



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES



Projet de Fin d'Etudes
Licence es Sciences et Techniques
BioProcédés, Hygiène et Sécurité Alimentaires

Valorisation du lactosérum
par la production du sérac

Présenté par :

SQALLI ADOUI Chaimae

Soutenu le : 09/06/2017

Devant le jury composé de :

- *Mr ALLAM Jamal* : Encadrant externe
- *Mr ATMANI Majid* : Encadrant interne
- *Mme AZZOUZI Amal* : Examinatrice

Stage effectué à la Société laitière CHERGUI
(Domaine DOUIET)

Année universitaire : 2016/2017

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à remercier :

Mon encadrant Pr. ATMANI Majid qui m'a guidé, orienté et consacré des efforts énormes tout au long de la réalisation de ce travail.

Le membre du jury Pr. AZZOUZI Amal d'avoir acceptée juger mon travail.

Le Directeur de la société Chergui, Mr BENSEDDIK Fayssal de m'avoir donné l'opportunité d'effectuer mon stage au sein de son entité.

Mon encadrent Mr ALLAM Jamal, pour son accueil au sein du laboratoire de Recherches et Développements, pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail et pour ses conseils avisés.

Les ingénieurs SOUMATI Bouchera et SAAD Ahmed pour leurs conseils et leur aide précieux.

Tout le personnel de Chergui qui m'a initié, et qui a su expliquer et répondre à toutes mes questions.

Enfin, je veux aussi réitérer mes remerciements à la direction de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, et à son corps professoral pour la formation dont ils m'ont muni.

Abréviations

DBO : Demande Biologique en Oxygène.

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point « Analyse des dangers – points critiques pour leur maîtrise ».

RD : Recherches et Développements.

AOP : Appellation d'Origine Protégée.

MG : Matière Grasse.

EST: Extrait Sec Total.

R : Rendement.

T : Température.

pHi : pH isoélectrique.

L1 : Lactosérum du fromage à pâte pressée.

L2 : Lactosérum du fromage à pâte molle.

DLC : Durée Limite de Consommation.

J : Jour.

Sommaire

<i>Remerciements</i>	2
<i>Abréviations</i>	3
<i>Sommaire</i>	4
<i>Introduction</i>	5
1. Les Domaines agricoles	7
2. Le Domaine DOUIET	7
3. Société laitière CHERGUI	7
4. Le laboratoire de Recherches et Développements (RD).....	8
5. Organigramme :	9
I. Généralités sur le lactosérum	11
1. Définition	11
2. Types du lactosérum.....	11
3. Composition du lactosérum.....	11
II. Fromages du lactosérum	13
Introduction	15
I. Matériels et méthodes.....	15
1. Matériels	15
2. Méthodes.....	16
II. Résultats et discussions.....	22
1. Résultats de la fabrication du sérac	22
2. Résultats de la détermination de la DLC :	25
<i>Conclusion</i>	27
<i>Références Bibliographiques</i>	28

Introduction

Le secteur laitier au Maroc a connu une importante croissance depuis le lancement des diverses stratégies de développement visant la modernisation des techniques d'élevage, l'introduction des races pures, et l'organisation des éleveurs au sein de coopératives et d'associations. La transformation du lait à l'échelle industrielle est assurée par le secteur coopératif et le secteur privé. [1]

Parmi les transformations laitières, on trouve la fabrication des fromages qui engendre annuellement des quantités importantes de déchets et de sous produits comme le lactosérum, qui a des effets nocifs sur l'environnement.

Le déversement du lactosérum dans les cours d'eau, est à l'origine de pollution grave due à la fermentation de ses matières organiques (lactose et matières azotés) et à la diminution de la teneur en oxygène dissous dans l'eau au dessous d'un seuil acceptable. La demande biologique en oxygène (DBO) du sérum est de 40000, c'est-à-dire qu'un litre de sérum nécessite 40g d'oxygène pour que ses matières organiques soient détruites par oxydation microbienne. [2]

Face à ce problème, le laboratoire de Recherches et Développement (RD) de la société Chergui essaye d'envisager des solutions pour valoriser ce sous produit et contribuer à la préservation de l'environnement.

L'objectif de notre travail est de récupérer le lactosérum, qui représente un déchet polluant, non traité par Chergui, afin de l'étudier et d'en extraire le fromage Sérac. Ce dernier n'a jamais été fabriqué par ladite société.

Pourtant, ce fromage frais reconnu par ses vertus diététiques, est riche en protéines et pauvre en matières grasses. Sa douce saveur et son originalité, en font un produit très apprécié.

Ce manuscrit se comporte de trois parties :

- Partie I : Présentation de la société laitière Chergui.
- Partie II : Revue bibliographique.
- Partie III : Partie pratique.

