

Année Universitaire : 2020-2021

## Filière ingénieurs

### Industries Agro-Alimentaires



Rapport de stage de fin d'études

# *Valorisation du lactosérum par la production d'un jus lacté*

**Réalisé par l'élève-ingénieur:**

**BENNANI Hajar**

**Encadré par:**

Mme. SOUMATI Bouchra    Domaine Douiet Fès

Pr. SABIR Safia                      FST Fès

**Présenté le 15 Juillet 2021 devant le jury composé de :**

- Mme. SABIR Safia                      FST Fès
- M<sup>r</sup>. LHASSANI Abdelhadi              FST Fès
- M<sup>r</sup>. KHALIL Fouad                      FST Fès
- Mme SOUMATI BOUCHRA              Domaine Douiet

**Stage effectué à: Domaine Douiet Fès- Société laitière CHERGUI**



# DÉDICACES

*Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui m'ont accompagnés et soutenus pendant mes longues années d'étude.*

*Une Dédicace spéciale aux deux perles qui illuminent ma vie : mes parents ;*

*BENNANI Abdeljaouad & ES-SOUHAILY Fatimazahrae*

*Aucune expression ne saurait être assez éloquente pour exprimer mes plus sincères sentiments de gratitude et de reconnaissance. Sans votre bienveillance, votre affection, votre soutien et vos sacrifices, je ne serai jamais devenue ce que je suis fière d'être aujourd'hui. Qu'ALLAH le tout puissant vous préserve et vous procure santé et bonheur.*

*À mes chères sœurs « Hind & Fayza » et mon cher frère « Mohammed »;*

*Mes sources inépuisables d'amour et de motivation, je vous souhaite tout le bonheur, toute la réussite.*

*À mes chers neveux « Reda & Layth » et nièces « Samia & Riham »*

*À tous mes professeurs qui ont toujours crus en moi.*

*À mes collègues et amies, pour tous les moments agréables que nous avons partagés.*

*À ma chère famille*

*À tous ceux qui comptent pour moi*

*À tous ceux pour qui je compte*

*En guise de reconnaissance pour leur affection, conseil, aide et appui*

*Je leur dédie ce modeste travail...*

# REMERCIEMENTS

Au nom d'ALLAH le tout puissant, le très miséricordieux, Ce travail, ainsi accompli, n'aurait point pu arriver, sans l'aide, le soutien et tout le guidage d'ALLAH, louange au seigneur de l'univers.

La réalisation de ce travail n'a été possible sans la contribution de plusieurs personnes. Je tiens pour cela à remercier particulièrement :

- **Mr. BENSEDDIK Fayçal**, le directeur du DOMAINE DOUIET pour m'avoir accordé cette opportunité de passer mon projet de fin d'études au sein de son établissement.
- **Mr NIBBENNAOUEEN Lhouceine**, le directeur général pour son accueil chaleureux et expansif au sein de la société CHERGUI.
- **Mme SOUMATI Bouchra**, d'avoir accepté de m'encadrer et m'orienter, aussi pour sa disponibilité à me faire partager ses connaissances et son savoir-faire, et n'ayant ménagé aucun effort pour m'initier à la vie professionnelle, par ses conseils précieux et les recommandations qu'elle m'a prodiguées tout au long de la période de mon stage.
- **Mme SABIR Safia**, pour son encadrement, les expansions de remerciement ne sont pas assez fortes pour traduire ma profonde gratitude pour sa bonne volonté et sa disponibilité chaque fois que j'ai besoin de son aide et ses conseils qui m'ont été de grande utilité.
- **Mr EL ALAMI Youness**, responsable du laboratoire, pour son aider, sa gentillesse et sa collaboration.
- **Le personnel de l'usine Douiet**, pour le climat d'échange convivial et familial qu'ils nous ont procuré.

Mes vifs remerciements vont conjointement aux membres du jury **Pr. LHASSANI Abdelhadi** et **Pr. KHALIL Fouad** qui m'ont honoré en acceptant d'évaluer ce travail et de l'enrichir par leurs remarques constructives.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes professeurs de la Faculté des Sciences et Techniques pour avoir contribué, chacun par son domaine, à notre formation d'Ingénieurs. Enfin ma reconnaissance va à tous ceux que j'ai malencontreusement oubliés, et qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration et la réussite de ce travail.

# *LISTE DES FIGURES*

Figure 1 : Chronologie d'évolution du Domaine Douiet.....	4
Figure 2 : Organigramme de l'usine du Douiet « Transformation laitière ».....	5
Figure 3 : Diagramme de fabrication du fromage à pâte pressée .....	11
Figure 4 : Diagramme de fabrication du fromage à pâte molle .....	12
Figure 5 : Diagramme de fabrication du cottage cheese.....	13
Figure 6 : Diagramme de fabrication du Jben 0% MG.....	13
Figure 7 : Diagramme « bêtes à cornes » des besoins exprimés par l'usine Douiet .....	22
Figure 8 : Diagramme de Gantt du déroulement du stage .....	23
Figure 9 : La quantité du lait consommée et celle du fromage fabriqué.....	24
Figure 10 : Répartition du lactosérum selon le type de fromage .....	24
Figure 11 : Répartition du lactosérum selon son type.....	25
Figure 12 : Evolution de l'EST de l'eau brute durant la journée du 11/03 .....	26
Figure 13 : Evolution de l'EST de l'eau brute durant la journée du 17/03 .....	26
Figure 14 : Diagramme de fabrication d'un jus à base du lactosérum.....	28

## *LISTE DES TABLEAUX*

Tableau I	: Fiche signalétique de l'usine du Douiet .....	5
Tableau II	: Produits fabriqués au sein de l'usine Douiet.....	6
Tableau III	: Composition moyenne de différents types de lactosérum (Sottiez,1990).....	15
Tableau IV	: Les propriétés fonctionnelles et la valeur nutritionnelle du lactosérum .....	18
Tableau V	: L'extrait sec total moyenne du lait et du lactosérum.....	24
Tableau VI	: Matériels et les paramètres à contrôler au cours de la fabrication d'un jus lacté au niveau de laboratoire .....	29
Tableau VII	: Les microorganismes recherchés dans le lactosérum et dans la boisson lactée et leurs milieux d'ensemencement, ainsi que leurs durées d'incubation.....	31
Tableau VIII	: Les résultats des analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles des essais .....	32
Tableau IX	: Matériels et paramètres à contrôler au cours de la fabrication d'un jus lacté au niveau industriel .....	34
Tableau X	: les résultats des analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles du produit fini.....	35

# ***LISTE DES ABREVIATIONS***

**AFOR** : Association Française de Normalisation.

**APR** : Atelier des Palais Royaux.

**D** : Durée.

**°D** : Degré Dornic.

**DBO<sub>5</sub>** : Demande Biologique en Oxygène au bout de 5 jours.

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**DL** : Gélose lactosée au désoxycolate.

**EST** : Extrait sec total.

**FAO** : L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**FMAT** : Flore Mésophile Aérobie Totale.

**igA** : immunoglobuline A.

**IgG** : immunoglobuline G.

**IgM** : immunoglobuline M.

**ISO** : Organisation Internationale de Normalisation.

**KCl** : Chlorure de potassium.

**MG** : Matière Grasse.

**PCA** : Gélose pour Comptage de plaque.

**pH** : Potentiel Hydrogène.

**RD** : Recherche et développement.

**STEP** : Station de traitement des Eaux Usées.

**T°** : Température.

**YGC** : Extrait de Levure Glucose Chloramphénicol.

# TABLE DES MATIERES

Introduction.....	1
Partie 1 : Présentation de l'organisme d'accueil et processus de fabrication des fromages .....	3
I. Présentation de l'organisme d'accueil « Domaines Douiet » .....	4
I.1 Domaines Agricoles : .....	4
I.2 Domaine Douiet : .....	4
I.2.1 Historique.....	4
I.2.2 Fiche d'identification de l'usine Douiet : .....	5
I.2.3 Organigramme de la société : .....	5
I.2.4 Gamme de produits : .....	6
II. Processus de fabrication des fromage de l'usine de Douiet.....	8
II.1 La préparation du lait : .....	8
II.2 Coagulation : .....	9
II.3 Moulage : .....	9
II.4 Égouttage : .....	9
II.5 Salage : .....	9
II.6 Affinage : .....	10
II.7 Processus de fabrication des fromages à pâte pressée.....	10
II.8 Processus de fabrication des fromages à pâte molle .....	11
II.9 Processus de fabrication des fromages à pâte Fraîche .....	12
Partie 2 : Revue bibliographique.....	14
I. Généralité sur le lactosérum.....	15
I.1 Définition .....	15
I.2 Types du lactosérum.....	15
I.3 Composition du lactosérum.....	15
I.3.1 Lactose : .....	16

I.3.2	Protéines :.....	16
I.3.3	Vitamines :.....	17
I.3.4	Minéraux :.....	17
I.4	Valeur nutritionnelle du lactosérum.....	17
I.5	Les utilisations du lactosérum.....	18
I.5.1	Alimentation animale.....	18
I.5.2	Alimentation humaine.....	18
I.5.3	Biotechnologie.....	19
I.5.4	Agricultures.....	19
II.	Généralité sur les jus.....	19
II.1	Définition :.....	19
II.2	Classification des jus :.....	19
II.2.1	Jus naturels.....	19
II.2.2	Jus de fruit à base de concentré.....	19
II.2.3	Nectars.....	19
II.2.4	Jus lacté.....	20
II.3	Procédés de fabrication d'une boisson lactée :.....	20
II.3.1	Mélange des ingrédients.....	20
II.3.2	Le traitement thermique.....	20
II.3.3	Refroidissement.....	20
II.3.4	Conditionnement.....	20
Partie 3 : Valorisation du lactosérum.....		21
1.	Contexte général du projet.....	22
2.	Contexte pédagogique.....	22
3.	Auteurs du projet.....	22
4.	Besoin exprimé.....	22
5.	Planification du projet.....	23

6.	Contraintes .....	23
I.	Suivi du lactosérum : .....	24
I.1	Répartition du lactosérum : .....	25
I.2	Suivi de l'EST de l'eau brute au niveau de la STEP : .....	25
I.3	Les raisons de valorisation .....	26
II.	Matériel et méthodes .....	27
i.	Fabrication à l'échelle laboratoire .....	27
II.1	Le processus de fabrication .....	27
II.1.1	Récupération de deux types de lactosérum doux et acide : .....	27
II.1.2	Mélange des ingrédients : .....	27
II.1.3	Pasteurisation : .....	27
II.1.4	Conditionnement et stockage : .....	28
II.1.5	Refroidissement et stockage : .....	28
II.2	Matériels et contrôles .....	29
II.3	Les analyses effectuées .....	30
II.3.1	Les analyses physicochimiques .....	30
II.3.2	Les analyses microbiologiques : .....	31
II.3.3	Les analyses sensorielles : .....	31
III.	Résultats et Discussion : .....	32
III.1	Résultats : .....	32
III.2	Interprétation des résultats .....	32
III.3	Conclusion .....	33
ii.	Fabrication à l'échelle industrielle .....	34
III.4	Matériels utilisés .....	34
III.5	Résultats et discussion : .....	35
	Conclusion .....	37
	Perspectives .....	38

# Introduction

Dans ces dernières années, La production laitière a connu une augmentation remarquable, en dépit de la volatilité des cours internationaux des matières premières agricoles et des changements climatiques. Ainsi, la production est passée de 475 millions de litres en 1970 à environ 1.98 milliards de litres en 2009 avec une quantité de lait usiné qui représente 1.2 milliards de litres. La production nationale couvre 90% des besoins du marché.[1]

Cependant, les industries agro-alimentaires doivent faire face à un problème devenu au cours de ces derniers années de plus en plus critique. Il s'agit de la pollution créée par les rejets et les déchets de ces industries. L'industrie laitière en fait partie, puisqu'elle est à l'origine de lactosérum.

Le lactosérum représente un problème environnemental important en raison des volumes élevés produits et de sa haute teneur en matière organique, présentant une  $DBO_5 = 30000-50000$  mg/L et  $DCO = 60000-80000$  mg/L.

Au fil des années, les progrès de la science et de la technologie ont transformé le lactosérum, qui était un déchet gênant, en un ingrédient laitier précieux. Le lactosérum n'est plus un "sous-produit", mais plutôt considéré comme un précieux "coproduit" de la fabrication du fromage et de la production de caséine.

L'industrie laitière CHERGUI site Douiet, spécialisée dans la fabrication des produits laitiers, s'est engagée à mettre en œuvre une norme de systèmes de management environnemental : ISO 14001 dont le but est de préserver l'environnement.

C'est dans ce cadre que s'inscrit mon projet de fin d'études ayant comme mission la valorisation du lactosérum par la production d'une boisson lactée, ce qui permettra à remédier le pouvoir polluant du lactosérum.

En vue de rendre compte de manière fidèle et analytique ces quatre mois passés au sein de la société CHERGUI, il paraît opportun de présenter ce travail en 3 parties :

- ❖ **La première partie** consiste à présenter l'environnement de stage; à savoir l'organisme général de la société et son processus de fonctionnement « fabrication des fromages ».
- ❖ **La deuxième partie** donnera une revue bibliographique, d'une part, sur le lactosérum tout en montrant ses bienfaits nutritionnels, et d'autre part, de présenter des généralités sur le jus tout en se focalisant sur le procédé de fabrication d'une boisson lactée.

