

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université M'hamed Bougara Boumerdés

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Département : Technologie Alimentaire

Filière : Génie des Procédés

Option : Génie des Industries Alimentaires

### THEME

## Valorisation de lactosérum doux par son incorporation dans la fabrication de l'ben

Soutenu le : 09/07/2017

par : Djemat Fatma

• Jury de soutenance:

Présidente	:	M <sup>me</sup> Talantikit.S	MCB(UMBB)
Examinatrice	:	M <sup>lle</sup> Haderbeche.L	MAA(UMBB)
Examinatrice	:	M <sup>r</sup> Zidani.S	MCB(UMBB)
Promotrice	:	M <sup>me</sup> YELLES .F	MAA(UMBB)

Promotion 2016/2017

# REMIRCIEMENT

Nous commençant tout d'abord par rendre grâce à ALLAH, le tout puissant de nous avoir illuminé et ouvert les portes de savoir et nous avoir donné la volonté et le courage d'élaborer ce travail.

Ce travail n'aurait pu être effectué sans l'accord, le soutien et l'aide de plusieurs personnes.

Nous remercions ma promotrice M<sup>me</sup> Yelles pour sa précieuse aide, ces orientations et le temps qu'elle m'a accordé pour mon encadrement.

Nous adressons nos remerciement les plus respectueux aux membres du jury pour le grand honneur qu'il nous fond en acceptant d'examiner ce mémoire :

M<sup>r</sup> Zidani

M<sup>me</sup> Talantikit

M<sup>me</sup> Haderbache

Nous remercions profondément tous les enseignants qui m'ont encouragé et soutenu pendant mon cursus.

Nous remercions aussi les membres du jury d'avoir accepter de juger notre travail.

Nos remerciements vont également à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Un très grande merci, à l'ensemble du personnel du laboratoire de LFB, en particulier M<sup>r</sup> Chawqui, Sans oublier tous les enseignants et tous les travailleurs de BOUDOUAOU.

Merci a vous tous pour votre aide

*FATMA*

## **DÉDICACE :**

*Je dédie ce modeste travail à*

*Mon cher père, un homme qui a vécu pour sa famille.*

*« J'espère mon père que tu es fier de moi »*

*Ma chère mère, une femme qui a sacrifié sa vie pour ces enfants.*

*« J'espère ma mère que je serai toujours à la hauteur de tes attentes »*

*A mes chers frères et soeur : Abd errazzak, Abd errahman et Siham.*

*A mes amies: Selma, Salima, karima, Fazia , Rachda, Samia.*

*A tous les étudiants de la spécialité MGIA*

*A tous les personnes qui me sont très chères*



# *Sommaire*

## Sommaire :

Présentation de l'unité :

Introduction ..... 1

Chapitre I : Le lait

I-1-définition ..... 3

I-2-structure du lait ..... 3

I-2-1- Phase colloïdale ..... 3

I-2-2- Phase lipidique ..... 3

I-2-3-Phase aqueuse ..... 3

I-3-Composition du lait ..... 4

I-3-1-L'eau ..... 4

I-3-2-Matière grasse ..... 4

I-3-3-Matière azotée (Protéines) ..... 5

I-3-4-Vitamines ..... 5

I-3-5-Minéraux ..... 5

I-3-6-Lactose ..... 5

I-3-7-Enzymes ..... 6

I-4-Propriétés microbiologiques ..... 6

I-4-1-Flore originelle ..... 7

I-4-2-Flore de contamination ..... 7

I-5-La poudre de lait ..... 7

I-5-1-composition ..... 7

I-5-2-les types de poudre de lait ..... 8

I-5-3-Technologie de fabrication ..... 8

Chapitre II : Le lait fermenté

II-1-définitions ..... 11

II-2-La fermentation ..... 11

II-2-1-Levain lactique ..... 11

II-2-2-Effets de la fermentation sur la composition du lait ..... 11

II-3-les types de lait fermenté .....	12
II-3-1-Lait à l'acidophile.....	12
II-3-2-Lait caillé.....	12
II-3-3-Lait filé .....	12
II-3-4-Yaourt.....	13
II-3-5-Kéfir .....	13
II-3-6-Koumis .....	13
II-3-7-Lait fermenté acidifié « l'ben » .....	14
II-4-Intérêt nutritionnel de lait fermenté .....	14
II-5-Procèdes de fabrication de « l'ben » au niveau de LFB .....	14
Chapitre III : Lactosérum	
III-1-Définition .....	17
III-2-Types de lactosérum .....	17
III-2-1-Le lactosérum doux .....	17
III-2-2- Le lactosérum acide .....	17
III-4- La composition du lactosérum .....	18
III-4-1-Le Lactose .....	18
III-4-2-La fraction protéique .....	18
III-4-3-La matière grasse .....	19
III-4-4-La matière minérale .....	19
III-4-5-Les vitamines .....	19
III-5-Valorisation du lactosérum .....	20
III-5-1-Les méthodes de traitement de lactosérum .....	21
Chapitre IV : Matériels et méthodes	
IV-1-Matériels .....	24
IV-1-1-Matériels et produits utilisés .....	24
IV-1-2-Matériels biologique .....	24
IV-2-Méthodes .....	27
IV-2-1-Méthodes d'analyses .....	27
IV-2-2-Essai de fabrication de L'ben a base de lactosérum brut .....	34
Chapitre V: Résultats et discussions	
V-1-Résultats des analyses physico-chimique .....	36
V-1-1-Résultats des analyses physico-chimiques du lactosérum et du lait reconstitué ...	36

V-1-2-Résultats des analyses physico-chimiques des poudres de lait à 0% de MG .....	37
V-1-3-Résultats des analyses physico-chimiques des poudres de lait à 26% de MG .....	38
V-1-4-Les résultats des analyses physico-chimiques de L'eau du process .....	39
V-1-5-Les résultats de l'EST des 4 mélanges (lait et de lactosérum) .....	40
V-1-6-Suivi de l'acidité au cours de la fermentation de l'ben.....	41
V-1-7-Résultats des analyses physico-chimique de l'ben à base de lactosérum doux ....	42
V-2-Evaluation sensorielle de l'ben .....	42
Conclusion .....	51
Référence bibliographique	
Annexe	

## Liste des tableaux :

Tableau N°I-1: Composition moyenne du lait entier. ....	6
Tableau N°I-2: Les compositions des différentes poudre de lait. ....	8
Tableau N°III-1: Différents types de lactosérum. ....	18
Tableau N°III-2: Composition moyenne du lactosérum doux et acide. ....	20
Tableau N°V-1: Résultats des analyses physico-chimique du lait et du lactosérum. ....	36
Tableau N°V-2: Résultats des analyses physico-chimiques de poudre du lait à 0% de MG. ..	38
Tableau N°V-3: Résultats des analyses physico-chimiques de poudre du lait à 26% de MG. .	39
Tableau N°V-4: Les résultats des analyses physico-chimique de l'eau du process. ....	39
Tableau N°V-5: Matière sèche des mélanges lait et lactosérum. ....	40
Tableau N°V-6: Suivi de l'acidité au cours de la fermentation de l'ben. ....	41
Tableau N°V-7: Les résultats des analyses physico-chimiques de lait fermenté. ....	42
Tableau N°V-8: Résultats des scores des critères goût, odeur et couleur. ....	44
Tableau N°V-9: Résultats des classements des critères goût, odeur et couleur. ....	44



## Liste des Figure :

Figure N°I-1: Composition de la matière grasse du lait.....	4
Figure N°I-2: Séchage du lait par atomisation.....	9
Figure N°I-3: Procédé de fabrication de la poudre de lait.....	10
Figure N°II-1: Les gains de Kéfir.....	13
Figure N°II-2: Diagramme de fabrication de l'ben au niveau de LFB.....	16
Figure N°IV-1: Diagramme de fabrication du fromage à pate pressé non cuit type EDAM... ..	26
Figure N°IV-5: Essai de fabrication de l'ben à base de lactosérum.....	35
Figure N°V-1: La composition du lactosérum et du lait.....	37
Figure N°V-2: Résultats de l'EST des 4 mélanges (lait et lactosérum).....	40
Figure N°V-3: L'acidité au cuors de fermentation de l'ben.....	41
Figure N°V-4: Les 4 échantillons de l'ben à base de lactosérum.....	43

## Liste des abréviations :

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**AT** : Acidité Titrable.

**EST** : Extrait Sec Total.

**h** : heure.

**KDa** : Kilo Dalton.

**LFB** : Laiterie Fromagerie de Boudouaou.

**MAX** : Maximum.

**MG** : Matière Grasse.

**MGLA** : Matière Grasse Anhydre.

**N** : Normalité.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**pH** : Potentiel d'Hydrogène.

**S** : seconde.

**TA** : Titre Alcalimétrique.

**TAC** : Titre Alcalimétrique complet.

**TH** : Titre Hydrométrique.

**WPNI** : Whey Protein Nitrogen Index

***Introduction  
générale***

Les quantités de lactosérum disponible dans le monde sont considérables puisqu'elles représentent au moins 85% du lait transformé en fromage.

Il est connu que le lactosérum est un produit de grande valeur nutritionnelle non seulement par la présence de lactose mais aussi par sa teneur en protéines soluble riche en acide aminés indispensables et en vitamines du groupe B (thiamine, acide pantothénique, riboflavine, pyridoxine, acide nicotinique, cobalamine ; acide ascorbique.

La DBO (demande biologique d'oxygène) du sérum est de 40000 mg/l, c'est-à-dire qu'un litre de sérum nécessite 40g d'oxygène pour que ses matières organique soient détruites par l'oxydation microbienne. Il est devenu donc indispensable de le traiter. Il est produit, en grande quantité par les unités fromagères algériennes. Et constitue ainsi une matière gravement polluante.

L'industrie de lactosérum a connu un essor très important ces dernières années dans les pays développés. La stimulation de ce développement est liés d'une part au potentiel énorme de pollution provoqué par ce produit et d'autre part au fait que la majorité de sa matière sèche est constituée d'éléments à valeur nutritive élevée (**Moletta, 2002**).

En Algérie l'inexistence d'une mise en valeur du lactosérum se pose avec Acuité en raison de l'absence d'une réglementation stricte, émanant des pouvoirs publics, pouvant interdire le rejet de ce produit dans la nature. Le rejet de lactosérum représentant une perte sèche d'élément nutritif.

Au cours de ces dernières années, plusieurs travaux apportant de nouvelles connaissances sur la valorisation du lactosérum ont été réalisés au niveau des universités algériennes. et en particulier au niveau de l'université de Boumerdés, Département de Technologie Alimentaire. Malheureusement aucune réalisation pratique n'a été faire jusqu'à présent.

Selon Yelles 2002, le lactosérum doux peut substituer partiellement la poudre du lait écrémé dans la fabrication d'un yaourt étuvé.

Le présent travaille consiste à la valorisation de lactosérum doux issu de la fabrication de fromage type EDAM au niveau de LFB en l'utilisant dans la fabrication de l'ben comme substitut partiel du lait reconstitué.

Ce travail est composé de deux parties :

- Une partie théorique regroupe des généralités sur le lactosérum, la poudre de lait et le lait fermenté.
- Une partie expérimentale comportant les étapes suivant :
  - Essai d'incorporation partielle du lactosérum dans la fabrication du l'ben.
  - Caractérisation physico-chimique de la matière première et des différent essais de l'ben.
  - Caractérisation organoleptique (gout, couleur et odeur) des produits obtenus. Le test de Friedman est utilisé pour l'interprétation statistique des résultats.

*Partie*  
*bibliographique*

# *Chapitre I*



## *Le Lait*

### **I-1-Définition**

Le lait est une sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou de plusieurs traites, destinée à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur (FAO/OMS, 2000).

Le lait a été défini en 1908, au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes à Genève comme étant :

« Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (Alais, 1975).

C'est un liquide de composition complexe, blanc et opaque, d'une saveur douce, d'une réaction ionique (pH) voisin de la neutralité (Alais C, 1984).

### **I-2-Structure du lait**

Le lait est un milieu aqueux caractérisé par différentes phases en équilibre instables. Il est possible d'envisager la composition des phases du lait, en classant les particules des constituants en fonction de leur taille (Luquet, 1986).

Les trois phases caractéristiques du Lait sont :

#### **I-2-1- Phase colloïdale**

La caséine, la principale protéine du lait, est associée à des sels minéraux (calcium, phosphate de calcium, etc..) et se trouve dispersée sous la forme de nombreuses particules solides en suspension, trop petites pour se déposer. Ces particules sont appelées micelles et leur dispersion dans le lait est appelé suspension colloïdale.

#### **I-2-2- Phase lipidique**

Les graisses et les vitamines solubles dans les lipides laitiers se rencontrent sous forme d'émulsion. Une émulsion est un liquide contenant en suspension des globules gras.

#### **I-2-3-Phase aqueuse**

Le lactose (sucre du lait), certaines protéines (protéines sériques), des sels minéraux et d'autres substances sont solubles et sont entièrement dissoutes dans l'eau du lait.



**Remarque:** Les micelles de caséine et les globules gras confèrent au lait la plupart de ses caractéristiques physiques ainsi que le goût et l'odeur des produits laitiers comme le beurre, le fromage et le yaourt.

### I-3-Composition du lait

Le lait est très riche en eau, riche en lactose, en protéines, en matière grasse, et en éléments minéraux. D'autres substances, présentes dans le lait, sont à faibles concentrations. La composition du lait est mentionnée sur le tableau N°I-1.

#### I-3-1-Eau

C'est le composé le plus abondant, il se trouve sous deux états :

- L'eau extra micellaire représente environ 90% de l'eau totale.
- L'eau intra micellaire représente environ 10 % de l'eau totale (**Luquet, 1986**).

#### I-3-2-Matière grasse

La matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0.1 à 10µm et est essentiellement constituée de triglycérides (98%) (Voir figure N°I-1).

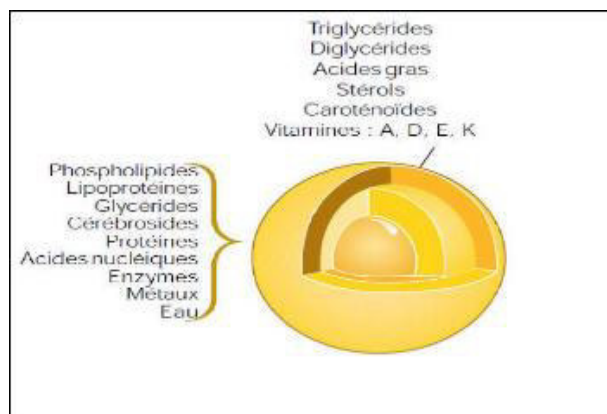


Figure N°I-1: Composition de la matière grasse du lait (**Bylund, 1995**).

La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme :

- Une très grande variété d'acides gras (15 différents).
- Une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes.
- Une teneur élevée en acide oléique (C18:1) et palmitique (C16:0).
- Une teneur moyenne en acide stéarique (C18:0) (**Jeantet et al, 2008**).

