusqu'à 15% ou même 11% pour les fromages frais non légalement définis, selon que leur teneur en matière grasse est au moins 20g pour 100g de fromage après une dessiccation complète (**Luquet, 1985**).

### **III.4. Valeur nutritionnelle du fromage frais**

Les fromages frais constituent une forme de conservation des protéines, de matière grasse ainsi que d'une partie de calcium et de phosphore. Les qualités nutritionnelles et organoleptiques du fromage frais sont très appréciées par l'homme (**Mahaut et al., 2000**).

Le lait destiné à la production du fromage blanc subit de nos jours un chauffage intense, d'où la formation d'un complexe caséines-protéines solubles qui, lors de l'acidification, précipite, de sorte qu'une forte proportion de protéines sériques est entraînée avec la caséine et forme le fromage blanc. Ce dérivé lacté présente une valeur biologique et nutritionnelle plus élevée, en raison d'un taux plus favorable en acide aminés essentiels et notamment en acides aminés soufrés (**FAO, 1995**).

## **I. Présentation de l'organisme d'accueil**

A ces débuts, la laiterie SOUMMAM comptait une seule ligne de production d'une capacité de 4000pots/heure et une vingtaine de salariés. En Mai 2000, cette unité s'est développée avec des capacités de production plus importantes qui atteignent aujourd'hui une moyenne de plus de 2,5 millions pots/jours et emploie pas moins de 900 personnes dont une forte proportion d'ingénieurs et de techniciens. Son capital social est de 15 000 000.00 DA.

L'entreprise possède une gamme de production variée plus de 30 produits différents et 17 lignes de production composées d'équipements récents et une technologie appropriée.

L'unité livre ses produits à travers tout le territoire national, grâce à :

- ✓ Une infrastructure de stockage sous froid de plus de 20 000m<sup>3</sup> répartie en 1 dépôt central et 4 dépôts régionaux (Oran, Alger, Constantine, Annaba).
- ✓ Un réseau de distribution agréé reparti à travers la presque totalité des wilayas du pays.

La laiterie SOUMMAM exporte depuis 2001 ses différents produits à la Libye et compte conquérir, dans les années à venir, d'autres marchés étrangers.

En outre, depuis 2010, la laiterie SOUMMAM a entamé la création de sa propre pépinière de génisse pour satisfaire ses besoins en lait cru, dans l'optique de réduire sa dépendance vis-à-vis de la poudre de lait d'importation. L'unité a aussi mis en place 13 centres de collecte opérationnels pour faciliter l'acheminement du lait de l'éleveur à l'unité de transformation.

## **II. Echantillonnage**

L'échantillon à analyser doit être bien représentatif du produit et doit être prélevé de manière aseptique, transmis et conservé dans de bonnes conditions au laboratoire d'analyse afin d'éviter toute détérioration et toute modification de la composition ainsi que toute contamination due au manipulateur ou à l'environnement. Le matériel de prélèvement et les récipients destinés à recevoir l'échantillon doivent être propres et stériles. Les prélèvements ont été réalisés à différents niveaux de fabrication du fromage.

### **II.1. Echantillonnage des matières premières**

Le prélèvement de la poudre de lait s'effectue à partir des sacs de poudre. Un flambeau (ciseau enroulé de coton, imbibé d'alcool et enflammé) est approché aux alentours de la zone de prélèvement puis l'échantillon est prélevé à l'aide d'une louche stérile et le contenu est versé dans un sac stérile.



## **II.2. Echantillonnage au niveau du process**

Les échantillons dans les cuves sont prélevés directement à partir de ces dernières qui sont équipées de point de prélèvement qui est désinfecté avec de l'alcool à l'aide d'une seringue. Les points de prélèvement sont désinfectés après le prélèvement.

## **II.3. Echantillonnage du produit fini**

Suivant la même ligne de conditionnement, des pots de fromage frais sont pris de la chambre froide, où ils sont stockés à une température de 4-6°C pour procéder à leur analyse.

## **III. Analyse bactériologique**

L'analyse bactériologique a été effectuée sur la matière première (la poudre de lait), les germes recherchés et dénombrés sont les coliformes totaux et fécaux, la flore totale, les *Clostridium* sulfito-réducteurs et salmonelles.

### **III.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

Trois séries de dilutions obtenues à partir de l'échantillon ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) sont ensemencées sur un milieu sélectif (BLBVB) dans trois tubes à essai contenant des cloches de Durham. Les tubes sont incubés pendant 48 heures à 30°C.

Le teste est considéré comme positif, dans le cas où les tubes présentent une croissance (un trouble, virage de couleur ..... ) et la présence du gaz dans la cloche du Durham.

### **III.2. Dénombrement de la flore totale**

Les solutions  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$  sont ensemencées en masse, à raison de 1ml chacune, dans les boîtes de pétri. Ensuite, la gélose PCA préalablement fondue puis refroidie à 45°C, est coulée dans les boîtes. Après solidification, ces dernières sont incubées à 30°C pendant 24h (Lebres et al., 2002).

### **III.3. Dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs**

5 tubes à essai sont ensemencés, chacun, par 2ml de la solution  $10^{-1}$  puis sont chauffés à 80°C pendant 10min et refroidi immédiatement.

Par la suite, la gélose VF est ajoutée aux tubes jusqu'à remplissage complet ceci pour forcer l'anaérobiose. Après homogénéisation, les tubes sont incubés à  $46\pm 1^\circ\text{C}$  pendant 48h (Joffin et Joffin, 1999).

### **III.4. Recherche des salmonelles**

La recherche des Salmonelles est réalisée en 3 étapes (J.O.R.A, 2005) :

#### **III.4.1. Pré-enrichissement**

30 g de la poudre du lait sont prélevés et mis dans un sachet stérile, 270 ml du bouillon EPT (Eau Peptone Tamponné), est ajouté et agité jusqu'à ce que la poudre de lait soit complètement dispersée.

#### **III.4.2. Enrichissement**

Transférer 10ml de la culture après pré-enrichissement dans un tube contenant 100ml du bouillon Muller kaffmann.

Incuber le bouillon Muller kauffmann a 43 +/- 0,5°C.

#### **III.4.3. Isolement**

A l'aide d'une anse de platine une goutte du bouillon d'enrichissement RV est prélevée et ensemencée en stries sur les deux géloses Hektoen et XLD (Xylose-Lysine-Désoxycholate) préalablement coulées et laissées refroidir dans des boites de pétri, l'incubation est faite à 37°C pendant 24h, et la même manipulation a été réalisée à partir du bouillon d'enrichissement Muller-Kouffman.

### **IV. Analyses physico-chimiques**

Les analyses physico-chimiques d'un produit sont réalisées afin de garantir les caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques de ce dernier (Scriban, 1999). Elles sont, dans certains cas, communes aussi bien pour la matière première que pour le produit fini. Les différentes analyses effectuées pour chaque échantillon sont résumées dans le tableau ci-après.

**Tableau IV.** Les différentes analyses effectuées pour chaque échantillon

<b>Echantillon</b>	<b>Analyses effectuées</b>
La poudre du lait	- pH - Acidité Dornic - Taux humidité - Indice d'insolubilité - Masse volumique - Taux de matière grasse - Taux de protéine - Test de fermentation
Produit semi fini	- Acidité Dornic - Extrait sec total -pH.
Produit fini	- pH - Acidité Dornic - Extrait sec total - Matière grasse

### **IV.1. Mesure du pH**

Le pH est en relation étroite avec la concentration des ions hydrogènes ( $H^+$ ) et ions hydroxydes ( $OH^-$ ) présents dans une solution. Ces ions confèrent au milieu son caractère acide ou basique. La mesure se fait à l'aide d'un pH-mètre. La sonde du pH-mètre, préalablement étalonné, est directement introduite dans l'échantillon. La valeur du pH de l'échantillon est obtenue par simple lecture sur l'écran de l'appareil.

### **IV.2. Détermination de l'acidité Dornic**

Il s'agit d'un titrage de l'acide lactique contenu dans l'échantillon à analyser par la solution d'hydroxyde de sodium NaOH (N/9).

2 à 3 gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées à l'échantillon à analyser (le produit fini ou le lait reconstitué), puis le contenu est titré par addition de la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1mol/l à l'aide d'une burette jusqu'à l'apparition d'une couleur rose pâle

persistante. Dans le cas des produits colorés le titrage s'effectue jusqu'à ce que le pH atteigne 8,4. Le volume de la solution titrante (NaOH) utilisée est noté (AFNOR, 1999). Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Acidité} = Z \times V$$

Où V est le volume (ml) d'NaOH utilisé pour le titrage. L'expression des résultats sont exprimés en g/l.

