

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomique*



Département : Biochimie et Microbiologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques

Option : Biochimie de la Nutrition

Thème :

**La valorisation du lactosérum dans la formulation d'un lait fermenté acidifié
(L'ben) au niveau de la laiterie STLD (Draa Ben Khedda, Tizi-Ouzou).**

Présenté par :

M^{elle} : AFTISSE Melinda

M^{elle} : AGGUINI Sarah

M^{elle} : AMEDDAH Lydia

Soutenu devant le jury composé de :

Président : Mme ZENNIA Saliha	Maitre de conférences (A)	UMMTO
Promoteur : Mr SEBBANE Hillal	Maitre de conférences (B)	UMMTO
Examineur : Mme ALMI Dalila	Maitre de conférences (B)	UMMTO

Année universitaire : 2021 /2022

Remerciements.

Tout d'abord, on remercie Dieu le tout puissant qui nous a comblées de sa compassion pour qu'on puisse faire face aux divers obstacles inhérents durant notre cursus d'études.

*Toute nos infinie gratitude à notre encadreur, Monsieur **SEBBANE HILLAL** de nous avoir fait l'honneur de diriger, nous sommes très reconnaissantes pour la confiance qu'il nous a témoigné au cours de ce travail, la patience et l'orientation qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.*

*Un remerciement particulier est adressé aux responsables de l'unité le fermier « **STLD** » (Tizi-Ouzou), Leurs appuis financiers nous ont été indispensables pendant la réalisation de ce travail. Un grand merci à tous leurs techniciens de laboratoire et l'ensemble du personnel.*

*On remercie également Monsieur **AFTISSE SID-ALI** qui s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.*

Et nous adressons nos remerciements les plus respectueux aux membres du jury pour le grand honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner se mémoire.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace.

*C'est avec toute mon affection que
Je dédie ce modeste travail :*

*A Mon père MOHAMMED qui me soutien toujours
et qui m'a apporté sans cesse
son amour.*

*A Ma très chère mère SALIHA qui m'a apporté sans
cesse amour, soutien et
encouragement ; et qu'elle trouve ici l'expression de
mes vives
reconnaisances.*

*A Mon très cher frère SID-ALI qui m'a beaucoup
aider.*

A Mon très chère frère SOFIANE.

A mes meilleure copines SARAH et LYDIA

A Ma chère copine NAWEL.

A toute ma famille.

Melinda

Dédicace.

*Je dédie ce modeste travail A mes très chers parents **AREZKI** et **KARIMA** qui m'ont appris que la patience et la persévérance est le secret du succès ; tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous m'avez faits.*

*A mes chers sœurs **LAMIA** et **AYA** qui ont toujours su me comprendre, pour leur affection, leur immense soutien et leurs orientations accordées et qui m'ont beaucoup aidé par leur présence, leur encouragement et leur amour vous faites partie de moi et j'ai tellement de chance de vous avoir.*

*A mes neveux **HADJER** et **ABDOU ALLAH**, avoir un neveu est le plus beau cadeau qu'une sœur puisse vous faire. Vos petites mains, vos sourires, vos yeux brillants sont incroyables, vous avez apportés beaucoup de bonheur à notre famille je vous aime.*

*A mes meilleurs copines **MELINDA** et **LYDIA** je n'arrive pas à croire que j'ai trouvé des copines aussi gentilles et généreuses que vous, vous méritez un million des câlins que je peux vous faire.*

Et a toute ma famille et tous ceux qui m'ont si profondément aidé.

SARAH

Dédicace.

Avant toute dédicace je tiens à remercier « Allah » le tout puissant qui m'a donné le courage pour mener ce travail à terme.

Je dédie ce modeste travail en premier lieu à mes très chers parents «SAID» et «SALHA» qui m'ont apporté leur appui et qui m'ont donné l'amour et le courage durant toutes mes années d'étude. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie ;

A mes très chères sœurs «HADIA» et «LEILA» pour leur soutien et leurs encouragements ;

A mes frères «MOHAMED» et «HAMID» ;

A mes deux adorables neveux «YACINE» et «YAHYA» ;

A ma chère tante «MALIKA» ;

A celui qui a partagé mes enthousiasmes autant que mes moments difficiles, mon fiancé «YOUCEF» ;

Hommage à mes grands-mères. J'aurais aimé qu'elles soient là, mais je suis certaine qu'elles seraient fières de moi, je ne vous oublierai jamais ;

A ma copine «SOUHILA» et mon ami «ABED-AREHMANE» ;

A «MELINDA» et «SARAH» qui ont partagé ce modeste travail avec moi, on a vécu ensemble durant ces années énormément de souvenirs je vous aime ;

A toute ma grande famille, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance et mes sincères gratitudees ;

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, ne serait-ce que par humble présence ;

Merci.

LYDIA

Sommaire

Résumé	
Abstract	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	01

Partie I : Synthèse bibliographique **Chapitre I : Généralités sur le lait de vache**

I-1-Définition	03
I-2-La composition chimique du lait	04
I-2-1-L'eau	04
I-2-2-Les glucides	04
I-2-3-La matière grasse	04
I-2-4-Les matières azotées.....	05
I-2-5-La matière minérale et saline	05
I-2-6-Les vitamines	05
I-2-7-Les enzymes	06
I-5-Propriétés physico-chimiques du lait	06
I-5-1-Densité ou masse volumique.....	06
I-5-2-Point de congélation.....	06
I-5-3-Point d'ébullition	07
I-5-4-Acidité du lait.....	07
I-5-5-pH.....	07
I-6-Propriétés microbiologiques.....	07
I-6-1-La flore originale.....	07
I-6-2-La flore de contamination	07

Chapitre II : Le lactosérum

II-1-Définition	09
II-2-Types de lactosérum.....	09
II-2-1-Lactosérum acide	10
II-2-2-Lactosérum doux	10
II-3-Composition des lactosérums	10
II-3-1-Lactose	11
II-3-2-Minéraux.....	11
II-3-3-Les protéines du lactosérum	12
II-3-4-Les vitamines du lactosérum	13
II-4-Valeur nutritionnelle	13
II-5-Le pouvoir polluant du lactosérum	13
II-6-Différents domaines de valorisation du lactosérum	14
II-6-1-Alimentation humaine	14
II-6-2-Alimentation animale.....	14
II-6-3-Substrat de fermentation.....	14

Chapitre III : Le lait fermenté « l'ben »

III-1-Historique	15
III-2-Le lait fermenté (L'ben).....	15
III-3-La composition physico-chimique du l'ben	15
III-4-Valeur nutritionnelle du l'ben.....	16

III-5-Microbiologie du l'ben	16
III-6-Processus de fabrication de l'ben industriel	17

Partie II : Etude expérimentale

Présentation de l'entreprise d'accueil	18
I-Matériel et méthodes.....	20
I-1-Matériel	20
I-2-Méthodes	20
I-2-1-Echantillonnage.....	20
I-2-2-Modèle de simulation de la valorisation du lactosérum.....	22
I-2-2-1-Le principe du calcul en mode Excel.....	22
I-2-2-2-Modèle mathématique adopté.....	22
I-2-2-3-Etude technico-commerciale et environnementale	24
I-2-2-3-1-Etude technico-commerciale	24
I-2-2-3-2- Estimation de l'effet environnemental de la valorisation du lactosérum	25
I-2-2-4-Diagramme de fabrication de lait fermenté « l'ben »	26
I-2-3-Méthodes d'analyses physico-chimiques du lait.....	28
I-2-3-1-Acidité titrable	28
I-2-3-2-Mesure de pH.....	28
I-2-3-3-Détermination de la densité et la température	28
I-2-3-4-Détermination de l'extrait sec total et l'humidité	29
I-2-3-5-Détermination de la matière grasse (MG) par la méthode de GERBER	29
I-2-3-6-Détermination de la teneur en protéines (Lactoscan Funk-Gerber).....	30
I-2-4-Analyses de l'eau de process	30
I-2-4-1-Mesure de pH.....	30
I-2-4-2-Détermination de titre alcalimétrique (TA)	31
I-2-4-3-Détermination de titre alcalimétrique complet (TAC).....	31
I-2-4-4-Détermination de titre hydrométrique (TH)	31
I-2-5-Analyse sensorielle	32

Partie III : Résultats et discussion

1-Résultats des analyses physico-chimiques	33
1-1-Résultats des analyses physico-chimiques du lait demi écrémé.....	33
1-2-Résultats des analyses physico-chimiques du lactosérum	33
1-3-Résultats des analyses physico-chimiques des poudres du lait 0% et 26%	34
1-4-Les résultats des analyses physico-chimiques de L'eau du process	34
2-Les résultats de la simulation	35
2-1-Résultats de test d'appréciation des différents taux d'incorporation du lactosérum	35
2-2-Les résultats des analyses physico-chimiques des trois produits finis	35
2-3-Les résultats techno-commerciaux	36
2-4-Aspect environnemental	36
2-5-Les résultats d'analyse sensorielle.....	37
Conclusion.....	39
Références bibliographiques	
Annexes	

Résumé

Cette étude s'intéresse à la valorisation de lactosérum, qui est un coproduit de l'industrie fromagère (évacuer dans la nature sous forme liquide); comme un ingrédient dans la fabrication d'un lait fermenté reconstitué de type «l'ben». Où le lactosérum remplace l'eau, car il contient des composants nutritionnelles importantes tel que : le lactose, les sels minéraux, les protéines et l'extrait sec ; et aussi pour réduire la pollution qu'il cause pour la planète.

Les résultats de la simulation montre clairement la faisabilité d'incorporer du lactosérum brut directement dans la formulation de base comme substituant d'eau (70%de substitution), tout en gardant les mêmes caractéristiques du produit fini. Cela a permis de réduire encontre partie les quantités des matières premières laitières à utiliser. En retours, cette valorisation a permis de réduire la facture d'importation en poudre, mais aussi de protéger l'environnement des effets polluants du lactosérum et de préserver les ressources hydriques pour les futures générations en Algérie.

Mot clé : Lactosérum, lait fermenté, l'ben, pollution, valorisation.

Abstract

This study focuses on the valorization of whey co-product, of the cheese industry (discharged into nature in liquid form); as an ingredient in the manufacture of a reconstituted fermented milk type « l'ben ». Where the whey replaces water, because it contains important nutritional compositions such as lactose, minerals salts, proteins and dry extract; and to reduce the pollution it causes for the planet.

The results of the simulation clearly show the feasibility of incorporating raw whey directly into the base formulation as a water substitute (70% substitution), while keeping the same characteristics of the finished product. This has allowed reducing the quantities of dairy raw materials to be use. In return, this recovery has reduced the import bill in powder, but also protect the environment of the polluting effects of whey and preserve water resources for future generations in Algeria.

Key word: Fermented milk, l'ben, pollution, valorization, whey.

Liste des abréviations

DBO : demande biologique en oxygène

AFNOR : French national organisation for standardisation (Association Française de Normalisation)

D : Densité

TA : Titre alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TH : Titre hydrométrique

MS : Matière sèche

H : Humidité

AT : Acidité titrable

MG : Matière grasse

EST : Extrait sec total

EH : Equivalent-habitant

°D : Degré dornic

°F : Degré français

Liste des figures

Figure 1 : les composants de la matière grasse du lait	05
Figure 2 : Différence de couleur entre le lait et le lactosérum	09
Figure 3 : Organigramme simplifié de la structure de l'entreprise	19
Figure 4 : Technologie de fabrication du fromage Gouda21	
Figure 5 : Diagramme de fabrication de l'ben à base de lactosérum	27
Figure 6 : Lactoscan (Funk-Gerber).....	30

Liste des tableaux

Tableau I : Composition chimique du lait de vache	03
Tableau II : Composition du lait en sels minéraux en mg/100ml.....	05
Tableau III : Teneur moyenne par litre en vitamines hydrosolubles et liposoluble dans le lait	06
Tableau IV : Les principaux groupes bactériens du lait	08
Tableau V : Différents types de lactosérum.....	09
Tableau VI : Composition moyenne du lactosérum doux et acide.....	11
Tableau VII : Propriétés physico-chimiques des protéines sériques du lactosérum	12
Tableau VIII : Acides aminés essentiels (gr/100gr).....	12
Tableau IX : Teneur en vitamine du lactosérum	13
Tableau X : La valeur nutritionnelle et propriétés fonctionnelle du lactosérum	13
Tableau XI : Valeurs moyennes de la composition chimique du l'ben.....	15
Tableau XII : Matériel utilisé dans la partie expérimentale	20
Tableau XIII : Résultats des analyses physico-chimiques du lait demi écrémé.....	33
Tableau XIV : Résultats des analyses physico-chimiques du lactosérum	33
Tableau XV : Résultat d'analyse physico-chimique des poudres de lait 0% et 26% de MG...	34
Tableau XVI : Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau du process	34
Tableau XVII : Résultats d'analyse physico-chimique des trois produits fini.....	35
Tableau XVIII : Les quantités et le coût de poudre avant et après la valorisation.....	36
Tableau XIX : Estimation des quantités annuelles du lactosérum régénéré et de fromage produit	36
Tableau XX : Les quantités des matières utiles régénérées par le lactosérum	37
Tableau XXI : Résultats de l'analyse sensorielle	38

Introduction

Introduction

De nombreux sous-produits de l'industrie alimentaire sont rejetés dans la nature et constituent de ce fait un facteur de pollution par leur grande quantité, parmi ces produits : lactosérum. Pour lutter contre ce problème, les technologues ont trouvé la solution de le valoriser.

Le lactosérum, appelé sérum ou petit lait, est la phase aqueuse qui est séparée du caillé lors de la fabrication de fromage (**WARNER et al., 2010**).

En effet, il est devenu une source intéressante de composés actifs et de nutriments spécifiques, présentant des propriétés incomparables, tant sur le plan nutritionnel que sur le plan techno-fonctionnel (**BENAISSA, 2018**).

La fabrication des produits laitiers à base de lactosérum entier a connu ces débuts dans les pays développés. Le processus de production de ces derniers consiste à mélanger le lactosérum avec les matières premières.

Selon **BENAISSA (2018)**, la production Algérienne en fromage a été estimée à 1540 tonnes et de 14 million de litre d'effluent en lactosérum.

Les besoins algériens en lait sont très importants, en particulier relativement au pays voisins. L'Algérie est le premier consommateur de lait au Maghreb (**CHERFAOUI, 2003**).

Les algériens consomment principalement le lait à l'état naturel, de l'ben, de beurre et de fromage. Le l'ben est un produit laitier de la plus large consommation. Dans certaines régions (à la compagne surtout), son utilisation est très importante quantitativement, on peut même dire sans exagérer que le l'ben constitue la base de l'alimentation durant la période estivale ou de disette.

Les statistiques d'ONA lait montrent que ces laits fermentés sont appelés à se développer intensément dans une proche période. En effet, leur fabrication doit permettre de répondre à divers impératifs, principalement d'ordre nutritionnel, organoleptique, technique et commercial.

En Algérie, les industries continuent toujours d'importer la poudre de lactosérum alors que du lactosérum est rejeté directement dans les réseaux d'assainissement sans aucun traitement, pour réduire sa pollution, ni de le valoriser. Toutes ces raisons nous ont motivées à choisir cette thématique. Pour cela nous avons essayé de valoriser du lactosérum dans la fabrication du lait fermenté acidifié « l'ben », à échelle laboratoire, de la laiterie EURL STLD, Draa Ben Khedda Wilaya de Tizi-Ouzou.