### I-3-3-Matière azotée

La matière azotée du lait englobe deux groupes, les protéines et les matières non protéiques qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote de lait (**Goursaud, 1985**). Les protéines sont constituées de caséines rassemblées en micelles (80%) et des albumines et globulines solubles (protéines sérique) (**Jeantet et al, 2007**).

### I-3-4-Vitamines

Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique. On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait.
- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (**Debry, 2001**).

### I-3-5-Minéraux

Selon **Gaucheron(2004)**, le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions. Ils représentent une quantité variant de 0.6% à 0.9% (**Vignola, 2002**).

### I-3-6-Lactose

Le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose (**Mathieu, 1998**). Le lactose est fermentescible par de nombreux micro-

organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers (Morrissey, 1995).

### I-3-7-Enzymes

Les enzymes sont des protéines globulaires spécifiques produites par des cellules vivantes. Ce sont des biocatalyseurs car ils accélèrent les réactions biochimiques. Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases et les oxygénases. Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température (Vignola, 2002).

Tableau N°I-1 : Composition moyenne du lait entier (Fredot, 2006).

Composants	Teneurs (g/100g)
Eau	89.5
Dérivés azotés	3.44
Protéines	3.27
Caséine	2.71
Protéines solubles	0.56
Azote non protéique	0.17
Matières grasses	3.5
Lipides neutres	3.4
Lipides complexes	<0.05
Composés liposolubles	<0.05
Glucides	4.8
Lactose	4.7
Gaz dissous	5% du volume du lait
Extrait sec total	12.8

### I-4-Propriétés microbiologiques

Du fait de sa composition physico-chimique, le lait est un excellent substrat pour la croissance microbienne. Le lait comporte une flore d'origine et une flore de contamination.

### I-4-1-Flore originelle

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10<sup>3</sup> germes/ml). Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores : microcoques mais aussi streptocoques lactiques (*Lactococcus* et *Lactobacillus*).

Le lait cru est protégé contre les bactéries par des substances inhibitrices appelées "Lacténines" mais leur action est de très courte durée (1 heure environ).

D'autres microorganismes peuvent se trouver dans le lait lorsqu'il est issu d'un animal malade. Ils sont généralement pathogènes et dangereux au point de vue sanitaire (**Guiraud, 1998**).

### I-4-2-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...etc.

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

### I-5-La poudre de lait

Selon la loi sur les aliments et drogues du Canada, les poudres de lait sont des produits résultants de l'enlèvement partiel de l'eau du lait. On répartit les poudres en trois groupes : La poudre de lait entier, la poudre de lait partiellement écrémé et la poudre de lait écrémé. (**Vignola, 2002**).

C'est le produit obtenu par déshydratation du lait. Ce procédé permet ainsi une longue conservation et les microorganismes ne peuvent se multiplier en absence d'eau (**Boudier et Luquet, 1981**).

### I-5-1-La composition

La composition des différentes poudres de lait ainsi que leurs teneurs sont reportées dans le tableau N°I-2 :

Tableau N°I-2 : Les compositions des différentes poudres de lait (AFNOR, 1986).

Composition	La poudre du lait entière	La poudre du lait écrémé
Eau %	4	2,5 – 3
Matière grasse %	26	0,7
Lactose %	37	51
Matière protéique %	27	36
Matière minéral %	6	8,2

### I-5-2-les types de poudre de lait selon traitement thermique

Les poudres de lait commercialisées sont de 3 types, selon l'intensité du traitement de déshydratation (dénaturation) et exprimé par l'indice d'azote des protéines du lactosérum (WPNI).

- Les poudres low heat ( $WPNI \geq 6$  mg d'azote par gramme de poudre) : Il s'agit des poudres de meilleure qualité. Elles sont utilisées pour la préparation du lait de consommation, les fromages et le yaourt.
- Les poudres médium heat ( $1,5 \leq WPNI \leq 5,9$  mg d'azote par gramme de poudre) : Possèdent une bonne capacité d'hydratation. Elles sont utilisées dans la fabrication des crèmes glacées, desserts congelés.
- Les poudres high heat ( $WPNI \leq 1,5$  mg d'azote par gramme de poudre) : Sont hautement dénaturées et peu solubles utilisée dans les produit structuré (boulangerie, biscuiterie et confiseries) (Jeantet et al, 2008).

### I-5-3-Technologie de fabrication

La déshydratation est la méthode utilisée pour la fabrication de poudre de lait, elle se fait en deux étapes : la concentration et le séchage.

#### I-5-3-1-Concentration

Elle consiste à faire passer de l'eau de l'état liquide dans le produit à l'état de vapeur hors du produit. Ce changement de phase demande beaucoup d'énergie, il faut donc utiliser la meilleure stratégie pour transférer l'énergie à l'eau du produit. L'évaporation sous vide est le

moyen privilégié par l'industrie laitière pour atteindre des niveaux de solide élevé (**Vignola, 2002**).

### I-5-3-2-Séchage

La qualité de la poudre de lait peut varier selon la technique de séchage :

Procédé Hatmaker (sur cylindre): Le chauffage brutale qui se produit dans ce procédé entraîne des modifications de la structure physico-chimique du produit et conduit à une faible solubilité et génèrent un goût de cuit des réactions de brunissement.

Atomisation (procédé spray) : Ce procédé, montré dans la figure N°I-2, permet de donner une poudre de meilleure caractéristiques et aptitudes technologiques (**Anonyme, 1995**).

On procède à la dernière phase de la déshydratation du concentré en exposant le produit sous forme de fines gouttelette à de l'air chaud. Le système de pulvérisation idéal devrait donner des particules de taille uniforme, soit avec une distribution de taille étroite (**Vignola, 2002**).

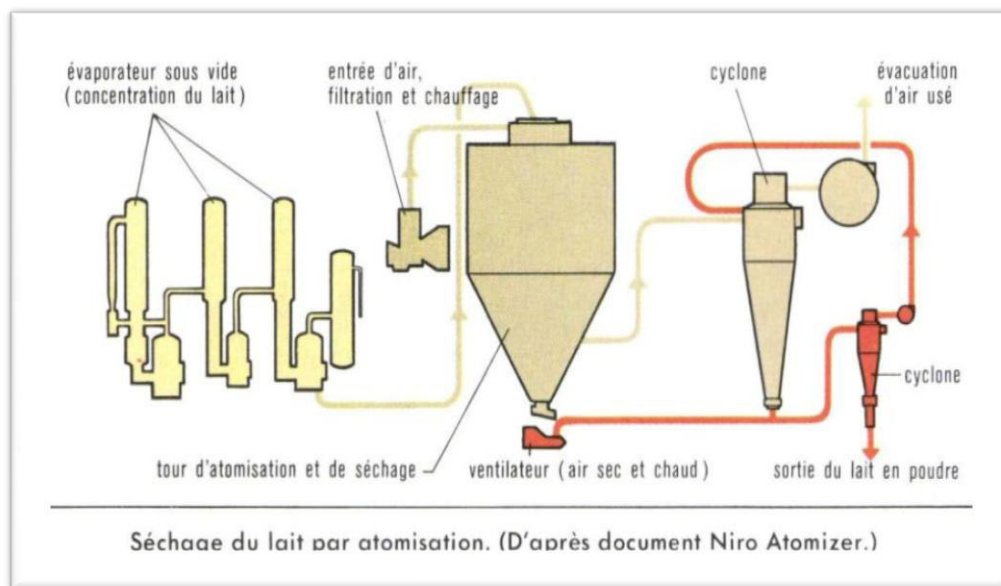


Figure N°I-2 : Séchage du lait par atomisation

La technologie de fabrication des poudres de lait est représentée sur la figure N°I-3 :

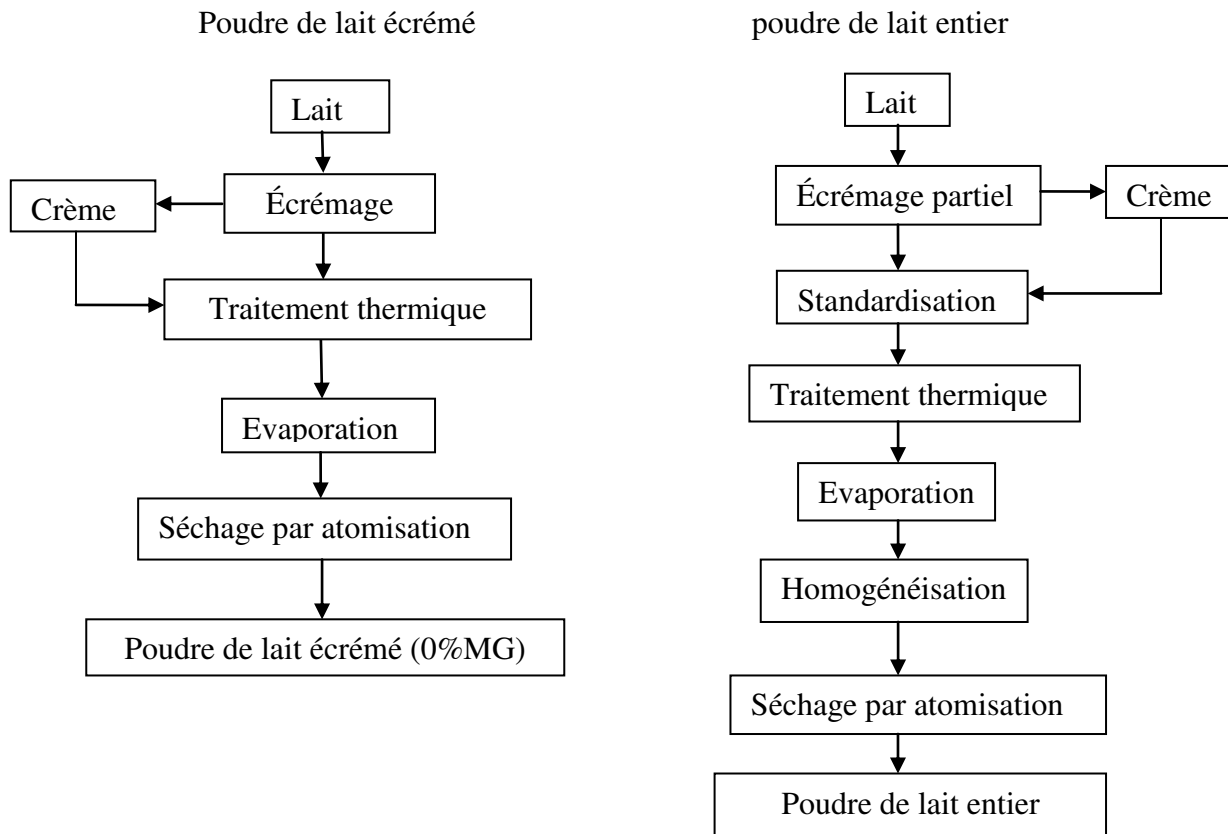


Figure N°I-3 : Procédé de fabrication de la poudre de lait (Luquet, 1990).

# *Chapitre II*



## *Le lait fermenté*



### II-1-Définitions

Les laits fermentés sont préparés depuis une époque très lointaine en Asie centrale, dans les pays méditerranéens et dans la plupart des régions d'élevage où ils constituent un mode de protection et de conservation du lait grâce à l'abaissement du pH en même temps qu'ils sont un aliment apprécié pour sa saveur (FAO, 1995).

Ils sont obtenus par la multiplication de bactéries lactiques dans une préparation de lait. L'acide lactique produit à partir du lactose contenu dans le lait permet la coagulation du lait et confère une saveur acide aux produits. Les caractéristiques propres des différents laits fermentés sont dues à la variation particulière de certains facteurs, tels que la composition du lait, la température d'incubation ou les ferments utilisés (Luquet et Corrieu, 2005).

### II-2-La fermentation

On classe la fermentation en plusieurs catégories, selon les produits finaux dominants. La fermentation lactique est la transformation de lactose, le seul sucre de lait, en acide lactique sous l'action des bactéries lactiques du lait ou par l'ajout des ferments lactiques ou levains (Lamontagne, 2002).

#### II-2-1-Levain lactique

Les levains lactiques appelés aussi ferments lactiques sont des cellules vivantes, procaryotes, hétérotrophes et chimio-organotrophes. Assez hétérogène sur le plan morphologique (Michel, 1981).

L'industrie laitière utilise certaines bactéries appelées ferments dans la production de divers lait fermentés, ces bactéries sont utilisées pour l'acidification du lait afin de produire de l'acide lactique à partir de lactose. Les ferments commerciaux disponibles sont soit sous forme de souche multiples (mélange de plusieurs souches ayant chacune un effet spécifique). Les laiteries peuvent acheter les cultures commerciales sous forme liquide, surgelé ou lyophilisée (Vignola, 2002).

#### II-2-2-Effets de la fermentation sur la composition du lait

L'effet majeur de la fermentation lactique sera l'hydrolyse des glucides du lait. Le lactose, quantitativement le principal composant solide du lait, est présent dans le yaourt

hydrolysé à raison de 30% environ pour donner, pour chaque molécule, une molécule de galactose et deux molécules d'acide lactique.

La production d'acide lactique au cours de la fermentation conduit à un abaissement du pH qui aura pour effet de cailler le lait.

La teneur vitaminique du lait de départ est modifiée par la fermentation; certaines vitamines sont consommées par les bactéries, d'autres sont produites. Les travaux publiés à ce jour sont souvent contradictoires. Il ressort, cependant, une augmentation importante de la teneur en acide folique du yaourt.

### II-3-les types de lait fermenté

Il existe un grand nombre de laits fermentés qui diffèrent par leur matière première, leur flore microbienne, leur technologie, leur texture, leur goût et leur durée de conservation. Certains sont voisins, mais présentés sous des noms variés. Beaucoup d'entre eux contiennent l'une ou les deux bactéries spécifiques du yaourt associées à d'autres micro-organismes.

#### II-3-1-Lait à l'acidophile:

Le lait entier ou écrémé est soumis à un traitement thermique (pasteurisation à 95°C pendant 30 secondes, ou chauffage pendant une heure à une température proche de l'ébullition. Après refroidissement à 37°C, il estensemencé avec 1 à 5% d'une culture pure de *Lactobacillus acidophilus* et incubé à 36-37°C jusqu'à la coagulation (**Lamontagne, 2002**).

#### II-3-2-Lait caillé

Le lait caillé est un lait acidifié obtenu, soit par fermentation naturelle après ensemencement à l'aide de levains lactiques préparés à l'avance ou du lait caillé de la veille, avec ou sans addition de substances coagulantes (présure, pepsine) (**Dieng, 2001**). Selon **Seydi et Ndiaye (1993)** la matière première peut être du lait cru ou du lait en poudre. Les levains lactiques dégradent le lactose en acide lactique et confèrent par la suite une acidité favorable à la conservation du produit et à la coagulation de la caséine qui forme un gel avec très peu d'exsudation du lactosérum.

#### II-3-3-Lait filé

C'est un lait acide, de consistance visqueuse, surtout consommé dans les pays scandinaves. L'acidification est combinée à l'action des bactéries filantes.

L'ensemencement est fait à partir de préparations antérieures puis le lait mis dans de grandes cuves fermées.