### **IV.3. Détermination du taux d'humidité**

Elle consiste en la mesure de la quantité d'eau contenue dans l'échantillon. Afin de déterminer la teneur en humidité des échantillons, une dessiccation est réalisée à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 4 heures dans une étuve. La teneur en eau est calculée à partir de la formule ci-dessous, les résultats sont exprimés en pourcentage.

$$\text{La teneur en eau}(\%) = [(M_f - M_s)/M_f] \times 100$$

$M_f$  : Matière sèche (g).

$M_s$  : Matière sèche (g).

### **IV.4. Détermination de l'indice d'insolubilité**

Cette méthode permet de mesurer le degré de solubilité d'un lait sec dans l'eau distillée à froid.

100 ml d'eau distillée sont ajoutés à 10g de la poudre de lait puis mélanger à l'aide d'un mixeur pendant 10 min. Une centrifugation de deux tubes de 50ml pendant 5min à 1200 tr/min est réalisée. Après la centrifugation, 45ml de surnageant sont éliminés de chaque tube à l'aide d'une pipette de 10ml en évitant de toucher le dépôt au fond des tubes. 25ml d'eau distillée sont rajoutés aux 5ml restant dans les tubes puis compléter jusqu'à 50ml. Le mélange est agité puis centrifugé pendant 5min à 1200tr/min. Le taux de matières insolubles est le volume de dépôt obtenu après la deuxième centrifugation.

### **IV.5. Détermination de la masse volumique**

Cette méthode a pour objet la détermination de la masse volumique du lait sec partiellement écrémé et du lait sec écrémé

Après avoir pesé et mis 100g de la PDL dans un bécher, un entonnoir est placé sur une éprouvette et la poudre de lait est traversée à l'aide d'une spatule. L'éprouvette est fixée sur l'appareil de mesure et 625 tapotements sont effectués après la surface est égalisée avec une spatule.

Les résultats sont exprimés en g/l selon la formule suivante:  $\rho = m/V625$

Tel que : **m** : est la masse en gramme de la prise d'essai

**V625** : est le volume après transfert et après 625 tapotements (expliquer mieux).

#### **IV.6. Détermination de taux de matière grasse (Poudre de lait)**

La mesure se fait par l'appareil Milko Scan FT1 qui est un spectrophotomètre à FTIR (Fourier Transformed Infrared Spectroscopy) automatique, conçu pour la mesure des paramètres physico-chimiques (taux de protéines, taux de MG, EST, ESD, Lactose) des produits liquides au cours de fabrication.

Il est composé de deux parties, une unité de mesure et un ordinateur qui contrôle le fonctionnement. L'appareil absorbe en deux fois 5ml du produit puis les rayonnements infrarouges vont pénétrer la cuvette contenant le produit absorbé pour donner la moyenne des deux absorptions, qui va s'afficher sur l'écran.

#### **IV.7. Test de fermentation**

Il consiste en la mise en évidence de la présence d'inhibiteurs de ferments lactiques (antibiotiques, antiseptiques,...) dans un lait sec.

12,5 g de la poudre du lait sont pesés et ajoutés à 100 ml de l'eau de process. Le mélange est homogénéisé jusqu'à dissolution complète puis pasteurisé dans un bain marie à 95°C pendant 10min. Après pasteurisation, le lait reconstitué est refroidi à une température de 43±2°C puisensemencé avec 8 à 10 ml d'un yaourt étuvé, ensuite il est incubé dans une étuve à 43±2°C.

Le résultat est positif si un coagulum est obtenu après 4 à 5 heures et il est négatif quand il y a formation d'un coagulum au-delà de 5h ou dans le cas d'obtention d'un coagulum non homogène.

#### **IV.8. Détermination de l'extrait sec total (EST)**

3g du produit à analyser sont prélevés et analysés à l'aide d'un dessiccateur. L'appareil s'arrête automatiquement à la fin de l'analyse.

#### **IV.9. Détermination du taux de matière grasse (produit fini)**

3g de fromages sont pesés et mis dans un butyromètre et 1,522 gl de l'acide sulfurique sont ajoutés puis le mélange est homogénéisé. Le butyromètre est mis dans un bain marie à une température de 65 à 70°C pendant moins d'une heure puis 1ml d'alcool iso-amylique est ajouté et complété jusqu'à l'échelle de lecture avec de l'acide sulfurique. Le mélange est homogénéisé et le butyromètre est remis dans le bain marie pendant 5 min. Après centrifugation le butyromètre est remis pour une autre fois au bain marie à la même

température pendant 5min et enfin une lecture rapide est faite. Les résultats sont exprimés suivant la formule suivante :

**X -X**, représente le taux de matière grasse dans 100g de fromage.

**X** : position inférieur

**X** : position supérieure

**IV.10. Détermination du taux de matière protéique** : de la même manière qu'on a procédé à la détermination du taux de matière grasse.

## **V. Calcule du rendement**

Pour calculer le poids de lait écrémé en Kg nécessaire à la fabrication de 1Kg de caillé maigre, on utilise la formule : **(Hanoo et al., 1991)**.

$$L_e = \frac{E_{cm} - E_{ss}}{E_{le} - E_{ser}}$$

$L_e$  = Quantité de lait écrémé (Kg) pour 1Kg de caillé maigre.

$E_{cm}$  = % d'E.S. du caillé maigre.

$E_{ser}$  = % d'E.S du sérum.

$E_{le}$  = % d'E.S du lait écrémé.

## **VI. Analyse statistique**

Les moyennes et les écarts types sont calculés à partir de trois essais avec Excel de Microsoft Office 2007. Une analyse statistique est faite par l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur avec STATISTICA 5.5.

## **I. Analyses préliminaires sur la matière première**

Afin de garantir une production quantitative et qualitative satisfaisante, il est important d'effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques sur la matière première destinée à la fabrication du fromage.

### **I.1. Analyses bactériologique**

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur la poudre de lait sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau III.** Résultats des analyses microbiologiques de la matière première.

<b>Germes</b>	<b>Résultats</b>	<b>Normes</b>
Germes totaux	$10^3$	$2.10^5$
Coliformes	absence	10
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	absence	10
Salmonelles	Absence	Absence

D'après les résultats obtenus une charge de  $10^3$  UFC/g en germes totaux est observée, mais cette valeur demeure inférieure au seuil limite de la norme. En revanche, une absence totale en coliformes, *Clostridium* sulfito-réducteur et en salmonelles est notée. Ceci indique que, la poudre du lait utilisée est de bonne qualité microbiologique.

### **I.2. Analyses physico-chimiques**

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur la poudre de lait sont illustrés dans le tableau VI.

**Tableau VI :** Analyse physico-chimiques de la poudre de lait.

<b>Paramètres</b>	<b>Résultats</b>	<b>Normes</b>
pH à 10%	6,66	6,5 à 6,7
Acidité Dornic	16,4	12 à 19°D
Taux d'humidité	3,58%	5%
Masse volumique	0,76	0,55 à 0,80
Indice d'insolubilité	0,1ml	1, 25% max
Taux de matière grasse	0,12%	1, 25% max
Taux de protéine	34,5%	34 à 39%
Test de fermentation	Positif	Positif



D'après les résultats obtenus, la poudre de lait utilisée dans la fabrication du fromage frais est conforme et répond aux normes exigées par la norme. En effet, les valeurs enregistrées à savoir : 6,66 ; 16,4°D ; 3,58% ; 0,76 ; 0,12% ; 31,5%, qui sont attribuées respectivement aux paramètres suivants : pH, Acidité Dornic, Taux d'humidité, Masse volumique, Taux de matière grasse, Taux de protéine se situent dans l'intervalle de conformité de chaque paramètres.

## **II. Suivi de la production du fromage frais**

### **II.1. Impact de la composition de la poudre de lait sur le rendement**

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées à travers les étapes de la production du fromage frais, en variant la poudre du lait, sont résumés dans le tableau VII. Quant aux résultats d'analyses relatives à l'extrait sec du caillé et du lactosérum ainsi que le rendement de la production sont illustrés dans les figures 2, 3 et 4, respectivement.