Ainsi ce travail est structuré comme suit :

- ▶ Une partie bibliographique qui présente :
 - Généralités (lait, lait fermenté et lactosérum) ;
 - Processus de fabrication.

Introduction

► Une partie pratique qui consiste :

- Analyse physico-chimique de matières premières
- Analyse physico-chimique des produits finis ;
- Développer un modèle mathématique sur Excel pour définir les taux d'incorporation du lactosérum dans la formule de base du lait fermenté ;
- Valider le modèle en comparant les rapports MG/MS des trois laits fermentés :
 - Le lait fermenté à base du lait demi écrémé (produit référence) ;
 - Le lait fermenté à base du lait reconstitué (produit référence) ;
 - Le lait fermenté à base de lactosérum (produit souhaité).

Chapitre I :
Généralités sur le lait
de vache

I-1-Définition

Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum (**BOURGEOIS et LARPENT, 1981**).

Le lait de vache est un liquide opaque, blanc mat, d'autant plus jaune qu'il est plus riche en crème, doué d'une odeur identifiable peu accentuée et d'une saveur légèrement sucrée (**LECOQ, 1965 ; FAO/OMS, 2000**).

Les laits peuvent être secrétés par différentes espèces mammifères ce qui fait qu'on trouve plusieurs variétés de lait. Ces derniers présentent des caractéristiques communes et contiennent les mêmes composants (eau, protéines, sucres (le lactose principalement), lipides, minéraux, et vitamines) (**ALAIS et al., 2003**).

Tableau I : Composition chimique du lait de vache (**ALAIS, 1984**).

Substances	Quantité en g/l	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) Eau liée (3,7%)
Glucide : lactose	49	Solution
Lipides	35	En solution de globules gras (3-5 μ)
Matière grasse proprement dite	34	
Lécithine (phospholipides)	0,5	
Partie insaturable (stérol, carotène, tocophérols)	0,5	
Protide	34	Suspension micellaire de phosphocaséinates de calcium (0,08 à 0,12 μ)
Caséine	27	Solution colloïdale
Protéines solubles (albumine, globuline)	5,5	
Substances azotées non protéiques	1,5	
Sel	9	Solution ou état colloïdale (sel K, Ca, Na, Mg...)
Acide citrique	2	
Acide phosphorique (H ₂ PO ₄)	2,6	
Constituants divers :		
Vitamines, enzymes, gaz dissous	Trace	
Extrait sec total	127	-
Extrait sec non gras	92	

I-2-La composition chimique du lait

I-2-1-L'eau

L'eau apparaît donc comme l'élément le plus important ; elle joue le rôle de dispersant des différents constituants du lait qui forment en son sein des secteurs différents par leur composition et leur dimension.

Selon **MAHAUT et al (2003)**, le lait contient en moyenne 875 g/l d'eau, cette eau se trouve sous deux états :

- L'eau extra micellaire, représente environ 90% de l'eau totale, et contient la quasi-totalité du lactose, des sels minéraux solubles, de l'azote soluble. Une petite partie de cette eau est lié aux éléments hydrosolubles dont les protéines solubles.
- L'eau intra micellaire, représente environ 10% de l'eau totale, une fraction de cette eau est liée aux caséines et l'autre conserve des propriétés de solvant mais les transferts de cette eau dans les opérations de déshydratation et hydratation seraient beaucoup plus lents.

I-2-2-Les glucides

Le lactose, appelé aussi sucre de lait, est spécifique de la sécrétion mammaire. C'est l'élément le plus important pondéralement et le moins susceptible de variations. Le lactose présente un très grand intérêt. Le lactose est transformé par action microbienne en acide lactique : c'est le phénomène classique de l'acidification du lait. Cependant, le lactose peut aussi être fermenté en alcool et gaz carbonique par des levures, en gaz carbonique et produits divers (hydrogène par exemple) par des espèces microbiennes diverses, responsables alors d'accidents de fabrication se manifestant par des gonflements à l'intérieur de certains fromages. Le lactose existe sous plusieurs formes, caractérisées chacune par leurs solubilités différentes pour une même température, et un même temps de contact avec l'eau. En outre, selon le chauffage subi par le lait, le lactose se transforme d'une forme en une autre (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

I-2-3-La matière grasse

Composée essentiellement de triglycérides, formés d'acides gras dont les principaux sont l'acide palmitique, l'acide stéarique et l'acide oléique. Les proportions relatives de ces divers acides gras sont variables, selon principalement le régime alimentaire de l'animal. On peut observer jusqu'à 43 % d'acides gras insaturés, dont on sait le rôle en diététique : ceci explique notamment la très grande réactivité chimique des lipides du lait et leur très grande «altérabilité». Enfin, une petite partie de la matière grasse se trouve sous forme de phosphoaminolipides (lécithine, céphaline). La figure 1 présente les composants de la matière grasse du lait (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

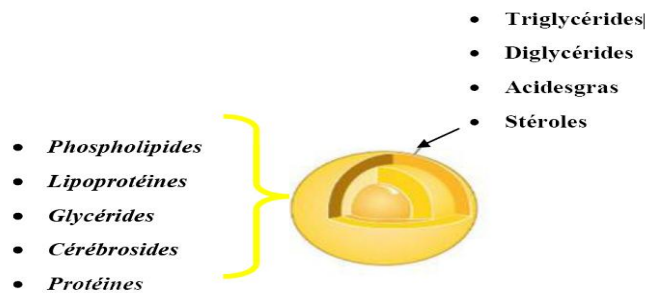


Figure 1 : Les composants de la matière grasse du lait (BYLUND, 1995).

I-2-4-Les matières azotées

Les matières azotées du lait sont, pour presque la totalité, des protides caséine, lactalbumine et lactoglobuline. La caséine en représente la partie principale (28 g environ, soit 80 %). Elle est précipitable par les acides. Cependant, la caséine n'est pas une substance homogène : l'électrophorèse et l'ultracentrifugation ont révélé au moins trois constituants. Sous l'action de la présure, la caséine se dédouble, en protéines solubles et en paracaséine insoluble (du moins par son sel de calcium) (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

I-2-5-La matière minérale et saline

La matière minérale et saline du lait, d'environ 9 g/l, répartie de manière complexe est fondamentale d'un point de vue nutritionnel et technologique. En effet, le lait contient tous les éléments minéraux indispensables à l'organisme et notamment, le calcium et le phosphore (tableau II) (GUEGEN, 1979). Les matières minérales ne se sont pas exclusivement sous la forme de sels solubles (molécules et ions) ; une partie importante se trouve dans la phase colloïdale insoluble (micelles de caséines).

Tableau II : Composition du lait en sels minéraux en mg/ 100 ml selon (HANZEN, 1999).

K	Ca	Cl	P	Na	S	Mg
141	123	119	95	58	30	12

I-2-6-Les vitamines

Les vitamines liposolubles se localisent dans la phase grasse où on distingue les vitamines A, D, E, K, dont les teneurs dépendent essentiellement du taux de matière grasse. Les vitamines hydrosolubles sont fixées sur les micelles de caséines ou dispersées dans la phase aqueuse. On peut citer les vitamines du groupe B (B1, B2, B6, B12), acide pantothénique ainsi que la vitamine C (N'DIAYE et SISSOKO, 2003). Le tableau III illustre les teneurs moyenne par litre en vitamines hydrosolubles et liposolubles dans le lait.

Tableau III : Teneur moyenne par litre en vitamines hydrosolubles et liposolubles dans le lait (LUQUET, 1986).

Groupes de vitamines	Types de vitamines	Teneurs moyennes/l
Vitamines liposolubles	Vitamine A	500 – 1000UI
	Vitamine D	15 – 20UI
	Vitamine E	1 – 2mg
	Vitamine K	0,02 – 0,2mg
Vitamines hydrosolubles	Vitamine B1	0,01 – 0,1mg
	Vitamine B2	0,8 – 3mg
	Vitamine B6	2 – 1mg
	Vitamine B5	2 – 5mg
	Vitamine PP	1 – 2mg
	Vitamine B12	1 – 8µg
	Vitamine C	10 – 20µg

I-2-7-Les enzymes

Il convient de distinguer celles dites originelles, c'est-à-dire celles qui se trouvent dans le lait dès la traite, de celles qui y sont apportées par les bactéries qui s'y sont développées. Ainsi parmi les diastases originelles, on trouve une lipase (détruite par la pasteurisation), une galactase, une lactase, des phosphatases (détruites également par la pasteurisation), une réductase (enzyme de Schardinger), une catalase et une peroxydase (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

I-5-Propriétés physico-chimiques du lait

I-5-1-Densité ou masse volumique

Pour une même espèce, la densité n'est pas constante. Elle dépend de la richesse du lait en éléments dissouts et en suspension ainsi que de la teneur en matière grasse. Elle est également variable en fonction de la température. A 20°C, la densité des laits individuels peut prendre des valeurs entre 1,030 et 1,033 et de 1,020 à 1,038 pour les laits de mélange. La densité du lait fraîchement extrait de la mamelle est instable et tend à augmenter avec le temps (SEYDI, 2004).

I-5-2-Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait. Sa valeur moyenne se situe entre -0.54 et -0.55°C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. On constate de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production (NEVILLE et JENSEN, 1995). On a par exemple signalé des variations normales de -0.530 à -0.575°C. Le mouillage élève le point de congélation vers 0°C, puisque le nombre de molécules, autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue. D'une manière générale tous

les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (**MATHIEU, 1999**).

I-5-3-Point d'ébullition

Le point d'ébullition est défini comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C (**AMIOT et al., 2002**).

I-5-4-Acidité du lait

Selon **JEAN et DIJON(1993)**, l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique. L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, Elle est exprimée conventionnellement en degré dornic (°D). 1°D Correspond à 0,1g d'acide lactique /litre de lait ou de lait fermenté. En effet il s'agit de la neutralisation par la soude N/9 des composants acides du lait, en présence de la phénophtaléine (**LUQUET, 1985**).

I-5-5-pH

Le pH du lait change d'une espèce à une autre, étant donné les différences de la composition chimique, notamment en caséine et en phosphate et aussi selon les conditions environnementales (**ALAIS, 1984**). Le pH donne une idée sur l'état de fraîcheur du lait. Un lait de vache frais a un pH de l'ordre de 6,7 (**KOUAME-SINA, 2010**).

I-6-Propriétés microbiologiques

I-6-1-La flore originale

Le lait contient peu de Microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions, à partir d'un animal sain (moins de 10³ germes /ml). Il s'agit essentiellement des germes *saprophytes* de pis et des canaux galactophores : *Microcoques*, *Streptocoques Lactiques*, *Lactobacilles*. Des germes pathogènes et dangereux du point de vue sanitaire peuvent être présents lorsque le lait est issu d'un animal malade (*Streptocoque pyogène*, *Carynebactéries pyogènes* et des *Staphylocoques*) qui sont des agents des mammites et peut s'agir aussi de germes d'infection générale *Salmonella*, *Brucella*, et exceptionnellement *Listeria monocytogene*, *Mycobactérie*, *Bacillus anthracis* et quelque *virus* (**GUIRAUD, 2003**).

I-6-2-La flore de contamination

Le lait peut se contaminer par des apports microbiens divers :

-Fèces et téguments de l'animal : *Coliformes, Entérocoques Clostridium, Salmonella.*

-Sol : *Streptomyces, Listeria*, bactéries sporulés, spores fongiques.

-L'air et l'eau : Flores diverses, bactéries sporulés (**GUIRAUD, 2003**).

Le tableau IV nous présente les principaux groupes bactériens et ses caractères qu'on peut trouver dans le lait.

Tableau IV : Les principaux groupes bactériens du lait (**ALIAS, 1984**).

	Groupes	Caractères
-Bactéries «Gram +»	1- <i>bactéries lactiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité biologique : fermentation du lactose
	2- <i>Microcoques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Flore banale de contamination du lait • Activité enzymatique réduite
	3- <i>Staphylocoques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Anaérobies facultatifs, fermentent le lactose • Exemple : <i>Staphylococcus aureus</i> • Développement dans le lait à 15°C pendant plusieurs heures
	4- <i>Bacillaceae.</i>	<p>Mésophiles, inhibées à 45°C,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absentes dans le lait crus et les produits laitiers qui n'ont pas été chauffés, • Responsables des altérations des laits insuffisamment stérilisés.
-Bactéries « Gram-»	1- <i>Entérobactéries.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Des coliformes, fermentent le lactose • Leur présence est lié à une contamination fécale • Moins abondantes dans le lait par rapport à d'autres Gram (-), • Ces espèces résistent aux antibiotiques, se développent à des températures très différentes.
	2- <i>Achromobactériaceae</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ces microorganismes forment l'essentiel de la flore psychrotrophe • Ne fermentent pas les sucres.
	3- <i>Bactéries divers.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Les plus importantes <i>Pseudomonas</i> véhiculées par les eaux non potables et <i>brucella</i> pathogènes.

Chapitre II :

Le lactosérum

II-1-Définition

Le lactosérum est un produit découvert il y a plus de 3000 ans avant Jésus-Christ, par des Bédouins lors du transport de lait (**DE WITT, 2001**). C'est un liquide jaune verdâtre, très fermentescible et fragile. Il représente 85 à 90% du volume de lait utilisé (**LAPOINTE-VIGNOLA, 2002 ; GUIMARAES et al., 2010**). Contenant une quantité importante de protéines de lait environ 20% (6g/L) et riche en élément nutritif (**MULLER et al., 2003**). Son pH est compris entre 5 et 6,5.

Il est obtenu suite à la coagulation des caséines sous l'action de la présure (lactosérum doux), ou suite à l'acidification du lait (lactosérum acide) (**MORR, 1989**). Traditionnellement, l'opération qui suit l'étape de coagulation consiste à séparer la phase coagulée du reste du lait au cours d'une opération d'égouttage.

Avec la nouvelle technologie, le lactosérum et les fractions du lactosérum sont devenues des ingrédients alimentaires forts importants et polyvalents (**BEVERLEY, 2002**).

La figure 2 nous montre la différence qui est entre le lactosérum et le lait.



Figure 2 : Différence de couleur entre le lait et le lactosérum.

II-2- Types de lactosérum

Le lactosérum doit être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous-produit de la fabrication des fromages, ou de la caséine. On distingue deux types de lactosérums : celui résultant de la coagulation des laits non acides, par la présure, et qu'on appelle "lactosérum doux" et celui résultant, de la fabrication des fromages à pâtes fraîches, à pâtes molles ou de la caséine lactique appelée "lactosérum acide" (tableau V) (**LINDEN et al., 1994; DE LA FUENTE, 2002**).

Tableau V : Différents types de lactosérum (**ADRIAN et al., 1991**).