### II-3-4-Yaourt

Le yaourt ou yogourt est le lait fermenté le plus consommé. C'est un lait fermenté obtenu par la multiplication dans le lait de deux bactéries lactiques spécifiques associées : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Ces bactéries lactiques sont cultivées sur du lait préalablement pasteurisé, dans le but d'éliminer la plus grande partie ou la totalité de la flore microbienne préexistante. Après la fermentation le yaourt est refroidi à une température comprise entre 1 et 10°C (Luquet, 1990).

### II-3-5-Kéfir

C'est un lait fermenté alcoolisé à des origines caucasiennes, caractérisé par une texture visqueuse et un goût fortement acide et un léger arôme de levure et alcool. Le ferment utilisé pour la préparation de kéfir est les grains de kéfir, l'inoculum à l'apparence de petits choux-fleurs qui se compose de protéines, de polysaccharides et d'un mélange de levures, bactérie lactique et de bactérie acétiques (Lamontagne, 2002).



Figure N°II-1: Les grains de Kéfir.

### II-3-6-Koumis

C'est un lait de jument fermenté consommé depuis des siècles par la population des steppes de l'Asie centrale. Le Koumis est issu essentiellement d'une double fermentation lactique et alcoolique du lactose. Selon l'acidité et la teneur en alcool, on distingue divers types de Koumis : doux, moyen, et fort.

La flore microbienne du Koumis est constituée principalement par des bactéries lactiques (*streptocoque, et lactobacilles*) et des levures (Michel et al, 2000).

### II-3-7-Lait fermenté acidifié « l'ben »

Le lait acidifié, appelé selon les différentes zones géographiques : Laban ; L'ben ; Ayran, est un produit de grande consommation au long de saison chaude.

Il peut être fabriqué à partir de la poudre de lait de vache ou de lait frais d'origine bovine ou caprine. Il est obtenu par un caillage lactique plus ou moins long, allant de 3h à 18h, selon le caillage, le produit obtenu est d'aspect identique mais de goût et de saveur très différente (Luquet, 1986). Ce type de lait fermenté fera l'objet de notre étude.

### II-4-Intérêt nutritionnel de lait fermenté

Les produits laitiers fermentés jouissent d'une image positive quant à leur relation avec la santé, ils ajoutent leurs propriétés propres en qualités nutritionnelles du lait utilisé.

L'acidification prévient la croissance de la plupart des germes pathogènes et assure la conservation du lait. Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait (protéines 4 à 5%, lipides à un taux variable ; les glucides 5 à 20% selon qu'il est nature ou sucré).

Au cours de la fermentation la composition du lait subit un certain nombre de modifications, qui en font un produit de meilleure valeur nutritionnelle que le lait ; à titre d'exemple, l'amélioration de l'absorption du lactose par l'action des bactéries lactiques, et qui permettent une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactose.

Les lactobacilles modifieraient les enzymes bactériennes à l'origine des carcinogènes dans le tube digestif ; inhibant ainsi la formation de ces substances précancéreuses (Michel et al, 2000).

### II-5-Procédés de fabrication de « l'ben » au niveau de LFB

Les étapes de la fabrication de lait fermenté appliqué au niveau de l'unité de Boudouaou sont représentées sur la figure I-4 et sont citées ci-dessous.

**Reconstitution :** Elle se fait soit par le mélange de la poudre de lait écrémé à 0 % de matière grasse apportée par la MGLA ou par de poudre de lait à 0% de MG additionnée de la poudre de lait à 26% de MG. Le mélange ainsi obtenu est mis dans une cuve où l'eau de processus est introduit à une température de 35 à 40°C La cuve est munie d'agitateurs pour une bonne dissolution de la poudre.

**Filtration :** C'est une épuration physique du lait avant le traitement thermique. Elle consiste à éliminer les impuretés macroscopiques et les grumeaux qui peuvent s'y trouver.

**Dégazage :** Cette étape permet d'éliminer les substances volatiles qui pourraient communiquer les odeurs et les goûts désagréables contenus dans le lait reconstitué.

**Standardisation :** Addition du lait cru pasteuriser et homogénéisation (étape est facultative) : Le but d'addition de lait cru pasteuriser au lait reconstitué est d'avoir un taux de 10% de MG. L'homogénéisation se fait à une pression de 150 à 200 bars et à une température de 60 à 65°C afin de bien mélanger l'ensemble et d'éviter la remonté de la crème.

**Pasteurisation :** Le lait standardisé subit à une pasteurisation à 85°C pendant 15 seconds, puis il est stocké dans des tanks. Ce traitement a pour but de détruire la totalité des germes pathogènes.

**Refroidissement :** Le lait pasteurisé est refroidi pour êtreensemencé par les ferments à température de 25 à 28°C.

**Ensemencement :** Le lait mis dans la cuve de stockage exothermique ou se fait l'ensemencement manuellement par l'ajout de ferment directement (un sachet de 40g de CHN-11 dans 2000 litres de lait).

**Maturation et brassage :** Après 16h à 18 h de repos, le lait devient mature et son acidité atteint environ 60°D, c'est la coagulation. Par la suite une agitation est appliquée afin d'obtenir un fluide sans grumeaux.

**Refroidissement et conditionnement:** Le lait fermenté est refroidit à une température de 4 à 6°C puis conditionné dans des sachets en polyéthylène de 1 litre de contenance, la soudure après remplissage est stérilisée par rayonnement UV.

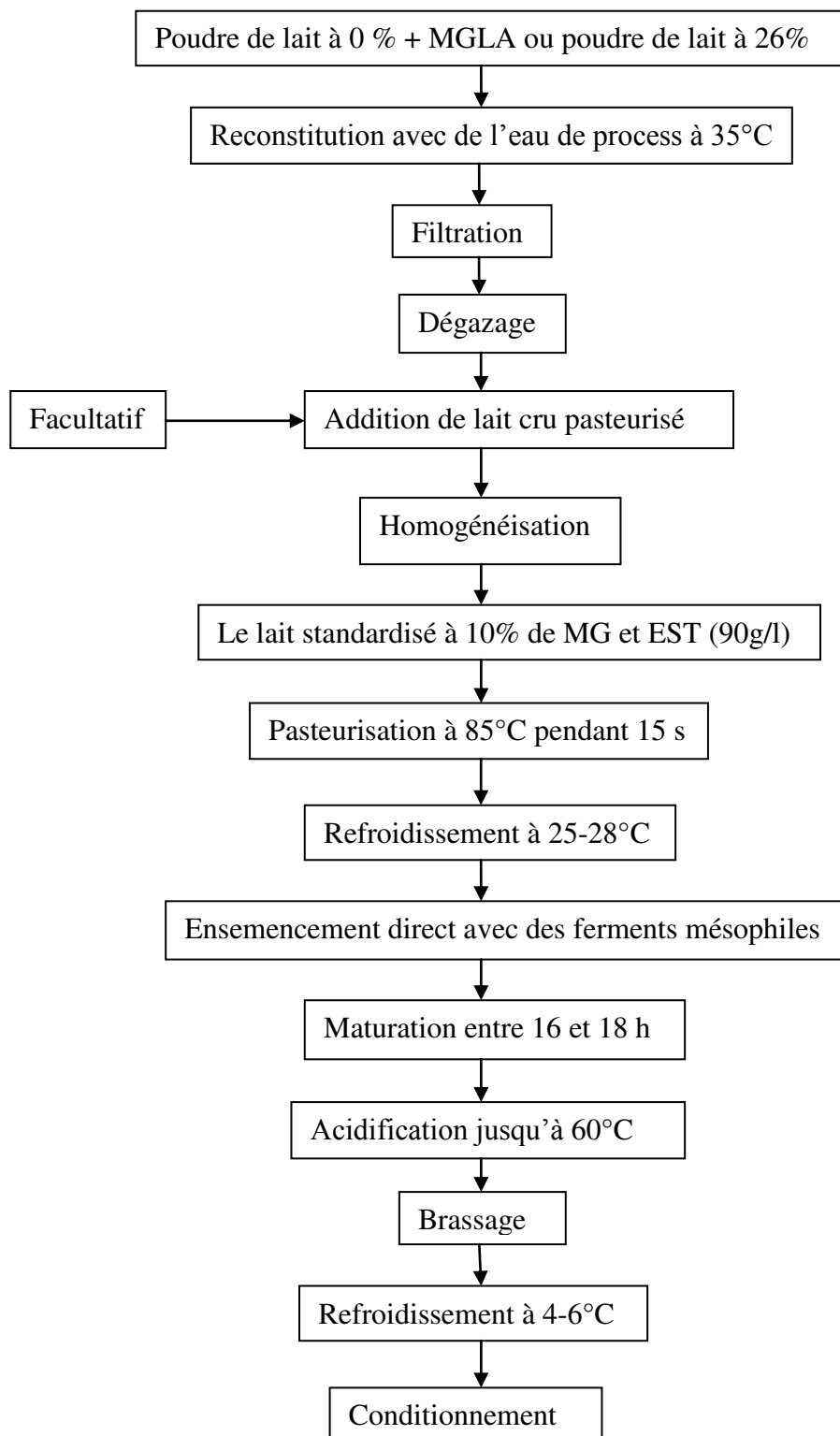


Figure N°II-2 : Diagramme de fabrication de l'ben au niveau de LFB.

# *Chapitre III*



## *Le lactosérum*

### III-1-Définition

Le lactosérum, plus simplement appelé sérum ou petit lait, est la phase aqueuse qui est séparé du caillé lors de la fabrication de fromage .Elle représente la plus grand partie du lait transformé en fromage (**Werner et al, 2010**).

Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines de lait environ 20% (6g/L) et riche en élément nutritif (**Muller et al, 2003**).

### III-2-Types de lactosérum

#### III-2-1-Le lactosérum doux

Le lactosérum doux 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 (**Sottiez, 1990 ; De La Fuente et al, 2002**).

Le lactosérum doux issu de la fabrication de fromage à pâte pressée cuite ou non cuite (Emmenthal, Saint Paulin, Edam.....etc.), possède un pH variant entre 5 et 6,3 (**Morr et al, 1993**).

#### III-2-2- Le lactosérum acide

Le lactosérum acide est 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**).

Les lactosérums acides sont moins riches en lactose et plus riche en minéraux. Ils sont aussi plusensemencés en germes lactiques et moins sujets à des fermentations que les lactosérums doux (**Moletta, 2002**).

Le lactosérum acide provient de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 3,8 - 4,6 (**Moletta, 2002**).



Tableau N°III-1: 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

### III-4- La composition du lactosérum

Les nutriments du lactosérum les plus abondants sont le lactose, les protéines solubles, et les sels minéraux, la composition des lactosérums est présentée dans le tableau N°III-1.

#### III-4-1- Le Lactose

Le lactose est le constituant le plus abondant de la matière sèche du lactosérum ; c'est un sucre réducteur de formule générale  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Il est formé par l'union d'une molécule de glucose et galactose. Dans certains sérums, le lactose est partiellement hydrolysé (0-6%).

#### III-4-2- La fraction protéique

Les protéines ne forment pas la fraction la plus abondante du lactosérum, mais elle est la plus intéressante sur le plan économique et nutritionnel qui est supérieures aux protéines du blanc d'œuf, prise comme protéines de référence. Leurs compositions en acide aminé, très riche (Sottiez, 1990).

Les protéines dites majeurs du lactosérum sont :

### *III-4-2-1- $\beta$ -lactoglobuline ( $\beta$ -LG)*

La  $\beta$ -lactoglobuline ( $\beta$ -LG) est la plus abondante des protéines du lactosérum, elle représente environ 2 à 4g/l, ce qui correspond à 50% des protéines totales du lactosérum (**Eugenia et al, 2006; Roufik et al, 2007**).

Il s'agit d'une protéine globulaire de structure compacte, composée de 162 résidus d'acides aminés et dont la masse moléculaire relative est de 18,3 KDa. Jusqu'à présent, 9 variantes génétiques ont été identifiées dans cette protéine (**Uchida et al, 1996; Roufik et al, 2007** et **Eugenia et al, 2006**). Cette protéine est d'une très grande qualité nutritive grâce à son contenu élevé en acides aminés essentiels, notamment la leucine et la lysine. De plus, elle est riche en méthionine et en cystéine. Principales sources de soufre (**Morr, 1989 ; Hambling et al, 1992 et Dibley, 1997**).

### *III-4-2-2- $\alpha$ -lactalbumine ( $\alpha$ -LA)*

C'est une protéine de 123 résidus d'acides aminés d'une masse moléculaire 14.2K Da, que l'on trouve dans le lait à la concentration massique de 1 à 1.5 g/l .Il s'agit d'une métalloprotéine dont la structure est fortement ordonnée par des ponts désulfure et un cation (**Cayot. P; Lorient. D, 1998**).

### **III-4-3-La matière grasse**

Une faible quantité de lipides du lait est entraînée dans le lactosérum brut. Le plus souvent dans les traitements industrielles, le lactosérum est écrémé la matière grasse ainsi récupérée est utilisée dans la fabrication d'un beurre de second choix (**Boudier et Luquet., 1989**).

### **III-4-4-La matière minérale**

Dans les sérums, les minéraux se trouvent sous forme de sels (Chlorure sulfate, citrate, bicarbonate).Il faut ajouter la présence de quelques métaux à l'état de traces.

### **III-4-5-Les vitamines**

Les vitamines du lactosérum sont, en majorité des vitamines hydrosolubles puisque la matière grasse a été presque totalement éliminée, entraînant avec elle les vitamines liposolubles. Parmi les vitamines présentes, on note des quantités importantes de

riboflavine(B12), d'acide pantothénique, de thiamine (B1), de pyroxidine (B6) et de vitamine C (Boudier. ; Luquet. ; 1989).

Tableau N°III-2:Composition moyenne du lactosérum doux et acide (Morr et al ,1993 ; Linden et al, 1994 ; Lupien, 1995 ; FAO, 2002).

Composants	Lactosérum doux (%)	Lactosérum acide (%)
pH	6.3	4.6
Eau	93	93.5
Matière sèche (ES)	06.4	6.5
Matière grasse	0.05 - 0.07	0.04 - 0.03
Lactose	4.77 - 4.8	4.71 - 4.9
Protéines	0.82	0.75
Acide lactique	0.05 - 0.15	0.4 - 0.55
Cendres	0.53	0.69 - 0.8
Calcium	0.05	0.13
Sodium	0.07	0.06
Potassium	0.13	0.15
Phosphore	0.06	0.09

### III-5-Valorisation du lactosérum

Longtemps considéré comme un déchet. Le lactosérum était répandu dans les champs ou utilisé tel quel pour l'alimentation animale .Mais, les contraintes sur les rejets devenant de plus en plus sévère, la mise au point de procédés de traitement et de valorisation est devenue impérative depuis les années 70.

Le développement des techniques de séparation par différentes méthodes a permis de répondre en partie à cette nouvelle donne. Cependant, selon **Batchelder (1990)**, environ 50% des lactosérums produits dans le monde ne feraient l'objet d'aucun traitement.