**Tableau VII.** Suivi du rendement avec deux poudres de lait différentes

<b>Echantillons</b>			<b>Poudre 1</b>	<b>Poudre 2</b>	
<b>Type du séparateur</b>			KDB16	KDB16	
<b>Quantité préparée (kg)</b>			29 000	29 000	
<b>Débit de séparation (kg/h)</b>			3400	3400	
<b>Contre pression (kg/h)</b>			4600	4600	
<b>Temps d'attente égouttage (min)</b>			40	45	
<b>Lait écrémé</b>			<b>Ph</b>	6,64	6,70
			<b>Acidité</b>	16	16,5
			<b>EST</b>	10,08	10,38
<b>Produit semi-fini</b>	<b>A la sortie de la pasteurisation</b>		<b>pH</b>	6,60	6,56
			<b>Acidité</b>	17	16,5
	<b>Décaillage</b>		<b>pH</b>	4,50	4,54
			<b>Acidité</b>	90	81
	<b>Egouttage</b>	<b>Caillé maigre</b>	<b>pH</b>	4,43	4,47
			<b>acidité</b>	122	122
		<b>Sérum</b>	<b>pH</b>	4,35	4, 43
			<b>Acidité</b>	55	56
	<b>Produit fini</b>			<b>pH</b>	4,72
<b>Acidité</b>				92	92
<b>EST</b>				28,85	28,30
<b>Matière grasse</b>				4,5	5

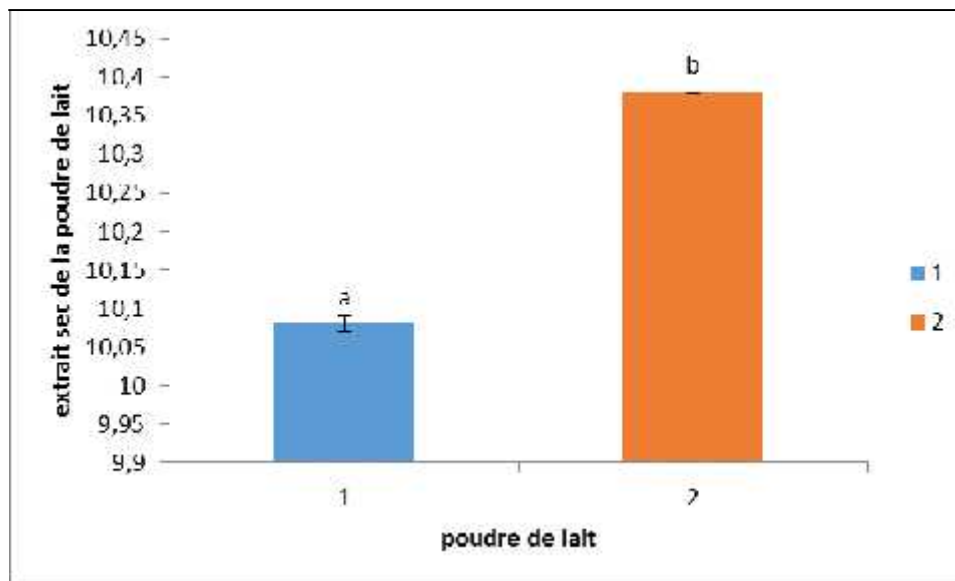


Figure 1. L'extrait sec des deux poudres de lait.

Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a b).

L'analyse statistique des résultats montrés dans la figure1 indique des différences significatives entre les extraits secs des poudres étudiées ; il est de 10,08 % et 10,38 % pour la poudre de lait 1 et la poudre de lait 2, respectivement.

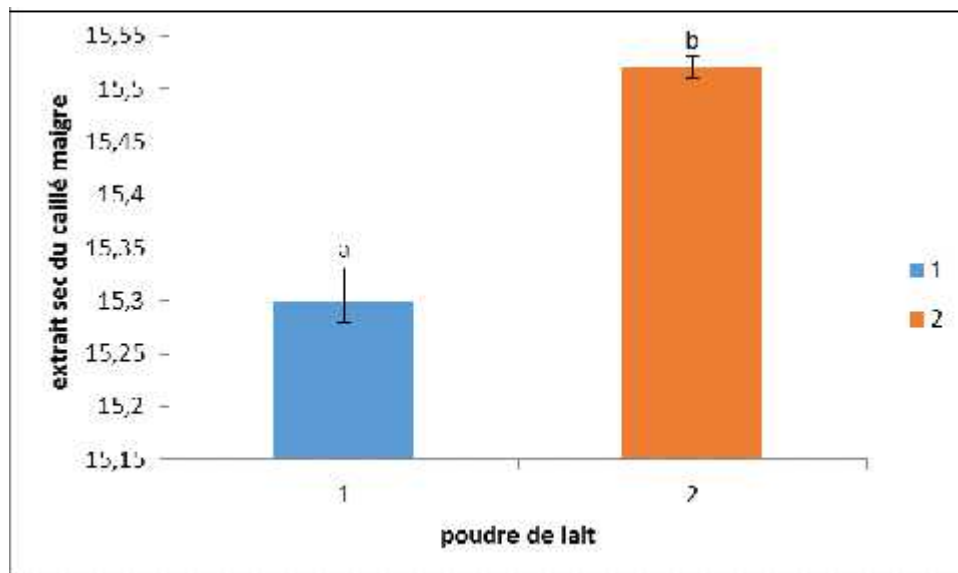
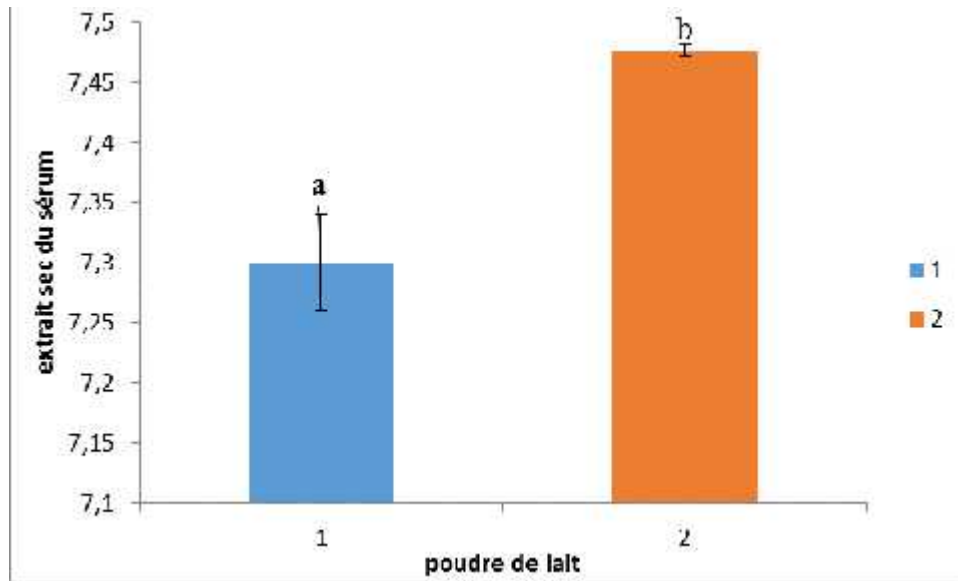


Figure 2. L'extrait sec du caillé maigre.

Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a b).

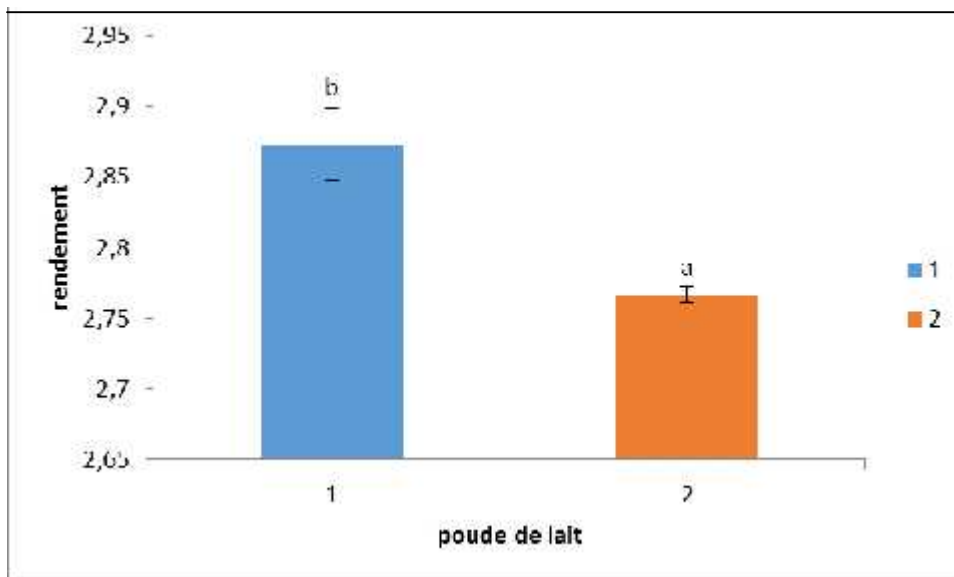
L'analyse statistique montre qu'il y'a une différence significative entre les extraits secs du caillé maigre des deux échantillons de poudre de lait étudiés ( $p < 0.05$ ).