Degré d'acidité	Type	pH	Production
<18°D	Lactosérum doux	6,5 ± 6,7	-Fromagerie à pâte pressée - Fromagerie à pâte cuite - Caséinerie présure
>18°D	Lactosérum acide	4,5 – 5,5	- Fromagerie à pâte fraîche - Fromagerie à pâte molle - Caséinerie acide

II-2-1- Lactosérum acide

Obtenu après la coagulation du lait par précipitation des caséines à leur pH isoélectrique de 4.6 par ajout d'acide fort ou d'acide lactique (**VIOLLEAU, 1999**). La caséine est combinée à des sels de calcium, l'acidification entraîne sa déminéralisation qui fait passer dans le sérum une part importante d'éléments minéraux, notamment le calcium et le phosphore (**SOTTIEZ, 1990**). Les lactosérums acides sont moins riches en lactose et plus riches en minéraux. Ils sont aussi plusensemencés en germes lactiques et moins sujets à des fermentations que les lactosérums doux. Les teneurs élevées en acide lactique et en minéraux posent des difficultés pour la déshydratation ; aussi les lactosérums acides sont souvent utilisés à l'état liquide alors que les sérums doux sont généralement déshydratés (**MOLETTA, 2002**). Le lactosérum acide provient de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 4,5 - 5 (**ADRIAN et al., 1991**).

II-2-2-Lactosérum doux

Il est obtenu après la coagulation de la caséine sous l'action de la présure sans acidification préalable, on obtient alors un sérum doux, pauvre en sels minéraux et riche en lactose et en protéines. En plus des protéines solubles du lait, ce type de lactosérum contient une glycoprotéine qui provient de l'hydrolyse de la caséine Kappa par la présure (**SOTTIEZ, 1990, DE LA FUENTE et al., 2002**). Lorsque le lactosérum de fromagerie n'est pas traité avec toutes les précautions nécessaires, la poursuite de la fermentation naturelle augmente son acidité. Le lactosérum doux issu de la fabrication de fromage à pâte pressée cuite ou non cuite (Emmenthal, Saint Paulin, Edam, etc...) est de pH variant entre 5 et 6,3 (**MORR et al., 1993**).

II-3-Composition des lactosérums

Selon le procédé de coagulation et la composition initiale du lait (donc la saison, la race des animaux, le type d'alimentation, etc.), la composition du lactosérum peut varier sensiblement (**BERGEL et al., 2004**). D'après le tableau VI on constate que les lactosérums sont riches en lactose et potassium. Dans le lactosérum acide une partie du lactose a été transformé en acide lactique ; les lactosérums doux sont pauvres en calcium (reste dans le caillé pour participer à la coagulation des protéines), alors que les lactosérums acides sont riches en calcium (**MORR et al., 1993**).

Tableau VI : Composition moyenne du lactosérum doux et acide (**MORR et al., 1993 ; LINDEN et al., 1994**).

	Lactosérum doux (%)	Lactosérum acide (%)
pH	6,3	4,6
Eau	93	93,5
Lactose	4,77	4,71
Protéines	0,82	0,75
MG	0,07	0,03
Acide lactique	0,15	0,55
Cendre	0,53	0,69
Calcium	0,05	0,13
Sodium	0,07	0,06
Potassium	0,13	0,15
Phosphore	0,06	0,09

II-3-1-Lactose

Le lactose est le constituant le plus abondant du lait, il représente l'essentiel de la matière sèche du sérum, c'est un sucre réducteur de formule $C_{12}H_{22}O_{11}$. Il est formé de l'union d'une molécule de β -D galactose et d'une molécule de β -D glucose ; par une liaison osidique 1-4. Cette richesse en lactose en fait un auxiliaire dans le brunissement non enzymatique ou la réaction de Maillard quand il est associé aux protéines du sérum, mais surtout il constitue un très bon support d'arôme et absorbeur de pigments (**LUQUET, 1990**).

Le lactose est caractérisé par :

- ▶ Une solubilité limitée ;
- ▶ Un pouvoir sucrant faible. Sa seule source importante dans la nature est le lait et les produits laitiers (**VISSER et al., 1988**).

II-3-2-Minéraux

Selon certaines pratiques fromagères, il y'a ajout de sel, ce dernier avec toutes les matières minérales en solution dans le lait se retrouve dans le lactosérum. Les 8 à 10% des matières salines de l'extrait sec de sérum sont constitués pour plus de 50% de chlorures de sodium et de potassium et pour le reste de différents sels de calcium, principalement sous forme de phosphate de calcium (**VRIGNAUD, 1983**).

D'après **MEREO (1971)**, ces sels minéraux constituent les éléments indésirables «du sérum». En effet, il semblerait qu'une quantité relativement élevée constitue un obstacle à l'utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine et infantile. Mais il est utilisé pour la préparation de lactose pur et des protéines. Il est donc avantageux de déminéraliser le sérum partiellement grâce à des techniques physico-chimiques, telle que l'électrodialyse (**LINDEN et LORIENT, 1994**).

II-3-3-Les protéines du lactosérum

Bien que le lactosérum soit source d'une variété de nutriments, ce sont les protéines sériques qui constituent son principal intérêt (tableau VII). Cela est expliqué par leurs multiples propriétés biologiques et fonctionnelles. Au niveau biologique, les protéines de lactosérum sont connues comme étant une excellente source d'acides aminés branches, d'acides aminés essentiels (tableau VIII) et elles ont une valeur biologique qui dépasse celle de l'œuf, souvent utilisée comme protéine de référence (SMITHERS, 2008).

On accorderait également des propriétés anticancéreuses, antimicrobiennes, antivirales et modulatrices du système immunitaire humain à des fractions et hydrolysats spécifiques de protéines de lactosérum (MADUREIRA *et al.*, 2007).

Tableau VII : Propriétés physico-chimiques des protéines sériques du lactosérum (BYLUND, 1995 ; DE WIT, 2009 ; KINSELLA et WHITEHEAD, 1989 ; MORR & HA, 1993).

Protéines	Teneur relative (%) Massique	Masse (kDa)	Température de dénaturation (° C)	Point Isoélectrique (PI)	Ponts disulfures (S-S)	Thiol (SH) libres
Albumine de sérum bovin	6,3	66	64	4,7-4,9	17	1
α -lactalbumine	19,3	14,2	62	4,2-4,5	4	0
β -lactoglobuline	51	18,6	65	5,2	2	1
Immunoglobulines	10,9	150-960	72	5,5-8,3	32	0
Autres	12,5	Var	Var	Var	Var	0

NB : Les valeurs présentées pour ces propriétés sont approximatives puisqu'elles dépendent de la composition et l'origine du lactosérum.

Tableau VIII : teneurs en acides aminés essentiels (g/100g) dans le lactosérum (MOLETTA, 2002).

	Concentration (g/100g)
Tryptophane	1,38
Lysine	10,9
Méthionine	1,95
Cystéine	1,35
Leucine	7,09
Isoleucine	4,06
Phénylalanine	3,47
Valine	5,54
Thréonine	5,03

II-3-4-Les vitamines du lactosérum

La composition vitaminique du lactosérum se caractérise par une quantité importante de riboflavine (B2), ce qui donne la couleur jaune verdâtre du lactosérum, d'acide pantothénique (B5), de thiamine (B1), de pyridoxine (B6) et l'acide ascorbique (Tableau IX) (WOO, 2002).

Tableau IX : Teneur en vitamine du lactosérum (LINDEN et LORIENT, 1994).

Vitamines	Concentrations (mg/ml)
Thiamine (B1)	0,38
Riboflavine (B2)	1,2
Acide nicotinique (B3)	0,85
Acide pantothénique (B5)	3,4
Pyridoxine (B6)	0,42
Coba lamine (B12)	0,03
Acide ascorbique (C)	2,2

II-4-Valeur nutritionnelle

La valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du lactosérum sont liées au lactose et aux protéines, comme ils sont indiqués dans le tableau X (LUPIN, 1998).

Tableau X : La valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du lactosérum (SOTTIEZ, 1985 ; SOTTIEZ, 1990 ; LINDEN et LORIENT, 1994 ; LUPIN, 1998 ; GERARD et DEBRY, 2001).

Lactose	Protéines
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Stabiliser le pH intestinal d'où une meilleure utilisation digestive du calcium et de phosphore ; ✓ Stabilité du pH évite l'installation de flores purifiantes ; ✓ Un intérêt diététique fondamental puisque il représente la seule source d'hydrate de carbone de tous les mammifères y compris l'homme ; ✓ Un facteur favorable aux réactions de caramélisation et réaction de Maillard, ainsi qu'il est un très bon support d'arôme et un bon substrat de culture pour les ferments de maturation ; ✓ Constituant essentiel des cérébrosides composant les tissus nerveux. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meilleure valeur nutritive que la caséine ; ✓ Source équilibrée en acides aminés indispensables notamment en lysine, acides amine soufrés et en tryptophane ; ✓ Pouvoir émulsifiant en présence de matière grasse ; ✓ Pouvoir gélifiant par coagulation à la chaleur ; ✓ Pouvoir moussant ; ✓ La solubilité.

II-5-Le pouvoir polluant du lactosérum

Pendant longtemps, le lactosérum a constitué un effluent de l'industrie fromagère avec une moyenne de 900 litres de lactosérum régénérées pour la production de 100 kg de fromages. Par sa composition riche en matière organique, son rejet dans l'environnement constitue une source de pollution à cause de sa demande biochimique en oxygène qui est très élevée (CHERYAN, 1998).

Le lactosérum contient encore environ 50g/l de matière organique facilement biodégradable, constituée de sucres et de protéines et un litre de petit-lait correspond pratiquement à la charge polluante rejetée par un habitant (un équivalent-habitant ou EH = 60 g/l). En d'autres termes, la transformation de 1000 kg de lait en fromage produit une charge polluante équivalente à celle d'une commune d'environ 750 habitants (LAPLANCHE, 2004).

Pour remédier à ce problème, différentes technologies et procédés ont été développés afin de diminuer l'impact environnemental de la gestion du lactosérum en produisant des sous-produits à valeur ajoutée (VENETSANEAS et al., 2009 ; ALVES et al., 2014).

II-6-Différent domaines de valorisation du lactosérum

La richesse du lactosérum a conduit plusieurs chercheurs et industriels à mettre en œuvre une stratégie de multi-valorisation de ce sous-produit. Dans ce contexte, le lactosérum trouve son utilisation dans des domaines variés.

II-6-1-Alimentation humaine

Le lactosérum trouve son emploi dans diverses industries alimentaires, dans la confiserie et dans l'élaboration de préparations laitières très anciennes et pauvres en matière grasse (Recuite, ricotta, brocciu, sérac, brunost). Des essais préliminaires ont montré que l'isolat de lactosérum, à raison de 24 à 45 g par jour peut agir favorablement sur le système immunitaire défaillant des malades. Les concentrés de protéines de lactosérum sont très utilisés en musculation, leur haute teneur en protéines ainsi que leur faible teneur en matière grasse et en calories en font un complément de choix avant et après l'entraînement physique. On prête aux protéines contenues dans le lactosérum un grand rôle dans la reconstruction des fibres musculaires qui ont subi des micro-déchirures lors de l'entraînement. L'absorption d'environ 20 g de protéines durant ou juste après l'exercice est suffisant pour maximiser la synthèse post-entraînement des protéines musculaires (BOUDIER et LUQUET, 1980).

II-6-2-Alimentation animale

L'alimentation animale constitue la principale débouchée du lactosérum, il est destiné à l'élevage industriel des porcs ou bien, il est incorporé dans la ration alimentaire des vaches laitières. Il peut également être ajouté aux aliments d'allaitement pour veaux (AGNES, 1986).

II-6-3-Substrat de fermentation

Le lactosérum pourrait être un substrat de fermentation pour de nombreuses espèces microbiennes. Selon BOTFONJA (1994), la croissance de certaines souches telles que *Streptococcus lactis* serait bonne sur lactosérum seul, du fait de la richesse de celui-ci en lactose. Le lactosérum est un bon milieu de culture permettant le développement des levures qui utilisent le lactose comme source de carbone (OMAR et SABRY, 1991). BERGMAIER (2002), a étudié la production des exopolysaccharides par fermentation sur un milieu à base de permeat de lactosérum en utilisant des cellules immobilisées de *Lactobacillus rhamnosus* RW 9595M.

Chapitre III :

Le lait fermenté l'ben

III-1-Historique

L'usage des liquides fermentés à base de lait remonte à la plus haute antiquité. On peut dire avec certitude que ces boissons sont nées au milieu de peuples de pasteurs qui savaient produire, transformer et conserver le lait, cet élément essentiel à leur vie, dans des conditions très particulières. Les laits de toutes les femelles laitières ont été utilisés dans ces fabrications : lait de vache, de jument, de brebis, de chèvre, de chamelle, de bufflonne... Mais, il a fallu arriver au XIX^{ème} siècle pour connaître la nature des transformations subies et en attribuer la cause au développement de bactéries lactiques, associées, ou non, à des levures sans compter, parfois, la présence de germes indésirables.

Actuellement, la consommation des laits fermentés est presque dans toute l'Europe (yoghourt, kéfir, lait filé ou taette des pays scandinaves) en U.R.S.S. kéfir, koumiss, au Proche-Orient et dans la péninsule indienne, dahi, dans le bassin méditerranéen et les pays d'Afrique à caractère pastoral leben, en Amérique latine etc.... De plus, il y a une évolution très rapide vers l'utilisation plus fréquente de ces laits fermentés (**HARRATI, 1974**).

III-2-Le lait fermenté (L'ben)

Le lait acidifié, appelé selon les différentes zones géographiques : Laban, L'ben ou également Ayran, est un produit de grande consommation au long des saisons chaudes. Il peut être fabriqué à partir de la poudre de lait de vache ou de lait frais d'origine bovine ou caprine (**LUQUET, 1986**).

L'ben est produit également à l'échelle industrielle. C'est un lait pasteurisé fermenté. L'acidification est provoquée par ensemencement des ferments lactique mésophiles. Le lait qui sert à sa préparation est essentiellement reconstitué. Il subit une pasteurisation à 84 °C pendant 30 secondes, puis refroidi à 22 °C et ensemencé de levain lactique (*Streptococcus cremoris* ; *Streptococcus lactis* et *Streptococcus diacetylactis* ; *Leuconostoc dextranicum*, *Leuconostoc citrovorum* et *Leuconostoc mesenteroides*) (**BENKERROUM et TAMIME, 2004**).

III-3-La composition physico-chimique du l'ben

La composition physicochimique du l'ben (tableau XI) varie en fonction de la nature du lait utilisé, des conditions de coagulation, de l'intensité de l'écémage et de la quantité d'eau additionnée lors du mouillage (**AISSAOUI, 2004**).

Tableau XI : Valeurs moyennes de la composition chimique du l'ben (**TANTTAOUI et al., 1987**).

Paramètres	Teneurs g/l
MS	89
pH	4,2
Acidité (°D)	82
Lactose	2,69
MG	8,9
Protéines	25,6

III-4-Valeur nutritionnelle du l'ben

Les produits laitiers ajoutent leurs propriétés propres aux qualités nutritionnelles du lait utilisé. Il y a un accroissement de la valeur biologique du lait suite à l'action d'enzymes hydrolytiques facilitant l'assimilation du lactose, des protéines et des lipides. L'acidification constitue du point de vue hygiénique un atout majeur. En effet, elle prévient la croissance de la plupart des germes pathogènes et assure, par des moyens qui peuvent être très simples, la conservation du lait. Les laits caillés favorisent un bon équilibre de la flore intestinale chez l'enfant à bas âge ou après un traitement aux antibiotiques (FAO, 1995).