### III-5-1-Les méthodes de traitement de lactosérum

Les méthodes de traitements appliquées au lactosérum sont variées et permettent d'obtenir des nombreux produits, parmi les techniques utilisées nous développerons la concentration, séchage, la déminéralisation, l'ultrafiltration et la lyophilisation. Selon la qualité de sérum mis en oeuvre, il existe différents variétés de concentrés ou de poudre (sérum doux, sérum acide, sérum déminéralisé, sérum délactosé, lactose, lactoprotéine)

#### III-5-1-1-La concentration

La concentration permet l'élimination partielle de l'eau, elle se fait soit par osmose inverse, soit par évaporation sous vide, soit les deux combinées (**Marain et Rène ; 2000**). Cette opération consiste à concentrer ce liquide qui sera utilisé sous forme de concentré ou séché.

- **Osmose inverse** : L'osmose inverse permet de séparer grâce à une membrane semi-perméable les constituants d'un mélange contenu dans un liquide qui est sous pression. Le phénomène d'osmose correspond à une migration différentielle de l'eau dans la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée (**Gaucheron., 2004**).
- **Evaporation sous vide** : La concentration par évaporation sous vide peut être considérée comme une opération unitaire aboutissant à un produit ou une étape intermédiaire dans une fabrication. Elle consiste à placer un liquide dans les conditions de vide partiel permettant de diminuer la température d'évaporation et de réduire les altérations physico-chimique induites des conditions de traitement(T,P) et du taux de concentration atteint pendant l'évaporation. En effet suivant la durée et le facteur de concentration des paramètres telle que le taux d'azote protéique, la teneur en matière sèche, la viscosité (**Gauchron, 2004**).

#### III-5-1-2-Séchage

La déshydratation du lait et des lactosérums a pour objectif de stabiliser ces produits afin d'en assurer le stockage et le transport. Elle permet l'abaissement de l'activité d'eau et d'assurer une meilleur stabilité des produits au stockage, il existe plusieurs techniques de déshydratation, parmi elles :

-Séchage par atomisation : lorsqu'un corps humide est placé dans un courant d'air ou un autre gaz suffisamment chaude et sec, il s'établit spontanément entre ce corps et l'air un gradient de température et de pression partielle d'eau tels Qu'un transfert de chaleur

s'effectue de l'air vers le produit sous l'effet de l'écart de température et qu'un transfert d'eau s'effectue en sens inverse sous l'écart de pression partielle d'eau entre l'air et la surface du produit. L'air sert donc à la fois de fluide caloporteur et de gaz vecteur. L'élimination de la vapeur d'eau se fait grâce à l'entrée de l'air chaud et sec dans la tour de séchage, et sa sortie humide et refroidi.

-Séchage sur cylindres chauffants : est un procédé de séchage par ébullition. Le flux thermique est transmis par une surface en contact avec le produit. L'apport de la chaleur latente d'évaporation se fait par conduction au travers de la surface chauffée par de la vapeur (130 à 150°C) et de produit qui s'y trouve déposé (**Michel et al, 2000**).

### *III-5-1-3-La déminéralisation*

La teneur en éléments minéraux, des lactosérums, peut être réduite par électrodialyse ou par échange d'ions sur résine.

-L'électrodialyse : est un procédé de nature électrochimique, il permet d'extraire en partie ou la totalité des ions contenue dans une solution, en conservant des substances pas ou très peu ionisées. C'est un procédé utilisé pour dessaler les eaux saumâtre, le sel dissout dans une solution aqueuse en ions positifs en ions négatifs, qui sont ensuite mis en mouvement par un courant électrique à travers des membranes anionique et cationique, ce qui diminue la quantité de sel.

-Echange d'ion : est un procédé qui utilise des billes de résines pour adsorber les matières inorganique d'une solution ; en échange d'autres variétés ioniques.

### *III-5-1-4-Extraction des protéines solubles*

Bien qu'en faible quantité dans le sérum, l'extraction des protéines de lactosérum présente beaucoup d'intérêt en raison de leur grande valeur nutritionnelle. Il existe diverses techniques d'extraction dont la thermo-coagulation et l'ultrafiltration.

-La thermo-coagulation :c'est le procédé le plus ancien. Il s'agit de porter à ébullition du lactosérum acidifié à pH 4,6-4,7 pour que les protéines précipitent. Leur récupération se fait par filtration ou décantation. La concentration finale du filtrat est environ de 88% pour les protéines. En revanche, les propriétés fonctionnelles de ces protéines sont altérées (**Yelles, 2002**).

-L'ultrafiltration : permet de récupérer les protéines du lactosérum tout en éliminant le lactose et les sels minéraux. Ces opérations assurent la rétention des protéines en amont de la membrane filtrante (retentât) et laissent apparaître un perméat constitué essentiellement d'eau,

de lactose et sels minéraux. Ces procédés peuvent permettre d'obtenir des concentrés à 80% de protéines. De plus, ils n'altèrent pas la forme initiale de la protéine (Yelles, 2002).

### *III-5-1--5-Hydrolyse de lactose*

Le lactose peut être décomposé chimiquement ou biochimiquement (enzymatique), l'enzyme  $\beta$ - galactosidase de décomposition du lactose appartient au groupe d'hydrolase.

La transformation du lactose en glucose et galactose présente un grand intérêt pour l'industrie alimentaire. En effet le lactose hydrolysé a un pouvoir sucrant plus élevé que le lactose normal. En outre l'hydrolyse du lactose évite le phénomène de cristallisation observé lors de la concentration (Zall, 1992).

*Partie*

*Expérimentale*

# *Chapitre IV*

## *Matériel & Méthodes*



### Introduction :

L'objectif de notre travail est la valorisation du lactosérum doux issu de la fabrication du fromage à pâte pressée non cuite type Edam de l'unité de Boudouaou. Ce sous-produit sera testé à différentes doses comme substitut de lait pasteurisé dans la fabrication de lait fermenté (L'ben).

Cette étude est réalisée au niveau de l'unité LFB ainsi qu'au niveau de laboratoire de FSI.

Notre étude est divisée en deux étapes:

**1ère étape :** caractérisation physico-chimique de la matière première utilisée dans la fabrication de l'ben (poudre de lait de reconstitution, eau) et le lactosérum.

**2ème étape :** essai de fabrication de l'ben à base de lactosérum doux ; cette étude est réalisée au niveau de l'unité LFB. Et caractérisation physico-chimique des produits obtenus.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur :

- Le lactosérum doux liquide.
- La poudre de lait écrémé à 0% de MG.
- La poudre de lait entière à 26% de MG.
- L'eau de process.
- Les quatre essais de lait fermenté (l'ben).

Une analyse organoleptique, portant sur le goût, l'odeur et la couleur, a été réalisée sur les essais de l'ben. Pour les interprétations statistiques des résultats nous avons utilisé le test de Friedman.

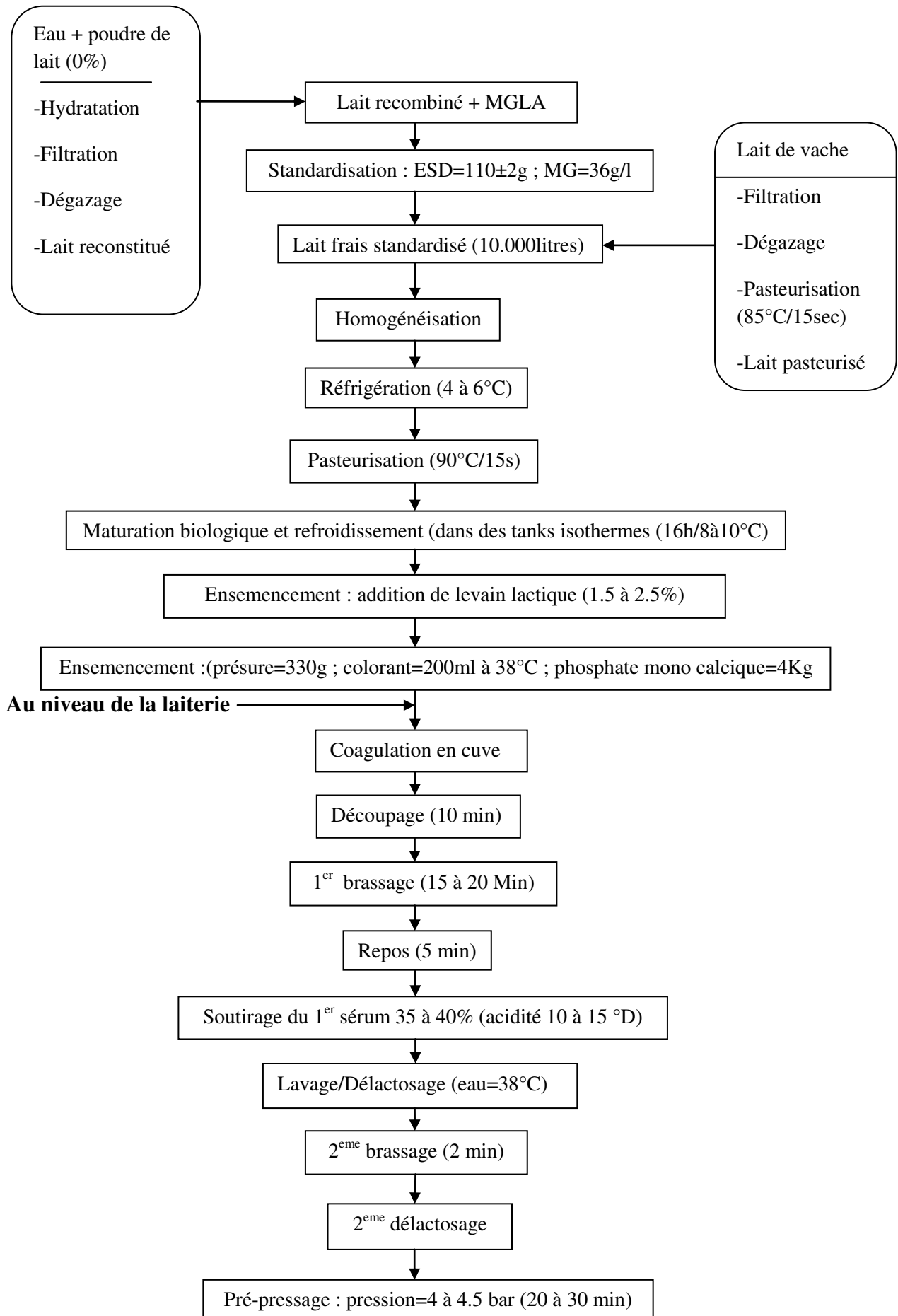
### IV-1-Matériels :

**IV-1-1-Matériels et produits utilisés :** Les différents équipements, produits et réactifs utilisés durant notre étude sont dressés dans l'Annexe N°1.

### IV-1-2-Matériels biologiques :

- Le lactosérum issu de la fabrication d'Edam.
- Le lait reconstitué.

Le lactosérum provient de la fabrication d'Edam au niveau de l'unité de LFB ; selon le diagramme de fabrication montré dans la figure N°IV-1:



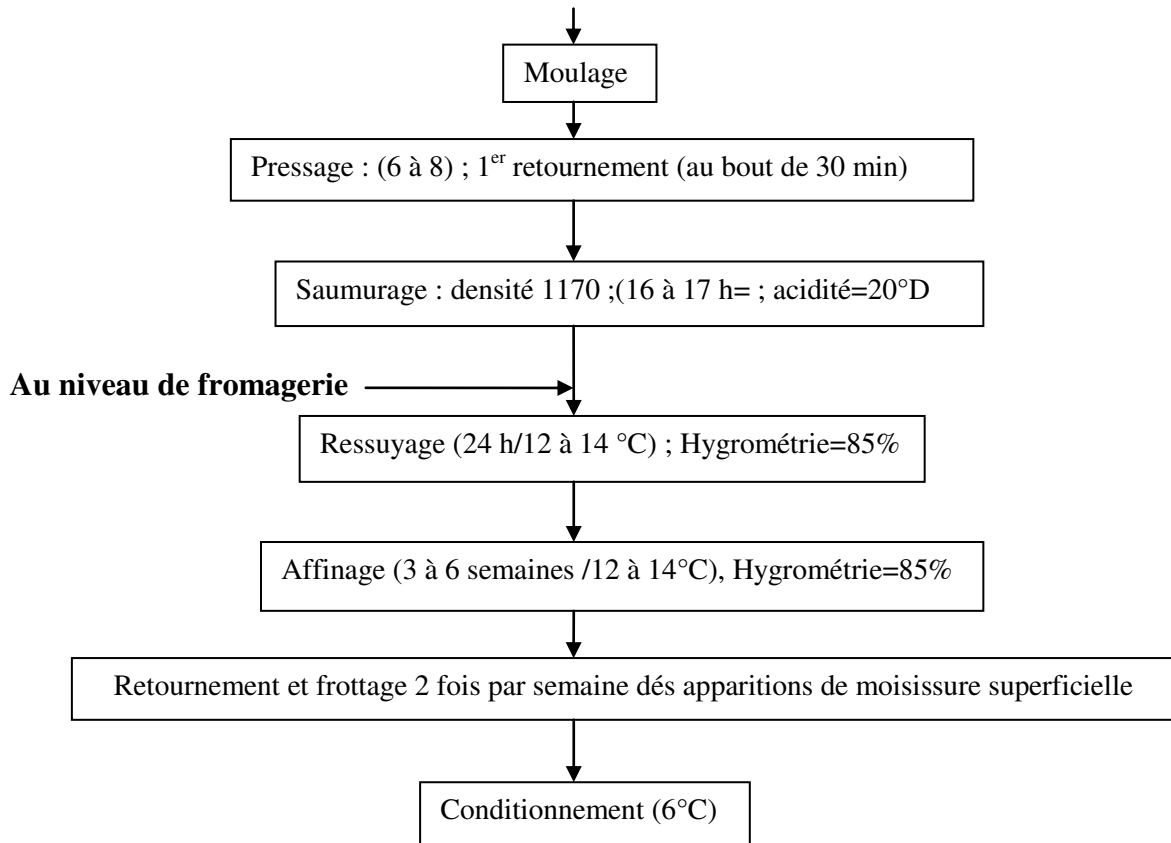


Figure N°IV-1: Diagramme de fabrication du fromage à pâte pressée non cuite type EDAM appliqué au niveau de LFB.

### IV-2-Méthodes

#### IV-2-1-Méthodes d'analyses

##### *IV-2-1-1 Mesure de pH (AFNOR)*

**Principe :** Cette méthode consiste à mesurer les ions H<sup>+</sup> du produit à analyser.

**Mode opératoire :** On introduit directement l'électrode de pH mètre dans un bécher contenant le produit à analyser (eau, lactosérum, lait ; produit fini) ; puis on lit la valeur du pH sur l'écran de l'appareil.

**NB:** Pour les poudres du lait à 0% de MG et 26% de MG, on pèse 10g de l'échantillon, puis on ajoute 100 ml d'eau distillé à l'aide d'un agitateur électrique, on applique une agitation douce jusqu'à dispersion de la prise d'essai, on laisse reposer puis on plonge l'électrode du pH mètre. (En refait cette étape pour toutes les analyses physico-chimique à part les cendres et l'extrait sec totale).