- ❖ **La troisième partie** portera sur l'objectif de notre stage en décrivant en premier temps la démarche de travail à suivre pour atteindre notre objectif, puis on présentera le suivi effectué afin de déterminer les quantités du lactosérum générées par l'usine ce qui nous permettra par la suite de déterminer la meilleure voie de valorisation du lactosérum qui est la production d'une boisson lactée.

**Partie1 : Présentation de  
l'organisme d'accueil et  
processus de fabrication des  
fromages**

## I. Présentation de l'organisme d'accueil « Domaines Douiet »

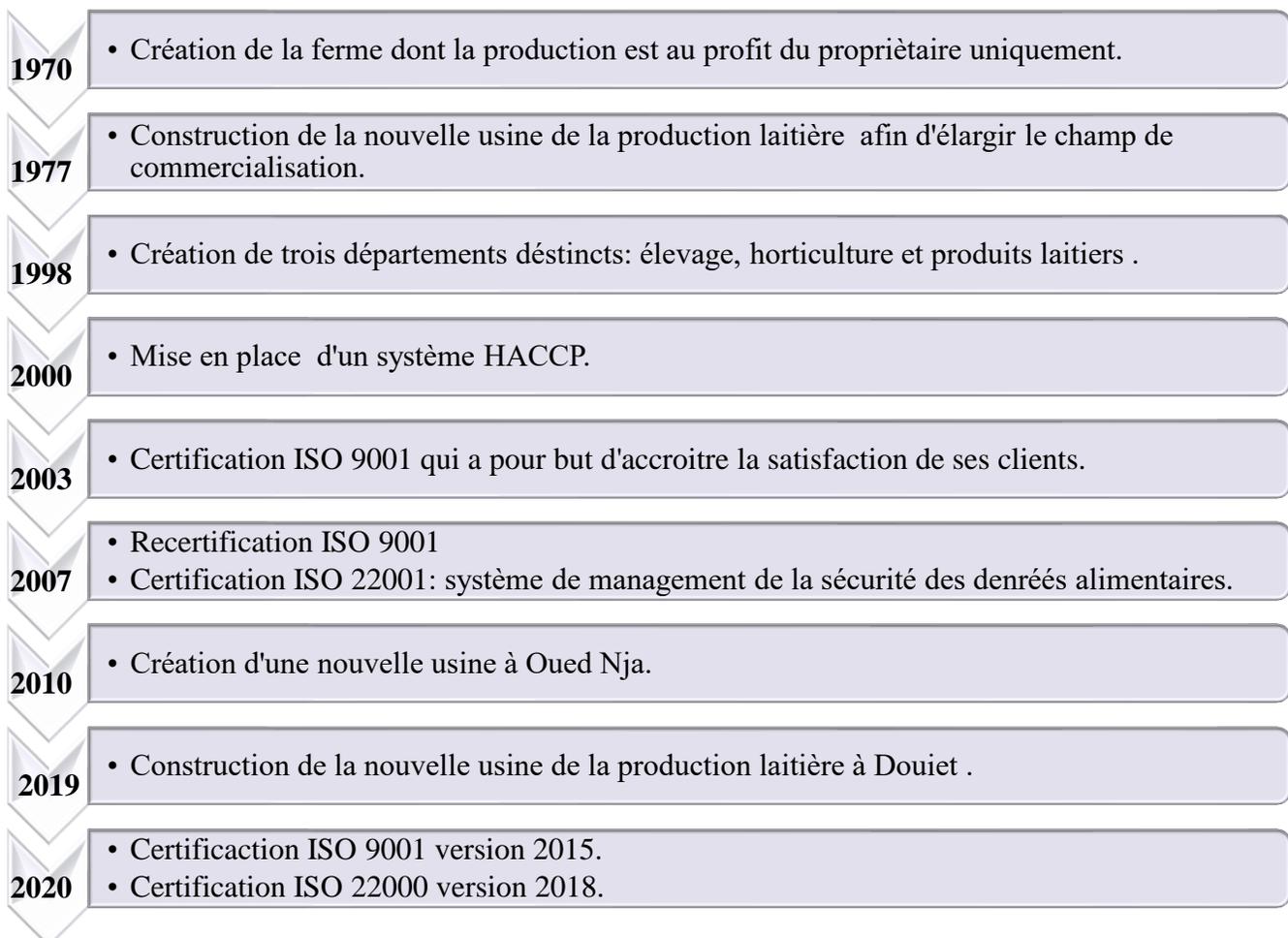
### I.1 Domaines Agricoles :

Les domaines agricoles est un groupe qui a été créé en 1960, ils opèrent dans les métiers de la production agricole et agro-alimentaire depuis plus que 60 ans. Répartis sur le terroir marocain avec de nombreux site de production. Les domaines agricoles interviennent dans de nombreuses filières de production agricole dont la plus célèbre celle de Douiet dans la région de Fès.[2]

### I.2 Domaine Douiet :

Le Domaine Douiet est une exploitation agricole d'une superficie d'environ 700Ha dont 330Ha cultivables, il dispose de 2 forages « Bourkaize » et « Ain Allah », il se situe à 15 Km au nord-ouest de la ville de Fès et emploie un effectif qui varie entre 700 et 1000 personnes. Le domaine Douiet œuvre dans des activités agricoles (élevage des bovins et caprins laitiers, production horticole,) et agro-alimentaires (transformation laitière...).[3]

#### I.2.1 Historique



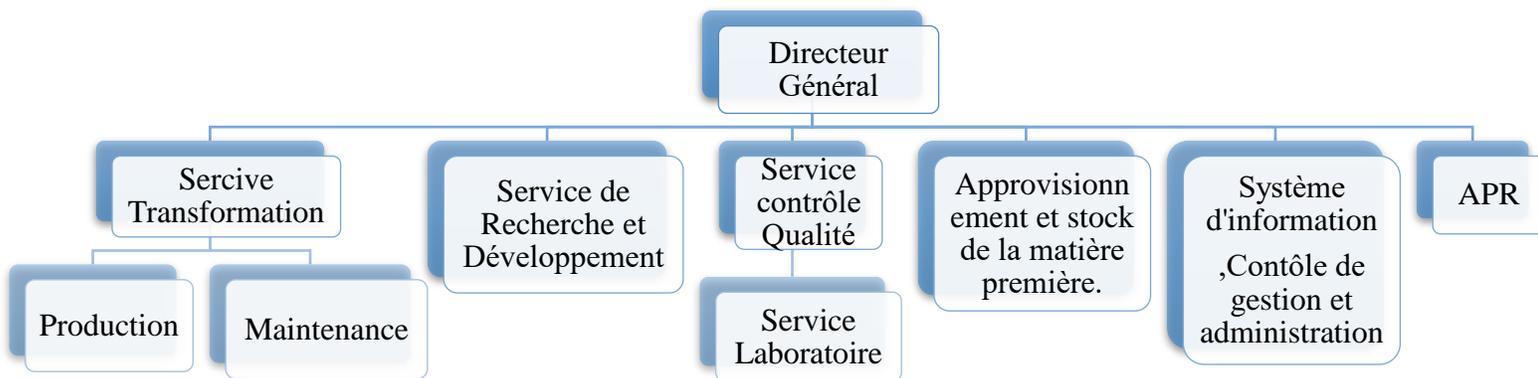
***Figure 1 : Chronologie d'évolution du Domaine Douiet.***

## I.2.2 Fiche d'identification de l'usine Douiet :

**Tableau I: Fiche signalétique de l'usine du Douiet**

Dénomination Sociale	Domaine Douiet
Date de création	1998
Statut juridique	Entreprise privée
Directeur de groupe	Mr Fayçal BENNEDDIK
Directeur général	Mr Lhouceine NIBNNAOUEEN
Secteur d'activité	Industrie agro-alimentaire
Activité	Production des produits laitiers
Effectif	300
Siège social	Route d'Azemmour Casablanca
Tél	0535752450
Fax	0535376808
Email	dd@douiet.co.ma
Site web	<a href="http://www.lesdomainesagricoles.com">www.lesdomainesagricoles.com</a>

La direction a défini une structure « Organigramme » qui met en évidence les domaines de responsabilité de chaque service afin d'éviter les chevauchements et lutter contre l'expansion d'influence.



**Figure 2: Organigramme de l'usine du Douiet « Transformation laitière »**

➤ **Service de recherche et développement**

Nous avons effectué notre stage au sein de service de recherche et développement, C'est une composante essentielle de la société puisqu'il assure sa compétitivité et la diversification de ses produits, par l'élaboration de nouvelles recettes dans le cadre du plan annuel et l'amélioration qualitative des recettes existantes, des coûts de matière et du processus de fabrication...

**I.2.3 Gamme de produits :**

L'usine de Douiet est caractérisée par la production d'une gamme de produits très diversifiée tout en privilégiant toujours le goût et la richesse des ingrédients. Ces produits sont présentés dans le tableau suivant [4]:

**Tableau II : Produits fabriqués au sein de l'usine Douiet**

<b>Produit</b>	<b>Types de produit</b>		
<b>Fromages</b>	<b>Pâte Pressée</b>	Emmental	
		Zouaghi	
	<b>Pâte molle</b>	Le Mini de Chergui	
	<b>Fromage Frais de bovin</b>	Le cottage cheese	
		Jben 0% MG	

		Fromage blanc %MG		
		Fromage frais		
		Douceur		
	<b>Fromage frais de chèvre</b>	En barquette		
		Lissé en pot		
		Affiné		
	<b>Yaourts</b>	<b>Le plaisir de chergui</b>	-Bicouches :  ➤ Fraise ➤ Ananas-coco	
			➤ Vanille ➤ Nature sucré ➤ Nature sans sucre...	
		<b>Maxi brassé</b>	➤ Ananas kiwi et céréales ➤ Mangue, passion et céréales	

	<b>Gourmand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Crème dessert au chocolat, caramel.</li> <li>➤ Semoule au lait / à fleur d'oranger</li> <li>➤ Mandarine citron, biscuit-caramel et mangue /fruit de la passion.</li> </ul>	
<b>Beurre et crème</b>	<b>Crème Fraiche</b>		
	<b>Beurre</b>		
<b>Crème Glacée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Chocolat noir</b></li> <li>➤ <b>Chocolat doux</b></li> <li>➤ <b>Chocolat noisette</b></li> <li>➤ <b>Yagurt</b></li> <li>➤ <b>Vanille</b></li> </ul>		

## II. Processus de fabrication des fromage de l'usine de Douiet

Selon Codex Alimentarius : Le fromage est un produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait. La fabrication du fromage se fait en trois étapes qui sont : **la coagulation, l'égouttage et l'affinage.**[5]

### II.1 La préparation du lait :

Avant le dépotage du lait, ce dernier doit subir certains tests physico-chimiques à savoir le pH, matière grasse et test d'inhibiteurs (béta star) qui permet de vérifier la présence ou non des inhibiteurs de coagulation et des antibiotiques dans le lait. La préparation du lait s'avère nécessaire pour la fabrication du fromage et comprend [5]:

- ✚ **Standardisation** : par l'ajout de la crème ou bien par l'écémage du lait pour l'ajustement de la matière grasse ou par l'ajout de la poudre du lait pour augmenter la matière protéique.
- ✚ **Pasteurisation** : son but principal, c'est la destruction de 90% de la flore banale et la formation de l'acide formique qui active les bactéries lactiques.