Pour les pays en voie de développement, les laits fermentés constituent des aliments de haute valeur nutritionnelle plus facilement recommandable que le lait cru. En effet, ces produits fermentés bénéficient d'une protection acide bien utile lorsque l'hygiène fait défaut et, en outre, semblent à même de résoudre élégamment le difficile problème de l'intolérance au lactose (HAMZA, 1996).

D'autres effets bénéfiques sont associés à la consommation des laits fermentés. On peut citer la tolérance au lactose du lait cru chez certaines personnes déficientes en β -galactosidase. Chez ces personnes, le lactose n'est plus hydrolysé ; il n'est donc plus absorbé dans l'intestin grêle. Il va atteindre le colon, où il sera fermenté par la flore intestinale pour produire des gaz. Les laits fermentés sont susceptibles d'apporter une solution simple car l'hydrolyse du lactose a eu lieu au niveau de laboratoire, au cours de la fermentation. Un certain nombre de travaux chez l'animal montrent également que l'ingestion de laits fermentés est susceptible de modifier la flore intestinale de l'hôte, en particulier de diminuer la quantité de germes indésirables. Plusieurs études depuis les années 50 indiquent que l'ingestion de lait fermenté par *Lactobacillus acidophilus* est susceptible de réduire le nombre d'*Escherichia coli* dans les selles chez l'homme. Cette propriété est utilisée avec succès dans le cas d'enfants souffrant de diarrhées (HAMZA, 1996).

III-5-Microbiologie du L'ben

En Algérie HARRATI (1974), a montré que 90% des micro-organismes totaux du Leben sont des Streptocoques lactiques. Elle a cité *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Leuconostoc dextranicum*, *leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc citrovorum*. Elle a noté l'absence des lactobacilles, ce qu'elle l'a justifié par le fait qu'une fermentation très lente a lieu et que ces lactobacilles restent limités à leur phase initiale. Par contre une étude sur le L'ben tunisien a montré que la majorité de la flore de L'ben est constituée par une flore lactique mésophile représentée par les *Lactococcus lactis ssp lactis*, *L. lactis ssp cremoris* et *Lactobacillus plantarum* associé à une flore de contamination du genre *Entérocoque* (BENAMOR et al., 1989).

III-6-Processus de fabrication de l'ben industriel

III-6-1- La réception du lait cru

Lors de l'arrivée des citernes du lait cru à l'unité laitière et avant la réception, un échantillon est prélevé pour estimer sa qualité physico - chimique. Le lait cru peut être utilisé directement pour fabriquer le l'ben à base 100 % lait cru ou reconstitué avec le lait en poudre (entier et écrémé) pour fabriquer le l'ben reconstitué, le choix de ces deux variétés de l'ben dépend de la quantité disponible en lait cru (**JORA, 1993**).

III-6-2-La préparation du lait : Cette opération comprend les étapes suivantes :

- **La reconstitution**

Les opérations de reconstitution ou de recombinaison sont à distinguer selon qu'il s'agit d'addition d'eau à une seule ou plusieurs matières premières déshydratées, poudre de lait entier avec poudre de lait écrémé et pour obtenir un lait de matière grasse désirée. La température recommandée est de 35 à 45°C. A cette température la poudre possède une meilleure mouillabilité et dissolvabilité (**AVEZARD ET LABLEE, 1990**).

- **Le préchauffage**

Le lait est préchauffé à une température (63 à 65°C/15s) inférieure à la température de pasteurisation, pour inhiber provisoirement la croissance des bactéries (**GOSTA, 1995**).

- **Le dégazage**

Cette opération a pour but de permettre une meilleure homogénéisation et d'éliminer une partie des odeurs caractéristiques des laits reconstitués. Le dégazage se fait généralement à 75°C avec une chute de température de l'ordre de 8 à 10°C (**AVEZARD et LABLEE, 1990**).

- **Standardisation**

La standardisation peut se faire en cuve ou en continu. Il s'agit de mélanger du lait écrémé, du lait entier ou encore de la crème dans les proportions calculées pour en arriver au pourcentage de matière grasse désiré dans le mélange (**VIGNOLA, 2002**).

- **L'homogénéisation**

Elle présente l'avantage de stabiliser l'émulsion de la matière grasse uniformément dispersée dans tout le liquide, en plus, elle donne au lait une saveur caractéristique et une texture plus douce et plus onctueuse pour la même teneur en matière grasse dans le lait, en plus réduire sa sensibilité à l'oxydation de la matière grasse (**VIGNOLA, 2002**). L'homogénéisation se fait entre 60 et 70°C et à une pression de 100-250 bar (**GOSTA, 1995**).

- **La pasteurisation**

Elle se fait dans un échangeur à plaque à une température 90°C/30s (**CHEFTEL, 1976**).

- **Le refroidissement**

Le lait ainsi pasteurisé est ramené à la température d'ensemencement des bactéries lactiques mésophiles, entre 22 et 26°C (**GOSTA, 1995**).

✓ Présentation du lieu de stage

Notre étude a été effectuée au niveau de la laiterie STLD durant une période d'un mois. La laiterie EURL STLD «société de transformation de lait et dérivés», a été créée le 16 avril 2004, c'est une entreprise à caractère privé sise à la zone d'activité Draa Ben Khedda, Tizi-Ouzou. L'unité compte un effectif de 106 employés.

La laiterie a pour fonction de produire une large gamme de produits à partir de lait cru collecté par des éleveurs locaux, environ 70000 litres sont transformés par jour. Les produits fabriqués sont :

- *Lait de vache pasteurisé conditionnée (entier et écrémé) ;
- * Lait de vache fermenté et pasteurisé «L'ben» ;
- * Camembert au lait de vache «le fermier » ;
- *Camembert au lait de chèvre «le chèvre fermier» ;
- *Fromage à pâte pressée, Edam et le gouda «le fermier» ;
- * La préparation fromagère alimentaire (Fondu Barre de 680 gr et Pot de 850 gr).

-Les compartiments de l'unité

- * Bloc administratif ;
- * Cantine ;
- * Salle de réception du lait collecté ;
- *Laboratoire d'analyses microbiologiques et physicochimiques ;
- *Salles de pasteurisation ;
- * Atelier de production pâte molle ;
- * Hâloirs d'affinage Pâte molle ;
- * Atelier pâte pressée ;
- * Atelier d'emballage et conditionnement ;
- * Atelier lait.

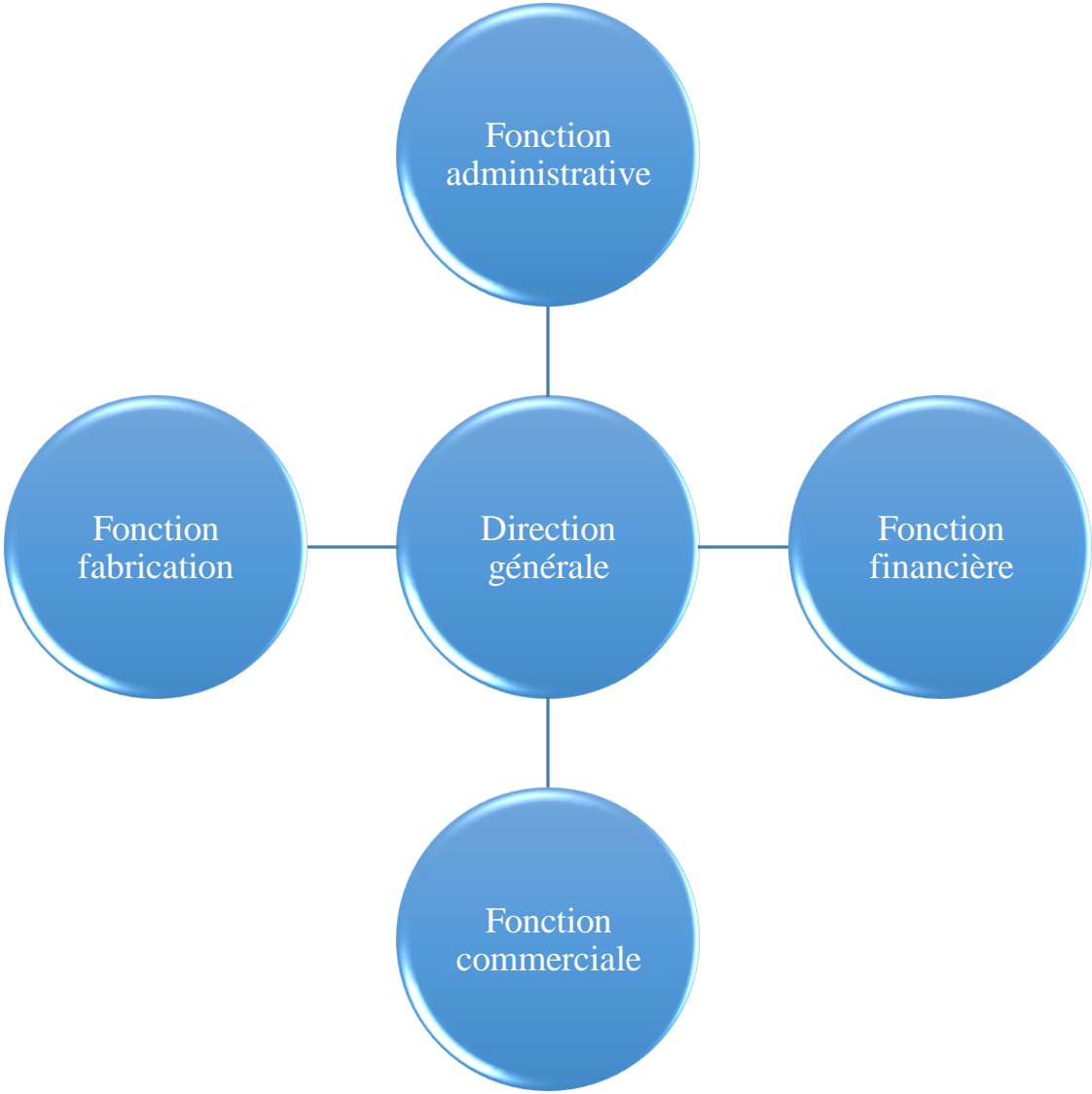


Figure 3 : Organigramme simplifié de la structure de l'entreprise.

Partie II :
Etude expérimentale

I-Matériel et méthodes✓ **L'objectif**

L'objectif de notre travail est la valorisation du lactosérum doux issu de la fabrication du fromage à pâte pressée « gouda » dans le lait fermenté (l'ben) à des différents pourcentages. Pour arriver à cet objectif, nous avons passé par les étapes suivantes :

- Les analyses physico-chimiques des matières premières (la poudre de lait, lait demi écrémé et lactosérum)
- Essai de formulation des laits fermentés à base de : lait de vache demi écrémé, lait reconstitué et lactosérum.
- Analyses sensorielles et physico-chimiques pour les produits obtenus.

I-1-Matériel

L'ensemble de matériel biologique et non biologique utilisés dans cette étude sont présentés dans le tableau XII :

Tableau XII : Matériel utilisé dans la partie expérimentale.

Matériel biologique	Matériel non biologique		
	Appareillage	Ustensiles et verreries	Produits et réactifs
Le lait de vache demi écrémé	Etuve	Béchers	Phénophtaléine à 0,01N
Le lactosérum	Réfrigérateur	Pipettes graduées	Eau distillée
Eau	pH mètre	Entonnoir	Acide sulfurique (H ₂ SO ₄ , 0,02N et 0,1N)
Les ferments mésophiles	Centrifugeuse	Eprouvette graduée	Alcool iso amylique
La présure	Balance analytique	Butyromètre	Hydroxyde de sodium (NaOH) 1/9N
	Dessiccateur infra rouge	Fiole jaugée	Méthyle orange
	Lactoscan (Funk Gerber)	Thermomètre	Solution Ethylène-Diamine-Tétra-Acétique (EDTA)
		Thermo lactodensimètre	Indicateur de couleur le Noir d'Eriochrome T (NET)
		Burette hydrotimétrique	
		Coupelle	
		Spatule	

I-2-Méthodes**I-2-1-Echantillonnage**

Les différents échantillons du lactosérum ont été récupérés au niveau de l'entreprise "STLD" durant la période juin-juillet, à partir d'une ligne de fromage au lait de vache de type pâte pressé "Gouda" selon le diagramme présenté dans la figure 4.

- ✓ **Transport des échantillons** : les échantillons ont été transportés directement dans une glacière au laboratoire.

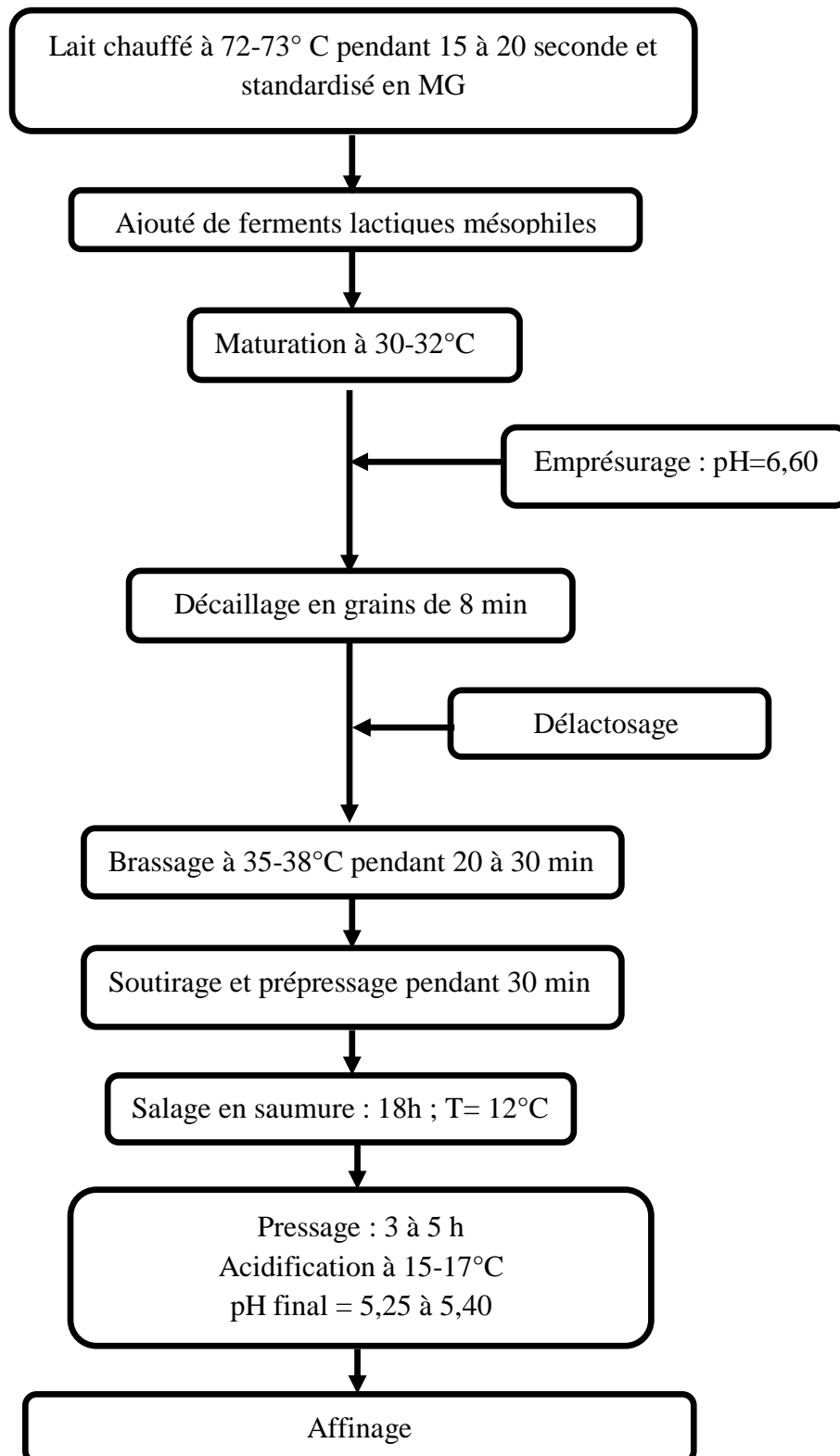


Figure 4 : Technologie de fabrication du fromage gouda au niveau « STLD ».