##### *IV-2-1-2-Détermination de l'acidité titrable :(AFNOR-1986)*

**Principe :**

Le principe consiste à mesurer la teneur en acide lactique ; elle est déterminée par titrage volumique avec une solution alcaline en présence d'un indicateur coloré.

**Mode opératoire :**

Dans un bécher, on introduit 10ml de produit à analyser, puis on ajoute quelques gouttes de phénophtaléine. On titre avec NaOH (N/9) jusqu'à apparition de coloration rose.

$$AT = V \times 10(^{\circ}D)$$

Avec **V** : volume de NaOH utilisé en ml.

##### *IV-2-1-3-Détermination des cendres (AFNOR)*

**Principe :** Les cendres sont obtenues après minéralisation à 600°C pendant 4 heures, la matière minérale présente dans le produit est exprimée en pourcentage de masse par rapport à la matière sèche.

**Mode opératoire :** Dans une capsule séchée et tarée on introduit 5 ml ou 5g de produit à analyser, puis on chauffe dans une plaque chauffant jusqu'à la combustion. Dans un four réglé à 600°C, on met la capsule pendant 4 heures. Laisser refroidir dans un dessiccateur, peser la capsule.

Le taux de cendre exprimé en pourcentage est égale à :

$$\text{Cendre\%} = [(P2 - P1)] / m] \times 100$$

P1 : Poids de la capsule vide.

P2 : Poids de la capsule + échantillon après minéralisation.

m : Prise d'essai [(poids de capsule +échantillon avant minéralisation) - poids de la capsule vide].

#### *IV-2-1-4- Détermination de l'extrait sec totale :*

**Principe :** L'extrait sec total est déterminé par la méthode d'étuvage basée sur l'élimination de la totalité de l'eau dans l'échantillon.

**Mode opératoire :** Dans une capsule séchée et tarée, on introduit 5ml (5g) du produit à analyser, on le met dans l'étuve réglé à 105°C pendant 4 heures, en suite on refroidit la capsule dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante et on la pèse, puis on l'introduit de nouveau dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

$$\text{H(\%)} = [(m_1 - m_2) / (m_1 - m_0)] \times 100$$

m<sub>0</sub> : Poids de la capsule.

m<sub>1</sub> : Poids de la capsule + l'échantillon avant étuvage.

m<sub>2</sub> : poids de la capsule + l'échantillon après étuvage.

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

### *IV-2-1-5-Détermination de la matière grasse :*

**Principe :** La méthode **GERBER** (butyromètre) consiste à ajouter de l'acide sulfurique concentré et de l'alcool iso amylique à une quantité connue de l'échantillon. Agiter le mélange dans un butyromètre. L'acide sulfurique concentré digère les protéines et les phosphates insolubles de l'échantillon ; l'alcool iso amylique facilite la séparation de la matière grasse. L'augmentation de la température et la centrifugation permet d'isoler la matière grasse, qu'on quantifie dans la partie graduée de butyromètre.

**Mode opératoire :** Dans un butyromètre, mettre 10 ml d'acide sulfurique sans mouiller le col de butyromètre. Ajouter doucement 11 ml de l'échantillon et 1 ml d'alcool iso amylique. Boucher et agiter le butyromètre jusqu'à ce que son contenu soit complètement mélangé et les protéines soient entièrement dissoutes.

Placer le butyromètre dans la centrifugeuse à une vitesse 1100 tr/mn pendant 10 mn. En appuyant sur le poussoir, la valeur de la matière grasse apparaît sur la graduation du butyromètre.

### *IV-2-1-6-Dosage du lactose :*

**Principe :** Le lactose contenue dans la prise d'essai de la solution à doser réduit partiellement un volume de liqueur cupro-alcaline. L'oxyde de cuivre formé est dosé par manganimétrie. La quantité d'oxyde de cuivre formé dépend de la quantité de sucre contenu dans le lait ou lactosérum. Le lactose est dosé sur le filtrat après défécation du lait par l'hexacyanoferrate II de zinc.

**Mode opératoire :**

➤ **Défécation**

Dans une fiole jaugée de 200ml, introduire dans l'ordre :

- 20 ml de lait
- 2 ml de solution d'hexacyanoferrate II de potassium (ferrocyanure de potassium)
- 2 ml de solution d'acétate de zinc
- 100 ml d'eau

Agiter puis ajuster à 200 ml avec l'eau distillé, (ajouter 2 ml de l'eau distillé afin de tenir compte du volume de précipité), agiter et laisser reposer 15 mn. Filtrer sur filtre sans cendre.

### ➤ **Oxydation du lactose, lavage du précipité de $\text{Cu}_2\text{O}$ :**

Dans une fiole d'erenmeyer de 150 ml à col étroit, introduire :

- 20 ml de solution cuivrique(A)
- 20 ml de solution Tartrate double de Na et K (B)
- 10 ml de filtrat de défécation
- 10 ml d'eau distillé

Agiter, porter à ébullition douce et maintenir celle-ci pendant 3 mn. Laisser reposer, le surnageant doit être bleu. Préparer un filtre, l'adapter sur la fiole. Centrifugation de la solution à une vitesse de 2500 tr/mn pendant 5 mn. En suite on filtre en laissant un peu de solution bleu afin d'éviter le contacte avec l'air. Remplir les godets avec l'eau distillée et en procède une nouvelle centrifugation et on répète cette opération jusqu'à l'obtention d'eau de lavage incolore.

### ➤ **Ré-oxydation de $\text{Cu}_2\text{O}$ et dosage du sel ferreux forme :**

Dissoudre dans la fiole d'erenmeyer où il se trouve le précipité de  $\text{Cu}_2\text{O}$  par 20ml de solution ferrique acide, verser cette solution sur le filtre (même filtre). Rincer à deux reprises avec 10 ml de solution ferrique acide. Faire passer sur le filtre, et rincer à l'eau distillée bouillante. Refroidir.

Titre par une solution de permanganate à exactement 0.1 N jusqu'à coloration rose pale.

On utilise une table de correspondance (AnnexeN°2) entre la chute de burette de permanganate 0.1N et la masse de lactose dans la prise d'essai.

### ***IV-2-1-7-Dosage des protéines (méthode de Lowry 1951) :***

Cette méthode est utilisée uniquement pour le dosage des protéines de lactosérum.

### **Principe :**

Le réactif de folin ciocalteu est un mélange d'acide phosphotungstique et phosphomolybdique. En présence de protéines, il est réduit en un complexe de coloration

bleu. Les acides aminés, Tyrosine, Tryptophane, cystéine et dans une moindre mesure d'histidine, sont partiellement responsable de l'apparition de la coloration qui met en jeu un mécanisme plus complexe, mal connu. L'intensité de la coloration variera en fonction de la structure primaire de la protéine, donc d'une protéine à l'autre. La méthode de Lowry qui fait précéder la réaction colorée par action de sels de cuivre, en milieu basique, sur la liaison peptidique augmente la sensibilité. La mesure de l'absorbance se fait à 600 ou 750 nm. La linéarisation de la réponse n'est obtenue que pour des concentrations inférieures à 10 mg/dm<sup>3</sup>.

### Mode opératoire :

- **Préparation de l'échantillon** : L'échantillon de lactosérum brut est dilué au 1/10.
- **Préparation des solutions :**
- **Solution alcalin A** : 2g Carbonate de sodium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) complété avec 100 ml soude à 0.1N (0.4g/100ml).
- **Solution B** : Tartrate double de Na et K 1g /100ml d'eau distillée.
- **Solution C** : Sulfate de cuivre 0,5g/50ml d'eau distillée.
- **Solution réactive** : Préparer extemporanément la solution réactive en respectant l'ordre d'addition des réactifs en agitant bien après chaque addition.

0,5ml de la solution C + 0,5ml de la solution B +50ml de la Solution A

**Le réactif de folin** est dilué 3 fois avec de l'eau distillée au moment de l'emploi.

### ➤ Réalisation de la gamme d'échantillon :

-Diluer précisément la solution mère d'albumine à 2 g/l pour l'amener à 0.5 g/l.

-Dans une série de tubes à essais, réaliser le tableau de dilutions.

[BSA]µg/ml	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Solution mère (µl)	0	200	400	600	800	1000
Eau distillée (µl)	1000	800	600	400	200	0
Solution réactive (ml)	5	5	5	5	5	5

-Agiter, attendre 10 min.

Réactif de folin au	← ..... 0.5 ..... →
---------------------	---------------------



- Agiter immédiatement chaque tube.
- Laisser la coloration se développer 30 mn à l'obscurité.
- Lire l'absorbance contre le blanc de gamme à 650 nm.
- Tracer la courbe de ces absorbance en fonction de la concentration (Annexe N°3).

### *IV-2-1-8-Détermination de titre alcalimétrique TA de l'eau de process :*

**Principe :** Il permet de déterminer la teneur de l'eau en alcalins libres (OH) et en carbonates caustiques (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minérale dilué H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 0.1N, en présence d'un indicateur coloré phénophtaléine à 1%.

**Mode opératoire :** Dans un erlenmeyer, on introduit 50 ml d'eau, et quelques gouttes de la phénophtaléine, une coloration rose doit être développé, dans le cas contraire, le TA est nul, ce qui se produit généralement pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8.3. On fait le titrage avec l'acide sulfurique à 0.1N jusqu'à disparition de la couleur rose.

### **Expression des résultats :**

Le virage du rose à l'incolore se produit dès que le pH < 8.3 c'est-à-dire dès que la plus petit quantité d'acide carbonique est libre dans la solution.

Le TA est exprimé en degré français (F°) et donné par la formule suivante :

$$TA = V1 \times 5$$

V1 : Le volume de solution H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 0.1N utilisé pour le titrage.

### *IV-2-1-9-Détermination de TAC de l'eau de process (AFNOR1986) :*

#### **Principe :**

La détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) permet de déterminer la teneur de l'eau en alcalins libres (carbonates et bicarbonates), elle est basée sur la neutralisation d'un

volume d'eau par un acide minéral dilué  $H_2SO_4$  en présence d'un indicateur hélianthine (méthyle orange à 1%).

### Mode opératoire :

Dans un Erlen Mayer on introduit 50 ml d'eau et deux gouttes de méthyle orange, une coloration jaune doit alors se développer. On titre doucement avec l'acide minéral  $H_2SO_4$  dans l'Erlen jusqu'au virage à l'orange. Le virage a lieu dès que tous les bicarbonates ont été transformés, c'est-à-dire quand les dernières gouttes de  $H_2SO_4$  n'ayant plus de disposition dans la solution. Le virage de jaune se produit quand le  $pH < 4.3$  c'est-à-dire quand il y a une trace d'acide fort libre dans la solution.

### Expression des résultats :

Le TAC est déterminé à partir de la formule :

$$TAC = V_2 \times 5$$

### IV-2-1-10-Détermination de TH de l'eau de process (AFNOR-1986) :

**Principe :** Le titre hydrométrique (TH) est la somme de la concentration calcique (calcique) et magnésium, la dureté de l'eau est déterminée par un dosage complexométrique avec L'EDTA (l'acide éthyldiamine tétra acétique) à 0.02N, en présence d'un indicateur coloré qui est le noir Eriochrome T(NET).

### Mode opératoire :

Dans un Erlen Mayer on introduit 50ml d'eau à analyser et 2ml de solution ammoniacale ( $pH=10$ ) et une pincé d'indicateur noire Eriochrome(NET), on titre avec l'EDTA à 0.02N jusqu'au virage de rose au bleu.

### Expression des résultats :

La concentration totale en calcium et en magnésium ( $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ), exprimée en ( $F^\circ$ ) est donnée par la formule suivante :

$$TH = C_b \times 2$$

$C_b$  :(chute de burette) volume de l'EDTA versé en ml.

### IV-2-2-Essai de fabrication de L'ben a base de lactosérum brut :

#### Les étapes de fabrication :

**1<sup>ère</sup> étape :** Préparation de mélange de poudre de lait, de lactosérum doux.

Le lait reconstitué et le lactosérum doux ont été introduits dans des fioles en verre comme suite :

- ❖ **Fiole A :** contient 100% de lait reconstitué.
- ❖ **Fiole B :** contient 20% de lactosérum et 80% de lait reconstitué.
- ❖ **Fiole C :** contient 30% de lactosérum et 70% de lait reconstitué.
- ❖ **Fiole D :** contient 50% de lactosérum et 50% de lait reconstitué.

**2<sup>ème</sup> étape :** Traitement thermique : Les quatre fioles ont subi dans une pasteurisation à 85°C pendant 30 secondes.

#### **3<sup>ème</sup> étape :**

**Ensemencement et incubation :** L'ensemencement est réalisé par l'apport des bactéries mésophiles à raison de 3%. L'incubation est réalisée à une température entre 23°C à 27°C jusqu'à l'obtention d'une acidité de 63 à 70 °D, puis les produits ont été refroidis à une température entre 4-6°C. Le diagramme de l'essai de fabrication, des 4 échantillons de l'ben, est présenté dans la figure N°IV-2.

Le test de dégustation a été réalisé au niveau du laboratoire de l'unité de Boudouaou et de l'université. Et a porté sur l'évaluation des critères gout, l'odeur et couleur. Pour les interprétations statistiques nous avons opté pour le test de Friedman.