**Figure 3.** Extrait sec du lactosérum des poudres de lait.

*Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a b).*

L'étude statistique révèle un effet significatif de la composition de la poudre de lait sur l'extrait sec du sérum ( $p < 0.05$ ). En effet, la poudre du lait 1 donne un extrait sec du sérum plus faible (7,30 %) que celle de la poudre du lait 2 (7,48 %).



**Figure 4.** Rendement de la production obtenu avec les deux poudres.

*Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a b).*

L'étude statistique montre une différence significative entre les deux rendements obtenus par les deux différentes poudres de lait ( $p < 0.05$ ) ; il est meilleur en utilisant la poudre du lait 2. Cela peut être expliqué par la teneur plus élevée en protéines du lait 2 par rapport à l'autre, ce qui est démontré par les résultats de l'étude du taux d'extrait sec de chaque poudre. En effet, l'extrait sec du lait de vache est représenté par trois constituants du lait à savoir la matière grasse, les protéines et lactose. Comme les protéines, et en particulier les caséines, qui sont la matrice charpente de la formation du coagulum du lait on peut considérer que le rendement est affecté par le taux protéique (**Michel, 2008**). De ce fait, on peut conclure que l'augmentation du taux de protéines favorise le rendement et que le rendement varie essentiellement par rapport à la composition du lait en matière protéique.

Selon **Cuvillier (2005)**, le rendement augmente aussi avec la teneur en matière grasse mais il est moins significatif. En effet quand les caséines se coagulent, elles forment un réseau protéique qui emprisonne les autres constituants en particulier les matières grasses sous forme de globule gras.

### **II.2. Impact de la durée d'attente d'égouttage sur le rendement**

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées à travers les étapes de la production du fromage frais, en variant le temps de maturation, sont résumés dans le tableau VIII. Quant aux résultats d'analyses relatives à l'extrait sec du caillé et du lactosérum ainsi que le rendement de la production sont illustrés dans les figures 5, 6 et 7, respectivement.

Tableau IVII. Effet de la durée d'attente d'égouttage sur le rendement

Echantillons			Temps 1	Temps 2		
Séparateur			KDB45	KDB45		
Quantité préparé (kg)			29 000	29 000		
Débit de séparation (kg/h)			11 600	11 600		
Contre pression (kg/h)			4600	4600		
Temps d'attente égouttage (min)			120	10		
Lait écrémé			pH	6,70	6,68	
			Acidité	16,5	16	
			Est	10,02	10,01	
Produit semi-fini	A la sortie de la pasteurisation		pH	6,70	6,68	
			Acidité	16,5	16	
	Décaillage		pH	4,51	4,54	
			Acidité	90	91	
	Egouttage	Caillé maigre	pH	4,43	4,41	
			acidité	128	122	
		Sérum	pH	4,37	4,31	
			Acidité	56	55	
	Produit fini			pH	4,66	4,72
				Acidité	97	92
			EST	28,26	28,30	
			Matière grasse	5	4,5	

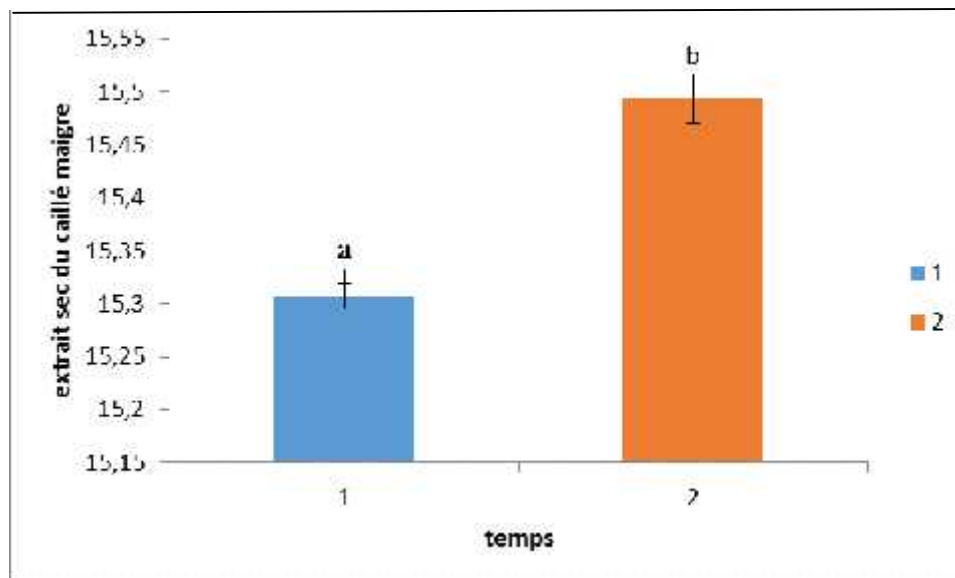
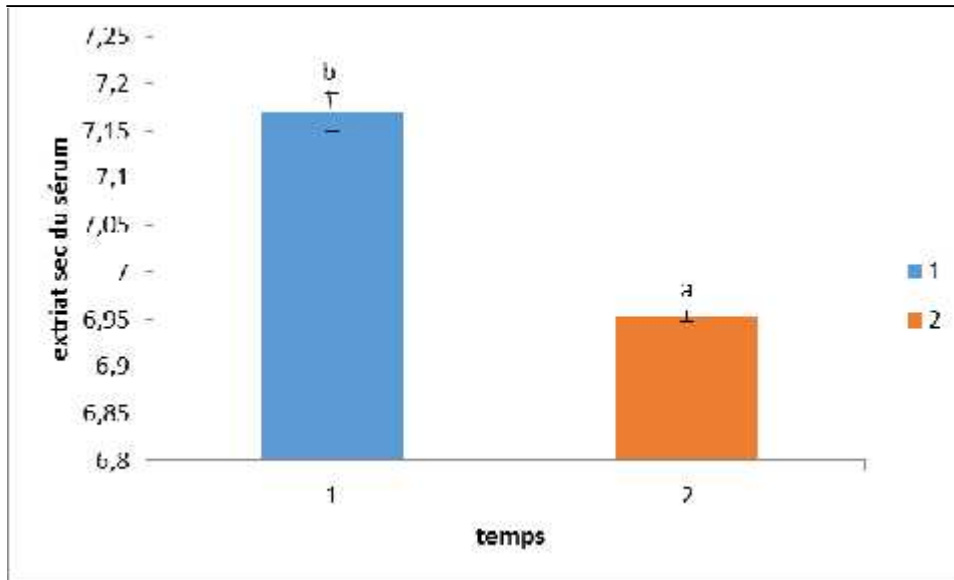


Figure 5. Effet du temps d'attente égouttage sur l'extrait sec du caillé maigre  
 Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a b).

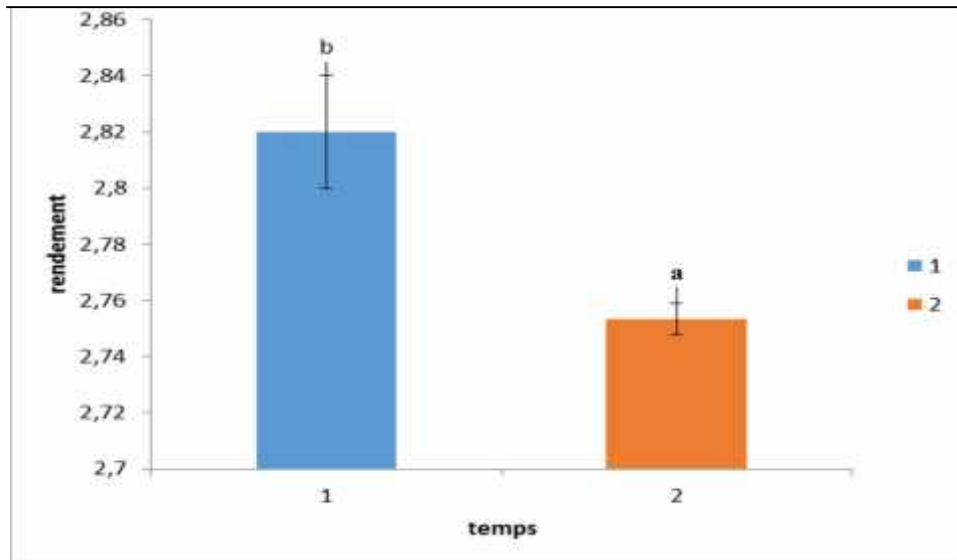
L'analyse statistique révèle des différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les deux temps testés. Le temps d'attente 1 a donné une teneur moins élevée (15,32%) par rapport au deuxième temps (15,48%) (fig.5).