## **II.2 Coagulation :**

Cette étape a pour but de déstabiliser l'état micellaire de la caséine afin de séparer les liquides « lactosérum » des solides « caillé » par l'addition d'un agent de fermentation. Il existe principalement deux méthodes de fermentation :

- ✚ **Par acidification lactique** : le lait s'acidifie en ajoutant des bactéries lactiques, ce qui entraîne la formation des petites graines du caillé.[5]
- ✚ **Par voie enzymatique** : on utilise une enzyme généralement la présure qui provoque l'agrégation des micelles modifiées de caséines. Entre ces deux cas extrêmes, on trouve une coagulation mixte par l'action simultanée de l'acidification et de l'enzyme.[5]

## **II.3 Moulage :**

Transfert du caillé dans des moules qui donneront la forme finale du fromage. Ce procédé permet également la séparation du caillé et du sérum.[5]

## **II.4 Égouttage :**

L'égouttage consiste à retirer le volume de petit-lait requis pour obtenir le bon niveau d'humidité du fromage. Il consiste à laisser le petit-lait s'égoutter à travers les grains de caillé dans des moules durant plusieurs heures. Dans le cas des fromages à pâtes pressées, l'égouttage se fait mécaniquement afin d'accélérer la sortie du lactosérum.[5]

## **II.5 Salage :**

Se fait soit par immersion dans une saumure dans le cas des fromages à pâtes pressées soit au sel sec par saupoudrage dans le cas des fromages à pâtes molles. Le salage contribue à :

- La diminution de l'activité de l'eau qui oriente le développement des microorganismes au cours de l'affinage.
- La formation de la croûte.
- La Révélation de la saveur du fromage.[5]

## II.6 Affinage :

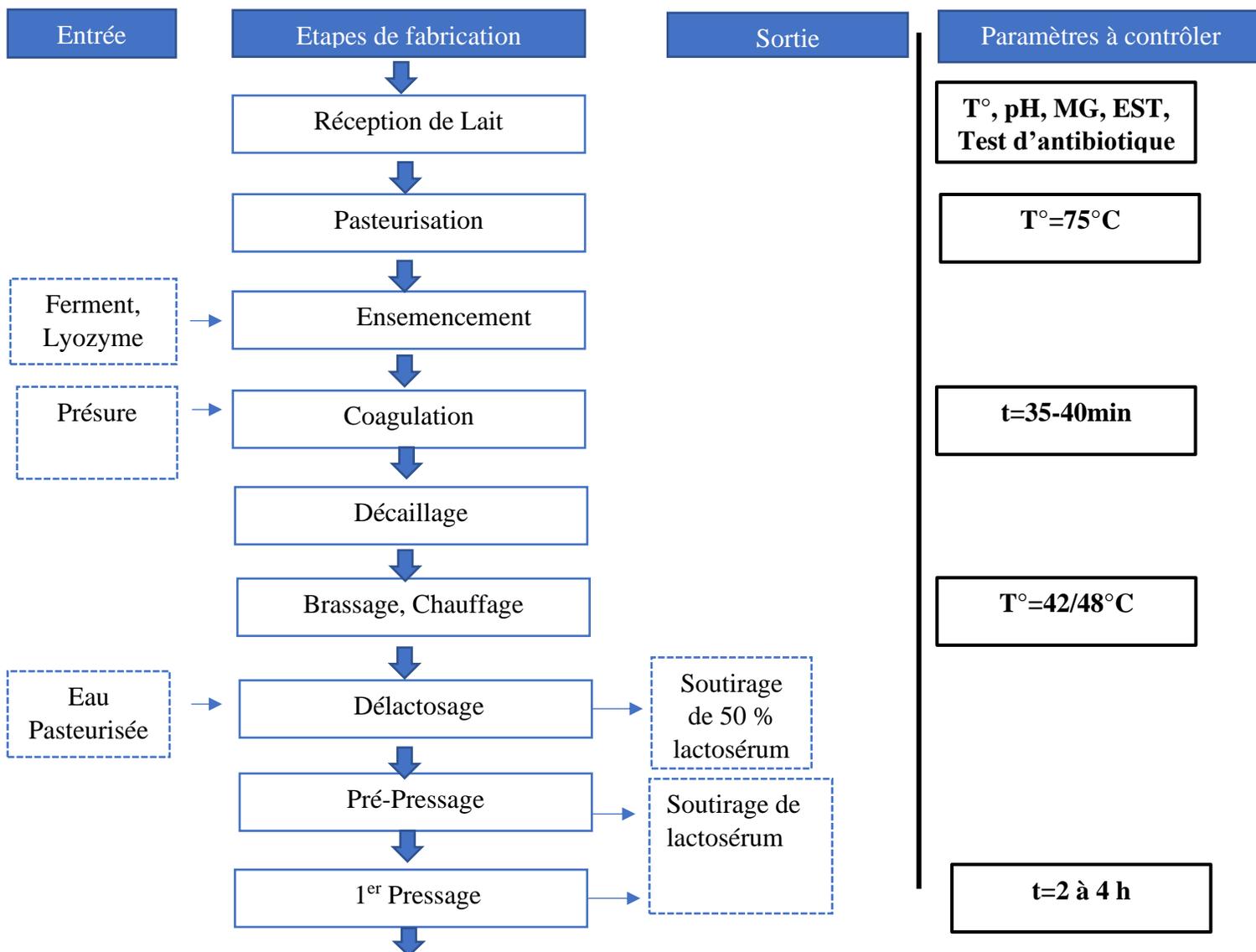
C'est le procédé qui confère aux fromages leurs caractéristiques distinctives de saveur, de texture et d'arôme. Ce procédé se fait dans des haloirs où le niveau de l'humidité et de la température est contrôlé de façon à amener le fromage à maturité. [5]

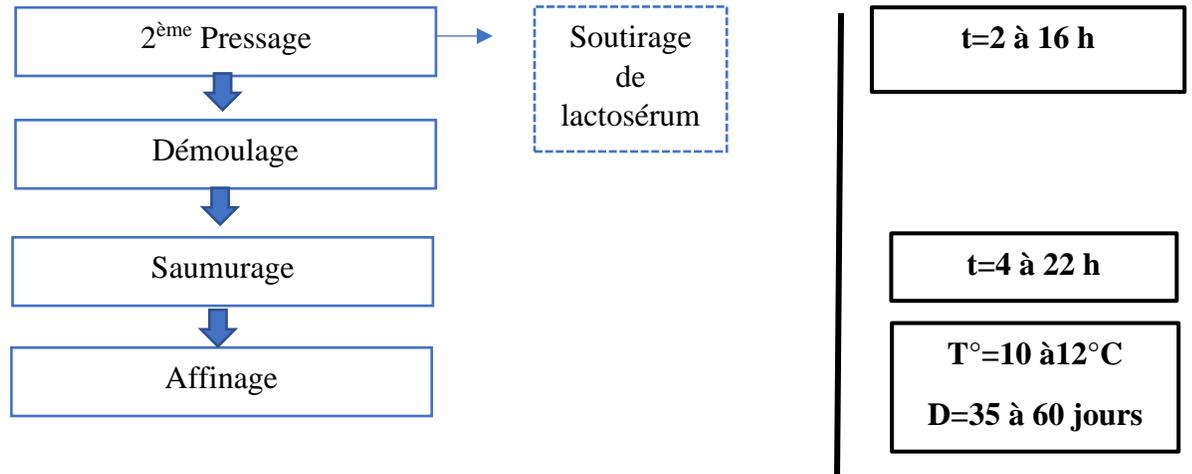
## II.7 Processus de fabrication des fromages à pâte pressée

Dans cette catégorie, on trouve deux types de fromages qui diffèrent uniquement par le type du ferment et les barèmes de températures/temps, on a :

- Fromage à pâte pressé non cuit : **Zouaghi**.
- Fromage à pâte pressée cuite : **Emmental**.

Diagramme de fabrication du Fromage à Pâte Pressée

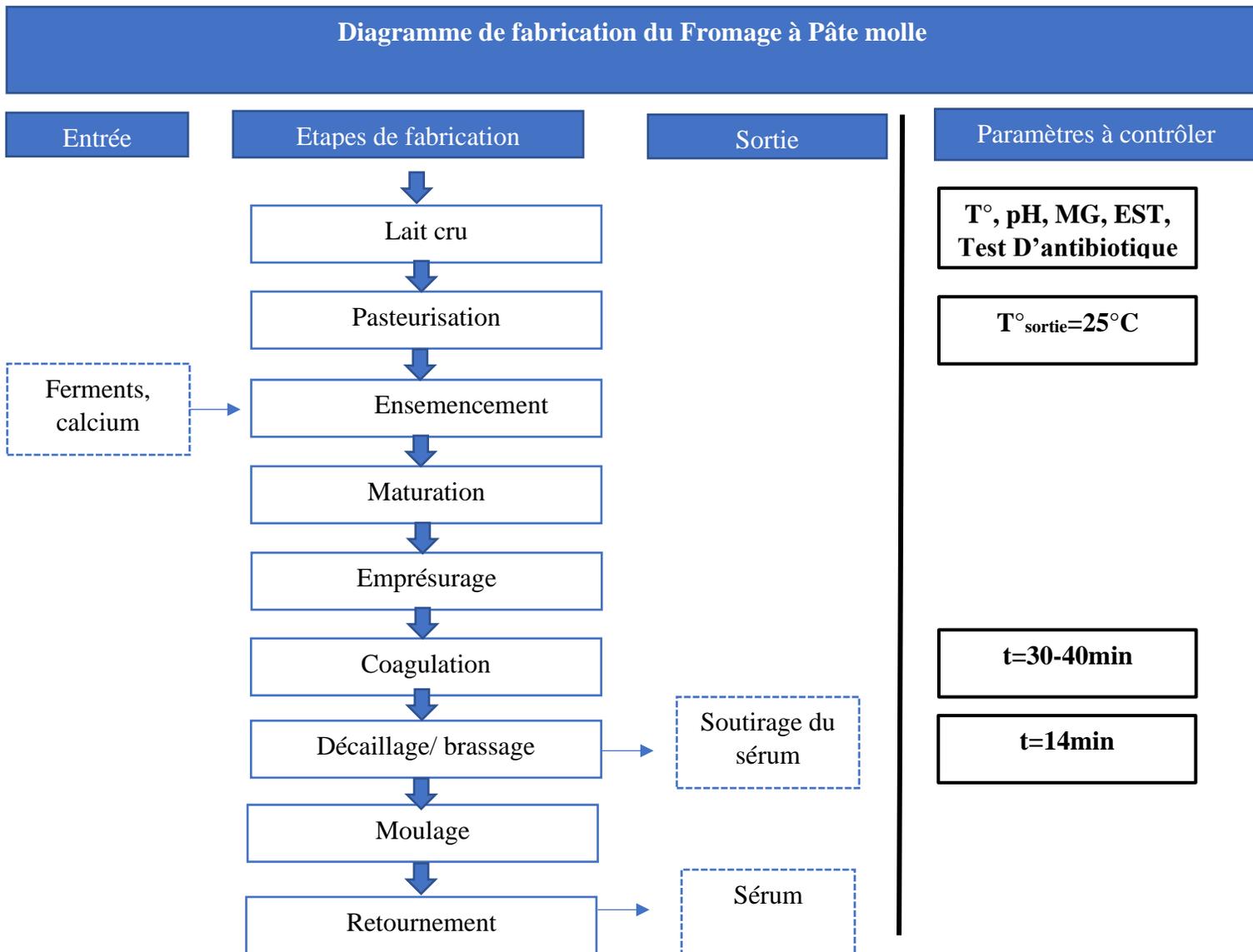




**Figure 3 : Diagramme de fabrication du fromage à pâte pressée**

### II.8 Processus de fabrication des fromages à pâte molle

Le fromage à pâte molle se présente sous ses deux formes : le mini de chergui et la tomme. C'est un fromage à croûte fleurie blanche obtenue grâce au développement du *Penicillium cardium*.



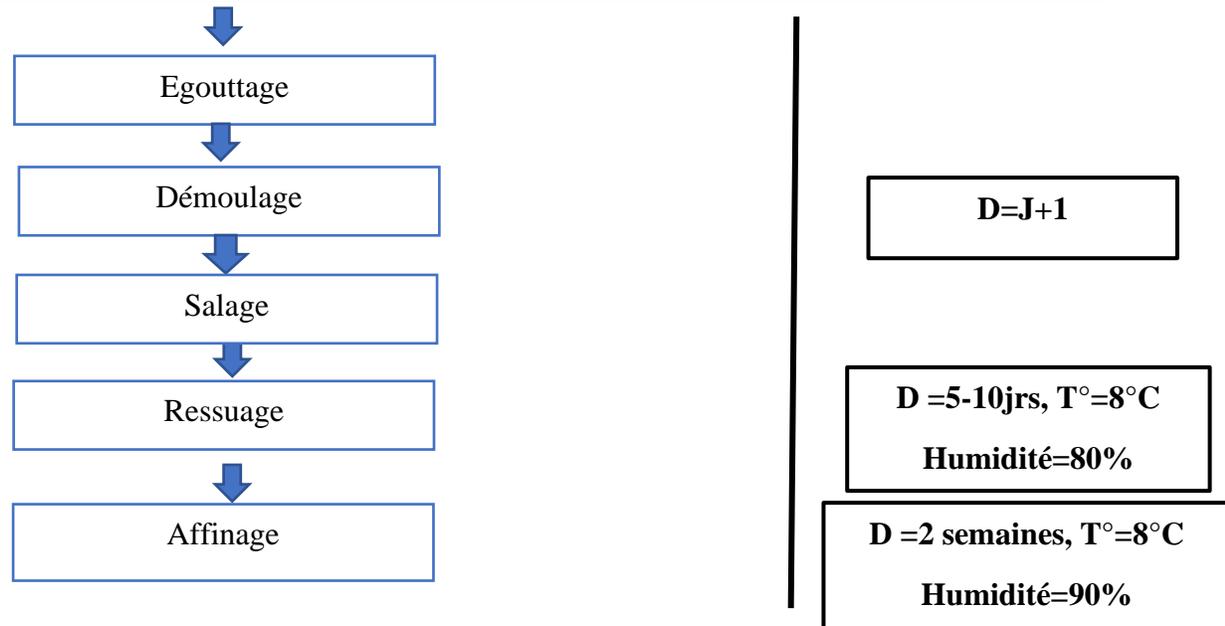
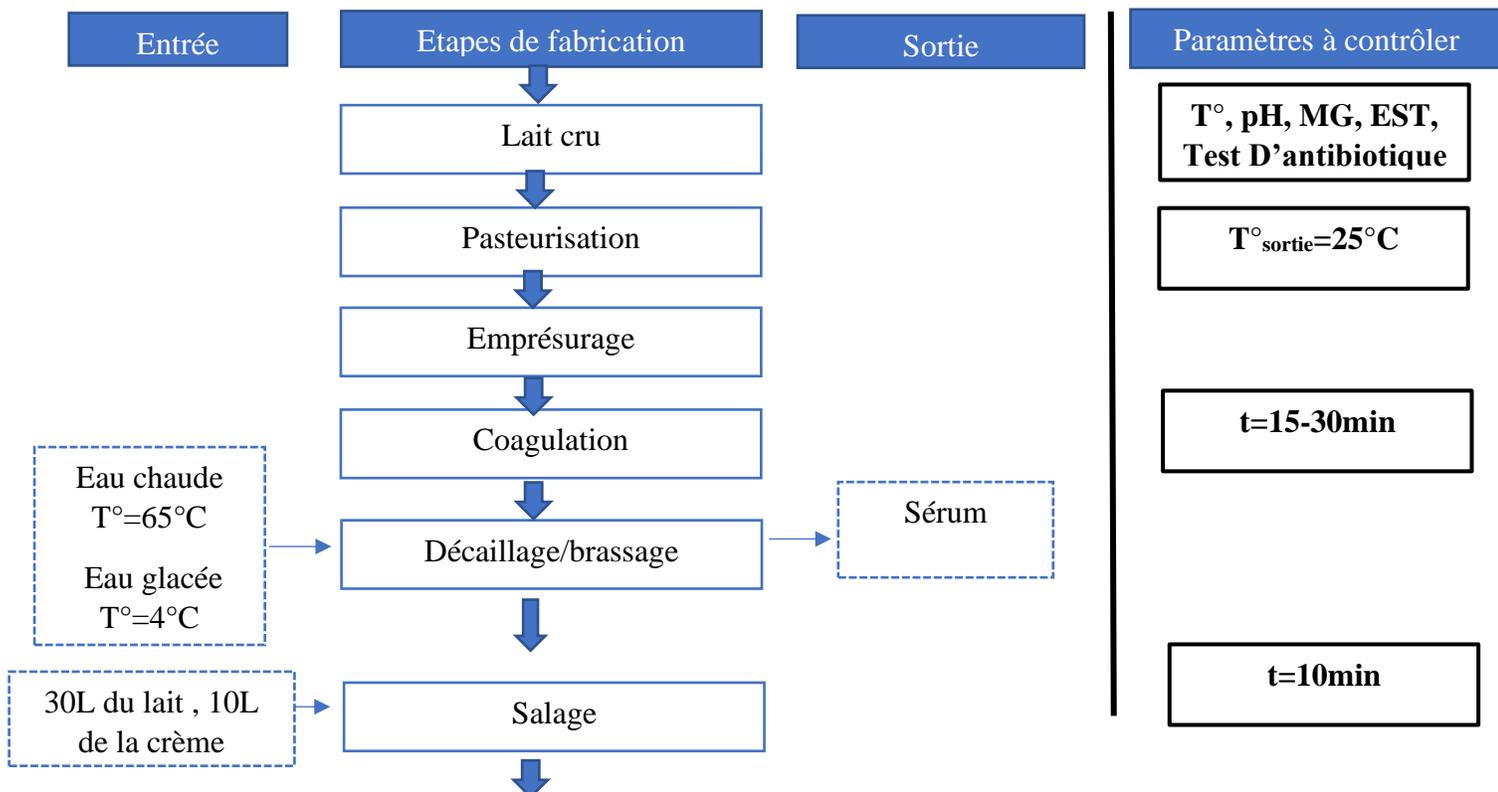