Partie I :
Présentation de la
société laitière
Chergui



1. Les Domaines agricoles

Les Domaines Agricoles est une entreprise marocaine créée en 1960 et compte plusieurs sites de production agricole et agro-industrielle répartis sur le territoire marocain, de Dakhla à Berkane en passant par les régions du Souss, d'El Haouz, du Saïss et du Gharb. [3]

Les Domaines Agricoles interviennent dans de nombreuses filières de production agricole : les agrumes, le maraîchage, l'arboriculture fruitière, l'élevage, la transformation laitière, les plantes aromatiques, les cultures annuelles, l'apiculture et l'aquaculture. [3]

2. Le Domaine DOUIET

Le Domaine Douiet est une exploitation agricole créée en 1970. Il s'étend sur une superficie d'environ 700 ha, situé à 15Km au Nord Ouest de la ville de Fès, il est caractérisé par la diversité de ses activités agricoles et agro-industrielles. [4]

A partir de l'année 2000, la société a mis en place le système Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) qui identifie, évalue et maîtrise les dangers significatifs au regard de la sécurité des aliments. Sept ans plus tard, la société est certifiée " ISO 9001" et "ISO 22000" qui rentrent dans la satisfaction des clients et la sécurité des consommateurs. [4]

Le Domaine comporte trois départements distincts : Elevage, Horticulture et Produits laitiers. La nouvelle réorganisation du Domaine en 2015 a permis à l'activité laitière de changer le nom vers société laitière Chergui. [4]

3. Société laitière CHERGUI



La société est organisée selon plusieurs départements: Laiterie,

Fromagerie, laboratoire RD et autres structures de support.

Chergui se décline en différentes gammes de produits aux recettes authentiques ou originales, privilégiant toujours le goût et la richesse des ingrédients.

Elle regroupe plusieurs catégories de produits :

- **Des yaourts à la cuillère** : les fermes (Jnane), les crémeux (crème de CHERGUI), les gourmands (Brassés aux fruits), les diététiques (Finesse), santé (Bifidus).
- **Des yaourts à boire** : à la pulpe de fruits (Daya) et aromatisés (Raïbi).
- **Des jus de fruits au lait** : Fawakih.
- **Des desserts** bicouches aux fruits.
- **Des fromages** : au lait de vache et au lait de chèvre. [3]

Les fromages fabriqués par la société Chergui sont :

a) Fromages frais

- Cottage Cheese
- Jben 0% MG (en barquettes)
- Fromage Blanc 0% MG (lissé en pots)

b) Fromages à pâte molle

- Tomme
- Mini Tomme

c) Fromages à pâte pressée

- Emmental
- Zwaghi

d) Fromage de chèvre

- Fromage frais (en barquettes)
- Fromage frais (lissé en pots)
- Fromage affiné

4. Le laboratoire de Recherches et Développements (RD)

Le laboratoire RD est chargé de plusieurs missions, on cite :

- ✓ Développement de nouvelles recettes et variantes dans le cadre du plan d'action annuel.
- ✓ Amélioration qualitative des recettes existantes, des coûts de matière et du processus de fabrication.
- ✓ Assurance de la gestion et du suivi documentaire.

- ✓ Réalisation des prospections et contact avec les fournisseurs de matières et fournitures nécessaires aux projets.
- ✓ Préparation des produits pour les tests consommateurs et pour la validation.
- ✓ Organisations des dégustations en interne. [4]