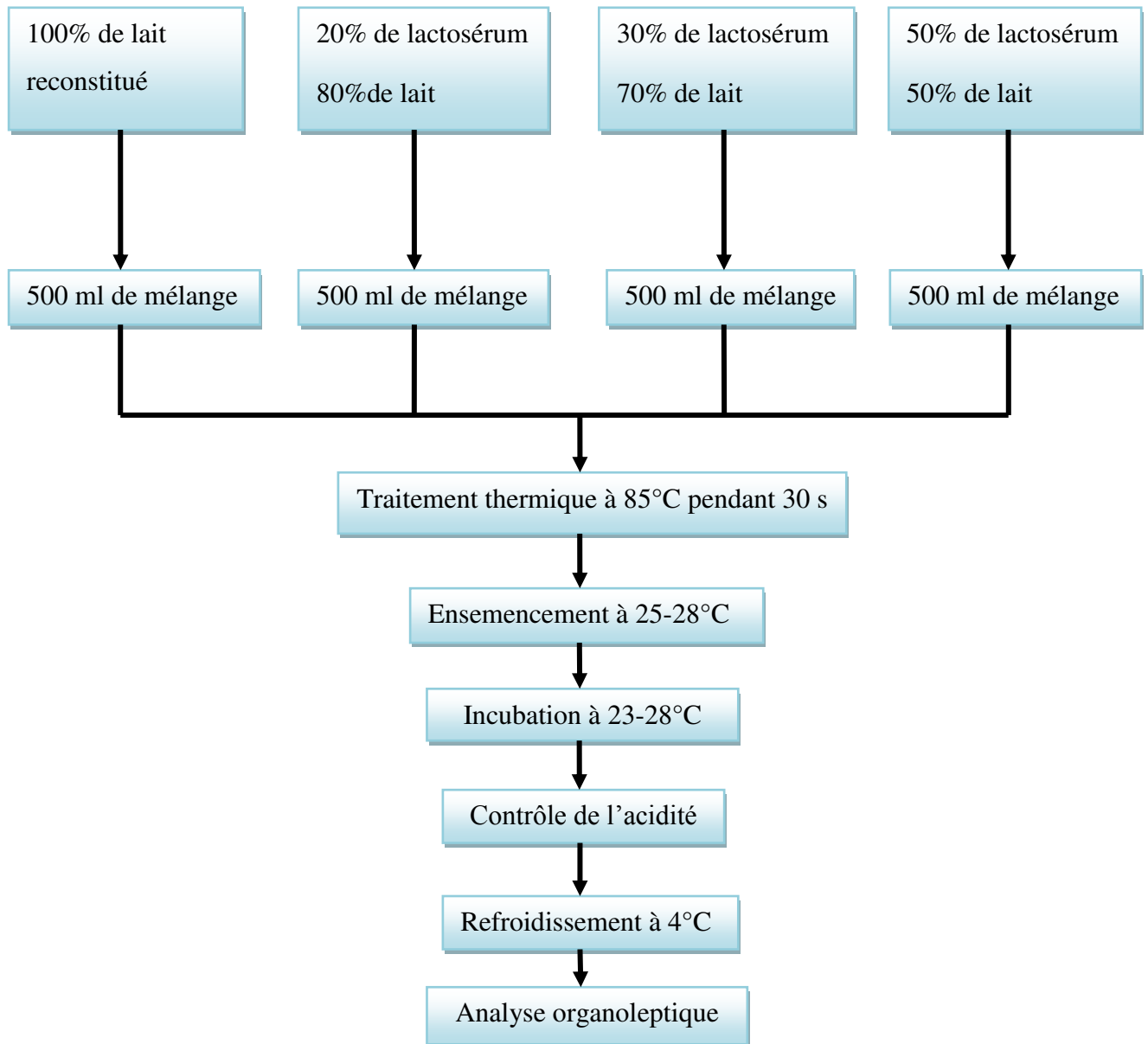


Figure N°IV-2 : Essai de fabrication de L'ben à base de lactosérum.

# *Chapitre V*

## *Résultats & Discussion*

### V-1-Résultats des analyses physico-chimique

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur trois échantillons de lactosérum, lait reconstitué, poudre de lait à 0% et 26% de MG et sur l'eau de reconstitution sont regroupés, respectivement, dans les tableaux V-1, V-2, V-3 et V-4.

#### V-1-1-Résultats des analyses physico-chimiques du lactosérum et du lait reconstitué

Les valeurs indiquées dans le tableau N°V-1 et la figure N°V-1 représentent la moyenne de 3 échantillons de lait reconstitué et du lactosérum provenant de la fabrication de fromage Type Edam.

Tableau N°V-1: Résultats des analyses physicochimique du lait et du lactosérum.

	Lactosérum	Lait reconstitué
<b>pH</b>	6.63±1	6.75
<b>AT (°D)</b>	14±0,48	15
<b>Lactose (g/l)</b>	47.7±1	43.9±1
<b>H%</b>	93.79±2	90.63
<b>EST (g/l)</b>	62.07±3	93.7±2.8
<b>Cendre g/l</b>	4.83±0.8	7.8±0,35
<b>MG (g/l)</b>	0.3±0.1	15±0.85
<b>Protéine g/l</b>	8.7±1	22.3±1

Le lactosérum obtenu, lors de la fabrication du fromage (Edam) est doux avec une acidité de 14±0.48 °D et un pH de 6,63. C'est le résultat d'un caillage à la présure.

D'après le tableau N°V-1 et la figure N°V-1; la teneur en eau de lactosérum est très importante, elle est de l'ordre de 93.79%, 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 lactose, constituant prépondérant de la matière sèche où il représente en moyenne  $47.7 \pm 1$  (76.84%) Cette valeur est similaire à celle donnée par **Almeida et al (2009)** (75.8%) et **Butylina et al (2006)** (77.26%). La teneur en protéines est de  $8.7 \pm 0.5$ , et elle est similaire à celle rapportée par **Atra et al, (2005)** 8,5g/l.

Nous estimons que la teneur en protéines du sérum doux issue de la fabrication de l'EDAM est satisfaisante car, d'après **Marshall (1988)**, les lactosérums contiennent de 4 à 7 gramme de protéines par litre de sérum. En outre le lactosérum contient les minéraux de la phase aqueuse du lait avec un taux de cendre de 4.83 g/l.

Les éléments constituant la matière sèche du lait reconstitué sont par ordre d'importance : le lactose ( $43.9 \pm 1$ g/l), les protéines ( $22.3 \pm 1$  g/l) la matière grasse ( $15 \pm 0.85$ g/l) et les cendres ( $7 \pm 0.35$  g/l).

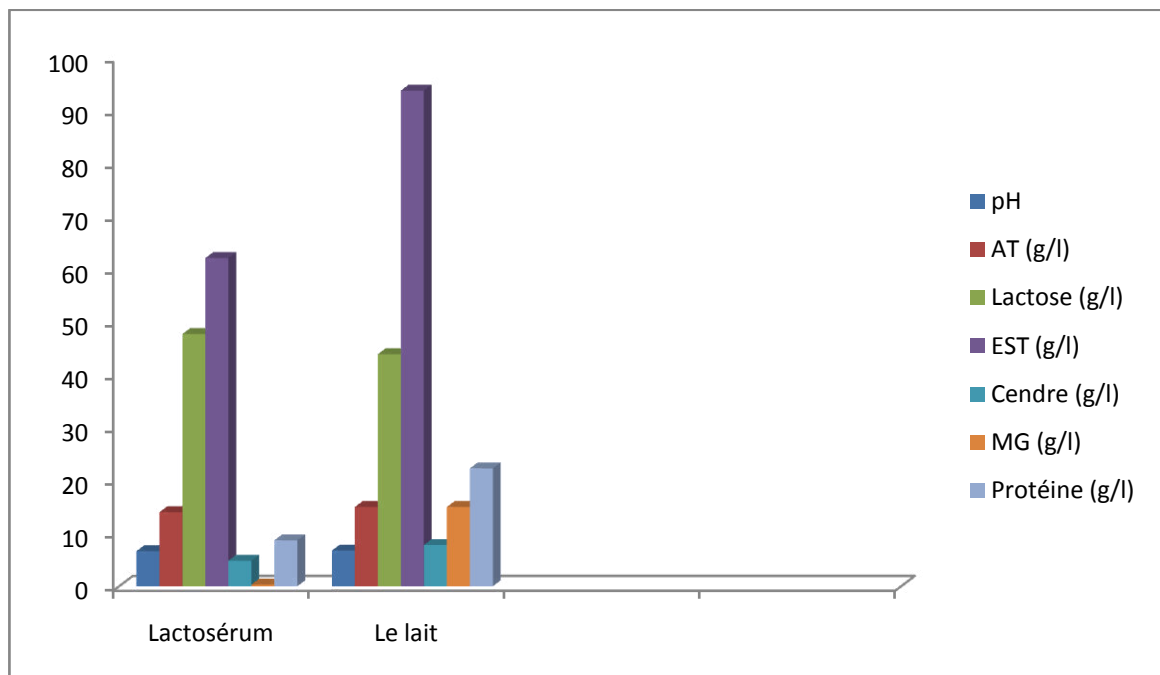


Figure N°V-1: La composition du lactosérum et du lait.

### V-1-2-Résultats des analyses physico-chimiques des poudres de lait à 0% de MG

Les valeurs indiquées dans le tableau N°V-2représentent la moyenne de 3 échantillons de la poudre de lait à 0 % de MG.

D'après le tableau N°V-2, les résultats des analyses effectués sur la poudre de lait à 0% de MG sont conformes à la norme AFNOR.

Ainsi on observe que la teneur en MG est de 0% et cette valeur confirme l'absence de cet élément dans la poudre de lait.

La teneur en eau de la poudre est de 4.04% et est en accord avec la norme AFNOR.

Tableau N°V-2 : Résultats des analyses physico-chimiques de poudres de lait à 0% de MG.

	La Poudre de lait (0%)	Norme AFNOR
pH	6.57	6.6 - 6.8
AT (°D)	16.33	15 - 17
Lactose (%)	52.75 ± 3	50 - 55
EST(%)	95.96	≥ 96
Cendre(%)	7.44 ± 1	8.2 – 8.6
MG%	0	0

### V-1-3-Résultats des analyses physico-chimiques des poudres de lait à 26% de MG

Les valeurs indiquées dans le tableau V-3 représentent la moyenne de 3 échantillons de la poudre de lait à 26 % de MG.



Tableau N°V-3 : Résultats des analyses physico-chimiques de poudres de lait à 26% de MG.

	La Poudre de lait (26%)	Norme AFNOR
pH	6.65	6.6 - 6.8
AT (°D)	16.33	15 - 17
Lactose (%)	41±2.5	37 - 38
EST (%)	96.75	≥ 96
Cendre (%)	5.39±0.8	≤ 4
MG (%)	26	26

Les résultats obtenus dans le tableau N°V-3 montrent que la qualité physicochimique de la poudre de lait à 26% de MG est conforme à la norme. AFNOR

La teneur en MG de 26% est conforme à la norme. L'acidité, le pH, les cendres, ainsi que la teneur en lactose sont respectivement de 16.33°D, 6.65, 5.39%, 41%, et 96.75% indique que cette poudre est de bonne qualité.

### V-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 N°V-4.

Tableau N°V-4: Les résultats des analyses physico-chimiques de L'eau du process.

	La moyenne	Afnor
TA	0±0.7	0
TAC	18.33±3	Max 50
TH (°F)	21.6±4	Max 60
pH	7.02±1	6.8-8.5

Le tableau N°V-4, révèle que les résultats des analyses physicochimiques de l'eau de process utilisé au niveau de LFB, pour la production de lait fermenté, sont conformes aux normes Afnor (1986). Les valeurs obtenues de titre alcalimétrique(TA), le titre alcalimétrique complet(TAC), le titre hydrométriques(TH), et le pH sont respectivement de 0,18.33, 21.6 (°F), 7.02

### V-1-5-Les résultats de l'EST des 4 mélanges (lait et de lactosérum)

Les résultats de la matière sèche (EST) des quatre mélanges (lait et lactosérum) sont montrés dans le tableau N°V-5 et la figure N°V-2. La détermination de la matière sèche a été réalisée, sur des échantillons prélevés au cours des essais de la fabrication et précisément pendant la première étape (voire section III-2-2)

Tableau N°V-5 : Matière sèche des mélanges lait et lactosérum.

Analyse	Ech A	Ech B	Ech C	Ech D
EST (%)	10.20%	9.8%	8.8	7.9%

D'après les résultats regroupés dans le tableau N°V-5 et la figure N°V-5 l'EST des mélanges diminue avec l'augmentation du taux de substitution du lactosérum par le lait reconstitué. Ce résultat est tout à fait logique, car la valeur de l'EST du lactosérum est inférieure à celle du lait reconstitué (voir tableau N°V-1)

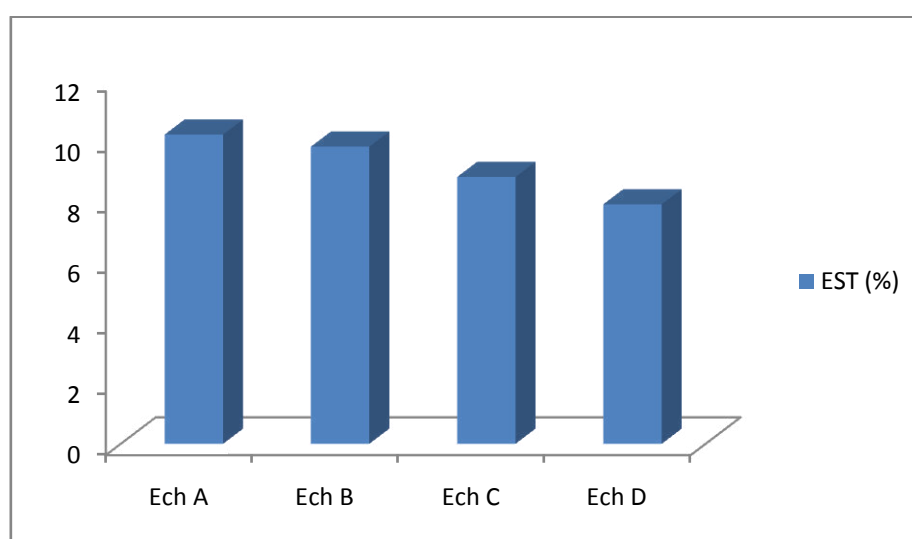


Figure N°V-2 : Résultats de l'EST des 4 mélanges (lait et de lactosérum).

### V-1-6-Suivi de l'acidité au cours de la fermentation de l'ben

Nous avons procédé à la mesure de l'acidité toutes les heures immédiatement après ensemencement du mélange à la température de 23°C à 28°C jusqu'à l'obtention d'une acidité 66°D à 73°D. Ces mesures ont été effectuées au niveau de laboratoire de COLAITAL et sont donnés dans le tableau N°V-6 et la figure N°V-3:

Tableau N°V-6 : Suivi de l'acidité au cours de la fermentation de l'ben.

Temps	16 :00	18 :00	20 :00	22 :00	00 :00	02 :00	04 :00
Ech A	15	17	19	26	37	50	65
Ech B	16	22	25	27	42	53	66
Ech C	17	20	23	38	42	56	68
Ech D	17	21	24	29	39	57	70

Les résultats du suivi de l'acidité en fonction du temps montrent que l'acidité des 4 échantillons est en augmentation progressive avec le temps. Cette augmentation est due à la dégradation de lactose en acide lactique par les bactéries lactiques mésophiles ; qui conduit à un abaissement de pH des 4 échantillons.

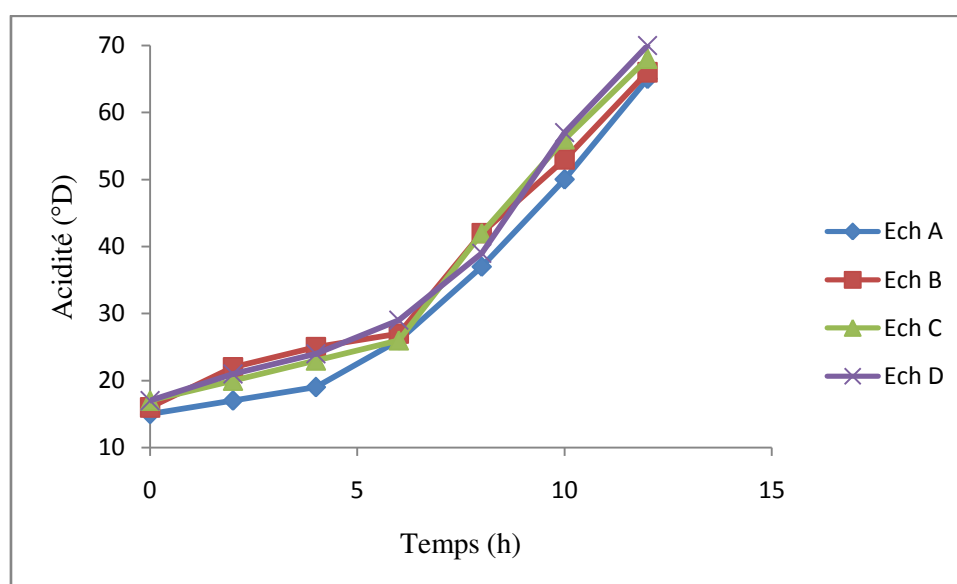


Figure N°V-3 : L'acidité au cours de fermentation de l'ben.