Figure 4 : Diagramme de fabrication du fromage à pâte molle

### II.9 Processus de fabrication des fromages à pâte Fraîche

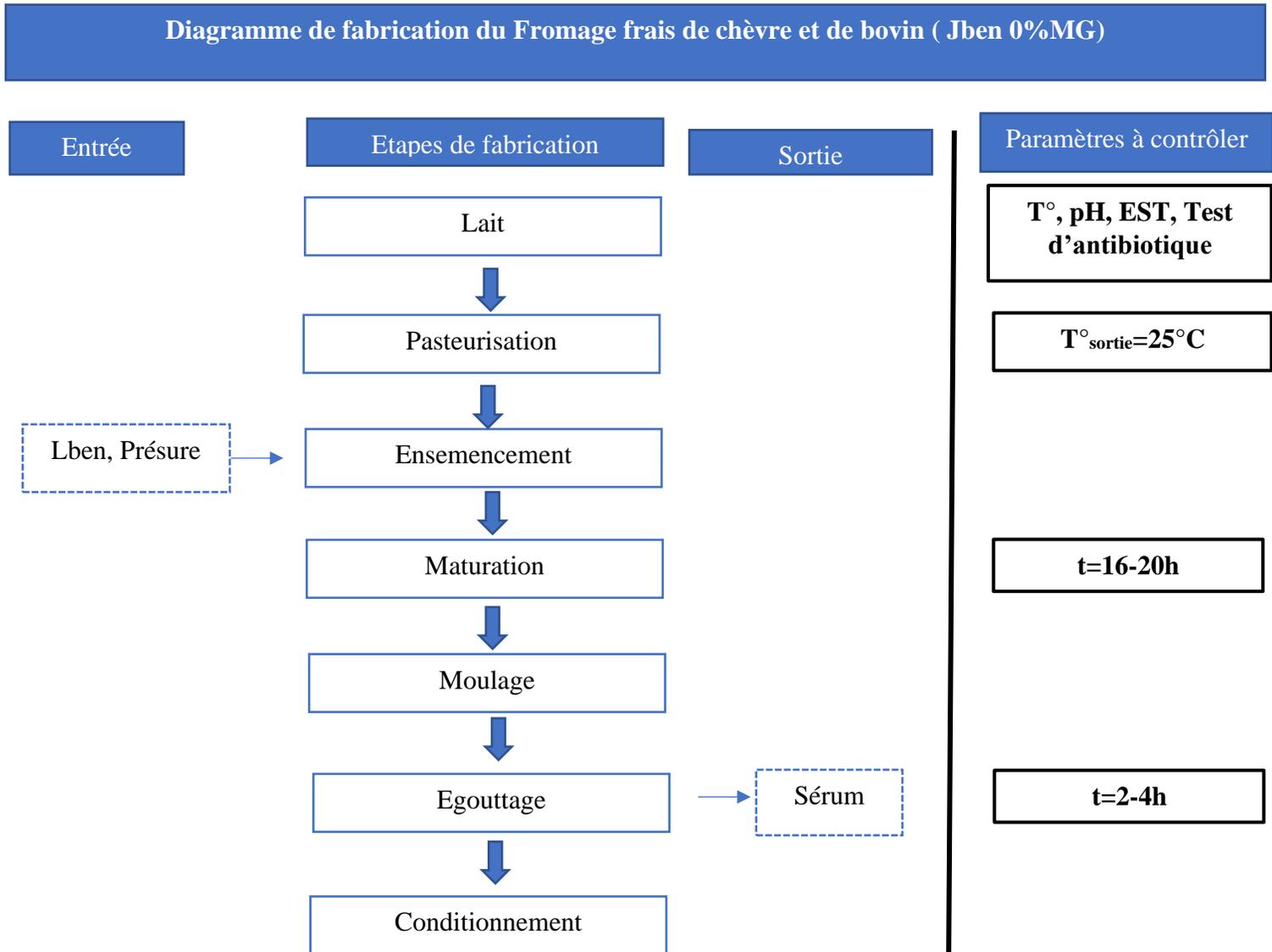
Dans cette catégorie, on a des fromages à partir du lait caprin ou bien du lait bovin. Concernant les fromages à partir du lait de bovin, on distingue : le cottage cheese où la coagulation s'effectue par la présure et Jben 0% MG où la coagulation est mixte (la présure et Lben).

#### Diagramme de fabrication du cottage cheese



Conditionnement

**Figure 5 : Diagramme de fabrication du cottage cheese**



**Figure 6 : Diagramme de fabrication du Jben 0% MG**

**Partie 2 : Revue  
bibliographique**

## I. Généralité sur le lactosérum

### I.1 Définition

Le lactosérum est un produit laitier liquide obtenu durant la fabrication du fromage, de la caséine ou des produits similaires par séparation du caillé après coagulation du lait et/ ou des produits dérivés du lait. [6]

### I.2 Types du lactosérum

Selon la technologie mise en œuvre pour l'obtention du fromage, le lactosérum peut être classé en deux grandes catégories en fonction de l'acidité du sérum obtenu [7]:

- **Lactosérum doux** : dont l'acidité varie entre 15 et 25°D avec un pH entre 5.7 et 6.5, il est issu de la production des fromages à pâte pressée cuite ou non et à pâte molle.
- **Lactosérum acide** : résulte de la fabrication des fromages à pâte fraîche ou de caséines acides, il est caractérisé par un pH qui varie entre 4 et 5.5 soit une acidité de 120°D.

### I.3 Composition du lactosérum

La composition du petit lait varie selon le procédé de coagulation et la composition initiale du lait (type d'alimentation, la race et la saison...). Le tableau ci-dessous présente la composition moyenne du lactosérum.[8]

**Tableau III : Composition moyenne de différents types de lactosérum (Sottiez,1990)**

	Lactosérum doux			Lactosérum acide	
	Pâte pressée cuite	Pâte pressée non cuite	Camembert	Pâte fraîche	Caséines
Eau (%)	93.5	95	93.5	94	94
Extrait sec total (%)	6.5	5	6.5	6	6
pH	6.7	6.5	6.1	6	4.6
Matières organiques (g/L)					
Lactose	76	75	75	65.5	64
Protéines	13.5	13.5	12	12	12
Matière grasse	1	1	1	0.5	0.5
Acide Lactique	1.80	2.80	2.20	10	18
Matières Minérales (%)					
Cendres	8	8	8.25	9	12
Calcium	0.60	0.65	0.70	1.90	1.80

Phosphore	0.60	0.65	0.70	1.50	1.50
-----------	------	------	------	------	------

D'après ce tableau, on peut dire que la plus grande partie de l'eau contenue dans le lait se retrouve dans le lactosérum et avec elle toutes les substances solubles à savoir : le lactose, les protéines, les sels minéraux solubles. Mais le lactosérum doux contient un peu plus de protéines et de lactose puisque ce dernier n'est pas fermenté en acide lactique, alors que le lactosérum acide a une teneur en ions minéraux supérieure à celle du lactosérum doux parce que l'acidité favorise l'échappement des minéraux du caillé vers le lactosérum.

### I.3.1 Lactose :

Le lactose est le principal constituant du lactosérum car il représente 70 à 80% de matière sèche de lactosérum, c'est un diholoside constitué par l'union d'une molécule de  $\beta$ - D- glucose et d'une molécule de  $\beta$ -D-galactose par une liaison osidique 1-4. Cette richesse en lactose en fait un auxiliaire dans le brunissement non enzymatique quand il est associé aux protéines du sérum, mais surtout il constitue un très bon support d'arôme et absorbeur de pigments [8] [9].

### I.3.2 Protéines :

Les protéines ne forment pas la fraction la plus abondante du lactosérum, car elles représentent 0.6 à 0.7 % de la matière sèche de ce dernier, mais la plus intéressante sur le plan économique, nutritionnel et ayant des utilisations potentielles en raison de leur richesse en acides aminés essentiels comme la lysine, méthionine et le tryptophane [9][10]. Les protéines solubles qui se trouvent dans le lactosérum sont :

- **La  $\beta$ -lactoglobuline** : possède tous les acides aminés naturels et comporte 58% d'acides aminés indispensables. Elle présente un dipeptide (Glutamyl-Cystéine) qui peut servir à la synthèse du glutathion, très impliqué dans les réactions d'oxydo-réduction cellulaires, et elle peut aussi servir de transporteur pour la vitamine A et la vitamine D. Du fait de sa forte concentration et de sa composition, c'est la protéine du lactosérum ayant la plus forte valeur nutritive [11].
- **L' $\alpha$ -lactalbumine** : contient également tous les acides aminés naturels et 57% d'acides aminés indispensables. Une stimulation des défenses immunitaire, des propriétés dites « anti-cancéreuses » et antivirales sont caractéristiques de cette protéine [8].
- **L'albumine sérique bovin** : représente 5 à 7% des protéines du lactosérum. L'albumine sérique et au regard de sa richesse en acide glutamique et cystéines lui confère un rôle dans la synthèse du glutathion, un tripeptide formé par la condensation d'acide glutamique, de cystéine et de glycine ( $\gamma$ -L-Glutamyl-L-cystéinyl-glycine). Le glutathion joue un rôle dans la protection endogène de

cellules en captant les groupements chimiques oxydants et contribue ainsi à réduire les effets délétères oxydants provoqués par les radicaux libres (antioxydant) [8].

- **Les immunoglobulines :** sont des glycoprotéines de haut poids moléculaire responsables de l'immunité à médiation humorale. Le lactosérum contient plusieurs classes d'immunoglobulines (IgG, IgA, IgM...) dont les IgG sont la fraction la plus dominante avec des teneurs qui varient entre 0,5 et 0,7 g/l ce qui représentent environ 10% des protéines totales. [11]
- **La lactoferrine :** est une métalloprotéine qui peut se lier à deux atomes de fer ferrique et permet donc son transport et son absorption. En jouant sur le taux de fer, la lactoferrine bovine peut avoir un rôle antibactérien. [11]

### **I.3.3 Vitamines :**

Le lactosérum contient la majeure partie des vitamines hydrosolubles présentes dans le lait puisque les vitamines liposolubles sont entraînées presque avec la totalité de la matière grasse. Il est particulièrement riche en riboflavine (qui lui donne sa couleur verdâtre) et la majorité des vitamines présentes sont hydrosolubles appartenant au groupe B telles que la vitamine B1 (thiamine), la vitamine B2 (riboflavine), la vitamine B3 (niacine), la vitamine B5 (acide pantothénique), la vitamine B6 (pyridoxine), la vitamine B9 (acide folique ou folate) et la vitamine B12 (cobalamine ou cyanocobalamine) [9][11].