I-2-2-Modèle de simulation de la valorisation du lactosérum

I-2-2-1-Le principe du calcul en mode Excel

La recette de fabrication du lait fermenté « l'ben » est détaillée sur la base d'un modèle mathématique exécuté sur Excel. Cette dernière repose sur la quantification des paramètres physico-chimiques des matières premières concernées (lait demi écrémé, lait en poudre (P26 et P0), eau et lactosérum) afin de conserver la même quantité de matière sèche (MS) et matière grasse (MG) que la recette. L'ben à base d'eau tout en remplaçant la quantité d'eau par des équivalents de lactosérum. Le lactosérum apportera un niveau de substances élémentaires qui sera pris en compte par le modèle adopté pour conserver les mêmes propriétés physico-chimiques du produit fini tout en réduisant la quantité d'ingrédients laitiers (à base de lactosérum) utilisés dans la nouvelle formulation.

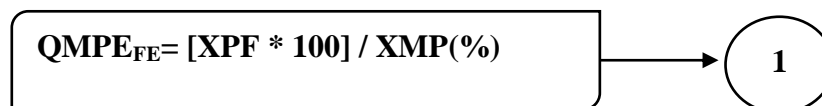
Alternativement, le produit fini de lactosérum doit contenir la même teneur en MS que dans le produit de référence à base d'eau.

I-2-2-2-Modèle mathématique adopté

◆ Détermination des quantités des ingrédients après la valorisation

Les équations utilisées dans cette simulation sont liées aux paramètres physico-chimiques (humidité, EST, MG, protéines, densité) du lait de vache demi écrémé qui est utilisé comme référence.

Le modèle mathématique utilisé pour déterminer la quantité de matière première dans le lait fermenté (à base d'eau) est selon l'équation suivante :

$$\text{QMPE}_{\text{FE}} = [\text{XPF} * 100] / \text{XMP}(\%)$$


- **QMPE_{FE}** : Quantité (gramme) de matière première élémentaire à utiliser (P₂₆, P₀) dans la formulation à base d'eau ;
- **XPF** : Pourcentage de paramètre physico-chimique élémentaire (H, EST, MG, protéines) fixé du produit fini ;
- **% XMP** : Pourcentage de paramètre physico-chimique élémentaire (EST, MG, H, protéine) de la matière première utilisée prise en considération dans le modèle de calcul.

◆ Détermination de la quantité du lactosérum de substitution d'eau

L'apport nécessaire du lactosérum pour remplacer la quantité d'eau utilisé dans la préparation standard est obtenu par l'équation N°2.

$$Q_{\text{Lact}} (\text{g}) = [Q_{\text{ERS}} * 100] / H_{\text{Lac}} (\%) Q_{\text{EL}}$$

2

- $Q_{\text{Lact}} (\text{g})$: Quantité du Lactosérum à utiliser ;
- Q_{ERS} : Quantité d'eau dans la recette standard ;
- H_{Lac} : Teneur en humidité dans 100 g du Lactosérum.

♦ Détermination des quantités élémentaires totales de la nouvelle formule

La quantité élémentaire totale apportée par les ingrédients dans la nouvelle formule est calculé par soustraction entre l'équivalent de la recette standard et celui du lactosérum, selon l'équation suivante N°3 :

$$Q_{\text{ET}_{\text{NF}}} (\text{Kg}) = Q_{\text{ET}_{\text{FE}}} - Q_{\text{EL}}$$

3

- $Q_{\text{ET}_{\text{NF}}} (\text{Kg})$: Quantité élémentaire totale apportée par les ingrédients dans la nouvelle formule ;
- $Q_{\text{ET}_{\text{FE}}}$: Quantité élémentaire totale dans la formule à base d'eau ;
- Q_{EL} : Quantité élémentaire apportée par le lactosérum.

♦ Détermination des quantités de matières premières à utiliser dans la recette à base du lactosérum

Pour déterminer les quantités de matières premières lactières à utiliser, on va garder les mêmes pourcentages (HST, MG, H, Protéine) de notre lait de référence qui sont déjà pris en considération par le modèle adopté, par l'équation suivante N°4 :

$$Q_{\text{MP}_{\text{L}}} = [X_{\text{E}} (\%) * 100] / X_{\text{MPL}_{\text{E}}} (\%)$$

4

- $Q_{\text{MP}_{\text{L}}}$: Quantité (g) de matière première lactière à utiliser (P_{26} , P_0) dans la formule-lactosérum ;
- X_{E} : Quantité (g) élémentaire (EST, MG, H%, Protéines) à apporter par la matière première dans la formulation à base du lactosérum ;
- $X_{\text{MPL}_{\text{E}}}$: Quantité élémentaire (EST, MG, H%, Protéines) dans 100 grammes de matière première.

◆ **Choix du taux d'incorporation à utiliser :**

Après avoir appliqué les équations précédentes, nous avons fabriqué 4 différents taux de lactosérum/eau (100/0, 90/10, 70/30, 50/50). Ces derniers ont soumis à un test d'appréciation afin de choisir le meilleur lait demi écrémé reconstitué à base du lactosérum acceptable pour l'ensemencement avec les ferments du l'ben pour les différentes analyses physico-chimiques.

1-2-2-3-Etude technico-commerciale et environnementale

La récupération et la gestion des lactosérums déversés en vrac non traités font de cette recherche un placement économique autant qu'écologique.

Cette étude nous a permis de voir l'effet positif de cette valorisation sur l'environnement et l'économie. Elle est calculée sur la base de données économiques nationales qui permettent d'estimer la quantité de fromage produite et la quantité de lactosérum émise en Algérie.

1-2-2-3-1-Etude technico-commerciale

Selon les prix des matières premières sur le marché national, le coût de production d'un kg (1000g) de l'ben est déterminé par la formule N°5 :

$$A = (\sum QMP * Pu) / QV \quad \rightarrow \quad 5$$

- **A** : Prix de revient pour les deux formules eau ou lactosérum ;
- **$\sum QMP$** : L'ensemble des quantités de matières premières utilisées ;
- **Pu** : Prix unitaire des matières premières/kg ;
- **QT** : Quantité totale de l'ben à produire.

Équation N°6 permet de calculer les taux de réductions des matières premières :

$$TRMP = 100 - (\sum QMP_L * 100) / \sum QMP_E \quad \rightarrow \quad 6$$

- **TRMP** : Taux de réductions des matières premières ;
- **$\sum QMP_L$** : L'ensemble des quantités de matières premières utilisées dans la formule-lactosérum ;
- **$\sum QMP_E$** : L'ensemble des quantités de matières premières utilisées dans la formule-eau.

Équation N° 7 permet de calculer l'amortissement du prix de revient de cette valorisation. On soustrait le prix de revient de deux formules : le prix de revient de la formule standard (la formule lactosérum actuelle), et le prix de revient de la nouvelle formule.

$$\text{TR} = [(\text{AF}_E - \text{AF}_L) / \text{PU}_E] * 100 \quad \rightarrow \quad 7$$

- **TR** : Taux de réduction de coût de revient de production du l'ben au lactosérum ;
- **AF_E** : Prix de revient de la formule-eau ;
- **AF_L** : Prix de revient de la formule-lactosérum ;
- **PU_E** : Prix unitaire de la formule standard (eau).

L'équation N°8 détermine combien d'argent est économisé lors de la récupération du lactosérum :

$$\text{Ed} = (\text{QL} * \Delta\text{P}) / 100 \quad \rightarrow \quad 8$$

- **Ed** : L'argent économisé dans la valorisation du lactosérum ;
- **QL** : Quantité totale de l'ben ;
- **ΔP** : Différence entre le prix de revient de la formule-eau et de la formule-lactosérum.

◆ Estimation des teneurs en matières utiles du lactosérum à valoriser

Le lactosérum peut être transformé en produits de valeur nutritionnelle importante et de bonne qualité, car il est riche en substances nutritives comme celles en trouve dans le lait cru (MG, lactose, protéines, MS...) ; on les récupère par la transformation de lactosérum.

En multipliant la quantité de chaque matière (MS, MG, lactose, etc.) contenue dans 1 kg du lactosérum par les quantités : annuelle (totale), valorisé (de substitution d'eau) et à valoriser (résiduaire) de ce dernier permet de déterminer les teneurs de chaque matière.

1-2-2-3-2- Estimation de l'effet environnemental de la valorisation du lactosérum

La valorisation du lactosérum est une voie très importante pour l'environnement, car elle permet de diminuer au maximum le risque de pollution provoquée par le lactosérum, qui est la substance la plus polluante issue de la fabrication du fromage rejeté dans les eaux résiduaires.

◆ Estimation de la pollution totale du lactosérum en l'équivalent habitant

Selon **YORGUN et al., (2008)** la demande biologique en oxygène (DBO) varie entre 40 000 et 60 000 mg/l. Selon (la référence) 1L de lactosérum égal à la pollution apporté par un habitant (1L du lactosérum=1EH), de ce fait la pollution annuelle de lactosérum exprimé en équivalent habitant est calculer comme suit :

$$P_{TEH} = Q(L)_{An} Lac \quad \rightarrow \quad 9$$

- P_{TEH} : Pollution total en équivalent habitant ;
- $Q(L)_{An} Lac$: Quantité en litre du lactosérum.

◆ Détermination du taux de réduction de pollution du lactosérum

L'impact environnemental positif de la valorisation du lactosérum, en équivalent habitant (EH), est estimé par la quantité de lactosérum de substitution en eau selon l'équation N°10 :

$$EH_{LS} = (QL_{an} * QE_{FE}) / QL_{FL} \quad \rightarrow \quad 10$$

- EH_{LS} : Equivalent pollution par habitant du lactosérum de substitution en eau ;
- QL_{an} : Quantité du Lactosérum régénérée annuellement ;
- QE_{FE} : Quantité d'eau utilisé dans la formule-eau ;
- QL_{FL} : Quantité du Lactosérum utilisé dans la formule-lactosérum.

◆ Estimation de la pollution résiduaire du lactosérum en l'équivalent habitant

La pollution résiduaire du lactosérum en équivalent habitant, est calculée par soustraction entre la pollution totale du lactosérum en l'équivalent habitant et le taux de réduction de pollution du lactosérum, selon l'équation suivante :

$$PR_{Lac}EH = P_{TEH} - EH_{LS} \quad \rightarrow \quad 11$$

- $PR_{Lac}EH$: La pollution résiduaire du lactosérum en l'équivalent habitant ;
- P_{TEH} : La Pollution total en équivalent habitant ;
- EH_{LS} : Equivalent pollution par habitant du lactosérum de substitution en eau.

1-2-2-4-Diagramme de fabrication de lait fermenté « l'ben »

Au niveau de laboratoire de la laiterie de DBK (STLD), nous a réalisé quatre préparations d'un litre chacune avec différents pourcentages de lactosérum (100%, 90%, 70% et 50%), tout en respectant les bonnes pratiques d'hygiène. Ensuite ils ont subi une pasteurisation 70°C/ 20 minutes avec un remuage en continu, ce dernier sera rapidement refroidi. Afin d'approuver l'efficacité du traitement thermique, un test de stérilité a été effectué sur gélose PCA.

Puis nous les ensemence avec des bactéries mésophiles et incubent à une température entre 30°C jusqu'à l'obtention d'une acidité de 85°D, en dernier les produits ont été refroidis à une température entre 4-6°C.

Le test de dégustation est réalisé avec le personnel du laboratoire de l'unité de DBK (STLD).

Le diagramme dans la figure 5 représente les différentes étapes de la fabrication du l'ben à base du lactosérum.

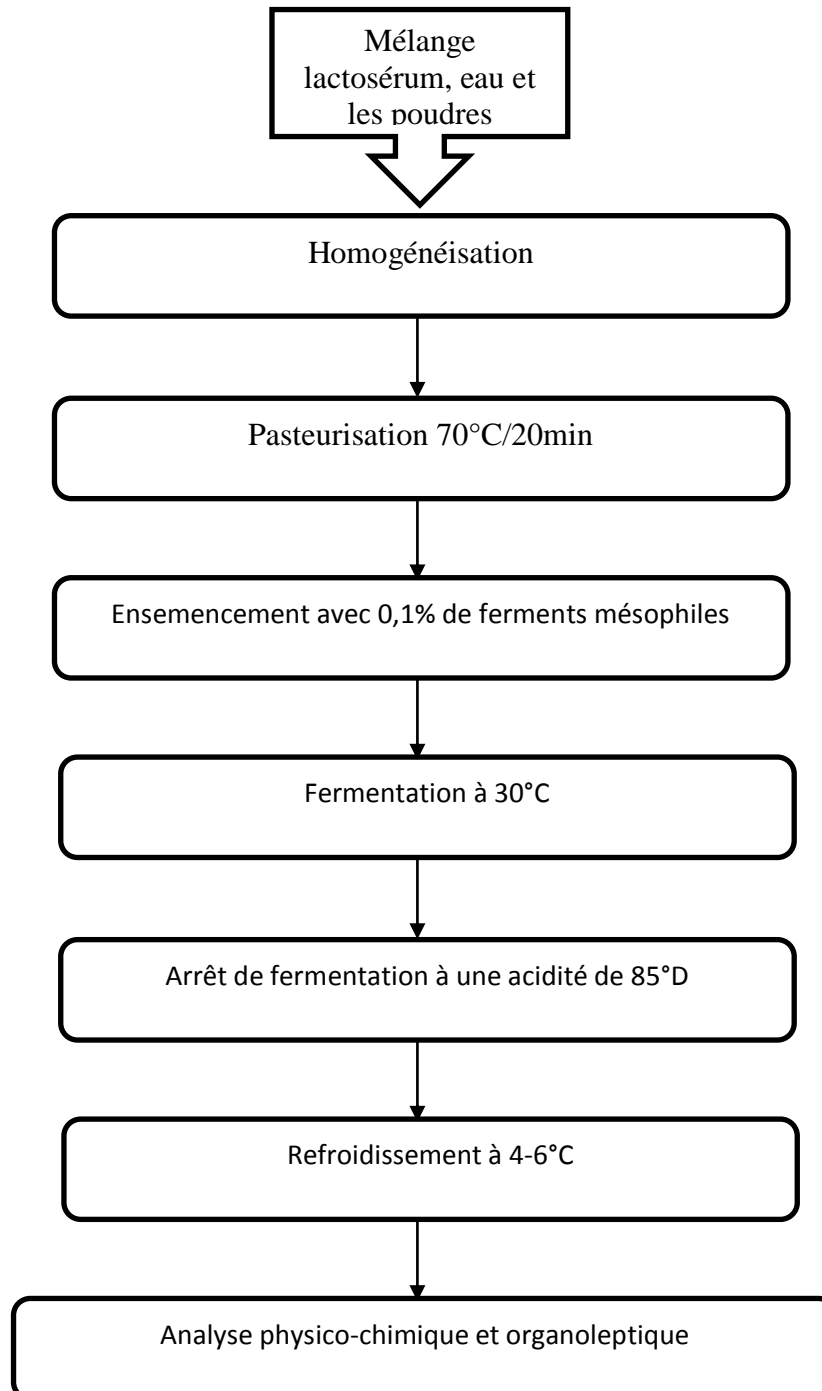


Figure 5 : Diagramme de fabrication de l'ben à base du lactosérum.