5. Organigramme :

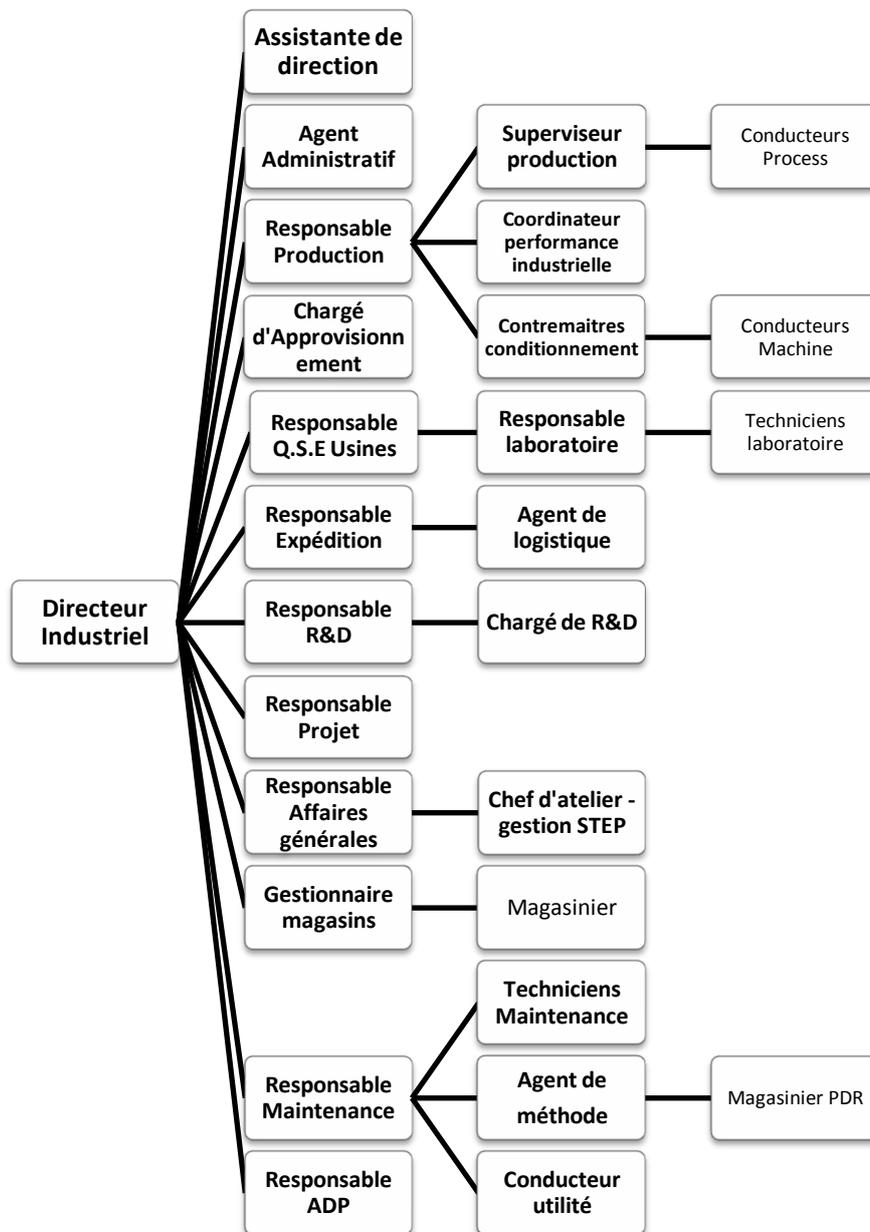


Figure1: Organigramme de la société laitière Chergui. [4]

Partie II :

Revue

Bibliographique

I. Généralités sur le lactosérum

1. Définition

Le lactosérum, ou plus simplement sérum, est la phase aqueuse qui se sépare du caillé lors de la fabrication des fromages ou de la caséine. [5]

Si l'on regarde ce qui se passe en fromagerie, la plus grande partie de l'eau du lait se retrouve dans le lactosérum et avec elle toutes les substances solubles : lactose, protéines, sels minéraux et un peu de matière grasse. Dans le fromage sont rassemblées la caséine et la plus grande partie de la matière grasse. On obtient en effet environ 9 litres de lactosérum et 1 kg de fromage à partir de 10 litres de lait. [5]

2. Types du lactosérum

Deux grandes classes de lactosérums sont souvent distinguées en fonction du coagulant employé :

- ✓ le lactosérum doux (pH \approx 6,5), issu de la production des fromages à pâte pressée et/ou cuites, par coagulation du lait avec de la présure.
- ✓ le lactosérum acide (pH \approx 4,5), issu de la production des fromages à pâte fraîche et molle par coagulation du lait, par acidification provoquée par le métabolisme des bactéries lactiques. [6]

3. Composition du lactosérum

Le tableau 1 montre que le lactosérum doux possède un peu plus de protéines et de lactose puisque ce dernier n'est pas fermenté en acide lactique, contrairement au lactosérum acide qui a été produit par fermentation lactique.

Tableau 1 : Composition d'un lactosérum doux et d'un lactosérum acide. [7]

	E.S.T (%)	pH	Protéines (g /l)	Lactose (g /l)	Lipides (g /l)	Calcium (%)	Phosphore (%)	Sodium (%)
Lactosérum doux	6,5	6,5	13,5	76	1	0,6	0,6	2,5
Lactosérum acide	6,0	4,5	12	74	0,5	1,8	1,5	7,5

La teneur en ions minéraux du lactosérum acide est supérieure à celle du lactosérum doux, car l'acidité favorise l'échappement des minéraux du caillé vers le lactosérum.

Qu'il soit doux ou acide, le lactosérum est constitué principalement de lactose, de protéines solubles et d'ions minéraux. En fonction des différents paramètres de production utilisés dans les industries laitières, la teneur en matières grasses et en certains ions minéraux peut varier.

➤ **Protéines**

Les protéines retrouvées dans les lactosérums sont majoritairement la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine. Le tableau 2 énumère quelques caractéristiques de ces protéines.

Tableau 2 : Caractéristiques et proportions des principales protéines du lactosérum. [8]

	Concentrations (g/l)	pH isoélectrique
β -lactoglobuline	2,5 – 3	5,4
α –lactalbumine	1,2	4,4
sérum albumine	0,3 - 0,4	5,1
Lactoferrine	0,1	7,9

Le pH isoélectrique est le pH pour lequel la molécule est électriquement neutre. Les protéines sont électriquement chargées de la même façon, elles auront tendance à se repousser, donc à ne pas s'agréger. Au contraire, si elles sont électriquement neutres, cette répulsion disparaît, et l'agrégation devient possible. [9]

➤ **Lactose**

Le lactose est le composé majeur de l'extrait sec du lactosérum. Il est un diholoside, composé de deux oses, le galactose et le glucose. Il présente un intérêt diététique fondamental. [8]

➤ **Sels minéraux et vitamines**

Les sels minéraux principaux présents dans le lactosérum sont: chlorures, phosphates, citrates de calcium, sodium, magnésium et potassium.