### **I.3.4 Minéraux :**

Ils représentent 7 à 12 % de la matière sèche du lactosérum. Il s'agit essentiellement du calcium, du phosphore, du potassium, du sodium, du magnésium, du chlore, du fer, ...[11].

## **I.4 Valeur nutritionnelle du lactosérum**

La valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du petit lait tiennent à la fois à la présence du lactose, des protéines et des vitamines. [11][12].

**Tableau IV : Les propriétés fonctionnelles et la valeur nutritionnelle du lactosérum**

lactose	Protéines
<ul style="list-style-type: none"> <li>• faible pouvoir sucrant, c'est une qualité recherchée dans les produits diététiques.</li> <li>• Contribue à stabiliser le pH intestinal ce qui favorise la digestion du calcium et du phosphore et l'abaissement du pH évite l'installation de flore purifiante.</li> <li>• Galactose constituant la molécule de lactose est un composant essentiel de cérébrosides qui composent le tissu nerveux.</li> <li>• facteur favorable à la réaction de Maillard .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grand intérêt nutritionnel grâce à leur richesse en acides aminés indispensables particulièrement en typtophanes, en lysines et en acides aminés soufrés.</li> <li>• Pouvoir gélifiant par coagulation à la chaleur.</li> <li>• Pouvoir émulsifiant en présence de matière grasse.</li> </ul>

## I.5 Les utilisations du lactosérum

### I.5.1 Alimentation animale

Le débouché principal du lactosérum est l'alimentation des veaux, il peut remplacer la totalité de l'eau de boisson, et apporter jusqu'à 30 à 50% de la matière ingérée chez les animaux pesant 100 à 110 kg [8].

### I.5.2 Alimentation humaine

Le lactosérum est utilisé dans plusieurs produits alimentaires comme :

- **Boissons** : les plus courantes sont les jus de fruits mélangés au petit lait. Ces boissons ont une grande valeur diététique, digestion facile et rapide et cette utilisation présente des avantages économiques et écologiques précieux si l'on peut utiliser la totalité de volume du sérum [12].
- **Fromages** : on peut soit obtenir un fromage de lactosérum qui est un produit obtenu par coagulation ou précipitation du lactosérum concentré ou non. Soit incorporer les protéines de lactosérum dans les fromages ce qui permet d'augmenter l'extrait sec dégraissé et d'accélérer l'affinage de 20 à 25% grâce à l'albumine et la globuline [13][14].
- **Confiserie** : l'utilisation du lactosérum est très importante dans la fabrication de certains bonbons, parce qu'il se trouve le moins couteux des produits laitiers utilisés en confiserie [8].
- **Boulangerie** : Le lactosérum connaît un emploi croissant dans les produits de boulangerie parce qu'il présente plusieurs avantages : la combinaison du lactose avec les matières azotées donne des complexes stables contre le rancissement et l'amélioration du goût et l'arôme du pain... [15].

### **I.5.3 Biotechnologie**

Substrat de fermentation : vu sa composition biochimique, en particulier le lactose est utilisé comme une source de carbone et d'énergie pour plusieurs microorganismes dégradant le lactose comme les levures de boulangeries (*saccharomyces cerevisiae...*) et ainsi les moisissures comme *Penicillium camembarti* qui ont permis la production des protéases acides, neutres est alcalines.

### **I.5.4 Agricultures**

Des expériences ont montré que l'utilisation du lactosérum développe des vertus fongicides très utiles grâce à son acidité, pour protéger notamment les pommiers de la tavelure ce qui a permis de réduire l'utilisation des pesticides dans les traitements des arbres fruitiers [16].

## **II. Généralité sur les jus**

### **II.1 Définition :**

Selon le CODEX STAN 247-(2005), le jus de fruits est un liquide fermentescible, mais non fermenté, qui est obtenu à partir de la partie comestible du fruit par des procédés adaptés qui conservent les caractéristiques chimiques, physiques, organoleptiques et nutritionnelles essentielles du fruit dont il est issu.

### **II.2 Classification des jus :**

La distinction entre les différents types des jus est faite en se basant sur les particularités suivantes :

#### **II.2.1 Jus naturels**

Ils sont obtenus par des procédés d'extraction mécaniques sans addition de sucres ou de conservateurs qui se distinguent particulièrement par leur haute qualité [13].

#### **II.2.2 Jus de fruit à base de concentré**

Il est élaboré en reconstituant du jus de fruit concentré avec le même volume d'eau que celui extrait lors de la concentration. Le concentré de jus de fruit est obtenu par évaporation de l'eau en quantité suffisante pour porter la valeur Brix supérieur à 50% ce qui permet de faciliter le stockage et le transport. Il s'agit d'un jus de fruits 100% sans aucun sucre ajouté [10][13].

#### **II.2.3 Nectars**

Le nectar de fruits est obtenu en ajoutant de l'eau avec ou sans addition de sucre, du miel et/ou du sirop et/ou d'édulcorant aux jus de fruits, de la purée de fruits, du concentré ou à un mélange de ces produits [13].

## **II.2.4 Jus lacté**

Une boisson lactée est considérée comme un produit innovant dans le sens du mélange de deux matières premières qui sont le lait et un concentré de jus. Un jus lacté est une boisson à base du concentré de fruits auquel on ajoute du lait écrémé additionné de sucre et de stabilisants. Les jus à base de lactosérum font partie des boissons lactées.[17]

## **II.3 Procédés de fabrication d'une boisson lactée :**

La boisson lactée est obtenue selon les étapes suivantes ci-dessous :

### **II.3.1 Mélange des ingrédients**

Une fois que le lait est standardisé (en cas de besoin), la préparation de la boisson lactée est commencée par l'incorporation des ingrédients. Suivi d'un prétraitement thermique de la préparation à 30°C sous une agitation en continue, afin d'assurer une bonne homogénéisation ainsi qu'une bonne dissolution des ingrédients à savoir le sucre, le lait, la pectine, ainsi que le concentré/le jus ou la pulpe de fruit [17].

### **II.3.2 Le traitement thermique**

Après l'obtention d'une préparation homogène, cette dernière est pasteurisée à une température comprise entre 70°C et 85°C pendant 5 à 20 secondes. Le contrôle du couple : température de traitement thermique/temps de traitement est important pour une pasteurisation efficace afin de détruire les micro-organismes pathogènes tout en produisant une boisson avec une qualité hygiénique sûr et en gardant ses caractéristiques organoleptiques. IL faut noter que ce traitement thermique doit être couplé avec une agitation ininterrompue pour éviter tout dépôt de particules au fond de la cuve de pasteurisation [17][18].

### **II.3.3 Refroidissement**

Le refroidissement doit être rapide et sous agitation jusqu'à l'atteinte d'une température inférieure à 10°C, le produit ainsi obtenu est conservé à 4°C [17].

### **II.3.4 Conditionnement**

Le produit fini est mis dans des pots scellés et entreposé dans une chambre froide à 4°C. Le contenant d'un aliment est le premier élément de produit ayant un contact avec le consommateur. Il protège l'aliment, lui permet une longue durée de conservation. Le contenant de l'aliment utilisé est opaque, imperméable au gaz, à l'eau et à la lumière, sans saveur ni odeur [17].

**Partie 3 : Valorisation du  
lactosérum.**

# Présentation de la démarche de travail

## 1. Contexte général du projet

La société chergui, spécialisée dans la production des produits laitiers s'est engagée dans une démarche de la mise en place d'une norme de systèmes de management environnemental : ISO 14001.

Dans ce sens, l'objectif de la présente étude vise à réduire à partir de la valorisation du lactosérum la capacité contaminante des eaux usées.

## 2. Contexte pédagogique

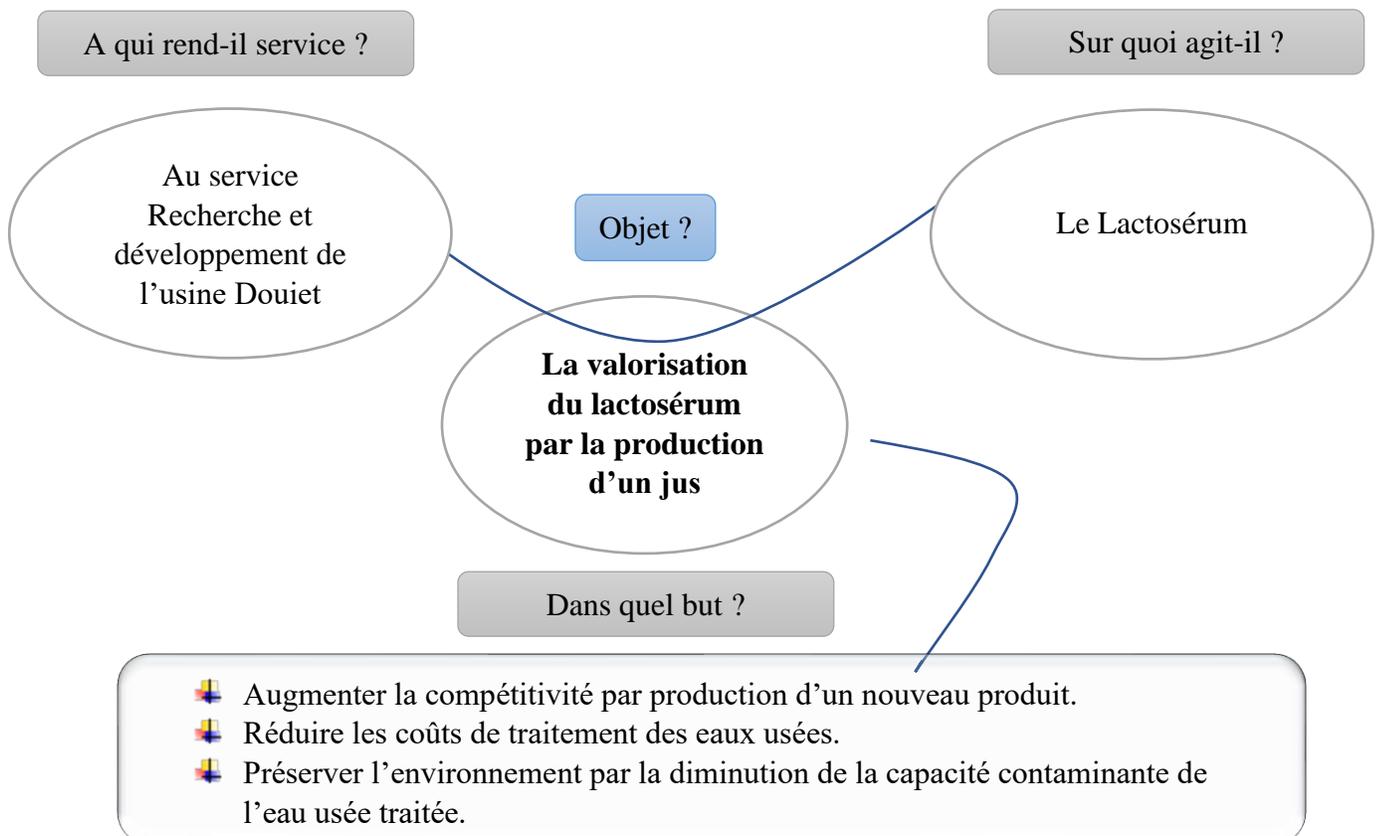
Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un stage de fin d'études du cycle d'ingénieur d'État en Industries Agro-Alimentaires de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

## 3. Auteurs du projet

- **Maitre d'ouvrage** : Mme SOUMATI : Bouchra Responsable de la recherche et développement.
- **Maitre d'œuvre** : BENNANI Hajar : Élève ingénieur d'état en industries agro-alimentaires.