I-2-3-Méthodes d'analyses physico-chimiques du lait

I-2-3-1-Acidité titrable

Principe : L'acidité nous renseigne sur l'état de fraîcheur du lait. Cette acidité provient essentiellement de la teneur en acide lactique. Le lait ensuite peut s'acidifier progressivement sous l'action des ferments lactique qui transforment le lactose en acide lactique.

Mode opératoire

- ✓ Prélever 10 ml d'échantillon à doser ;
- ✓ Ajouter 2 gouttes de phénol-phtaléine (1%) ;
- ✓ Doser avec du NaOH (N/9) jusqu'à obtention d'une coloration rose persistante ;
- ✓ Noter le volume de NaOH versé.

$$AT \text{ (g/l)} = V * 10$$

- AT : Acidité titrable.
- V : Volume de NaOH utilisé en ml.

1°D = 0,1 g/l d'acide lactique.

I-2-3-2-Mesure de pH

Principe : La valeur du pH est un indicateur de l'état de fraîcheur aussi du lait, consiste à mesurer les ions H⁺ du produit à analyser à l'aide d'un pH-mètre à une température de 20°C.

Mode opératoire

- ✓ Etalonnage du pH-mètre par ajustement du cadre de lecture du pH à l'aide des solutions étalon de pH connu ;
- ✓ Immersion de l'électrode du pH mètre dans un bécher contenant le produit à analyser ;
- ✓ Lecture de la valeur du pH su l'écran de l'appareil.

I-2-3-3-Détermination de la densité et la température

Principe : Nous avons déterminé la densité de lait en moyen d'un aéromètre spécialement adapté que l'on appelle thermo-lactodensimètre.

Si la température n'est pas exactement de 20°C, il faudra corriger la densité lue.

Mode opératoire

- ✓ Bien mélanger le lait en évitant d'y incorporer des bulles d'air et de transvaser avec précaution dans une éprouvette de 250 ml environ propre et sèche ;
- ✓ Plonger doucement le densimètre en lui imprimant un mouvement de rotation. Après stabilisation, faire la lecture au bord supérieur du ménisque d'affleurement du lait avec la tige de l'appareil.

La correction de la densité : Se fait par l'équation suivante :

$$D (20^{\circ}\text{C}) = T^{\circ} - 20^{\circ}\text{C} * 0,2 + D$$

- **T** : La température lue sur le lactodensimètre.
- **D** : La densité lue sur le lactodensimètre.

I-2-3-4-Détermination de l'extrait sec total et l'humidité

Principe : C'est le résidu obtenu après évaporation complète d'eau de l'échantillon par la technique infrarouge.

Mode opératoire

- ✓ Tarer une coupelle ;
- ✓ Mettre 3g du produit à analyser dans la coupelle ;
- ✓ Régler le dessiccateur à 105°C ;
- ✓ Baisser le capot de l'appareil ;
- ✓ Après quelques minutes le résultat est affiché en pourcentage sur l'écran de l'appareil.

$$\text{EST} (\%) = 100 - \text{H}\%$$

Donc pour déterminer le taux d'humidité c'est avec l'équation suivante :

$$\text{H}\% = 100 - \text{EST}\%$$

I-2-3-5-Détermination de la matière grasse (MG) par la méthode de GERBER

Le dosage de la matière grasse du lait est d'une importance considérable dans l'industrie laitière. C'est, en effet l'un des paramètres de base du paiement du lait aux producteurs.

Principe : Dans un butyromètre nous ajoutons l'acide sulfurique à chaud (65°C) au lait. Nous séparons ensuite la MG libérée, par une centrifugation en présence d'alcool iso amylique.

Mode opératoire : Introduire dans un butyromètre de GERBER :

- ✓ 10 ml d'acide sulfurique à 91% ;
- ✓ 11 ml de lait ou d'autre produit laitier à analyser préalablement homogénéiser, la pipette inclinée à 45°, en évitant en particulier de provoquer des remous ;
- ✓ 1 ml d'alcool iso amylique sans mouiller le col du butyromètre ;
- ✓ Agiter les butyromètres en les tenant par la panse avec un chiffon car la température s'élève considérablement (80°C), jusqu'à disparition complète des grumeaux ;
- ✓ Placer les tubes opposés deux à deux dans la centrifugeuse, et lancer pendant 5 minutes la centrifugation ;
- ✓ Récupérer avec précaution les butyromètres.

Lecture : La lecture doit être effectuée en moins de 10 secondes sur un butyromètre dans lequel les phases sont parfaitement séparées.

Retirer un butyromètre en le tenant verticalement, pointe en air. On distingue nettement deux phases dont la supérieure contient la MG.

- On ajuste l'interface sur une graduation de zéro et on lit la différence entre la graduation supérieure et la graduation inférieure en manipulant avec précaution le bouchon.

I-2-3-6-Détermination de la teneur en protéines (Lactoscan Funk-Gerber)

Le Lactoscan Funk-Gerber (figure 6) est un analyseur du lait qui a été utilisé pour le dosage des protéines du lactosérum et des laits (lait de vache demi-écrémé, reconstitué à base d'eau et reconstitué à base du lactosérum). L'appareil contient 3 pompes : la pompe de mesure, la pompe de rinçage et la pompe de nettoyage. Le lactoscan utilise un échantillon de lait de 12 ml et le fait passer dans des capteurs thermiques et optiques pour obtenir les résultats. Les protéines sont déterminées à l'aide d'une cellule de mesure qui est équipée d'impédance/turbidité combinées à l'aide de 4 longueurs d'onde optiques différentes (BlueBox).

Mode opératoire

- ✓ Introduire une quantité d'environ 15 ml de lait dans un bécher et le mettre dans son emplacement adapté puis l'appareil aspire le lait.
- ✓ Après quelques minutes les résultats sont affichés sur l'écran de l'appareil en pourcentage.

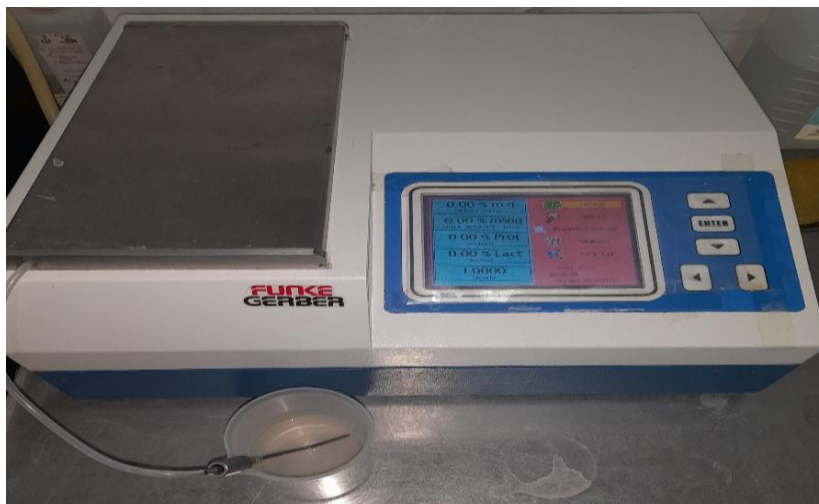


Figure 6 : Lactostan (Funk-Gerber).

I-2-4-Analyses de l'eau de process

I-2-4-1-Mesure de pH

- ✓ Dans un bécher contenant de l'eau, introduire directement l'électrode de pH mètre (après avoir déjà étalonné).

Lecture : La valeur de pH est lue directement sur l'écran de pH mètre.

I-2-4-2-Détermination de titre alcalimétrique (TA)

Principe : La mesure de TA permet de déterminer la teneur en carbonate. Cette mesure est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par acide minérale dilué en présence d'un indicateur coloré (phénol phtaléine).

Mode opératoire

- ✓ Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un bécher ;
- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes de phénol phtaléine.

Lecture

- Absence de la coloration rose \longrightarrow TA = 0°F ;
- Apparition d'une coloration rose \longrightarrow TA > 0°F l'eau alcaline, dans ce cas on procède à une titration par l'acide sulfurique (N/2) jusqu'à la disparition complète de la couleur rose.

Méthode de calcul : TA est exprimé en degrés Français selon la formule suivante :

$$\text{TA (}^\circ\text{F)} = V \cdot 5$$

- V : volume de H₂SO₄ en ml utilisé pour le titrage.

I-2-4-3-Détermination de titre alcalimétrique complet (TAC)

Principe : La mesure de TAC permet la détermination de la teneur en alcalin libre et en bicarbonate. Elle est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide minérale dilué en présence d'un indicateur coloré, elle se traduit par le virage du jaune à l'orange.

Mode opératoire

- ✓ Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un bécher ;
- ✓ Ajouter 2 gouttes de méthyle orange ;
- ✓ Titrer avec H₂SO₄ (N/2) jusqu'au virage du jaune à l'orange.

Méthode de calcul : Le TAC est exprimé en degrés Français, il est donné sous la forme suivante :

$$\text{TAC (}^\circ\text{F)} = V \cdot 5$$

V : volume de H₂SO₄ en ml utilisé pour le titrage.

I-2-4-4-Détermination de titre hydrométrique (TH)

Principe : C'est la détermination de la dureté de l'eau qui est due essentiellement aux ions Ca²⁺ et Mg²⁺ ; cette méthode consiste au titrage des ions de calcium et magnésium par une solution du sel di-sodique de l'acide Ethylène-Diamine-Tétra-Acétique (EDTA) en présence d'un indicateur de couleur le Noir d'Eriochrome T (NET).

Mode opératoire

- ✓ Rincer l'éprouvette avec l'eau à analyser et la remplir jusqu'à 5 ml ;
- ✓ Ajouter 1 à 2 gouttes de Noir d'Eriochrome T (NET) et agiter.

Lecture

- L'eau devient rouge donc il y'a présence de la dureté qui est supérieur à 3 ppm CaCO_3 ;
- L'eau devient bleue signifie que la dureté est absente ;
- En présence d'environ :
 - 1 ppm de CaCO_3 l'eau devient violette ;
 - 2 ppm de CaCO_3 l'eau devient grise ;
 - 2 à 3 ppm CaCO_3 l'eau devient rosâtre ;
- Ajouter goutte à goutte la solution EDTA en agitant le contenu après chaque adjonction ;
- Compter les gouttes jusqu'au changement de couleur, le rouge virant au bleu ;
- Chaque goutte employée correspond à 1 degré de dureté française ;
- En cas d'une eau peu dureté ; remplir l'éprouvette jusqu'à 10 ml et ajouter 2 à 4 gouttes d'indicateur ;
- Chaque goutte de solution d'EDTA employé correspond en ce cas à 0,5 degré de dureté français.

I-2-5-Analyse sensorielle

Le profil sensoriel consiste à détailler l'ensemble les propriétés sensorielles des 3 produits finis, ces indicateurs sont basés sur les cinq sens pour avoir une carte d'identité des produits ; notamment par la mesure de l'intensité des prescripteurs, pour atteindre à identifier les qualités spécifiques.

On a déterminé notre objectif qui est l'identification des préférences des dégustateurs pour élaborer le meilleur produit. Pour cela, une journée a été prise pour effectuer ce test au niveau de l'usine « STLD » dans une grande salle composée de 3 parties.

- La première partie : C'est la préparation des échantillons, dans des ustensiles similaires pour tous les échantillons (bocaux en verre) et l'étiquetage.
- Deuxième partie : C'est la partie de dégustation où chacun a sa place, sa table, les produits à déguster et un gobelet remplis d'eau avec présentation d'un crachoir à côté.

Le principe c'est que derrière chaque dégustation aura un rinçage de bouche avec du l'eau, dont ils répondent sur la fiche distribuée et chacun a son propre avis.

- La dernière partie : C'est où on confronte notre expérience et nos perceptions.

La fiche distribuée, consiste des cases de tous les caractères sensoriels des produits et des cases vides pour cocher les préférences de panel, par apport au panel (groupe de personnes) on a pris 17 personnes dont 2 ces des experts de l'usine et 15 sont des ouvriers normaux.

Partie III :
Résultats et
discussion

1-Résultats des analyses physico-chimiques

Tous les résultats obtenus après nos expériences précédentes sur le lait demi écrémé, la poudre de lait, lactosérum, lait reconstitué à base d'eau et à base de lactosérum et l'eau de traite sont regroupés dans des tableaux.

1-1-Résultats des analyses physico-chimiques du lait demi écrémé

Nous avons fait une analyse sur le lait demi écrémé à titre de comparaison, où nous avons considéré le lait demi écrémé comme une source de référence pour comparer les résultats obtenus avec celle de lait reconstitué à base de lactosérum et à base d'eau. Les résultats de cette analyse sont regroupés dans le tableau XIII :

Tableau XIII : Résultats des analyses physico-chimiques du lait demi écrémé.

Paramètres	lait demi écrémé	Normes	Références
Densité	1,014	/	(FEINBERG et ALAIS, 1987)
pH	6,80	6,84	
Acidité (D°)	16	16	
MG (g/l)	14,10	15,45	
EST (%)	10	10,4	
H (%)	87,14	89,6	
Protéine (%)	3,11	3,19	

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, nous montrent qu'elles sont très proches aux normes.

1-2-Résultats des analyses physico-chimiques du lactosérum

Les valeurs indiquées dans le tableau XIV représentent les résultats de l'analyse du lactosérum provenant de la fabrication de fromage type gouda.

Tableau XIV : Résultats des analyses physico-chimiques du lactosérum.

Paramètres	Lactosérum	Travaux (SOTTIEZ, 1985) sur le lactosérum
Densité	1,024	/
pH	6,33	6,5 – 6,7
Acidité (D°)	12	≥12
MG (%)	4,3	1%
EST (%)	6,06	5 – 6,5%
H (%)	93,94	93,5 – 95%
Protéine (%)	0,9	1,2 – 1,35%

Nous constatons que les résultats obtenus sont conformes par rapport aux valeurs de référence prouvée par **SOTTIEZ (1985)**.

La teneur en eau de lactosérum est très importante, elle est de l'ordre de 93,94% ; par conséquent il est indispensable de procéder à son utilisation ou son traitement rapidement.