On estime qu'en moyenne, un litre de lait est composé de 8,5 à 9 g de sels minéraux, ainsi, le lactosérum contient en moyenne 4,8 g de sels minéraux, soit une réduction d'environ 50 % par rapport à la teneur initiale du lait. [8]

Le lactosérum contient également des vitamines essentielles pour notre organisme et plus précisément des vitamines B2, B5, B12, B6 et C. [8]

II. Fromages du lactosérum

Les fromages de lactosérum sont des produits solides, semi-solides ou à pâte molle principalement obtenus par l'un des procédés suivants:

- ✓ la concentration du lactosérum et le moulage du produit concentré. Ce type est fabriqué par évaporation à chaud du lactosérum ou d'un mélange de lactosérum et de lait, de crème ou d'autres matières premières d'origine laitière, à un degré de concentration permettant au fromage d'avoir une forme stable. La teneur en lactose de ces fromages étant relativement élevée, leur couleur varie généralement du jaunâtre au marron et ils sont doux, cuits ou caramélisés de goût. [10]
- ✓ la coagulation à chaud du lactosérum avec ou sans adjonction d'acide.

Le fromage de lactosérum obtenu par coagulation du lactosérum est produit par précipitation à chaud du lactosérum ou d'un mélange de lactosérum et de lait ou de crème, avec ou sans adjonction d'acide. La teneur en lactose de ces fromages est relativement faible, leur couleur varie du blanc au jaunâtre. [10]

Les fromages du lactosérum deviennent de plus en plus répandus, ils sont fabriqués à partir du lactosérum de vache, de chèvre ou de brebis. Par exemple, en Italie on trouve la ricotta, en France le plus célèbre est le broccio corse, seul fromage de lactosérum protégé par une appellation d'origine protégée (AOP). On trouve aussi le sérac, d'origine suisse et française. Ce fromage de lactosérum à base du lait de vache, de chèvre ou de brebis, est obtenu à partir du petit-lait entier ou écrémé par précipitation acide et à chaud. [11]

Les caractéristiques du fromage sérac sont les suivantes :

- ✓ Type : pâte fraîche et molle, sans croûte.
- ✓ Forme : motte arrondie ou carrée, de taille variable.
- ✓ Couleur : blanche.
- ✓ Texture : friable.
- ✓ Goût : salé, additionné d'herbes aromatiques ou sucré. [12]

Partie III:

Partie Pratique

Introduction

Le lactosérum est un sous-produit de l'industrie fromagère qui contient des fractions importantes de protéines, lactose, sels minéraux et vitamines, avec peu de matière grasse.

Sachant que la société Chergui perd des quantités importantes du lactosérum mensuellement, suite à la fabrication des fromages à pâte molle et des fromages à pâte pressée. Nous avons tenu au cours de notre stage à valoriser ce lactosérum par son utilisation, comme étant matière première, dans la production du fromage sérac.

I. Matériels et méthodes

1. Matériels

Un ensemble de matériels est demandé pour fabriquer le sérac, on distingue :

- ✓ **Matières premières** : lactosérum doux, vinaigre d'alcool à 8°C, sel.
- ✓ **Matériels** : bécher en acier inoxydable, passoire, pipette, brasseur, écumoire, moules perforés, bain marie, chambre froide.

Les analyses du lactosérum et du sérac nécessitent des :

- ✓ **Réactifs** : alcool isoamylique, acide sulfurique ($d=1,818\pm 0,003\text{g/ml}$), acide sulfurique ($d=1,522\pm 0,005\text{g/ml}$).
- ✓ **Matériels** : thermomètre, chronomètre, balance, dessiccateur, pH-mètre, centrifugeuse, capsules, butyromètres.

2. Méthodes

a. Fabrication du sérac

La fabrication du sérac s'obtient par chauffage du lactosérum en milieu acide. Ce traitement provoque la floculation des protéines, c'est-à-dire leur agrégation en flocons. On obtient alors une pâte consistante. [12]

Etape 1 : Réception et filtration du lactosérum

Le lactosérum doit être doux (pH 6,3 à 6,5), car les éléments du précipité d'un sérum acide sont trop fins et ne peuvent plus se regrouper à la surface de sérum et donner des protéines bien agglomérées. Aussi la filtration du lactosérum est nécessaire avant son utilisation, pour éliminer les résidus du fromage qui sont récupérés avec le sérum. [12]

Etape 2 : Chauffage du lactosérum

Le lactosérum est chauffé jusqu'à 88-90°C d'une manière progressive (2°C/min), avec un brassage doux. La durée de chauffage est un paramètre important, car un chauffage rapide ne donne qu'une précipitation incomplète des protéines de lactosérum, un gâteau de protéines fragile et difficile à prélever. Par contre, un chauffage lent donne des résultats contraires et un meilleur rendement en produit récupéré. [12]

Etape 3 : Addition d'arômes ou d'herbes fines

Le Sérac peut être consommé frais nature, sucré ou aromatisé avec du sel et des épices ou des herbes. Selon le choix, on peut ajouter l'un des arômes sans dépasser 1% du poids total. [12]

Etape 4 : Ajout du vinaigre à 8°

Un volume de 6,5 ml de vinaigre à 8° par litre de lactosérum est ajouté, tout en mélangeant énergiquement le sérum. Il faut veiller à ne pas trop acidifier le mélange, car le rendement diminue fortement et les flocons deviennent très fins. [12]

Etape 5 : Flocculation et Chambrage

Sous l'effet de la chaleur et d'acidité, les protéines du lactosérum flocculent. Elles se regroupent pour former des grains qui remontent à la surface, le flocculat. Dès l'apparition de ce phénomène, il faut maintenir la température entre 90 et 92°C durant 10 à 20 minutes.