## 4. Besoin exprimé

Les attentes de l'entreprise d'accueil à travers la mise en place de ce projet sont résumées dans le diagramme « bêtes à cornes » présenté ci-dessous :

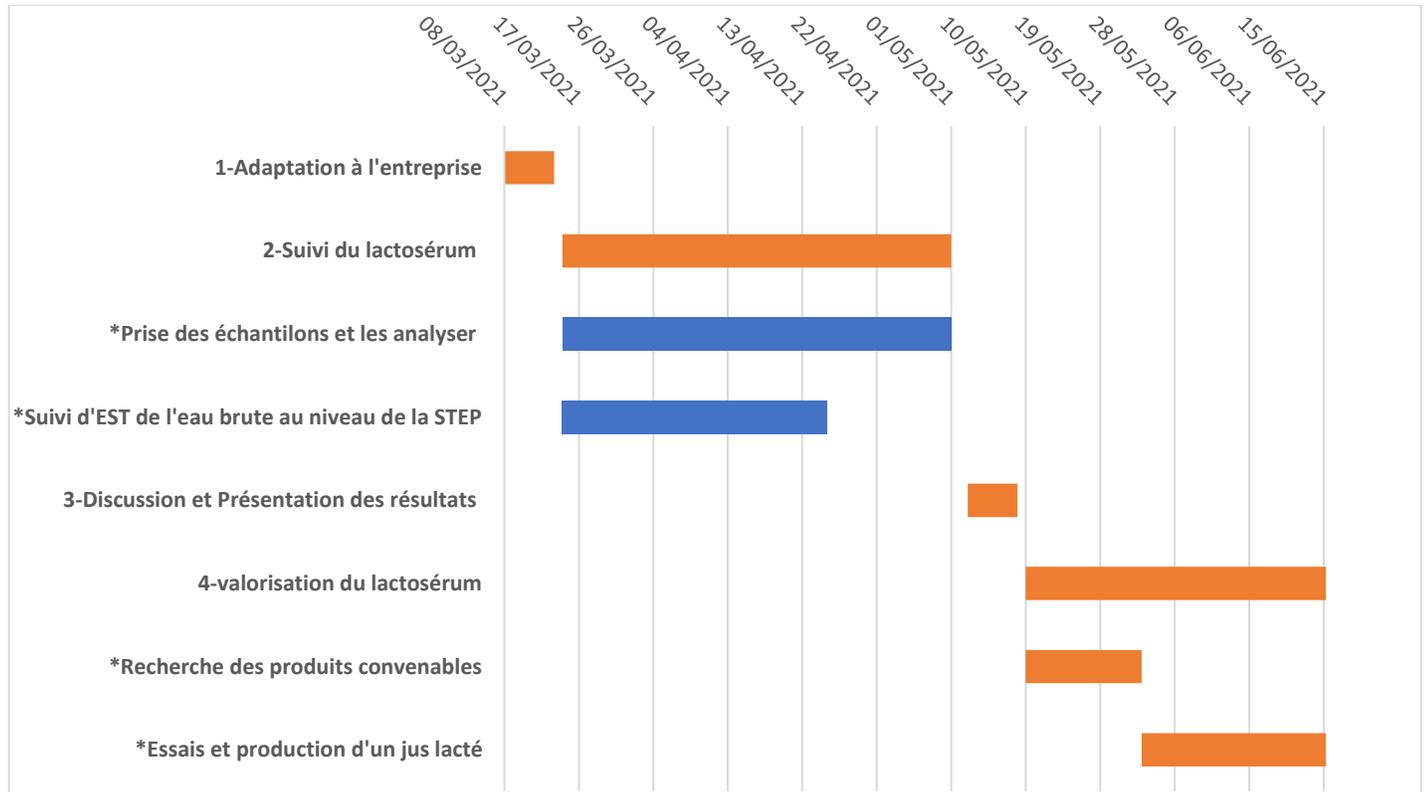


**Figure 7 : Diagramme « bêtes à cornes » des besoins exprimés par l'usine Douiet**

## 5. Planification du projet

Afin de mener à bien notre projet durant toute la période de stage, nous avons choisi de répertorier toutes les tâches à accomplir et indiquer la date à laquelle ces tâches doivent être effectuées.

La figure ci-dessous représente l'ensemble des sous tâches à effectuer :



**Figure 8 : Diagramme de Gantt du déroulement du stage**

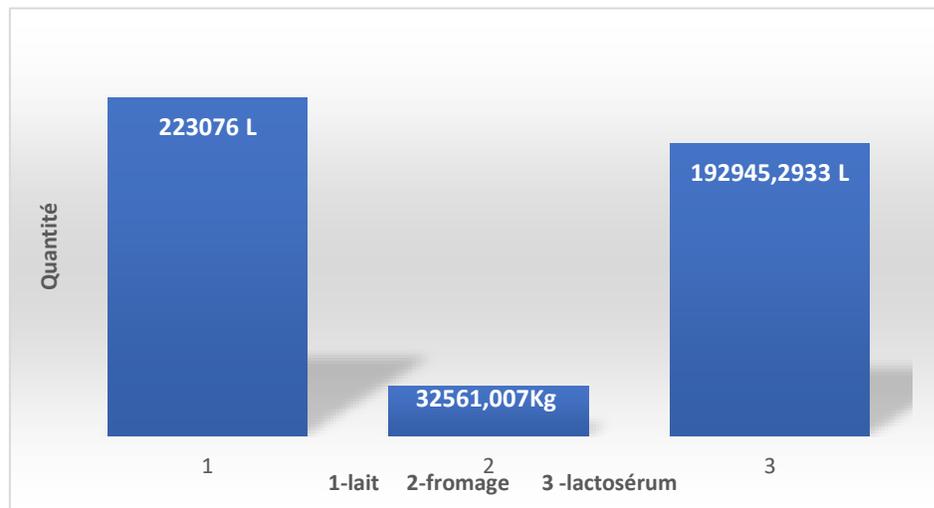
## 6. Contraintes

- Contrainte du temps : le projet nécessite plus de temps pour effectuer plusieurs essais afin de diversifier la gamme des produits à base de lactosérum.
- Manque de matériels pour quantifier pratiquement le volume du lactosérum.
- Confidentialité de l'entreprise ce qui rend les informations inaccessibles.

Avant d’entamer la phase de valorisation du lactosérum, comme ce dernier il est considéré le polluant principal de l’industrie fromagère, il s’avère nécessaire d’effectuer un suivi qui a duré 47 jours afin de déterminer la perte en lactosérum engendrée par cette industrie en premier lieu, et en second lieu comparer l’EST de l’eau brute au niveau de la STEP avec le volume du sérum évacué.

### I. Suivi du lactosérum :

La ligne « fromagerie » du Domaine Douiet fabrique pendant une période de 47 jours 32561Kg de fromages, elle utilise 223076 litres du lait dans cette durée. Ce qui entraîne la perte de 192945 litres de lactosérum. Ce lactosérum généré par la fromagerie Douiet représente 86% du volume initiale du lait utilisé pour l’élaboration du fromage et contient plus que 50% (voir **tableau VI**) de son extrait sec total du lait.



**Figure 9 : la quantité du lait consommée et celle du fromage fabriqué**

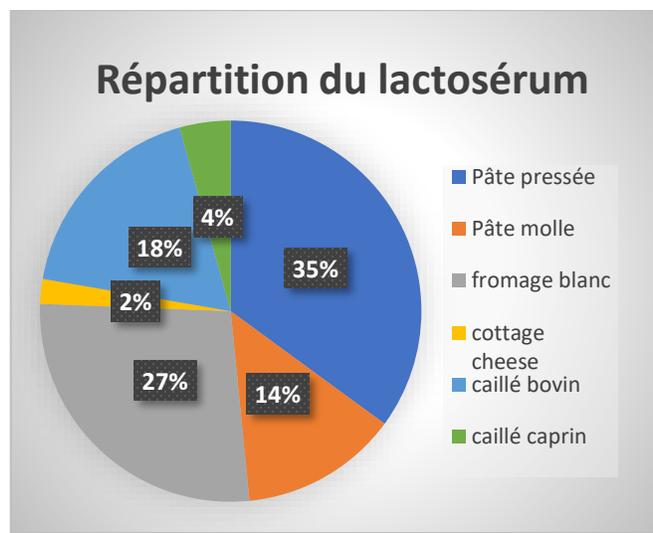
	Fromage à pâte pressée		Fromage à pâte molle	Fromage frais			
	Emmental	Zouaghi	Le mini de Chergui	Cottage cheese	Fromage blanc 0% MG	Fromage de chèvre	Caillé (Douceur et Fromage Frais)
EST moyen du lait (%)	12,22	12,30	12,29	12,149	8,59	10,76	8,71
EST moyen du Sérum (%)	6,7	6,76	6,77	7,214	5,98	5,03	5,91

**Tableau V : L'extrait sec total moyen du lait et du lactosérum**

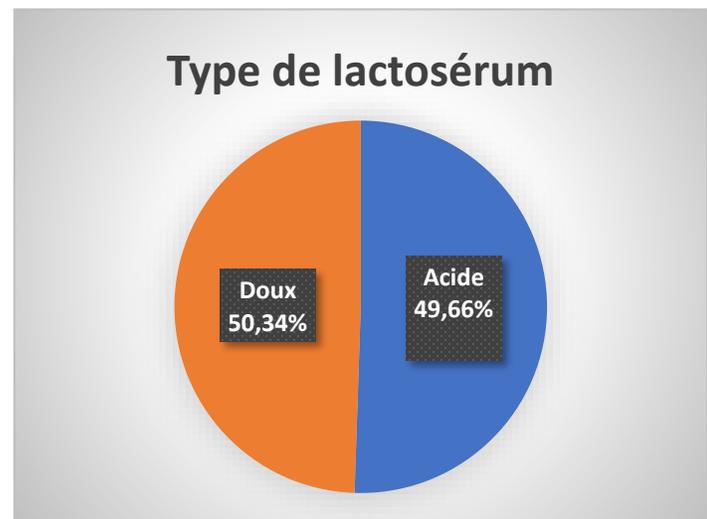
### I.1 Répartition du lactosérum :

Pour une valorisation du lactosérum, il fallait tout d'abord savoir le pourcentage du lactosérum généré par chaque type de fromage et aussi selon son type. Les résultats du suivi montrent que la grande proportion du lactosérum est générée par les fromages à pâte pressée suivi du fromage blanc et des fromages à pâtes molles en raison des grands volumes du lait utilisés pour ces types de fromage. Alors qu'on a uniquement 4% du sérum résultant du caillé de caprin et 2% pour celui du cottage cheese.

Les 2 types du petit-lait présentent presque le même pourcentage avec 50,34% pour le sérum doux et 49,66% de celui qui est acide. Ce qui nous a poussé à faire des essais en utilisant les deux types du lactosérum afin de réduire au maximum le coût de traitement des eaux usées et ainsi de diminuer le volume final des résidus dans l'eau traitée.



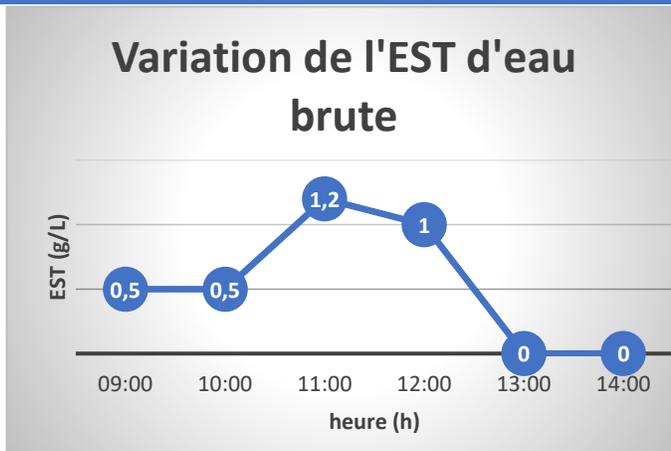
**Figure 10 : Répartition du lactosérum selon le type du fromage**



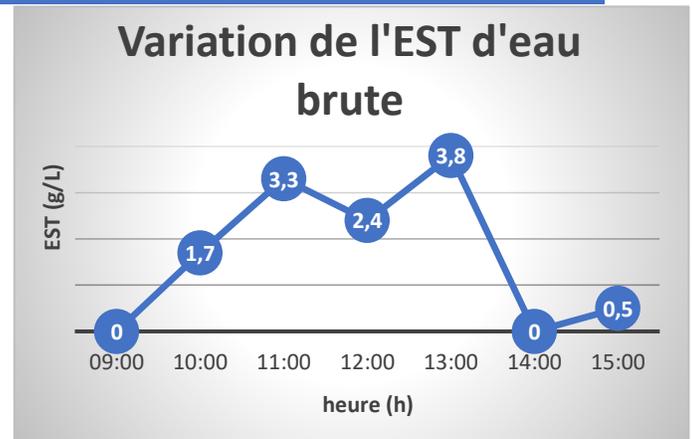
**Figure 37 : Répartition du lactosérum selon son type**

### I.2 Suivi de l'EST de l'eau brute au niveau de la STEP :

Puisque le lactosérum est considéré comme l'effluent principal produit par l'industrie fromagère, nous avons effectué également un suivi de l'EST de l'eau brute pendant des journées entières afin de confirmer l'influence du volume évacué du lactosérum sur la matière sèche de l'eau brute.



**Figure 12 : Évolution de l'EST de l'eau brute durant la journée du 11/03**



**Figure 13 : Évolution de l'EST de l'eau brute durant la journée du 17/03**

D'après ces deux présentations graphiques et en se référant au volume du sérum déversé dans les égouts de ces deux jours qui sont successivement d'ordre de 562 et 3681L, On voit clairement que le pic dans la première courbe a atteint 1.2 g/L à 11h, par contre dans la deuxième courbe l'EST a atteint une valeur de 3.8g/L à 13h qui est supérieure à celle de la première courbe. Donc nous sommes en mesure de confirmer l'impact du lactosérum sur l'EST de l'eau brute et la raison pour laquelle on a recours à la valorisation de ce lactosérum.

### **I.3 Les raisons de valorisation**

La valorisation du lactosérum a deux raisons principales à savoir :

- **Raison écologique :** le lactosérum présente un DCO entre 49200 et 87400 mg/L (**voir annexe 1**) c'est-à-dire qu'il faut 49 à 87 g d'oxygène pour que ces matières organiques soient détruites par oxydation chimique, donc il est devenu indispensable de le traiter ou de le valoriser pour réduire la capacité contaminante des eaux usées.
- **Raison économique :** la valorisation du lactosérum permettra à l'entreprise de réduire les coûts de dépuración des déchets finaux et ainsi de diversifier la production de l'entreprise par l'obtention de nouveaux produits ce qui va contribuer au renforcement du pouvoir concurrentiel de l'entreprise.