Les résultats obtenus mettent en évidence la richesse du lactosérum en matière grasse par rapport à celle de (SOTTIEZ, 1985), cette richesse nous permettra de réduire la quantité de poudre ajoutée afin d'atteindre la valeur souhaitable de matière grasse dans le lait fermenté.

1-3-Résultats des analyses physico-chimiques des poudres du lait 0% et 26%

Le tableau ci-dessus représente les résultats des analyses physico-chimiques des poudres de lait (P0% et P26%) ; nous montre qu'elles sont conformes à celle de l'AFNOR.

Tableau XV : Résultat d'analyse physico-chimique des poudres de lait 0% et 26% de MG.

Paramètres	Poudre à 0% de MG	Poudre à 26% de MG	Norme d'AFNOR
Ph	6,83	6,7	6,5 à 6,75
Acidité	16,5	13	Entre 15 à 18°D
MG%	0,7	26	0% et 30%
EST%	95,88	97,15	≥96%
H%	4,12	2,85	≤4
Protéine%	31,25	26	26-28%(P26) 34% min (P0)

Vue les différentes valeurs d'analyse accomplit tel que la teneur en eau "l'humidité " pour une valeur de 2,85 qui respecte la norme (<4), et la valeur du pH pour la P26% est de 6,67 et concernent la P0% est de 6,67 également respecte l'intervalle de l'AFNOR (6,5-6,75). Pour la matière grasse fait partie aussi de l'intervalle (0%-30%) où on a trouvé 0 pour la P0 %et 26 pour la P26%.

Les résultats obtenus montrent que les poudres utilisées sont de bonne qualité.

1-4-Les résultats des analyses physico-chimiques de L'eau du process

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau du process sont regroupés dans le tableau XVI.

Tableau XVI : Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau du process.

Paramètre	La moyenne	Norme AFNOR (2010)
pH	7,48	6,8 à 8,5
TA (°F)	0,1	0
TAC (°F)	20,33	Max 50
TH (°F)	19,12	Max 60

Un pH inférieur à 7 peut provoquer une corrosion du métal et des fuites dans les tuyaux, ce qui peut entraîner une contamination et peut donner un goût amer au produit.

Les valeurs relatives du TA et du TAC permettent de connaître les teneurs en hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates alcalins et alcalinoterreux contenus dans l'eau.

Le titre hydrotimétrique, ou dureté de l'eau, entre 20 et 40 est considérée comme assez dure. Entre 40 et 60, c'est une eau dure. Plus de 60 correspond à une eau très dure. On considère que la dureté idéale se situe entre 10 et 20 TH.

Les résultats, obtenus sont satisfaisantes, répondent à nos exigences et aux normes fixées par l'AFNOR.

2-Les résultats de la simulation

2-1-Résultats de test d'appréciation des différents taux d'incorporation du lactosérum

Après avoir fait un test d'appréciation sur les 4 laits reconstitué à des différents taux d'incorporation du mélange lactosérum/eau ; à l'aide d'un expert de dégustation et le responsable de laboratoire, ont constaté que le lait reconstitué à 70% du lactosérum est le plus apprécié grâce à son goût et sa texture ainsi sa forte similarité au lait de vache demi écrémé.

2-2-Les résultats des analyses physico-chimiques des trois produits finis

La comparaison des résultats physico-chimiques obtenus avec les analyses de la simulation montre qu'il n'y a pas de différence entre les valeurs. Les résultats théoriques sont adjacents à ceux de la pratique.

À partir des résultats physico chimiques des 3 produits finis du l'ben fabriqué, nous remarquons un rapprochement et une conformité des valeurs indiquées dans le tableau XVII.

Tableau XVII : Résultats d'analyse physico-chimique des trois produits fini.

	Acidité (°D)	PH	MG (g/l)	EST (g/l)	Humidité %
L'ben à base de lait demi écrémé	82	4,16	15	103,8	89,62
L'ben à base d'eau	80	4,35	13,23	112,5	89,75
L'ben à base de lactosérum	85	4,42	18	115,3	88,47

Les résultats témoignent qu'il n'y a pas de différence entre les 3 différentes formules, bien que dans une formule nous avons remplacé l'eau par le lactosérum.

L'analogie et le conformisme entre ces 3 formules, dû à la richesse du lactosérum en matière importante (protéines, matière sèche etc...) et en matière hydrique qui permet d'accomplir le manque de certaines substances et enrichir la formule ; ainsi qu'élaboré un nouveau produit de haute qualité nutritionnelle et organoleptique à moindre coût.

Le but de cette recherche consiste à s'intéresser à la valorisation du lactosérum en remplaçant l'eau par ce dernier, sans le changement des paramètres physico-chimiques du produit.

Les résultats assurent qu'il n'y a pas une différence significative entre les 3 l'ben par apport au paramètre tel que (EST, H%). Donc nous avons arrivé à notre objectif visé dès le départ : garder les mêmes caractéristiques physico-chimiques.

2-3-Les résultats techno-commerciaux

Tableau XVIII : Les quantités et le coût de poudre avant et après la valorisation.

	Avant la valorisation	Après la valorisation	Taux de réduction
Quantités de P26 (Kg)	57,69230769	39,26786325	18,42444444
Quantités de P0 (Kg)	45,8405539	0,25792493	45,58262897
Le coût annuel (DA)	43,70517233	15,82321152	27,88196081

Après avoir analysé le tableau ci-dessus, nous remarquons d'après les résultats obtenus que notre préparation présente un grand avantage sur le niveau techno-commercial ; l'entreprise peut dégager un bénéfice de l'ordre de 27,88196081 DA pour chaque 1 Kg, ce qui présente un amortissement de charge avec un pourcentage très perceptible.

L'ajout de lactosérum à notre préparation lui a apporté une quantité de matières grasses et sèches suffisante, ce qui nous a permis de réduire la quantité des poudres.

Ce que nous pouvons conclure de ces résultats, le lactosérum pourra donc améliorer le chiffre d'affaire des industries alimentaires, et adopter cette nouvelle recette afin de diminuer la facture d'achat des poudres, ainsi que de réduire la quantité d'eau utilisé et de l'économiser.

L'intérêt économique de cette étude est qu'elle peut être suivie par les industries agro-alimentaires algériennes à l'aide des exigences de la mise en valeur de lactosérum avec des lois strictes qui interdisant de jeter ce dernier dans la nature.

2-4-Aspect environnemental

Les quantités de lactosérum utilisées au niveau national pour la fabrication de 100 tonnes de fromage sont présentées dans le tableau XIX :

Tableau XIX : Estimation des quantités annuelles du lactosérum régénéré et de fromage produit.

Quantité du fromage produite annuelle en Algérie (Tonne)		
Fromage tous types		5215
Fromage fondu		4172
Quantité du lactosérum régénérée annuellement et le rendement fromagère de référence		
	Tonne	Litre
Lactosérum produite annuellement	938,7	909593,023255814
Quantité de lactosérum comme remplaçant	878,348502906977	851112,890413737
Taux de substitution en eau	54,6026730965538	52909,566954025

Le tableau ci-dessus montre que la quantité du lactosérum à valoriser annuellement est d'environ 851112 litre ; sachant que 1litre de lactosérum rejeté dans la nature est l'équivalent de pollution causée par 1 habitant, donc une pollution de 851112 habitants/an, qui dans notre étude a été incorporé dans le lait fermenté au lieu de le rejeter dans la nature.

L'objectif fixé dans notre étude est de valoriser et de réutiliser le lactosérum lors de la préparation des laits fermentés pour éviter leur exclusion dans la nature, de cette façon nous parvenons à réduire la pollution et les dommages causés par ce dernier.

Cette étude permet de récupérer des éléments nutritifs contenus dans le lactosérum brut (EST, MG, protéines), ces éléments biochimiques peuvent être utilisés soit à l'état brut ou après une lyophilisation. Le tableau XX présente leurs quantités annuelles.

Tableau XX : Les quantités des matières utiles régénérées par le lactosérum.

Kg	sans valorisation	avec valorisation	Résiduaire
Quantité de MS	60351,4970930232	56471,3402789515	3880,15681407179
Quantité de protéine	8448,3	7905,13652616279	543,163473837209
Quantité de MG	1819,18604651163	1702,22578082747	116,960265684153

Les résultats des caractéristiques physico-chimiques utilisées dans cette étude, nous permettons d'estimer les quantités élémentaires du tableau ci-dessus, nous constatons qu'une quantité importante des éléments nutritifs qui, avant, finissent dans les eaux usées (EST=60351,4970930232 ; MG = 1819,18604651163 ; protéine = 8448,3), en amant, ces derniers peuvent être utilisés dans de nouvelles formulation par les industries alimentaires.

2-5-Les résultats d'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle apporte des réponses à toutes sortes de questions, en bien la conception ou la rénovation d'un produit.

Le panel de dégustation est composé de 17 personnes, une journée était organisée de façon que chaque personne qui déguste puisse donner son propre opinion, grâce à ces sens et chaque personne est libre de son choix.

Ce test permet de prouver que le produit élaboré de la valorisation du lactosérum dans la fabrication d'un lait fermenté l'ben, n'endommage pas les caractères organoleptiques de produit de base comme citer dans notre étude.

Nous avons fait une comparaison des résultats obtenus grâce aux avis du panel à propos des 3 produits finis et nous avons pu constater une légère déférence entre les résultats et une appréciation de tous les produits.

Nous remarquons une estimation des dégustateurs concernant le produit préparé à base du lactosérum, qui a reçu une domination d'avis positifs d'acceptation et d'appréciation.

Les réponses des participants basés sur les questions données pour le panel (couleur, odeur, texture, goût acide et amertume) et les résultats sont regroupées dans le tableau XXI.

Tableau XXI : Résultats de l'analyse sensoriel.

Caractère organoleptique	Sensation	L'ben à base de lait de vache demi écrémé	L'ben à base d'eau	L'ben à base de lactosérum	Dominance		
					L'ben à base de lait demi écrémé (%)	L'ben à base d'eau (%)	L'ben à base de lactosérum (%)
Couleur	Blanche	16	15	16	94,11	88,23	94,11
	Blanche cassée	1	2	1			
	Blanche jaune	0	0	0			
	Jaune	0	0	0			
Odeur	Absence	0	0	0	58,82	52,94	52,94
	Faible	10	7	6			
	Moyenne	6	9	9			
	Fort	1	1	2			
	Très forte	0	0	0			
Texture	Non homogène	0	0	0	76,47	35,29	82,35
	Faiblement homogène	2	5	1			
	Moyennement homogène	2	6	2			
	Homogène	13	6	14			
Gout acide	Absent	10	9	11	58,82	52,94	64,70
	Faible	4	5	3			
	Moyenne	2	2	2			
	Fort	1	1	1			
	Très fort	0	0	0			
Amertume	Absent	7	9	16	41,17	52,94	94,12
	Faible	7	4	1			
	Moyenne	1	3	0			
	Fort	2	0	0			

Préférence

-L'ben à base de lactosérum : 77,64. -L'ben à base de lait de vache demi écrémé : 57,87. -L'ben à base d'eau : 56,48.

Conclusion

Conclusion

Le lactosérum produit par les unités de production de lait et de fromages est parmi les rejets les plus polluants pour l'environnement. Cette charge polluante est due à la composition organique et minéralogique de ce dernier. Pour cela, sa valorisation est nécessaire afin de limiter le problème de pollution environnementale engendrée par ce sous-produit, d'autre part, diminuer la facture d'achat en poudre.

Le développement de nouvelles technologies pour la valorisation du lactosérum est nécessaire, surtout que les quantités produites par les fromageries ne cessent d'augmenter au fil des années.

Le but de notre travail c'est de remplacer l'eau par le lactosérum, après avoir suivi une recette inférée d'un modèle mathématique appliqué sur Excel, nous avons pu déterminer la quantité idéale d'eau remplacée par le lactosérum, et le taux d'incorporation de poudre dans notre recherche.

Vu la richesse du lactosérum en éléments nutritifs, notre étude est intéressée à la valorisation de ce dernier dans une formulation d'un lait fermenté « l'ben », par remplacement partiel d'eau (70% de lactosérum, 30% d'eau).

De plus, un test de dégustation est utilisé dans l'analyse sensorielle : goût, odeur et couleur. Les produits ont été testés et les dégustateurs nous ont montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre les caractères organoleptiques de produit testé à 70% de lactosérum et 100% de lait.

Les analyses menées au laboratoire ont porté sur l'analyse de la qualité physico-chimique de lactosérum issu de la laiterie « STLD », représente un sous-produit de très bonne valeur alimentaire. En effet, il renferme une quantité assez importante de matière sèche avec laquelle nous déterminons le pourcentage d'incorporation de poudre et le taux de bénéfice après la diminution de cette dernière qui est de 27,88196081 DA pour chaque 1 Kg.

La valorisation de lactosérum et son utilisation dans l'élaboration des produits alimentaires tel que l'ben conduit à :

- ▶ Diminuer la pollution de l'environnement aquatique ;
- ▶ L'augmentation de la valeur nutritive de l'ben ;
- ▶ Economiser la poudre de lait.

Références bibliographiques

Référence bibliographique

A

- **ADESIYUN A. A. (1994).** Bacteriological quality and associated public health risk of preprocessed bovine milk in Trinidad. *Int. J. Food Microbiol.* 21 : 253-261 .
- **ADRIAN J., LEGRAND G et FRANGNE R, (1991).** *Dictionnaire de Biochimie Alimentaire et de Nutrition.* Tec et doc. Lavoisier. 3ème édition : 116p.
- **AGNES N, (1986).** *Production des protéines à partir de lactosérum brut.* Thèse de 3ème cycle, université de Lyon, France.
- **ALAIS C, (1984).** Sciences du lait : principes des techniques laitiers, 4ème édition Paris : Edition SEPAIC, 814p.
- **ALVES M. P., MOREIRA R. de O., JUNIOR P. H. R., MARTINS M. C. de F., PERRONE Í. T et CARVALHO A.F, (2014).** Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos .*Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes.* 69(3), p 212–226. Disponible sur : <http://doi.org/10.14295/2238-6416.v69i3.341>
- **AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R & TURGEON. H, (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In **VIGNOLA C.L.** Science et technologie du lait Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN : 3-25-29 (600 pages).
- **AVEZARD C.L et LABELLEE J, (1990).** Laits et produits laitiers recombines, In LUQUEE FIM Laits et produits laitiers vache brebis chèvre. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, pages637.

B

- **BEN AMOR K., CORNELIENS C., MAHJOUB A. et THONART P., (1989).** Identification de la flore lactique du lait fermenté traditionnel tunisien. Ed. Association africaine de microbiologie et d'hygiène alimentaire, Sousse, Tunisie, pp. 54-55.
- **BENKERROUM N et TAMIME A.Y., (2004).** Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (Iben, Jben, Smen) to small industrial scale. *Journal of food Microbiology.*21, 399-413.
- **BERGEL D., FERON A et MOLLICA, (2004).** CRESO -- UMR 6590 CNRS n° 21. Université De Caen Eso.
- **BONFOH B., WASEM A., TRAORR A.N., FANE A., SPILLMANN H., SIMBE C.F., ALFAROUKH I.O., NICOLET J., FARAH Z., and ZINSSTAG J. (2003).** Microbiological quality of cow's milk taken at different intervals from the udder to the selling point in Bamako (Mali). *Food Control.* 14 (7): 495-500.