### V-1-7-Résultats des analyses physico-chimique de l'ben à base de lactosérum doux

Les résultats des analyses physico-chimiques de lait fermenté (le produit fini) sont regroupés dans le tableau N°V-7.

Tableau N°V-7 : Les résultats des analyses physico-chimiques de lait fermenté.

Analyse	Echantillons			
	Ech A	Ech B	Ech C	Ech D
Acidité (°D)	65	66	68	70
EST(%)	10.58	8.72	8.27	7.56
pH	4.68	4.63	4.61	4.55
MG (g/l)	15	13.8	11	10

Le tableau nous montre que le taux de MG des échantillons des produits A.B.C.D est respectivement de 15,13.8, 11 et 10 g/l. D'où le taux de la matière grasse diminue avec l'augmentation du taux d'incorporation du lactosérum dans la recette de l'ben. Ce résultat est dû donc à la pauvreté de lactosérum en MG.

### V-2-Evaluation sensorielle de l'ben

Le test sensoriel a été effectué sur les quatre produits de l'ben et a porté sur trois critères :

- Le gout.
- L'odeur.
- La couleur.

Les produits ont été codés comme suit :

- A : L'ben à 100% de lait reconstitué.
- B : L'ben à 80% de lait et de 20% de lactosérum.

- C : L'ben à 70% de lait et de 30% de lactosérum.
- D : L'ben à 50% de lait et de 50% de lactosérum.

L'évaluation des 4 produits portant sur les critères gout, odeur et couleur a été réalisée par 10 sujets non expérimentés qui ont attribué des notes de 1 à 10 pour chaque produit et chaque critère.

La méthode de notation est la suivant :

10 : Excellent.

5 : Moyen.

1 : Très mauvais.



Figure N°V-4 : Les 4 échantillons de l'ben à base de lactosérum.

Les scores sont rassemblés dans le tableau N°V-8 :

Tableau N°V-8 : Résultats des scores des critères goût, odeur et couleur.

Ech Sujets	Goût				Odeur				Couleur			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	7	8	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9
2	8	7	9	10	9	9	9	9	9	9	9	9
3	7	8	9	8	9	7	7	8	7	6	8	8
4	9	7	9.5	7	9	8	9.5	8	8	9	9	8
5	8	7	9	6	8	8	8	8	5	8	8	8
6	6	5	8	7	8	8	8	8	7	5	8	7
7	9.5	5	5	6	7	9	9	9	8	8	8	8
8	10	9	9	8	10	9	10	8	10	9	8	8
9	10	10	10	8	9	9	9	10	9	8	7	6
10	10	9	10	7	9	9	8	10	9	7	8	6
11	10	8	9	7	10	10	10	10	9	9	7	7
12	8	7	8	7	10	10	10	10	10	8	8	9
13	9	7	8	8	10	10	10	10	8	6	7	7
14	9	6	9	9	10	10	10	10	9	9	9	8
15	10	8	8	8	10	10	10	10	9	9	9	8
16	10	7	8	9	10	10	10	10	9	9	9	8
17	9	6	7	8	10	10	10	10	8	9	7	9
18	9	7	5	9	10	10	10	10	9	8	8	8
19	9	8	7	8	10	10	10	10	8	7	8	8
20	10	7	7	9	10	10	10	10	9	8	9	9

## Chapitre V : Résultats et discussions

Les résultats des classements des critères goût, odeur et couleur ainsi que la somme des rangs par produit et par l'ensemble des sujets sont représentés dans le tableau N°V-9.

Tableau N°V-9 : Résultats des classements des critères goût, odeur et couleur.

Ech Sujets	Goût				Odeur				Couleur			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	4	3	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	3	3	3
2	3	4	2	1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
3	4	2.5	1	2.5	1	3.5	3.5	2	3	4	1.5	1.5
4	2	3.5	1	3.5	2	3.5	1	3.5	3	2	2	3
5	2	3	1	4	2.5	2.5	2.5	2.5	4	2	2	2
6	3	4	1	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4	1	2.5
7	1	3.5	3.5	2	4	2	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5
8	1	2.5	2.5	4	1.5	3	1.5	4	1	2	3.5	3.5
9	2	2	2	4	3	3	3	1	1	2	3	4
10	1.5	3	1.5	4	2.5	2.5	4	1	1	3	2	4
11	1	3	2	4	2.5	2.5	2.5	2.5	2	2	3	3
12	2	3	2	3	2.5	2.5	2.5	2.5	1	3.5	3.5	2
13	1	4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	4	2.5	2.5
14	2.5	2.5	2.5	2.5	2	4	2	2	2	2	2	4
15	1	3	3	3	2.5	2.5	2.5	2.5	2	2	2	4
16	1	4	3	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2	2	2	4
17	1	4	3	2	2.5	2.5	2.5	2.5	3	1.5	4	1.5
18	1.5	3	4	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	3	3	3
19	1	2.5	4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2	4	2	2
20	1	3.5	3.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2	4	2	2
Σ	36.5	63.5	46.5	53.5	48.5	54	49.5	48	39.5	55	49	56.5

### Interprétation des résultats :

Pour l'interprétation des résultats nous avons utilisé le test de Friedman basé sur le calcul de F (Danzant. M 1988).

### Le test de Friedman :

C'est le test non paramétrique le plus employé en évaluation sensorielle car il correspond à une expérience équilibrée où n sujet ont noté chacun les p produits de l'étude. Les données sont donc appariées et la statistique de test utilise les rangs des produits, sujet par sujet (ces rangs peuvent tout à fait être calculés à partir de notes mises par les panélistes). Ce test, comme celui de Kruskal Wallis, est un test de  $X^2$  d'écart entre la somme des rangs obtenus par chaque produit et une somme des rangs moyenne (celle qu'auraient tous les produits s'ils étaient classés ex-æquo). Soit :

$$F = 12 / n \times p (p + 1) \sum [R_i + 3n (p + 1) / 2]^2$$

Où :

n : Nombre des panélistes.

p: Nombre des produits.

$R_i$  : Somme des rangs calculés à partir des scores donné au produit par n sujets.

On calcule en général F sous forme suivante :

$$F = 12 / n \times p \times (p + 1) [R_1^2 + \dots + R_p^2] - 3n \times (p + 1)$$

Cette valeur de F doit être comparée à la valeur L lue dans la table des  $X^2$  à (p - 1) degrés de liberté au niveau 5% (voir Annexe N°3).

Pour la décision :

- Si  $F > L$  : on décide que les produits sont perçus comme étant significativement différent.
- Si  $F < L$  : on décide que les produits sont perçus comme étant identiques.

Lorsque le test conduit à une différenciation significative des produits ont fait appel à une comparaison multiple des sommes de rangs des produits. Dans le cas le test de



FRIEDMAN, les effectifs sont les mêmes pour chacun des produits. En conséquent chaque différence de moyenne doit être comparée à la valeur :

$$\delta = Z [n \times p (p + 1) / 6]^{1/2}$$

Où Z est la valeur lue dans la table gaussienne au niveau  $[2 \alpha / p \times (p - 1)]$  (Annexe N°4).

- Si  $|R_i - R_j| > \delta$  : les produits i et j sont perçus comme significativement différents.
- Si  $|R_i - R_j| < \delta$  : les produits sont perçus comme identiques. (F. Depled, 1989)

### 1-Calcul de F pour le critère de gout :

$$F = 12 [((36.5)^2 + (63.5)^2 + (46.5)^2 + (53.5)^2) / 20 \times 4 \times (4+1)] - 3 \times 20 \times (4+1)$$

$$F = 9.7$$

La valeur de « L » Lue sur la table de  $X^2$  (Annexe N°4) à degré de liberté de (p-1) à 5% est de :

$$L = 7.81$$

$F > L$  : donc  $\rightarrow$  donc: Les produits sont perçus comme étant significativement différents.

### -Détermination des couples d'échantillons qui diffèrent entre eux :

Pour cela on effectue un test de comparaison multiple des sommes des rangs. La plus petite différence significative est égale à :

$$\delta = Z [n \times p (p + 1) / 6]^{1/2}$$

Où Z est la valeur lue dans la table Gaussienne (Annexe N°5) au niveau :

$[2 \alpha / p \times (p - 1)]$ . C'est-à-dire :  $[(2 \times 5\%) / 4 \times (4 - 1)] = 0,83\%$  d'où  $Z = 2.64$ .

$$\text{Donc : } \delta = 2,64 \times [(20 \times 4 \times (4 + 1) / 6)]^{1/2}$$

$$\delta = 21,63$$

Si  $|R_i - R_j| > \delta$  : les produits i et j sont perçus comme étant significativement différents.

$|R_i - R_j| < \delta$  : les produits i et j sont perçus comme étant significativement identiques.

Dans notre cas :

$|R_A - R_B| = 27 > 21,63 \rightarrow$  donc les produits A et B sont significativement différents.

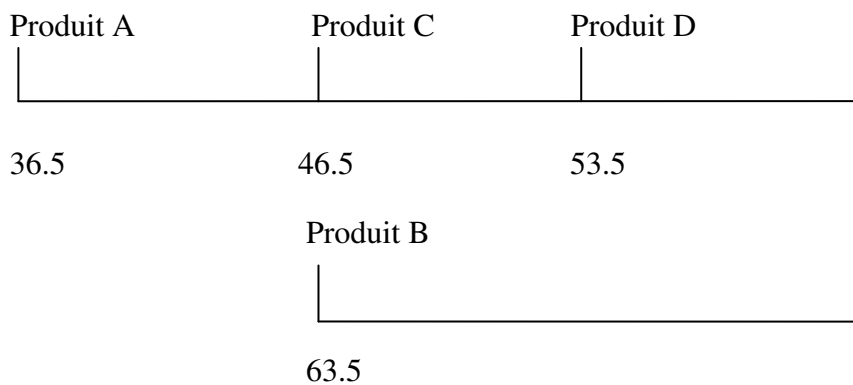
$|R_A - R_C| = 10 < 21,63 \rightarrow$  donc les produits A et C sont significativement identiques.

$|R_A - R_D| = 17 < 21,63 \rightarrow$  donc les produits A et D sont significativement identiques.

$|R_B - R_C| = 17 < 21,63 \rightarrow$  donc les produits B et C sont significativement identiques.

$|R_B - R_D| = 10 < 21,63 \rightarrow$  donc les produits B et D perçus significativement identiques.

$|R_C - R_D| = 7 < 21,63 \rightarrow$  donc les produits C et D sont significativement identiques.



### Conclusion :

Le test de Friedman nous indique qu'il n'y a pas une différence significative à 5% entre le goût des produits A (100% lait reconstitué), C (70% lait reconstitué et 30% lactosérum), et D (50% lait reconstitué et 50% lactosérum) et les produits D, C et B (80% lait reconstitué et 20% lactosérum). Cependant Les produits A et B sont significativement différents à 5%. Ces résultats nous montrent que le lactosérum peut être utilisé dans la fabrication de l'ben, comme substitut de lait reconstitué, jusqu'à une proportion de 50%.

### 2-Calcul de F pour le critère couleur :

$$F = 12 \times [((48.5)^2 + (54)^2 + (49.5)^2 + (48)^2) / 20 \times 4 \times (4 + 1)] - 3 \times 20 \times (4 + 1)$$

F=0.675

La valeur de « L » Lue sur la table de  $X^2$  (Annexe N°4) à degré de liberté de (p-1) à 5% est de :

$$L = 7,81$$

On a :  $L=7,81$  et  $F =0.675$  donc  $F < L \rightarrow$  Les produits sont perçus comme étant significativement identique.

Produit D	Produit A	Produit C	Produit B
48	48.5	49.5	54

### Conclusion :

Pour le critère couleur, le produit D est classé en première position avant le produit A (témoin). Cependant il n'y a aucune différence significative au seuil de 5%, entre les quatre produits donc le lactosérum peut être utilisé comme substitut de lait jusqu'à 50%.

### 3-Calcul de F pour le critère odeur :

$$F=12 \times [((39.5)^2 + (55)^2 + (49)^2 + (56.5)^2) / 20 \times 4 \times (4 + 1)] - 3 \times 20 \times (4 + 1)$$

$$F=5.355$$

La valeur de « L » Lue sur la table de  $X^2$  (Annexe N°4) à degré de liberté de (p-1) à 5% est de :

$$L=7,81$$

D'où  $F < L \rightarrow$  Les produits sont significativement identique.

Produit A	Produit C	Produit B	Produit D
39.5	49	55	56.5

### **Conclusion :**

Au seuil de 5% les interprétations statistiques nous indique qu'il n'y a aucune différence significative entre les quatre produits du point de vue couleur. Donc le lait peut être remplacé par le lactosérum doux jusqu'à 30%.

*Conclusion  
générale*

Le but de notre travail est l'utilisation de lactosérum doux comme substitut de lait reconstitué dans la fabrication de l'ben.

Les analyses physico-chimiques de lactosérum doux ont démontré sa richesse en lactose (47.7g/l), en protéines (8.7 g/l) et en EST (62.07g/l).

Le suivi de l'évolution de l'acidité en fonction du temps à température ambiante nous a permis de déduire que la durée de la fermentation est de l'ordre de 12 heures.

Par ailleurs le test de Friedman utilisé pour l'interprétation des résultats statistique des résultats de l'analyse sensorielle portant sur les critères goût, odeur et couleur des différents produits testés, nous a révélé qu'il n'y a pas de différence significative entre les produits testés à 50% de lactosérum et l'ben à 100% de lait reconstitué. Donc le lactosérum, à une proportion de 50%, pourrait être utilisé dans la fabrication de l'ben. Ceci constitue une stratégie intéressante pour valoriser le lactosérum produit par les unités fromagère Algérienne.