**Figure 6.** Effet du temps d'attente égouttage sur l'extrait sec du sérum

*Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a b).*

L'étude statistique indique que le temps d'attente égouttage affecte significativement les teneurs en extrait sec du sérum. En effet, la teneur en extrait sec du sérum obtenu à un temps 1 est significativement supérieure de celle obtenue à temps 2 ( $p < 0,05$ ).



**Figure 7.** Effet du temps d'attente égouttage sur le rendement

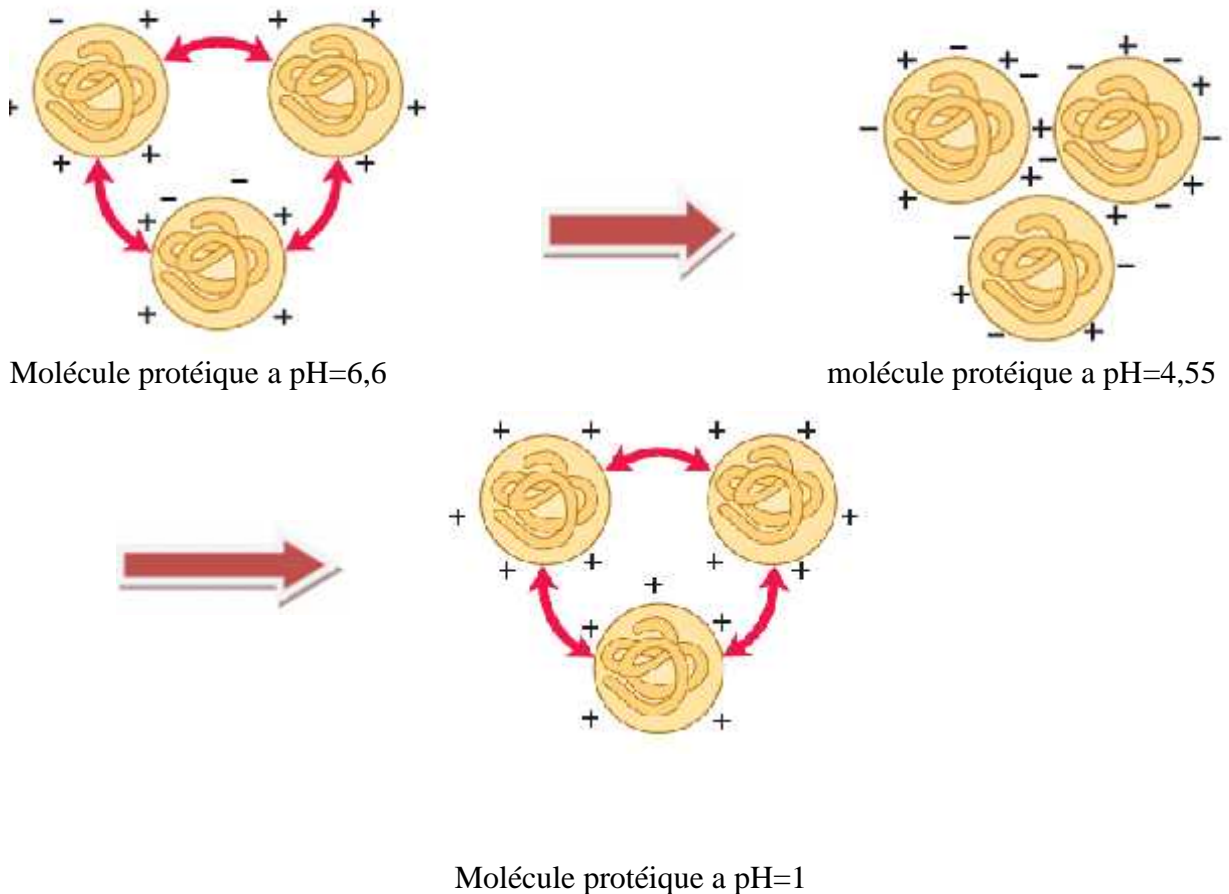
*Les résultats qui portent des lettres différentes sont significativement différents (a b).*

L'analyse statistique indique des différences significatives entre les rendements obtenus à des différents temps. En effet l'extrait sec du caillé maigre du temps d'attente d'égouttage 1 est moins élevé par rapport à celui du temps d'attente d'égouttage 2. Contrairement à l'extrait sec du sérum du temps d'attente d'égouttage 1 qui est plus élevé par rapport à celui du temps d'attente d'égouttage 2. La différence entre les rendements obtenus à des temps différents peut être expliquée par la baisse du pH isoélectrique (4,55) qu'est dû à la prolongation de la maturation. En effet au pH normal du lait (pH=6,6), la molécule protéique a une charge résultante négative, et comme les charges de même polarité se repoussent donc les molécules protéiques restent séparées en suspension.

S'il on ajoute des ions d'hydrogènes, ils seront absorbés par les molécules et on aura un pH où la charge positive de la protéine est égale à la charge négative (c'est à dire où le nombre de groupe  $\text{NH}_3^+$  et  $\text{COO}^-$  est égale sur les chaîne latérales), c'est le pH isoélectrique. A cette valeur de pH, la charge totale nette des protéines est nulle, les molécules ne se repoussent plus et de gros agrégats de protéine se forment (du fait de l'enchaînement des charges positives d'une molécule aux charges négatives d'une autre molécule voisine).

Quand on a un excès d'ions hydrogènes, pH=1, les caséines acquièrent une charge résultante positive et donc elles se repoussent à nouveau (figure...) et restent en solution en plus des protéines sériques (a-lactalbumine et b-lactoglobuline). Ce qui explique le taux élevé de l'extrait sec du sérum du temps d'attente égouttage 1 par rapport au temps d'attente

égouttage 2, qui sont de 7,17 et de 6,95 respectivement (**tetra pack processing systems AB, 1995**)



**Figure 8.** L'état électrique des protéines du lait a différents pH

### **II.3. Impact du débit de séparation sur le rendement la production**

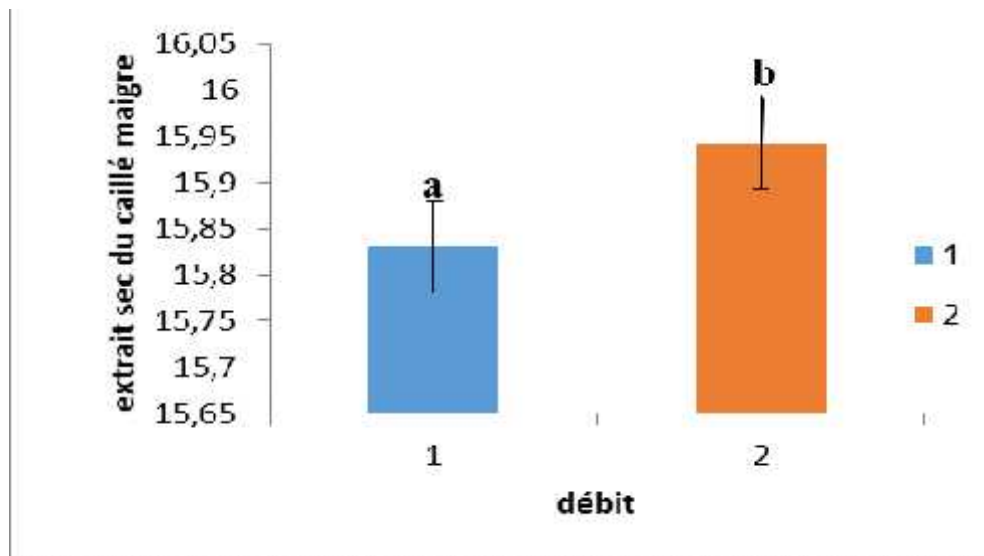
Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées à travers les étapes de la production du fromage frais, en variant le temps de maturation, sont résumés dans le tableau IX. Quant aux résultats d'analyses relatives à l'extrait sec du caillé et du lactosérum ainsi que le rendement de la production sont illustrés dans les figures 8, 9 et 10, respectivement.