Le chambrage permet au flocculat de durcir pour former une pâte consistante. Une durée de chambrage inférieure à 10 minutes donne un sérac trop mou et difficile à mouler, tandis qu'un chambrage au-delà de 20 minutes donne un sérac surcuit. [12]

Etape 6 : Moulage et égouttage en moule

Le Sérac est moulé par une écumoire dans des moules perforés, et laissé égoutter pendant 24h à une température inférieure à 9°C. [12]

Etape7 : Démoulage et conditionnement

Après égouttage, les séracs sont démoulés soigneusement et puis emballés.

Etape8 : Stockage au froid

Le sérac peut être stocké pendant 10 jours à une $T < 9^{\circ}\text{C}$, tout en préservant ses qualités hygiéniques et organoleptiques. [12]

Les étapes de la fabrication du sérac sont résumées dans la figure 2.

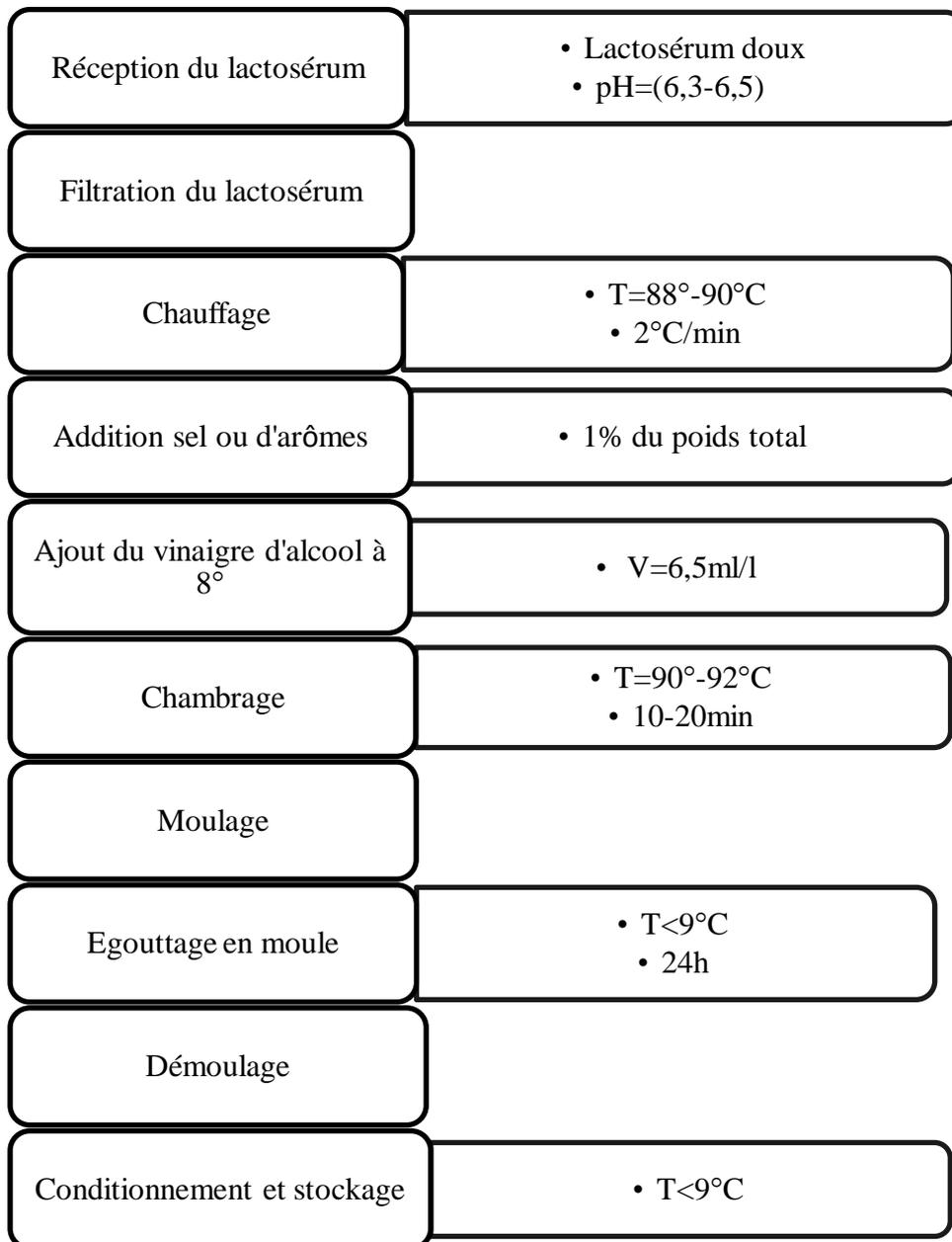


Figure 2: Diagramme de fabrication du sérac.

b. Analyses physico-chimiques

• **Mesure du pH**

La mesure du pH est effectuée pour mesurer l'acidité d'un produit.