## II. Matériel et méthodes

### i. Fabrication à l'échelle laboratoire

#### II.1 Le processus de fabrication

La fabrication d'un jus lacté à base du lactosérum s'obtient par le mélange de différents types de lactosérum après leurs filtrations avec du lait écrémé et les ingrédients suivants :

- ❖ **Sucre** : le saccharose est le sucre utilisé dans la fabrication du jus lacté dont le but est de masquer les goûts désagréables ou amers.
- ❖ **Pectine** : est utilisée pour stabiliser les boissons lactées acidifiées en format un réseau gélifié, entraînant ainsi une augmentation de la viscosité de la composition finale.
- ❖ **Acide citrique** : ou E330 est employé dans l'industrie agro-alimentaire comme régulateur de l'acidité, antioxydant et séquestrant. Il limite la disponibilité des cations ce qui lui attribue une activité antimicrobienne et par conséquent on aura une amélioration de la stabilité, la préservation et la qualité du produit.
- ❖ **Concentré d'un fruit** : utilisé à raison de 4% pour répondre aux caractéristiques organoleptiques du jus.
- ❖ **Eau** : elle doit être potable et de bonne qualité microbiologique et physicochimique parce qu'elle est l'une des matières premières de tous les produits laitiers reconstitués et recombines.

Le jus lacté est préparé selon le diagramme présenté dans **la figure 14**, la procédure de sa préparation est détaillée ci-dessous :

##### II.1.1 Récupération de deux types de lactosérum doux et acide :

Après la filtration des lactosérums pour éliminer tous les résidus du caillé, on mélange les deux types de lactosérum avec la même proportion puis on prélève un échantillon pour savoir le pH du mélange ainsi que son EST.

##### II.1.2 Mélange des ingrédients :

On mélange tout d'abord le lactosérum avec l'eau et le lait écrémé et après en ajoute les autres ingrédients tout en agitant le mélange pour avoir un mix homogène.

##### II.1.3 Pasteurisation :

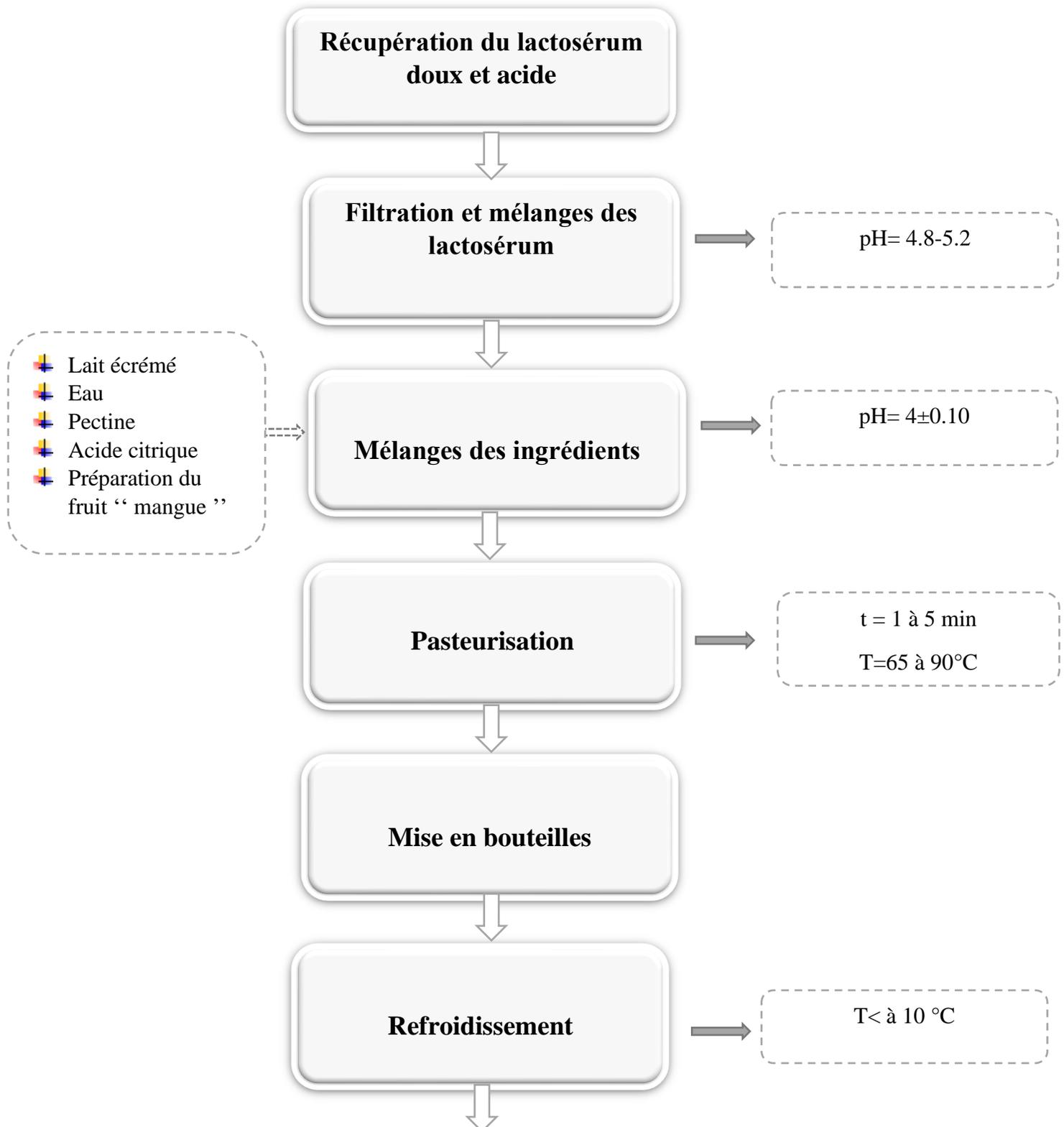
Le produit subit une homogénéisation et une pasteurisation entre 65 et 90 °C pendant 1 à 5 min ce qui permettra de réduire la charge microbienne pour garantir la stabilité des produits au cours du temps. Ce traitement doit être couplé d'une agitation continue pour éviter la précipitation de toute particule au fond de la cuve.

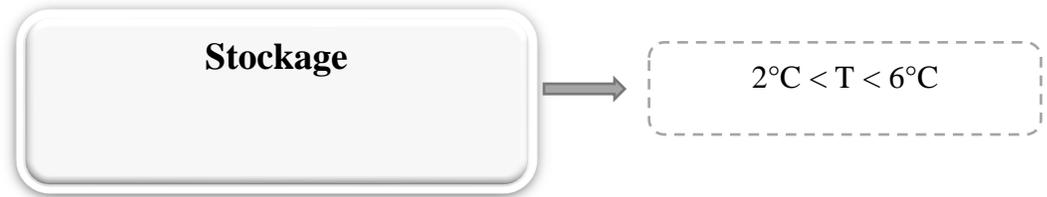
**II.1.4 Conditionnement et stockage :**

Le produit fini est mis dans des pots bien scellés

**II.1.5 Refroidissement et stockage :**

On refroidit les bouteilles rapidement jusqu'à l'atteinte d'une température inférieure à 10°C. puis on les stocke à une température entre 2 et 6°C.





**Figure14 : Diagramme de fabrication d'un jus lacté à base du lactosérum**

## II.2 Matériels et contrôles

Les matériels utilisés pour effectuer des essais paillasse sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau VI: Matériels et les paramètres à contrôler au cours de la fabrication d'un jus lacté au niveau de laboratoire**

Méthodes		Matériels	Paramètres à contrôler
Intrants	Etapas	Matériels	
Lactosérum acide et doux	Récupération	Récipients pH-mètre	Doux : pH=6.30-6.50 Acide : pH=4.2-4.6
	Filtration	Sac filtrant Récipients	
1)  ❖ Sérum ❖ Eau ❖ Lait écrémé	Mélanges des ingrédients	Thermomix Béchers Balance pH-mètre Thermomètre	❖ pH= 4±0.10  ❖ T= 65 à 95 °C  ❖ Temps= 5min
2)  ❖ Sucre ❖ Pectine ❖ Acide citrique			
	Pasteurisation	Thermomix	T=65 à 90°C Temps= 1 à 5 min

			Agitation
	Mise en bouteilles et refroidissement	Bouteilles Surgélateurs Thermomètre	T < 10°C
	Stockage	Chambre froide	2 < T < 6 °C

Une partie des boissons lactées formulées (6 formules à différentes proportions d'ingrédients ont été réalisées) a été soumise à une évaluation microbiologique et physico-chimique juste après leurs préparations, le reste des boissons était répartie dans des bouteilles, ces dernières sont conservées à froid 4°C.

## II.3 Les analyses effectuées

### II.3.1 Les analyses physicochimiques

Les contrôles physicochimiques ont été réalisés sur la matière première pour déterminer les paramètres du lactosérum et les produits finis afin de vérifier la conformité du produit aux normes de l'entreprises adopté par le site oued nja et garantir les caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques de ce produit.

#### II.3.1.1 Mesure du pH

- ❖ **Principe** : Les mesures du pH sont effectuées, à une température ambiante, selon les méthodes standards avec un pH-mètre de paillasse étalonné avec des solutions tampons pH4 et pH7.
- ❖ **Mode opératoire** : La mesure de pH consiste à introduire l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon après réglage de la température d'étalonnage. La lecture se fait directement sur le pH-mètre

#### II.3.1.2 Mesure du taux du Brix :

- ❖ **Principe** : La « Valeur Brix » se rapproche du pourcentage des solides solubles dans l'eau, qui dans la plupart des cas, reflète la quantité du sucre présente dans le jus exprimé en termes de pourcentage du contenu en saccharose, le taux de sucre est exprimé en degré Brix et il est déterminé par mesure de l'indice de réfraction à l'aide d'un réfractomètre.
- ❖ **Mode opératoire** : Une quantité du produit est mise directement en contact avec la lentille du réfractomètre, le résultat est lu sur l'écran du refractomètre (ISO 4833 ; 2003).

### II.3.1.3 Détermination de l'extrait sec totale « EST » :

- ❖ **Principe :** L'EST est la quantité de la matière sèche contenue dans un litre du produit, il est exprimé en pourcentage massique ou en g/L. L'EST est déterminé selon la norme AFNOR (1980).
- ❖ **Mode opératoire :** Dans un dessiccateur infrarouge, on place une capsule préalablement séchée et tarée contenant 5g de l'échantillon à analyser. La lecture se fait directement par affichage sur l'écran du dessiccateur.

### II.3.2 Les analyses microbiologiques :

Les bactéries contaminent plusieurs produits alimentaires et peuvent avoir un danger pour leur qualité et leur conservation. Donc il s'avère nécessaire d'effectuer des analyses microbiologiques puisque ces derniers présentent un danger de point de vue sanitaire. La flore recherchée dans le lactosérum et le produit fini est :

- La Flore mésophile aérobie totale « FMAT ».
- La Levure et les moisissures « LM ».
- Les Entérobactéries à 30 et 37°C.

**Tableau VII : Les microorganismes recherchés dans le lactosérum et dans la boisson lactée et leurs milieux d'ensemencement, ainsi que leurs durées d'incubation**

Milieu utilisé	Bactéries recherchées	Ensemencement	Incubation	
			Durée (h)	Températures (°C)
PCA	FMAT	Profondeur	72	30
YGC	LM	Surface	120 à 144	25
DL	Entérobactéries	Profondeur	24	30
				37

### II.3.3 Les analyses sensorielles :

Les analyses sensorielles effectuées ont pour but de déterminer les caractéristiques sensorielles des produits finis, ce qui nous aidera à connaître la formule réussie du jus lacté. En se basant sur un questionnaire (voir annexe 2).

### III. Résultats et Discussion :

#### III.1 Résultats :

Les résultats des essais d'une boissons lactées effectués au niveau du laboratoire sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau VIII: les résultats des analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles des essais**

#### III.2 Interprétation des résultats

		Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6	
Analyses physicochimiques	pH	3.81	4.26	3.86	4	3.96	4.05	
	EST (%)	15.41	15,32	16.33	15.26	15.26	14.93	
	Brix (°B)	14.1	15	14	13	13.3	13,2	
Analyses microbiologiques	FMAT (UFC/mL)	Absence	3	3	2	Absence	Absence	
	Entérobactéries (UFC/mL)	30°C	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
		37°C	Absence	2	1	Absence	Absence	Absence
	LM (UFC/mL)	1	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	
Analyses Sensorielles	Aspect	Trouble	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène	
	Couleur et saveur	Normale (Orange/mangue)	Normale	Normale	Normale	Normale	Normale	
	Goût	Acide	Trop sucré	Sucré	Sucré	Sucré	Sucré	
	Texture	Sableuse	Légèrement sableuse	Lisse	Lisse	Lisse	Lisse	

Le tableau N° VIII montre les différents résultats obtenus par l'étude du jus à base de lactosérum fabriqué au laboratoire.