**Tableau IX.** Suivi du rendement avec deux débits différents

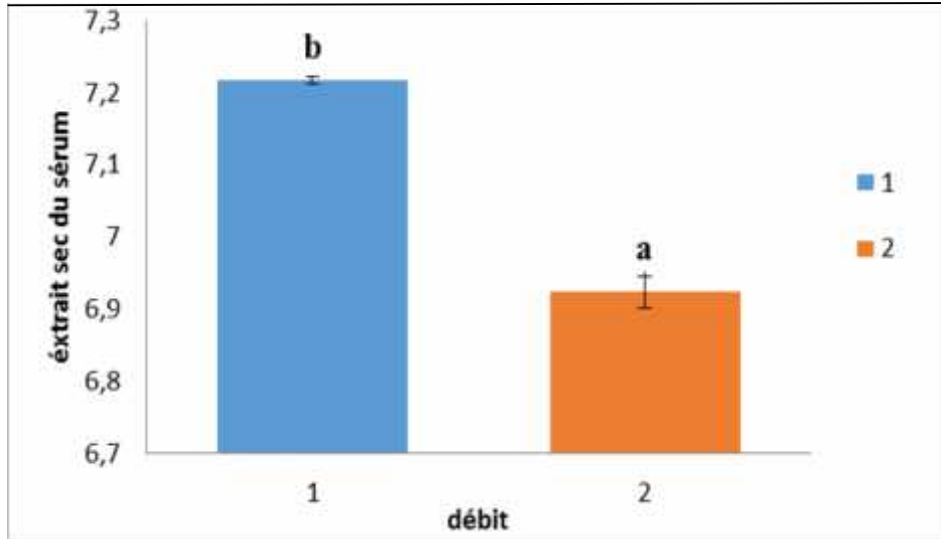
Production			Débit 1	Débit 2		
Séparateur			KDB45	KDB45		
Quantité préparée (kg)			29 000	29 000		
Débit de séparation (kg/h)			11 600	10 900		
Contre pression (kg/h)			4600	4700		
Temps d'attente égouttage (min)			60	56		
Lait écrémé			pH	6,60	6,70	
			Acidité	16,5	16	
			EST	10,12	10,08	
Produit semi-fini	A la sortie de la pasteurisation		pH	6,60	6,65	
			Acidité	16,5	16	
	Décaillage		pH	4,46	4,44	
			Acidité	91	84	
	Egouttage	Caillé maigre	pH	4,48	4,52	
			acidité	133	128	
		Sérum	pH	4,37	4,44	
			Acidité	59	52	
	Produit fini			pH	4,47	4,50
				Acidité	95	95
EST				28, 26	28,30	
Matière grasse				5	5	

Les deux valeurs de l'extrait sec du caillé maigre obtenues avec deux débits différents sont représentées dans la figure ci-dessous :

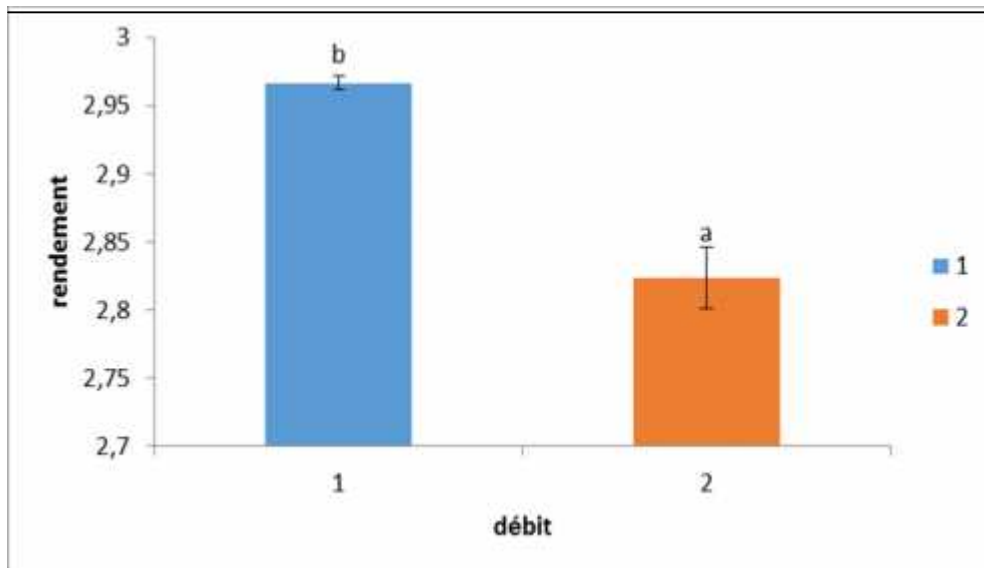


**Figure 9.** Effet du débit sur l'extrait sec du caillé maigre.

Les résultats de l'effet du débit sur l'extrait sec du caillé maigre sont illustrés dans la figure 9. L'étude statistique indique une différence significative entre les extraits secs du caillé maigre de différents débit ( $p < 0,05$ ). Le débit 1 donne une teneur en extrait sec moins élevée (15,83%) que le débit 2 (15,94 %).



**Figure 10.** Effet du débit sur l'extrait sec du sérum.



**Figure 11.** Effet du débit sur le rendement du fromage frais.

Les résultats de l'effet du débit sur le rendement du fromage frais sont montrés dans la figure 11. L'analyse statistique des résultats obtenus montre un effet significatif du débit sur le rendement du fromage frais ( $p < 0,05$ ). En effet, un rendement significativement meilleur est enregistré en utilisant le débit 2 par rapport au débit 1.

En comparant les extraits secs des échantillons obtenus respectivement avec les débits 11600kg/h et 10900kg/h, on observe que l'extrait sec du lactosérum obtenu avec le premier (7,22 %) est supérieur de celui du débit 2 (6,92 %). Contrairement à l'extrait sec du caillé maigre ; le débit 1 donne un extrait sec du caillé plus faible (15,83 %) que le débit 2 (15,94%). Ces résultats indiquent que la meilleure récupération du coagulum est obtenue par le débit 2 ce qui explique les résultats enregistré au niveau du rendement.

Aussi, au cours des manipulations (du travail), un trouble du lactosérum a été observé en utilisant le débit 1, ce qui indique que des pertes plus prononcées sont obtenus à ce niveau. Selon (**Hanoo et al., 1991**), la pression de refoulement du lactosérum, le débit d'alimentation et de la température de séparation doivent être contrôlés.

Dans la présente investigation, la contre pression de refoulement du sérum est augmentée, en réglant la conduite à l'aide d'une vanne installée à ce niveau, par conséquent son extrait sec diminue, ce qui fait que l'extrait sec de la pâte augmente et le rendement est meilleur.

D'autre part, le pourcentage de l'extrait sec constant représente l'un des facteurs essentiels pour la qualité et la rentabilité de la production du caillé ; pour obtenir un extrait sec du caillé voulu, le débit d'entrée du mélange doit être diminué. En effet, il est influencé par l'alimentation constante de séparation et absence de modification de débit du caillé par encrassement des buses.

Enfin, la température de séparation doit être fixée entre 40 et 45°C pour permettre l'augmentation de la viscosité et de maintenir l'extrait sec voulu.

L'objectif de ce travail consistait à optimiser les paramètres de production du fromage frais produit par la laiterie SOUMMAM dans le but d'améliorer le rendement fromager.

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de la matière première servant à la production du fromage frais révèlent que celle-ci est de bonne qualité.

L'étude de l'effet de la composition de la poudre du lait, indique qu'un lait ayant un taux protéique élevé affecte positivement le rendement fromager.

D'autre part, les résultats de l'étude de l'impact de la durée d'attente du mélange pour être égoutté indiquent que le rendement de la production du fromage frais est significativement affecté par ce paramètre ; un lait coagulé ayant subi une durée d'attente plus élevée donne un rendement plus faible.

Enfin, les résultats obtenus dans la présente étude montrent que le débit de séparation du coagulum et du lactosérum affecte significativement le rendement du fromage frais.

A la lumière de ces résultats, l'utilisation d'un lait contenant un taux protéique élevé n'ayant pas subi une prolongation durant la phase d'attente d'égouttage et d'un débit de séparation au cours de l'égouttage convenable, paraît prometteuse dans le cadre d'un programme d'amélioration du rendement de la production du fromage frais.

Dans cette perspective et dans le but de compléter ce travail, il est souhaitable de réaliser la même étude à l'échelle pilote afin de pouvoir effectuer plusieurs variables au lieu de deux.