- ✓ **Mode opératoire** : On rince l'électrode et on la sèche. Puis, on la plonge dans le produit et on attend jusqu'à stabilisation de la valeur.
- ✓ **Expression des résultats** : la valeur affichée sur le pH mètre, représente le pH du produit analysé.

• **Détermination de l'extrait sec totale (EST)**

L'extrait sec total est la fraction massique de substances restantes après la dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage ou gramme par litre g/l.

- ✓ **Mode opératoire** : On place la capsule sur la balance puis on note le poids affiché. On dépose l'échantillon à analyser bien étalé, puis on démarre l'analyse en plaçant la capsule dans l'étuve à 104 °C pendant 3 heures. On pèse tout de suite la capsule de nouveau. [13]
- ✓ **Expression des résultats** : Le taux d'extrait sec total ou d'humidité est calculé en faisant la différence entre les deux poids, selon la relation suivante :

$$\text{E.S.T (\%)} = (\text{P2} - \text{P1}) / \text{E} \times 100$$

Avec, P1 = poids de la capsule

P2 = poids de la capsule + poids de la prise d'essai après séchage en g.

E = poids de la prise d'essai en g. [13]

• **Mesure de la teneur en matière grasse (%MG)**

Pour le lactosérum, on utilise la méthode butyrométrique de GERBER.

- ✓ **Mode opératoire** : Dans un butyromètre parfaitement nettoyé, sans aucun reste de déchets gras, on remplit dans l'ordre suivant : 10 ml d'acide sulfurique (d=1,818+/-0,003g/ml), 10,75 ml de l'échantillon et puis 1ml de l'alcool isoamylique. Après fermeture, on agite bien le contenu. On centrifuge deux fois et on plonge le butyromètre entre temps au bain marie à 65°C pendant 5 minutes. [14]

- ✓ **Lecture et expression des résultats :** On tient le butyromètre bien vertical, puis on règle la ligne de séparation entre le mélange d'acide et l'échelle des lipides sur un cran de graduation et on lit l'extrémité supérieure de la colonne de lipides sur le ménisque. [14]

Pour le fromage, on utilise la méthode de pesée de VAN GULIK.

- ✓ **Mode opératoire :** On pèse 3g de fromage dans un godet en verre percé, on ferme le butyromètre puis on le place dans un bain marie à 70-80°C et on agite à plusieurs reprises jusqu'à dissolution complète du fromage. On ajoute ensuite par l'ouverture de l'échelle 1ml de l'alcool et de l'acide sulfurique ($d=1,522\pm 0,005$ g/ml), jusqu'à la marque des 15% de l'échelle. On ferme et on mélange bien le contenu, puis on dépose le butyromètre au bain marie à 65°C pendant 5 minutes. Après, on le centrifuge pendant 5 minutes. On le remet au bain-marie à 65°C pour 5 minutes, ensuite, on le fait sortir pour la lecture. [14]
- ✓ **Lecture et expression des résultats :** On règle la colonne des lipides au point zéro et on lit le taux de lipides absolu à l'extrémité inférieur du ménisque.
Taux de lipides (%) = valeur lue \times 3/pesée du fromage. [14]

c. Détermination de la durée limite de consommation du sérac (DLC)

Afin de déterminer la durée limite de consommation du sérac, nous avons suivi l'évolution du pH et des caractéristiques organoleptiques (couleur, texture et goût) de deux échantillons, prévenant de deux fabrications distincts, mis dans des conditions différentes :

- ✓ **Dans une température inférieur à 9°C**
- ✓ **Dans une température ambiante (T=25°C)**

d. Réalisation des essais

Nous avons effectué quatre essais avec chacun des deux lactosérums, celui obtenu à partir des fromages à pâte molle et l'autre issu des fromages à pâte pressée. Pour maîtriser les paramètres du lactosérum, des analyses physico-chimiques sont réalisés dès sa réception : mesure du pH, du taux de l'extrait sec total (EST), et de la teneur en matière grasse(MG).

Dans chaque essai, un volume de 3 litres de sérum est récupéré, filtré puis chauffé d'une manière progressive (2°C/min). Lors du chauffage, on ajoute 30g de sel (1% du volume total). Quand la température du sérum atteint 88°C, on ajoute 19,5 ml du vinaigre d'alcool à 8° (6,5 ml par litre de lactosérum) et on mélange énergétiquement. Dès l'apparition de flocculats, on augmente la température jusqu'à 90°C et on garde le sérac stable, sans agitation pendant 15 minutes. Ensuite, on moule le sérac et on le laisse égoutter pendant 24h à une T < 9°C. Après égouttage, on démoule le sérac et on prend des échantillons pour réaliser les analyses physico- chimiques et déterminer la durée limite de consommation (DLC) de ce fromage.