Nous avons effectué 6 essais afin de trouver les caractéristiques recherchées à savoir :

✚ pH :  $4 \pm 0,10$

✚ Brix :  $13 \pm 0.5$

- ✚ EST :  $15 \pm 2$  (dépend de l'EST du sérum utilisé).
- ✚ Aspect : homogène.
- ✚ Couleur et flaveur : normales (orange/mangue).
- ✚ Goût : sucré.
- ✚ Texture : lisse.
- ✚ Les analyses microbiologiques doivent être conformes à la norme de l'entreprise

- ❖ **Pour l'essai 1 :** nous avons obtenu un jus lacté avec un goût trop acide dû au pourcentage de la préparation du fruit utilisée (5%) et une texture sableuse à cause de la durée (5 min) et la température de la pasteurisation ( $90^{\circ}\text{C}$ ) ce qui provoque la floculation des protéines du lactosérum, par conséquent nous avons obtenu un jus trouble.

Donc nous avons essayé de diminuer le couple (temps/température) de la pasteurisation et le pourcentage du concentré de fruit toute en respectant les bonnes pratiques d'hygiène.

- ❖ **Pour l'essai 2 :** nous avons obtenu un jus avec un  $\text{pH} > \text{pH}$  cible ( $4 \pm 0,10$ ), un goût trop sucré dû au pourcentage du sucre (8%) et une texture légèrement sableuse.

Donc il faut encore diminuer la température de la pasteurisation et le taux du sucre toute en respectant les autres paramètres.

- ❖ **Pour l'essai 3 :** nous avons bien respecté la température de la pasteurisation ( $75^{\circ}\text{C}$ ) et nous avons diminué le sucre en 6% pour avoir une texture lisse et un jus homogène.

- ❖ **Concernant l'essai 4 :** nous avons diminué le pourcentage de l'acide citrique en 0.3% au lieu de 0.4% et nous avons obtenu un jus avec toutes les caractéristiques voulues :

- pH : 4.
- Brix : 13.
- EST : 15,26.
- Aspect : homogène.
- Couleur et flaveur : normales (orange/mangue).
- Goût : sucré.
- Texture : lisse.

Pour être sûre que c'est la composition et les paramètres exactes qu'il faut respecter, nous avons répété l'expérience 2 fois au niveau des **essais 5 et 6** et nous avons obtenu les mêmes résultats.

### III.3 Conclusion

Pour avoir un jus avec les caractéristiques recherchés il faut respecter les conditions suivantes :

- ✚ La température de la pasteurisation ne doit pas dépasser 80°C pendant 2 min pour ne pas avoir un jus trouble et avec une texture sableuse due à la floculation des protéines du lactosérum.
- ✚ Le pourcentage de la préparation doit être de 4% pour éviter d'obtenir un goût acide.
- ✚ L'EST, sa valeur dépend de l'ES du Lactosérum utilisé, plus ce dernier augmente plus l'EST du jus augmente.

## ii. Fabrication à l'échelle industrielle

Après le succès de la fabrication du jus à l'échelle laboratoire, nous avons augmenté la quantité du lactosérum utilisée pour vérifier si on va obtenir les mêmes résultats au niveau des essais réussis, toute en respectant les conditions de travail utilisées précédemment.

### III.4 Matériels utilisés

Les matériels utilisés pour effectuer la fabrication du jus à l'échelle industrielle sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau IIV: Matériels et paramètres à contrôler au cours de la fabrication d'un jus lacté au niveau industriel**

Méthodes		Matériels	Paramètres à contrôler
Intrants	Etapas	Matériels	
<b>Lactosérum acide et doux</b>	Récupération	Cuves en inox pH-mètre	Doux : pH=6.30-6.50 Acide : pH=4.2-4.6
	Filtration	Sac filtrant	
1)  ❖ <b>Sérum</b> ❖ <b>Eau</b> ❖ <b>Lait écrémé</b>	Mélanges	Pasteurisateur Balance pH-mètre	❖ pH= 4±0.10  ❖ T°= 70 à 80°C
2)  ❖ <b>Sucre</b> ❖ <b>Pectine</b> ❖ <b>Acide citrique</b>			

	Pasteurisation	Pasteurisateur	T°=70 à 80°C Temps < 2 min Agitation
	Conditionnement	Bouteilles	T° < 10°C
	Refroidissement et stockage	Chambre froide	2 < T° < 6 °C

### III.5 Résultats et discussion :

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

***Tableau X: les résultats des analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles du produit fini***

	Analyses physicochimiques			Analyses microbiologiques			Analyses sensorielles			
	pH	EST (%)	Brix (°B)	FMAT	Entérobactéries	LM	Aspect	Couleurs et saveur	Goût	Texture
Jus à base de lactosérum	4.02	15.63	13.3	Absence	Absence	Absence	Homogène	Normales	Sucré	Lisse

D'après le tableau N°X, on constate que tous les résultats obtenus lors de la fabrication du jus effectué à l'échelle industrielle étaient de bonne qualité, la qualité du jus reste la même qu'à l'échelle laboratoire, donc même si on augmente la quantité on va obtenir les mêmes résultats trouvés à échelle laboratoire.

Le produit fini est satisfaisant et répond aux objectifs recherchés qui sont :

- **Aspect : homogène.**
- **Texture : lisse.**
- **Goût : Sucré**
- **Couleur et Saveur : normale (orange/ mangue).**

En se basant sur les analyses microbiologiques, notre jus est de bonne qualité hygiénique. On peut conclure que L'élaboration du jus à base du lactosérum au niveau industriel est aboutie, donc notre jus fabriqué peut être commercialisé.

---

# *Conclusion*

Ce stage au sein du service recherche et développement du domaine Douiet été une opportunité pour mettre en relief l'ensemble des connaissances théoriques et pratiques assurées au cours de ma formation et également apprendre à être confrontée au véritable monde de travail, et savoir m'adapter à toutes les situations qui nécessitent du bon sens et de la rigueur pour pouvoir réussir.

Le présent travail a été élaboré en vue de répondre à un besoin en matière de la préservation de l'environnement. Il s'agit de la valorisation du lactosérum pour pouvoir diminuer le pouvoir contaminant des eaux usées traitées.

Pour atteindre cet objectif, le premier volet de ce projet portait sur le suivi du lactosérum afin de quantifier le volume total du sérum évacué dans les égouts et déterminer l'EST de ce dernier tout en montrant l'influence du sérum sur l'EST de l'eau brute, ce qui nous permettra de confirmer par la suite que le sérum constitue la source principale des matières organiques existantes dans l'eau brute d'où la nécessité de valoriser ce petit-lait.

Le deuxième volet a été consacré à la recherche d'une formule d'un jus à base de lactosérum respectant les paramètres voulus, afin de remédier le pouvoir polluant du lactosérum décelé au cours du suivi.

Notre jus à base du lactosérum est une très bonne solution pour valoriser le lactosérum car :

- La fabrication d'un jus permet d'utiliser la totalité du sérum ce qui présente des avantages économiques et écologiques précieux.
- Il permet de valoriser un produit riche en nutriment qui contient plus que 50% de la matière sèche du lait.
- Production d'un jus à partir d'un sous-produit rejeté, constituera un gain économique et permet ainsi de diversifier la production de l'entreprise ce qui va contribuer au renforcement du pouvoir concurrentiel de l'entreprise.

Pour conclure, cette expérience a été en tout point bénéfique, tant sur le plan professionnel d'un ingénieur qu'un humain. En effet j'ai été confrontée tous les jours aux exigences de la vie professionnelle, avec la nécessité de travailler dans l'urgence, dans un temps limité avec des obligations en termes de résultats tout en assurant une qualité rationnelle intacte avec mes supérieurs. De fait, ce stage m'a confronté dans mon choix d'orientation professionnelle et dans mon désir de préserver dans cette voie.

## *Perspectives*

Au terme de ce travail, nous pouvons constater que la valorisation d'un sous-produit de l'industrie fromagère est un projet qui nécessite plus de temps. Il suppose l'engagement de l'ensemble du personnel chargé de la production des produits qui génèrent le lactosérum.

Pour une meilleure valorisation du lactosérum, il est souhaitable de se concentrer sur les points suivants :

- ❖ S'engager moralement et financièrement de la part de la direction de CHERGUI.
- ❖ L'achat de matériels spécifiques à la récupération des lactosérums.
- ❖ Concrétiser la valorisation du lactosérum par la commercialisation des boissons lactées à base du lactosérum.
- ❖ Création de nouvelle variété de boisson à base du lactosérum comme une boisson probiotique

---

# Références

- [1] “L’industrie laitière - Fellah Trade.” <https://www.fellah-trade.com/fr/actualites-maroc/article/id=7881> (accessed Jun. 12, 2021).
- [2] “Domaines agricoles : ambitions dans la distribution,” *L’Économiste*, no. 2760, Apr. 2008.
- [3] “LES DOMAINES AGRICOLES.” <http://lesdomainesagricoles.com/> (accessed Jun. 17, 2021).
- [4] “Société laitière CHERGUI.” <http://chergui.ma/> (accessed Jun. 17, 2021).
- [5] “Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine - Fromages.” <http://www.fao.org/3/t4280f/T4280F0f.htm> (accessed Jun. 17, 2021).
- [6] C. Stan, “Norme Codex Pour Les Laits En Poudre,” pp.1–5, 2010.
- [7] M. Benaissa, “Valorisation du lactosérum par les bactéries lactiques,” *Thèse Dr. en Sci. à l’Université d’Oran l’ahmed ben bella*, p. 168, 2018.
- [8] M. DAHACH, “Valorisation du lactosérum par incorporation dans des produits laitiers,” 2019.
- [9] M. K. Facult, “Le lait et Le lactosérum,” 2016.
- [10] zenradji. CHEBCHOUB, “valorisation du lactosérum.”
- [11] B. Appliqu, “Le lactosérum.”
- [12] Anonyme, “Yaourt infantile à base du lactosérum.”
- [13] “Norme Générale CODEX pour les jus et les nectars (CODEX STAN 247-2005).” .
- [14] F. Essentiels and D. E. C. Qualit, “Norme codex pour les fromages de lactosérum,” pp. 1–4, 2010.
- [15] J. B. Królczyk, T. Dawidziuk, E. Janiszewska-Turak, and B. Sołowiej, “Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry - A Review,” *Polish J. Food Nutr. Sci.*, vol. 66, no. 3, 2016, doi: 10.1515/pjfn-2015-0052.
- [16] “Utilisation du lacto-sérum en agriculture : les pommiers ariégeois boivent du petit lait.” <https://france3-regions.francetvinfo.fr/occitanie/ariege/foix/utilisation-du-lacto-serum-agriculture-pommiers-ariegeois-boivent-du-petit-lait-1545542.html> (accessed Jun. 17, 2021).
- [17] M. C. Sonia and M. B. Dalila, “Mémoire PFC Suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du jus lacté « DANA O » au cours du stockage.”
- [18] C. STAN, “Norme Générale Pour Les Jus Et Les Nectars De Fruits,” pp. 1–19, 2005.

# ANNEXES

## ANNEXE 1 : DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE DES SÉRUMS GÉNÉRÉS PAR L'USINE

Type de Sérum	DCO mg/L
Fromage frais 0%	60150
Fromage à pâte molle	76000
Fromage à pâte pressée	87400
Caillé caprin 0% MG	49200

**ANNEXE 2 : FICHE D'ÉVALUATION DES ANALYSES SENSORIELLES**

<b>FICHE D'ÉVALUATION DES ANALYSES SENSORIELLES</b>							
Nom et Prénom :							

<b>Aspect</b>		<b>Goût</b>		<b>Texture</b>		<b>Couleur</b>	
<b>Trouble</b>		<b>Acide</b>		<b>Sableuse</b>		<b>Normale (Orange)</b>	
<b>Légèrement trouble</b>		<b>Trop sucré</b>		<b>Légèrement sableuse</b>		<b>Anormale</b>	
<b>Homogène</b>		<b>Sucré</b>		<b>Lisse</b>			

## Filière Ingénieurs IAA



### Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'État

**Nom et prénom: BENNANI Hajar**

**Année Universitaire : 2020/2021**

**Titre: Valorisation du lactosérum par la production d'un jus.**

## Résumé

Dans un marché de plus en plus concurrentiel, et dans le but de préserver l'environnement, les industries alimentaires sont aujourd'hui appelées à renforcer leur système de management de l'environnement.

La société laitière CHERGUI s'est engagée dans une démarche de la mise en place d'une norme de systèmes de management environnemental : ISO 14001 et comme Le lactosérum est considéré un sous-produit ou déchet de l'industrie fromagère et de la caséinerie déversé dans l'environnement, il est le principal coproduit de ces industries et représente entre 85 à 90 % du volume initial du lait utilisé et contient environ 50 à 55% de la matière sèche du lait. C'est dans cette optique que la fromagerie du Domaine Douiet travaille sur la valorisation du lactosérum.

Le présent document constitue la synthèse de notre travail dans le cadre d'un stage de fin d'études qui avait comme objectif de valoriser le principal effluent des fromageries le petit-lait par la production d'un jus de bonne qualité nutritionnelle et organoleptique.

Ce rapport comporte dans un premier lieu un aperçu sur la structure et l'activité de l'organisme d'accueil. Après nous allons présenter des généralités sur le lactosérum en montrant ses qualités nutritionnelles, puis un suivi du lactosérum généré par l'entreprise. Par la suite, la valorisation du lactosérum par un jus lacté pour remédier le pouvoir polluant du petit-lait.

**Mots clés: Valorisation, Lactosérum, DCO, boisson lactée, environnement, matière sèche.**