Aussi, il serait intéressant de procéder à une caractérisation qualitative plus poussée en étudiant les propriétés texturales ainsi qu'une analyse sensorielle du produit fini.

De même, des essais à l'échelle pilote sur l'élaboration de nouvelles recettes en introduisant des plantes aromatiques mérite d'être menés.

**A**

**Aboutayeb R. (2009).** Technologie du lait et dérivés laitiers, Février 2009. 35p.

**AFNOR. (1999).** lait et produit laitier. Tome1, 147p.

**Amiot J, Fournier S, Lebeuf Y, Paquin P, Simpson R et Turgeon H. (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait. In : science et technologie du lait. Vignola C. Ed: Presses internationales polytechnique, québec, 574p.

**Apfelbaum M et Roman M. (2004).** Diététique et nutrition : Bacteriological quality of milk. In : Revue Elsevier, Masson. 63 : 148-170.

**B**

**Barnig C, Schulmeister U, Swoboda I, Bessot JC, Spitzauer S et Pauli G.(2005).** Allergie aux protéine du lait de vache sans allergie associée au lait de brebis chez l'adulte. In : Revue Elsevier, Masson. 63 : 148-170.

**C**

**Cheftel JC et Cheftel H. (1977).** Introduction à la biochimie et la technologie des aliments.Ed: Tec et Doc Lavoisier, Paris, 35-60p.

**Cuvilier delphine. (2005).** Le rendement fromager, Bourgogne, 1p.

**E**

**Erk A. (1990).** Le fromage. Ed, Lavoisier, Paris, 539p.

**F**

**FAO. (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Rome, 262p.

**Fox PF. (2003).** The major constituent of milk. In: dairy product safety and quality. 42: 166-170.

**Frédot E. (2005).** Base alimentaire et nutritionnelle de la diététique. Ed: Tec et Doc, Paris, 512p.

**G**

**Gillis JC. (2006).** Définition du fromage et normalisation. In: fromage. Eck A et Gillis JC.

**Gosta B. (1995).** Manuel de transformation du lait. Ed Tetra packs processing systems A B. Sweden. 423p.

**Grappin R, Lefier D et mazerolles G. (2006).** La spectroscopie infrarouge et ses applications analutiques. Ed dunod, Paris, 583- 626

**Guiraud JP. (2003).** Microbiologie alimentaire. Edition: Dunod, Paris, France, p652

**H**

**Hanoo R, Lehmann E et Dolle H. (1991).** Ed: Westfalia Separator AG, allemagne, 8 p.

**Hanoo R, Lehmann, Ernst Dolle et Helmut bucker. (1991).** Ed: Westfalia Separator AG, Allemagne.

**Herbert S. (1999).** Caractérisation de la structure moléculaire et microscopique de fromage à Pâte molle, Analyse multi -variée des données structurales en relation avec la texture. Thèse : Ecole Doctorale Chimie Biologie de l'Université de Nantes, France, 188p.

**Hermier J, Lenoir J et Weber F. (1992).** Les Groupes d'Intérêt Laitier. Ed: CEPIL.

**I**

**ISO 7954. (1998).** Dénombrement des levures et moisissures dans les aliments.

**J**

**Jeant M, Brule M et Schuck G. (2000).** Les produits industriels laitiers. Ed: Lavoisier TEC & DOC. Paris .P 38-180p.

**Joffin et Joffin. (1999).** Microbiologie alimentaire. 5 Ed : collection biologie et technique, paris, 123p.

**J.O.R.A. (2005).** N°42 du 15 juin arrêté 23 janvier 2005 rendant obligatoire une méthode de recherche et dénombrement des staphylocoques dans les produits laitier.

**K**

**Kosikowski F. (1987).** Les fromages pour la science. Ed. Lavoisier. pp 56-58

**L**

**Legreat Y et brulé G. (1993).** Effects og pH and ionic strength on distribution of mineral salts in milk. In Revue Milk. 73(1) : 51-60.

**Luquet FM. (1985).** Laits et produits laitiers vaches, brebis, chèvre. Ed, Tec et Doc, lavoisier, paris, 307p.

**M**

**Marchal N, bonrdon JL et richard D. (1982).** Les aliment de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactérie. Eddition doin, pains, 482.

**Martin M. (2000).** Technologies des laits de consommation. Ed: Enilait. Candia Direction Développement Technique. p. 135.

**Michel lepage. (2008).** La technique fromagere. Ed: Top Offset. Montréal, 102p.

**Michel lepage. (2008).** La technique fromagere. Ed: Top Offset. Montréal, 120p.

**Mahaut M., Jeantet R et Brulé G. (2000).** Initiation à la technologie fromagère. Ed: Tec et Toc, Lavoisier, Paris, 160p.

**R**

**Ramet JP. (1985).** La fromagerie et les variétés du bassin méditerranéen. 187 p.

**TETRA PAK PROCESSING, SYSTEMS AB. (1995).** Dairy Processing Handbook, chapitre 2 Cultured milk productt, Suede, Teknotext AB, 22 p.

**Ramet JP et Scher J. (1997).** Partie 2, la préparation du caillé. Chapitre 7: propriétés physiques du coagulum. Dans le fromage coord: ECK A., et GILLIS J.C. 3ème édition: Tec et Doc. Lavoisier, Paris. Pp. 324 à 333. 875 p.

**S**

**Smit G. (2003).** The major constituents of milk. Dairy product safety and quality. Dairy processing ed: woodhead publishing limited. cambridge england. Pp 546-546

**Snappe JJ, Lepoudere A et Sredzinski N. (2010).** Proteine laitiere. Ed Technique de l'Ingénieur, Paris, 19p.

**T**

**Thapon JL. (2005).** Technologie de la fabrication du lait Agro campus – Rennes, France. Pp.51.

**V**

**Vetier C, Banon S, Ramet JP et Hardy J. (2000).** Hydratation des micelles de caséine et structure fractale des agrégats et des gels de lait. In : Revue le lait. 80 : 237-246.

**Vierling E. (2008).** Alimentation et Boisson : Techniques et Aspects Réglementaires, Ed: 1 Doin. 203 p.



**Annexe 01 :** Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes.

**Tableau III.** Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes.

Germes recherchés	Milieux de culture utilisés	température	Temps
Coliformes totaux	VRBL	30±1°C	24/48h
Coliformes fécaux	VRBL	44°C	24/48h
Salmonelles	HEKTOEN	37°C	
	BPLS	37°C	
<i>Clostridium</i> sulfito réducteur	VF	37°C	48h

**Annexe 02 :** Composition des milieux de culture.

➤ **Plate Count Agar (PCA)**

• **Composition du milieu**

- Tryptone.....5,0 g/l
- Extrait de levure.....2,5 g/l
- Glucose.....1,0 g/l
- Agar:.....15,0 g/l

• **Préparation**

- Porter lentement le milieu à ébullition sous agitation constante et l'y maintenir durant le temps nécessaire à sa dissolution.
- Répartir en tubes ou en flacons.
- Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,0 ± 0,2.

➤ **Gélose glucosée viande-foie (VF)**

• **Composition du milieu**

- Peptone viande-foie .....30,0 g/l
- Glucose.....2,0 g/l
- Amidon soluble .....2,0 g/l
- Sulfite de sodium .....2,5 g/l

- Citrate de fer ammoniacal .....0,5 g/l
- Agar agar bactériologique.....15,0 g/l

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,6 ± 0,2.

• **Préparation**

- Porter lentement le milieu à ébullition sous agitation constante et l'y maintenir durant le temps nécessaire à sa dissolution.
- Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

➤ **Gélose glucosée à l'oxytétracycline**

• **Composition du milieu**

- Extrait de levure.....5,0g/l
- Glucose.....20,0g/l
- Oxytétracycline.....0,1 g/l
- Agar agar bactériologique.....15,0 g/l

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 6,6 ± 0,2.

• **Préparation**

- Porter lentement le milieu à ébullition sous agitation constante et l'y maintenir durant le temps nécessaire à sa dissolution.
- Répartir en flacons, à raison de 110 ml par flacon.
- Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

➤ **Bouillon FRAZER**

• **Composition du milieu**

- Polypeptone.....10,00 g/l
- Extrait de levure .....5,00 g/l
- Extrait de viande .....5,00 g/l
- Chlorure de sodium .....20,00 g/l
- Phosphate disodique anhydre .....9,60 g/l
- Phosphate monopotassique .....1,35 g/l
- Esculine .....1,00 g/l
- Chlorure de lithium.....3,00 g/l
- Acide nalidixique.....20 mg/l
- Acriflavine (chlorhydrate) .....25 mg/l
- Citrate de fer III ammoniacal.....0,50 g/l

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2.