II. Résultats et discussions

1. Résultats de la fabrication du sérac

Nous avons effectué 4 essais pour chaque type de lactosérum, les produits obtenus dans des conditions identiques ont des paramètres finaux différents.

- **Pour le lactosérum des fromages à pâte pressée**

Tableau 3 : Résultats des essais de fabrication à partir du lactosérum des fromages à pâte pressée

Essais	Lait		Lactosérum				Sérac			
	pH	MG (g/l)	pH	MG (g/l)	EST (%)	pH'	pH	Poids (g)	MG (%)	EST (%)
A1	6,7	40	6,35	9	7,33	5,44	5,34	195	12	27,5
A2	6,8	33	6,35	4,5	6,8	5,42	5,31	176,5	6,5	22,8
A3	6,68	40	6,38	5	6,84	5,57	5,49	175	7,5	23
A4	6,72	37	6,45	11	7	5,46	5,42	168	16	24,5

pH' représente le pH du lactosérum après l'addition du vinaigre.

- **Discussion :**

- Pour le pH du sérac, nous avons trouvé des valeurs entre 5,31 et 5,49, cela dépend principalement du pH initial du lactosérum qui varie entre 6,35 et 6,45, aussi de l'acidité du sérum après l'ajout du vinaigre, dont les valeurs trouvés sont très proches de celles du produit fini (5,42 à 5,57).
- L'EST du sérac augmente parallèlement avec celui du lactosérum, il atteint 27,5% quand l'EST du sérum est de 7,33%. Tandis que la valeur minimal trouvé est de 22,8%, lors de l'utilisation d'un sérum dont l'EST =6,8%.
- Le poids du sérac obtenu varie entre 168g et 195g selon les valeurs de l'EST.
- La teneur en MG du sérac ne dépasse pas 16% pour les portions fabriquées à partir d'un lactosérum avec 11g/l de MG. Quand le lactosérum est pauvre en MG (4,5g/l), le sérac résultant est maigre, il contient 6,5% de MG.
- Les paramètres du lait n'ont pas une influence directe sur les paramètres du sérac obtenu. Considérons les essais A1 et A3, les laits utilisés ont presque la même acidité et la même teneur en MG (pH=7, MG=40g/l), par contre le sérac d'A1 est moins acide et plus riche en MG que celui d'A3.

- **Pour le lactosérum des fromages à pâte molle**

Tableau 4: Résultats des essais de fabrication à partir du lactosérum des fromages à pâte molle

Essais	Lait		Lactosérum				Sérac			
	pH	MG (g/l)	pH	MG (g/l)	EST (%)	pH'	pH	Poids (g)	MG (%)	EST (%)
E1	6,72	37	6,45	5	6,76	5,39	5,3	152	7,5	23,2
E2	6,72	37	6,46	8	7	5,41	5,32	160	14	26
E3	6,7	40	6,46	8	7,1	5,48	5,39	163	13,5	26,7
E4	6,7	42	6,61	4	6,56	5,6	5,4	158	6,5	21,2

pH' représente le pH du lactosérum après l'addition du vinaigre.

- **Discussion :**

- Le pH du sérac obtenu varie proportionnellement entre 5,3 et 5,4, avec la variation du pH du sérum initiale (de 6,45 à 6,61), et du pH après l'ajout du vinaigre (de 5,39 à 5,60).
- L'EST du sérac augmente parallèlement avec celui du lactosérum, il atteint 26,7% quand l'EST du sérum est de 7,1%. Tandis que la valeur minimal trouvé est de 21,2 %, lors de l'utilisation d'un sérum dont l'EST =6,56%.
- A partir des quatre essais, nous avons récupéré entre 152g et 163g du sérac selon l'EST du lactosérum qui varie de 6,56% à 7,1%, et selon la quantité du produit perdu au cours du moulage.
- La teneur en MG du sérac varie entre 6,5% et 14%, selon le taux de MG dans le lactosérum y compris entre 4 et 8 g/l.
- Comme nous avons déjà mentionné pour le lactosérum des fromages à pâte pressée, un lait riche en MG ne donne pas forcément un sérac gras, mais par contre dans notre essai (E4) nous avons obtenu un sérac maigre (6,5%) à partir d'un lait à 42 g/l de MG.
- Lors des essais E2 et E3, nous avons travaillé avec deux lactosérums ayant le même pH=6,46, nous avons obtenu des fromages avec des paramètres finaux similaires.

- **Comparaison entre les deux fabrications**

Tableau 5 : Les paramètres du sérac trouvés en moyenne à partir de L1 et L2.