Référence bibliographique

- **BOUDIER K et LUQUET N., (1980).** le lait source d'ingrédients performant et versatiles journal of agriculture food, Canada. 1233 -1246.
- **BOURGEOIS C et LARPENT J. P., (1981).** Microbiologie alimentaire : les fermentations alimentaires. Paris : APRIA, Ed. Lavoisier. Tec et Doc, 334p.
- **BOTOFONJA GINA K, (1994).** Etude de l'activité acidifiante de *Streptococcus salivarius thermophilus* et *Lactobacillus delbruckii ssp bulgaricus* et croissance d'un ferment lactique sur lactosérum. Mémoire d'ingénieur en technologie des industries agro-alimentaires, INA, El-Harrach. Alger, 90p.
- **BYLUND G., (1995).** *Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86*, Lund, Sweden: 18-23-381(436 pages).

C

- **CHEFTEL J.C ET CHEFTEL H, (1976).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Ed Tec et Doc Lavoisier, Paris, pp 4-56.
- **CHERYAN M, (1998).** *Ultrafiltration and microfiltration handbook, thechnomic publishing company.* Lancaster, PA.

D

- **DE LA FUENTE M.A., HEMAR Y., TAMEHANE M., MUNRO P.A et SINGH H, (2002).** *Process Induced changes in whey proteins during the manufacture of whey protein Concentrates. International dairy journal* 12, p 361-369.

F

- **FAO / OMS. (2000).** Codex Alimentarius Lait et produit laitiers, 2ème édition - Rome : FAO ; OMS- 136p.
- **F.A.O/O.M.S, (2011).** Codex Alimentarius STAN 207-1999 : Lait et produits laitiers, deuxième édition, Rome, Italie, pp1.5. [Consulté le26/03/2020].Disponible à l'adresse : <http://www.fao.org/3/a-i2085f.pdf>.
- **FAO, (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. In Alimentation et nutrition. [en ligne].
- **FEINGERG et ALIAS, (1987).** Réparation générale des aliments, table de comparaison des produits laitiers. ED-Tec et DOC, Lavoisier.

G

- **Guiraud J. P. (1988) :** Analyse du lait, microbiologie alimentaire, ed : dunod, Paris .651p.
- **GOSTA, (1995).** CD manuel de transformation du lait, Ed Tetra pack processing systems, AB Sweden, pp 215-232.

Référence bibliographique

H

- **HAMZA A.D, (1996).** Contribution à l'étude de la qualité des laits caillés du Niger. Thèse : Méd.Vét. : Dakar ; 12.
- **HANZENCH, (1999).** Pathologie de la glande mammaire de la vache laitière : Aspects individuels et d'élevage. 4ème Edition Université de Liège.
- **HARRATI E, (1974).** Recherche sur Lben et le Klila Algériens. Thèse de Doctorat 3ème cycle. INA. EL Harrach.

J

- **JORA N°69. (1993).** Arrêté interministériel du 18 août 1993 relatif aux spécifications et a la présentation de certains laits de consommation, pp16-20.
- **JEAN C., et DIJON C., (1993).** Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.

K

- **KINSELLA J. E., & WHITEHEAD D. M., (1989).** Proteins in whey: chemical, physical, and functional properties. In *Advances in food and nutrition, research* (Vol. 33, pp. 343-438). Academic Press.
- **KOAME-SINA S., BASSA A., DADIE A., KMATITA K., GRACE D., DJE M. Et BONFOH B, (2010).** Analyse des risques microbiens du lait cru local à Abidjan (Côte d'Ivoire).

L

- **LAPLANCHE J, (2004).** *Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lait de compost.* Revue suisse Agric., 36(5), p 220-224.
- **LAPOINTE-VIGNOLA C, (2002).** *Science et technologie du lait : transformation du lait.* Presses inter Polytechnique.
- **LINDEN G., & LORIENT D., (1994).** Valorisation alimentaire de la production agricole.
- **LUQUET F. M, (1985).** Lait et produits laitiers : vache, brebis, et chèvre. ED. TEC et DOC. Lavoisier, Paris. 637p.
- **LUQUET F.M, (1990) :** Lait et produits laitiers : vache brebis, chèvre. ED. TEC et DOC. Lavoisier, Paris. 445p.
- **LUQUET F.M, (1986).** Lait et les produits laitiers : vache, brebis, chèvre. ED.TEC et DOC. Lavoisier, Paris, T3, 445P.
- **LUQUET F.M, (1990).** Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Tome 2. Paris : Techniques et documentation-Lavoisier, 621p.

Référence bibliographique

- **LUQUET F.M, (1990).** Lait et produits laitiers, vache brebis, chèvre : Transformation et technologie. ED. TEC et DOC. Lavoisier, Paris, Tome 2 ,637 p.

M

- **MAHAUT et al., (2003).** Initiation à la technologie fromagère, édition Tec & Doc Lavoisier. Paris, 194p.
- **MATHIEU J, (1998) :** Initiation à la physicochimie du lait, ed : tec et doc, Lavoisier, Paris.
- **BENAISSA M, (2018).** Valorisation Du Lactosérum Par Les Bactéries Lactiques. Thèse De doctorat En sciences spécialité : Biotechnologie option Ecosystèmes Microbiens Complexes. Université D'Oran Ahmed Ben Bella Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie département De Biotechnologie.
- **MEREO M, (1971).** Utilisations industrielles de sérums de fromagerie. *Indus Aliment Agr.*
- **MINISTERE DU COMMERCE.** Arrêté interministériel du 24 Moharram 1418 correspond au 31 mai 1997 relatif aux spécifications techniques des laits e poudre et aux conditions et modalités de leur présentation. Journal officiel, n°55 du 17 Rabei Ethani 1418 correspond au 20 août 1997, p 14.
- **MOLETTA, R, (2002).** *Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA.* Paris : Tech et Doc, 600p.
- **MORR C.V et HA E.Y.W, (1993).** *Whey protein concentrates and isolates processing and Functional properties.* Critical reviews in food science and nutrition, 33 (6), pp431- 476.
- **MORR C. V, (1989).** Wheyproteins: manufacture. *Developments in dairychemistry,* 4(6), 245-284.
- **MULLER A, (2003).** Bernard Chaufer, Uzierin, Georges Daufin; prepurification of alpha actalbuminewith UF ceraic membranes fromacidcaseinwhey: study of operating conditions .lait 83, 111-129.

N

- **N'DIAYE S.M et SISSOKO A.M, (2003).** Etude physico-chimique, microbiologique et nutritionnelle des ingrédients du lait au niveau de l'unité de Boudouaou. Université des sciences et de la technologie, Algérie, 37 p.
- **NEVILLE M.C et JENSEN R.G., (1995):** the physical properties of humain and bovine milks In **JENSEN R.,** Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc: 82 (919 pages).

O

- **OMAR S et SABRY S., (1991).** Microbial biomass and protein production from whey. *Journal of Islamic Academy of Sciences,* 4: 170-172.

Référence bibliographique

P

- **PAQUIN P, (2004).** *Etude du potentiel de marché des ingrédients protéiques laitiers au Canada.* Université Laval. p84.
- **POUGHEON S et GOURSAUD J., (2001).** Le lait caractéristiques physicochimiques In DEBRY G., Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).

S

- **SEYDI M, (2004).** Caractéristiques du lait cru. EISMV, laboratoire HIDAOA, 12p.
- **SMITHERS G.W, (2008).** *Whey and Whey Protein.* From “Gutter-to-Gold”. International Dairy Journal, 18, 695-704.
- **SOTTIEZ P, (1990).** *Produit dérivés des fabrications fromagères, lait et produits laitiers,* tome 2. Ed ; Lavoisier, Paris. (1990), pp 357- 392.

T

- **TANTAOUI-ELARAKI A, BERRADA M., ELMARRAKCHI A et BERRAMOU A, (1983).** Préparation du lben marocain pasteurisé à l’aide de souches bactériennes sélectionnées. Actes inst. Agro. Vet. 3. pp.234.
- **TANTAOUI-ELARAKI A, (1987).** Study of Moroccan dairy products: lben and smen. Volume 3, pp 211-220.

V

- **VIGNOLA C. L, (2002).** Science et Technologie du Lait : Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada, pages 600.
- **VIOLLEAU V, (1999).** Valorisation du lactosérum par électrodialyse. Thèse de doctorat. Montpellier.
- **VISSER R.A., NAN DEN BOS M.J. et FERGUSON W.P, (1988).** *Lactose and chemical Derivates.* Buls of I.D.F, n°233, pp: 33-44.
- **VRIGNAUD Y, (1983).** Valorisation du lactosérum, une longue histoire. Revue laitière Française, (422), 41-46.

W

- **WOO A, (2002).** *La grande diversité du lactosérum .* Agriculture et Agro-Alimentaire Canada, p3 -13.

Site web

- <https://www.palamaticprocess.fr/poudre-de-lait>

Annexes

Annexe A :

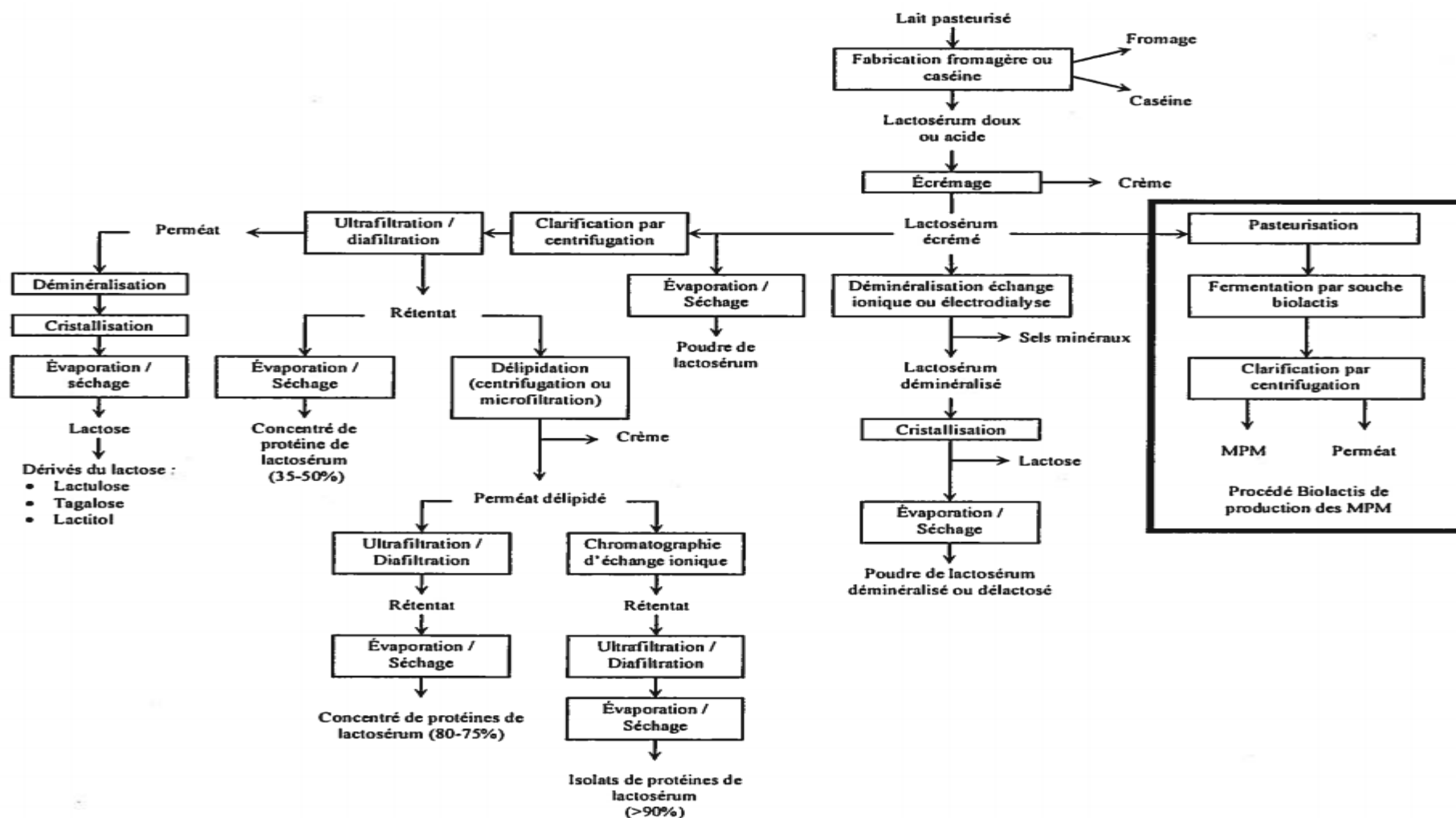


Figure A1 : Procédés et traitements utilisés pour la valorisation du lactosérum et de ses sous-produits (PAQUIN, 2004).

Annexe B : Quelques types de lait fermenté.



**Dahi d'origine indien
légèrement acidulé**



**Le kéfir d'origine
caucasienne**



**Le yaourt produit ferme ou
brassé**



**Le viili originaire de Finlande
produit visqueux au goût
acidulé**



**Lait ribot origine d France
lait fermenté au goût acidulé**

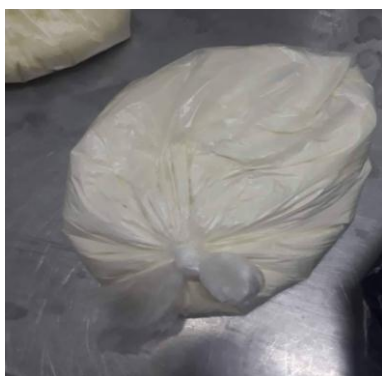


**Lben originaire du
moyen-Orient**

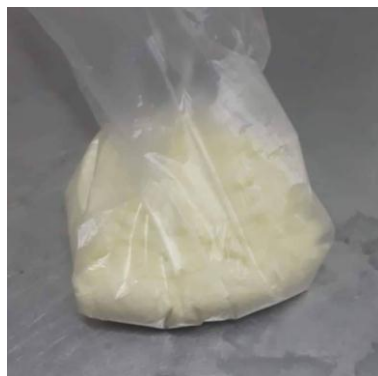
Annexe C : Les trois produits fini.



Annexe D : Les ingrédients utilisés.



(La poudre P0%)



(La poudre P26%)

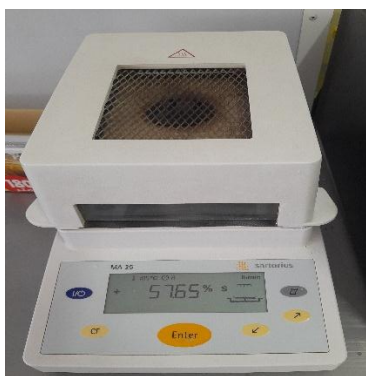


(Le lactosérum)

Annexe E : Le materiel utilisé.



(Burette gradué)



(Dessiccateur infra-rouge)



(Butyromètre de GERBER)



(pH-mètre)



(Lactoscan Funk-Gerber)



(Balance analytique)

Annexe F : Produits chimiques.



(Acide sulfurique)



(Alcool iso-amylique)