- **Préparation**

- Mettre en solution 55,0 g de milieu de base déshydraté ou de milieu de base déshydraté du bouillon de Fraser (base II) dans 1 litre d'eau distillée.
- Agiter lentement jusqu'à dissolution complète.
- Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

➤ **La gélose (Xylose-Lysine-Désoxycholate) XLD (OXOID)**

- **Composition du milieu**

- Extrait de levure.....3,0 g/l
- L-Lysine .....5,0 g/l
- Lactose .....7,5 g/l
- Saccharose .....7,5 g/l
- Xylose .....3,5 g/l
- Désoxycholate de sodium.....2,5 g/l
- Chlorure de sodium.....5,0 g/l
- Thiosulfate de sodium.....6,8 g/l
- Citrate ferrique ammoniacal.....0,8 g/l
- Rouge de phénol.....80,0 mg/l
- Agar agar bactériologique.....13,5 g/l

- **Préparation**

- Chauffer en agitant fréquemment jusqu'à 90°C environ.
- Arrêter le chauffage dès que le milieu est complètement dissous.
- Ne pas autoclaver

➤ **Gélose Oxford**

- **Composition du milieu**

- Polypeptone .....20,0 g/l
- Extrait de levure.....3,0 g/l
- Amidon.....1,0 g/l
- Chlorure de sodium.....5,0 g/l
- Esculine .....1,0 g/l
- Citrate ferrique ammoniacal.....0,5 g/l
- Chlorure de lithium.....15,0 g/l
- Cycloheximide.....400,0 mg/l
- Colistine (sulfate) .....20,0 mg/l
- Céfotétan .....2,0 mg/l
- Fosfomycine.....10,0 mg/l
- Acriflavine .....5,0 mg/l

- Agar agar bactériologique.....13,0 g/l

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,0 ± 0,2.

- **Préparation**

- Porter à ébullition sous agitation constante et l'y maintenir durant le temps nécessaire à sa dissolution.
- Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

- **Bouillon RAPPAPORT-VASSILIADIS Soja (RVS)**

- **Composition du milieu**

- Peptone papaïnique de soja.....4,50 g/l
- Chlorure de sodium .....7,20 g/l
- Phosphate mono potassique .....1,26 g/l
- Phosphate di potassique .....0,18 g/l
- Chlorure de magnésium anhydre .....13,40 g/l
- Vert malachite (oxalate).....36,0 mg/l

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 5,2 ± 0,2.

- **Bouillon de MÜLLER-KAUFFMANN au Tétrathionate-Novobiocine (MKTTn) (BIOKAR)**

- **Composition du milieu**

- Tryptone.....8,6 g/l
- Extrait de viande .....4,3 g/l
- Sels biliaires.....4,78 g/l
- Chlorure de sodium.....2,6 g/l
- Carbonate de calcium .....38,7 g/l
- Thiosulfate de sodium anhydre.....30,45 g/l
- Vert brillant.....9,6 mg/l

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 8,0± 0,2.

- **Préparation**

- Porter à ébullition lentement, sous agitation constante.
- Maintenir l'ébullition pendant 2 minutes.
- Ne pas autoclaver.



## Résumé

L'objectif de ce travail consiste à suivre une ligne de production du fromage frais dans le but d'améliorer le rendement.

Les résultats de l'analyse physico-chimique effectuée sur la poudre du lait sont comme suite (pH=6,66, acidité Dornic=16,4°D, taux d'humidité 3,58%, masse volumique 0,76 g/l, indice d'insolubilité <0,1 ml, taux de matière grasse 0,12% et le taux de protéine 34,5%) et les résultats de l'analyse microbiologique ont montré l'absence des Salmonelles, *Clostridium* sulfito-réducteurs et des Coliformes totaux. Cependant, les résultats de l'analyse physico-chimiques (pH, acidité matière grasse, extrait sec) réalisées à différentes étapes de fabrication du fromage frais, ont montré que le rendement est influencé par plusieurs paramètres (qualité de la poudre du lait, le temps de fermentation et le débit de séparation).

**Mots clés :** Fromage frais, Poudre du lait, Rendement, Temps de fermentation, débit de séparation.

## Abstract

The objective of this work consists in following a line of production of fresh cheese with an aim of improving the output.

The results of the physicochemical analysis carried out on the powder of milk are like continuation (pH=6,66, Dornic=16,4D acidity, water content 3,58%, density 0,76 g/l, index of insolubility < 0,1 ml, fat content rate 0,12% and the protein 34,5% rate) and the results of the microbiological analysis showed the absence of the Salmonellas, *Clostridium* sulfito-reducers and of Coliforms totals. However, the physicochemical results of the analysis (pH, acidity fat content, dry extract) realized with various stages of manufacture of fresh cheese, showed that the output is influenced by several parameters (quality of the powder of milk, the time of fermentation and flow of separation).

**Keyword:** Fresh cheese, powder of milk, output, the time of fermentation, flow of separation.

# *Introduction*

*Synthèse  
bibliographique*



*Partie*  
*expérimentale*

# *Résultats et discussion*

# *Conclusion*

*Références  
bibliographiques*

# *Annexes*

# *Matériel et méthodes*

## Liste de figures

<b>Numéro</b>	<b>Titre de la figure</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	l'extrait sec des deux poudres de lait.	<b>20</b>
<b>2</b>	L'extrait sec du caillé maigre.	<b>20</b>
<b>3</b>	Extrait sec du lactosérum des poudres de lait.	<b>21</b>
<b>4</b>	Rendement de la production obtenu avec les deux poudres.	<b>21</b>
<b>5</b>	Effet du temps d'attente égouttage sur l'extrait sec du caillé maigre.	<b>23</b>
<b>6</b>	Effet du temps d'attente égouttage sur l'extrait sec du sérum.	<b>24</b>
<b>7</b>	Effet du temps d'attente égouttage sur le rendement.	<b>25</b>
<b>8</b>	L'état électrique des protéines du lait a différents pH.	<b>26</b>
<b>9</b>	Effet du débit sur l'extrait sec du caillé maigre.	<b>27</b>
<b>10</b>	Effet du débit sur l'extrait sec du sérum.	<b>28</b>
<b>11</b>	Effet du débit sur le rendement du fromage frais.	<b>28</b>

## Liste des abréviations

**Abs** : Absence

**°D** : Degré Dornic

**ESD** : Extrait Sec Dégraissé

**EST** : Extrait Sec Total

**FTAM** : Flore Totale Aérobie Mésophile

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne

**mg/l** : Milligramme par litre

**MG** : Matières Grasses

**N** : Normalité

**NaOH** : Hydroxyde de sodium

**NPN** : Matière azotée non protéique

**PCA**: Plate Count Agar

**PDL** : Poudre de lait



## Résumé

L'objectif de ce travail consiste à suivre une ligne de production du fromage frais dans le but d'améliorer le rendement.

Les résultats de l'analyse physico-chimique effectuée sur la poudre du lait sont comme suite (pH=6,66, acidité Dornic=16,4°D, taux d'humidité 3,58%, masse volumique 0,76 g/l, indice d'insolubilité <0,1 ml, taux de matière grasse 0,12% et le taux de protéine 34,5%) et les résultats de l'analyse microbiologique ont montré l'absence des Salmonelles, *Clostridium* sulfito-réducteurs et des Coliformes totaux. Cependant, les résultats de l'analyse physico-chimiques (pH, acidité matière grasse, extrait sec) réalisées à différentes étapes de fabrication du fromage frais, ont montré que le rendement est influencé par plusieurs paramètres (qualité de la poudre du lait, le temps de fermentation et le débit de séparation).

**Mots clés :** Fromage frais, Poudre du lait, Rendement, Temps de fermentation, débit de séparation.

## Abstract

The objective of this work consists in following a line of production of fresh cheese with an aim of improving the output.

The results of the physicochemical analysis carried out on the powder of milk are like continuation (pH=6,66, Dornic=16,4D acidity, water content 3,58%, density 0,76 g/l, index of insolubility < 0,1 ml, fat content rate 0,12% and the protein 34,5% rate) and the results of the microbiological analysis showed the absence of the Salmonellas, *Clostridium* sulfito-reducers and of Coliforms totals. However, the physicochemical results of the analysis (pH, acidity fat content, dry extract) realized with various stages of manufacture of fresh cheese, showed that the output is influenced by several parameters (quality of the powder of milk, the time of fermentation and flow of separation).

**Keyword:** Fresh cheese, powder of milk, output, the time of fermentation, flow of separation.