Lactosérum du fromage à pâte	Lactosérum			Sérac			
	pH	MG (g/l)	EST (%)	pH	R (%)	MG (%)	EST (%)
Pressée (L1)	6,38	7,37	6,99	5,39	5,95	10,5	24,45
Molle (L2)	6,49	6,25	6,85	5,35	5,27	10,37	24,27

- **Discussion :**

- En moyenne l'EST de L1 est légèrement supérieur à celui de L2, c'est pour cela le rendement du sérac fabriqué à partir de L1 dépasse le rendement du sérac fabriqué par L2.
- De même la teneur en MG de L1 dépasse celle de L2, c'est pour cela la teneur en MG du sérac fabriqué à partir de L1 dépasse un peu la teneur en MG du sérac fabriqué par L2.
- Donc, à partir des deux lactosérums, nous avons pu fabriquer un fromage sérac présentant des paramètres similaires.

2. Résultats de la détermination de la DLC :

L'essai 1 correspond à un échantillon de sérac réalisé à partir du lactosérum des fromages à pâte pressée, tandis que l'essai 2 provient d'un sérac fabriqué à partir du lactosérum des fromages à pâte molle.

Au début du test, les échantillons du sérac présentaient les caractéristiques suivantes :

- ✓ couleur : blanche
- ✓ texture : friable
- ✓ goût : normale

- **Dans une température inférieur à 9°C**

Tableau 6: Mesure du pH pour des échantillons stockés à $T < 9^{\circ}\text{C}$

Jours	Essai1	Essai2
	pH	pH
J	5,39	5,36
J+2	5,38	5,35
J+4	5,37	5,33
J+6	5,35	5,32
J+8	5,32	5,30
J+10	5,29	5,28
J+12	5,27	5,25

- **Discussion :**

- Au cours de 12 jours le sérac s'acidifie peu à peu jusqu'à atteindre des valeurs inférieurs à 5,30, mais au delà de J+10 le sérac devient inconsommable suite à une modification des qualités organoleptiques. Le sérac devient de :
 - ✓ couleur : jaunâtre
 - ✓ texture : compacte avec une légère dessiccation de la surface
 - ✓ goût : acide
- Donc, la DLC du sérac stocké à $T < 9^{\circ}\text{C}$ est de 10 jours.

- **Dans une température ambiante ($T=25^{\circ}\text{C}$)**

Tableau 7: Mesure du pH pour des échantillons stockés à $T=25^{\circ}\text{C}$

Jours	Essai1	Essai2
	pH	pH
J	5,39	5,36
J+2	5,28	5,24

- **Discussion :**

- Dans une température ambiante ($T= 25^{\circ}\text{C}$), nous avons pu conserver les échantillons pendant 2 jours seulement. Dès le 3ème jour, les modifications suivantes apparaissent sur le sérac :
 - ✓ couleur : jaune
 - ✓ texture : dure
 - ✓ contamination par des moisissures
- Donc la DLC du sérac stocké à une température ambiante est de 2 jours.

Conclusion

Au cours de notre stage, effectué au sein du laboratoire RD de la société laitière Chergui, nous avons contribué à la fabrication du fromage sérac, à partir de deux lactosérums, le premier est issu des fromages à pâte molle et le deuxième provient des fromages à pâte pressée.

Avec 3 litres de chaque sérum, nous avons obtenu les résultats suivants :

- Pour le lactosérum des fromages à pâte pressée, le rendement en sérac est de 5,95%, dont la MG=10,5% et l'EST=24,45%.
- Pour le lactosérum des fromages à pâte molle, le rendement en sérac est de 5,27%, dont la MG=10,37% et l'EST=24,27%.

Le sérac représente une source très importante de nutriments dont il faut encourager la production. Surtout, avec le développement et la réinstallation de la fromagerie Chergui, il se montre qu'il est intéressant de mettre en place des installations spécifiques pour récupérer et incorporer le lactosérum dans cette transformation fromagère.

L'ajout du fromage sérac à la gamme des produits Chergui, va contribuer à l'amortissement des pertes, l'augmentation du rendement de la société, et à la préservation de l'environnement.

Références Bibliographiques

- [1] <http://www.marocagriculture.com/lindustrie-laitiere.html>
- [2] Organisation des nations unis pour l'alimentation et l'agriculture, 1998. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.
- [3] <http://www.lesdomainesagricoles.com>
- [4] B.SOUMATI, Communication privé en 2017. Fournie par Bouchera SOUMATI (Chargé RD)
- [5] François Luquet, 1990. Lait et produits laitiers : *vache, brebis, chèvre*, t.2.
- [6] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactos%C3%A9rum>
- [7] François Luquet , 1990.*Lait et produits laitiers* :Produits dérivés des fabrications fromagères .
- [8] Sarah.Bardy, Mathilde Benz ,2016. Valorisation du lactosérum , Rapport de projet.
- [9] http://www8.umoncton.ca/umcm-gauthier_didier/siitub/proprecip.html
- [10] Codex alimentarius,2011. Lait et produits laitiers
- [11] [https://fr.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9rac_\(fromage\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9rac_(fromage))
- [12] Simon et col, 2002 . Transformer les produits laitiers frais à la ferme
- [13] http://www.memoireonline.com/03/12/5537/m_Contribution--l-evaluation-des-pratiques-frauduleuses-dans-le-lait--la-reception15.html
- [14] K. Schäfer et col. Catalogue de laboratoire Funk Gerber