Le lactosérum renferme 62,05 g/l des constituants nobles du lait et en particulier les protéines à valeur nutritionnelle élevée. Donc il serait judicieux et nécessaire de le valoriser. 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  
bibliographique*

## Références bibliographique :

- Adrian J ; Legrand G et Frangne R ,1991 : Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition. Tec et doc. Lavoisier. 3ème édition : 116p.
- AFNOR, 1986 : Contrôle de la qualité des produits laitiers, Ed, Paris.
- Alais C, 1975: Sciences du lait. Principes des techniques laitières. 3<sup>e</sup> Edition Sepaic, Paris 807 p.
- Alais C, 1984 : Sciences du lait : Principes des techniques laitières-4<sup>e</sup> éd- Paris SEPAIC 814p.
- Almeid K.E, Tamine A.Y et Oliveirai M.N, 2009: Influence of total solids contents of milk whey on the acidifying profile and viability of various lactic acid bacteria .LWH-Food Sci and Techn (42) 672-678p.
- Atra R; Vatai G; Bekaeey; Molnar E et Balint A, 2005: Investigation of ultra and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. J. Food Eng.67: 325-332p.
- Batchelder B, 1990 : Electrodialysis application dans : whey processing.
- Benaouda K, 2008 : Etude de l'alpha amylase de levures isolées d'un écosystème extrême (sol environnant des sources thermales) et cultivées sur un milieu à base de lactosérum. Mémoire Magistère. Université Mentouri. Constantine. 104p.
- Boudier J.F et Luquet FM, 1981: Dictionnaire laitier. Ed, TEC et DOC, France, 220p.
- Boudier J.F et Luquet F.M, 1989: Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale N°21.
- Butylina S; Luque S et Nystrom M, 2006: Fractionation of whey derived peptides using a combination of ultrafiltration and nanofiltration. Journal of membrane science 418-426p.
- Bylund G, 1995 : Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86, Lund, Sweden .436 p.
- Cayot P et Lorion D, 1998 : Structures et Technofonctions des Protéines du Lait. Edition Tec et Doc Lavoisier. Paris.
- Debry G, 2001: Lait, nutrition et santé. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris. 566p
- De la fuente M.A, Hemar Y; Tamehana 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 (2002), pp361-369.
- Dibley G, 1997 : Harnessing the nutritional power of milk. Proc. Nutr. Soc. NZ, 22(20): pp 150-159.



- Dieng M, 2001: Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur le marché Dakarois. Thèse Docteur vétérinaire, Université de Dakar Sénégal.
- Eugenia L. M et Alvarez S, 2006 : B- Lactoglobuline removal from whey protein Concentrates production of milk derivatives as a base for infant formulas; Separation and Purification technology, pp 310- 316.
- FAO, 1995 : Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO Alimentation et nutrition n°28.
- FAO, 2002 : Food and Agriculture organization Of The United Nations Rome.
- FAO/OMS, 2000: Codex Alimentarius : Lait et produit laitiers, 2<sup>e</sup> édition-Rome: FAO; OMS- 136p.
- Fredot, 2006: Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier.397 p.
- Gaucheron F, 2004 : Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier:783, 922 p.
- Goursaud F.D, 1985 : Composition et propriétés physico-chimiques. Dans Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- Guiraud J.P, 1998 : Microbiologie alimentaire, Joseph-Pierre Guiraud Edition DUNOD. Paris, 652p.
- Guiraud J.P, 2003 : Microbiologie Alimentaire. Edition DUNOD. Paris. p: 136-139.
- Harmbling S.G ; MC Alpine A.S et Sawyer L, 1992: B-lactoglobulin; dans: Advanced Dairy Chemistry -1. P.F. Fox (ed), Elsevier Applied Science, London and New York, chap. 4, pp:141-179.
- Jeantet R; Croguennec T; Schuck P et Brule G, 2007 : Science des aliments-technologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier: 17-456 p.
- Jeantet R; Croguennec T; Mahaut M ; Schuck P et Brule G, 2008: Les produits laitiers, 2<sup>ème</sup> édition, Tec et Doc, Lavoisier, 185 p.
- Lamontagne M, 2002: Produits laitiers fermentés, dans : Sciences et technologie du lait ; transformation du lait – Canada : presses internationales polytechniques, 600p.
- Linden G et Lorient D; 1994 : Biochimie agro industrielle ; valorisation alimentaire de la Production agricole. Masson Paris Milan Barcelone.
- Lupien J, 1995: Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Organisation des Nations pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome. 272p.

- Luquet F.M, 1986 : Lait et les produits laitiers : vache, brebis, chèvre. ED.TEC et DOC. Lavoisier, paris, T<sub>3</sub>, 445P.
- Luquet F.M, 1990 : Lait et produits laitiers, vache brebis, chèvre : Transformation et technologie, Ed TEC et DOC. Lavoisier, Paris. Tome 2 ,637p.
- Luquet F.M et Corrieu G, 2005 : Bactéries lactiques et probiotiques. Edition Tec et Doc, Lavoisier. Paris 307p.
- Marain M.Rène.F, 2000 : technique de l'ingénieur, traité agro-alimentaire.
- Marchall K.R et Harper W.J, 1988: Whey protein concentrates. Bulletin of the international dairy fed (233) 21-32.
- Mathieu J, 1998: Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.
- Michel M ; Romain J ; Gerard B et Pierre S, 2000 : les produits industriels laitiers, Edition technique et documentation.
- Moletta R, 2002 : Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris: Tech et Doc-600p.
- Morr C.V, 1989 : Whey proteins: manufacture. In: Development in Dairy Chemistry-4 P.F.Fox (ed), Elsevier Science Publ, London and New York, chap 6, pp 245-283.
- 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, pp431- 476.
- Morrissay P.A, 1995: Lactose: chemical and physico-chemical properties ; dans: Developments in dairy chemistry 3. (FOX PF). Elsevier, London.
- Muller A ; Bernard C ; Uzi E et Georges D, 2003 : prepurification of alpha actalbumine with UF ceraic membranes from acid casein whey: study of operating conditions, 111-129p.
- Murat M, 1981 : valorisation des déchets et des sous produits industriels.
- Roufik S ; Sylvie F ; Gaithier et Sylvie L.T, 2007: Physicochemical Characterization and in vitro digestibility of  $\beta$ -LG F142-148 complexes. Inter dairy journal 17(2007), pp471- 480.
- Seydi M.g et Ndiaye M, 1993: Acidité et flore microbienne du lait reconstitué caillé artisanal sénégalais. Dakar médical- tome 38, p 61-67.
- Site internet : [www.naturalexix.com](http://www.naturalexix.com).
- Sottie, 1990 : produit dérivés des fabrications fromagères, lait et produits laitiers, tome 2. Ed: Lavoisier, Paris, pp 357- 392.
- Uchida Y ; Shimatani M.M ; Mitsunashi T et Koutake M, 1996 : Process for preparing a fraction having a high content of  $\alpha$  - LA from whey and nutritional compositions Containing such fractions, US patent 5, 503, 864p.

- Vignola C.L, 2002 : Science et technologie de lait -Transformation de lait ; Ed. Ecole polytechnique de matériel Québec, 600p.
- Violleau V, 1999 : Valorisation du lactosérum par électrodialyse. Thèse de doctorat. Montpellier.
- Werner J.B, Rafaël B et Jürd L, 2010 : sciences et technologie des aliments: principes de chimie des constituants et de technologie des procédés, 720 p.
- Yelles F, 2002: Valorization de lactosérum par lyophilisation.
- Zall R.R, 1992: Source and composition of whey and permeate dans: Whey and lactose processing, ed. by Zadow J.G., London: Elsevier Applied Science, pp 1-72.

# *Annexe*

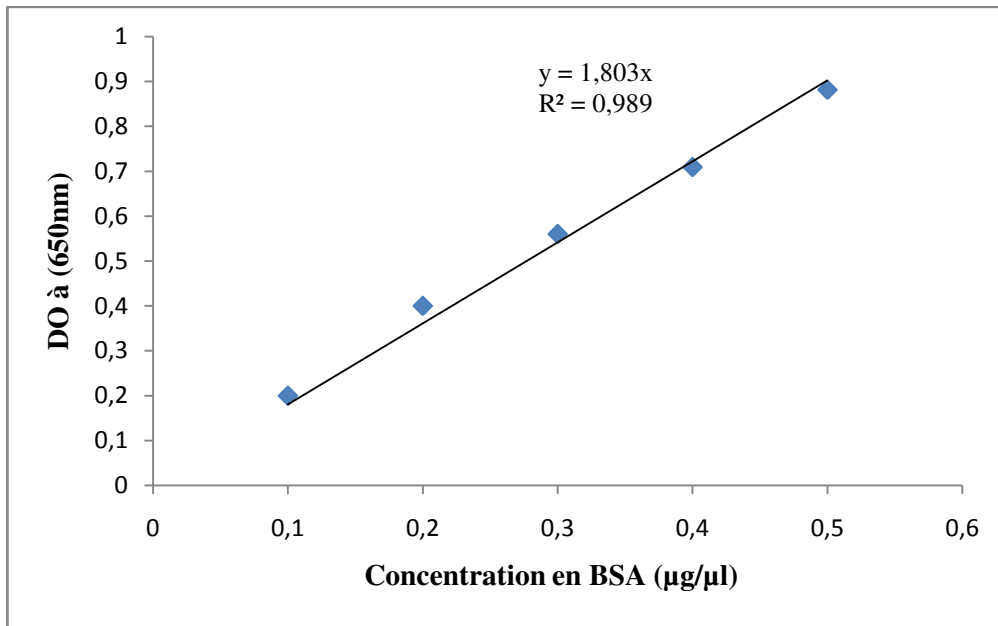
## Annexe N°1 :

<i>Appareillages :</i>	<i>Les produits :</i>
-pH mètre.	-phénophtaléine à 0.01N
-Etuve.	-Eau distillé
-Agitateur magnétique.	-Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ à 0.02 Net à 0.1N)
-Dessiccateur.	-Alcool iso amylique.
-Bain-marie.	-Hexacyanoferrate II de potassium
-Balance analytique.	-Acétate de zinc
-Four à moufle.	-Solution tampon(TK10)
-Centrifugeuse.	-Alun de fer
-Butyromètre.	-Hydroxyde de sodium(NaOH) à 1/9N
-Béchers.	-Ferrocyanure de potassium.
- Capsules.	-solution ferrique acide
-Burettes.	-permanganate à exactement 0.1 N
-Erlen Mayer.	-réactif de folin
-Papiers filtres.	-carbonate de sodium $Na_2CO_3$ .
-Pipette graduée.	-tartrate double de sodium et potassium
-Eprouvette graduée.	-sulfate de cuivre
-Entonnoirs.	-l'acide sulfurique à 0.1N
	-Méthyle orange
	-solution ammoniacale
	-Noire Eriochrome(NET)
	-l'EDTA à 0.02N
	-Bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) à 10%
	-Nitrates d'argent d' $AgNO_3$ (0.1N)

## Annexe N°2:

KMnO <sub>4</sub> 0.1N	Lactose hydraté	KMnO <sub>4</sub> 0.1N	Lactose Hydraté	KMnO <sub>4</sub> 0.1N	Lactose hydraté
5.0	23.6	9.0	43.5	13.0	64.1
5.1	24.1	9.1	44.0	13.1	64.7
5.2	24.6	9.2	44.5	13.2	65.2
5.3	25.1	9.3	45.0	13.3	65.7
5.4	26.1	9.4	45.5	13.4	66.2
5.5	26.6	9.5	46.0	13.5	66.8
5.6	27.1	9.6	46.5	13.6	67.3
5.7	27.6	9.7	47.1	13.7	67.8
5.8	27.6	9.8	47.6	13.8	68.4
5.9	28.0	9.9	48.1	13.9	68.9
6.0	28.5	10.0	48.6	14.0	69.4
6.1	29.0	10.1	49.1	14.1	69.9
6.2	29.5	10.2	49.6	14.2	70.5
6.3	30.0	10.3	50.1	14.3	71.0
6.4	30.5	10.4	51.2	14.4	71.5
6.5	31.0	10.5	51.6	14.5	72.0
6.6	31.5	10.6	51.7	14.6	72.6
6.7	32.0	10.7	52.2	14.7	73.1
6.8	32.5	10.8	52.7	14.8	73.6
6.9	33.0	10.9	53.2	14.9	74.1
7.0	33.5	11.0	53.7		
7.1	34.0	11.1	54.2		
7.2	34.5	11.2	54.8		
7.3	35.0	11.3	55.3		
7.4	35.5	11.4	55.8		
7.5	36.0	11.5	56.3		
7.6	36.5	11.6	56.8		
7.7	37.0	11.7	57.4		
7.8	37.5	11.8	57.9		
7.9	38.0	11.9	58.4		
8.0	38.5	12.0	58.9		
8.1	39.0	12.1	59.9		
8.2	39.5	12.2	60.0		
8.3	40.0	12.3	60.5		
8.4	40.5	12.4	61.0		
8.5	41.0	12.5	61.5		
8.6	41.5	12.6	62.1		
8.7	42.0	12.7	62.6		

### Annexe N°3 :



### Annexe N°4:

DDL $\alpha$	10%	5%	2.5%	1%	1‰
1	2.71	3.84	5.02	6.63	10.83
2	4.61	5.99	7.38	9.21	13.82
3	6.25	7.81	9.35	11.34	16.27
4	7.78	9.49	11.14	13.28	18.47
5	9.24	11.07	12.83	15.09	20.52
6	10.64	12.59	14.45	16.81	22.46
7	12.02	14.07	16.01	18.47	24.32
8	13.36	15.51	17.53	20.09	26.13
9	14.68	16.92	19.02	21.67	27.88
10	15.99	18.31	20.48	23.21	29.59
11	17.27	19.67	21.92	24.72	31.26
12	18.55	21.03	23.34	26.22	32.91
13	19.81	22.36	24.74	27.69	34.53
14	21.06	23.68	26.12	29.14	36.12
15	22.31	25.00	27.49	30.58	37.70
16	23.54	26.30	28.84	32.00	39.25
17	24.77	27.59	30.19	33.41	40.79
18	25.99	28.87	31.53	34.80	42.31
19	27.20	30.14	32.85	36.19	43.82
20	28.41	31.41	34.17	37.57	45.32
21	29.61	32.67	35.48	38.93	46.80
22	30.81	33.92	36.78	40.29	48.27
23	31.01	35.17	38.08	41.64	49.73
24	33.20	36.41	39.37	42.98	51.18
25	34.38	37.65	40.64	44.34	52.62
26	35.56	38.88	41.92	45.64	54.05
27	36.74	40.11	43.19	46.96	55.48
28	37.92	41.34	44.46	48.28	56.89
29	39.09	42.56	45.72	49.59	58.30
30	40.26	43.77	46.98	50.89	59.70



## Annexe N°5 :

z	$\alpha$	z	$\alpha$	z	$\alpha$	z	$\alpha$	z	$\alpha$	z	$\alpha$
0.00	0.5000	1.00	0.1587	2.00	0.0228	0.00	1.0000	1.00	0.3174	2.00	0.0456
0.02	0.4920	1.02	0.1539	2.02	0.0217	0.02	0.9840	1.02	0.3064	2.02	0.0434
0.04	0.4840	1.04	0.1492	2.04	0.0207	0.04	0.9680	1.04	0.2984	2.04	0.0414
0.06	0.4761	1.06	0.1446	2.06	0.0197	0.06	0.9522	1.06	0.2892	2.06	0.0394
0.08	0.4681	1.08	0.1401	2.08	0.0188	0.08	0.9362	1.08	0.2802	2.08	0.0376
0.10	0.4602	1.10	0.1357	2.10	0.0179	0.10	0.9204	1.10	0.2714	2.10	0.0358
0.12	0.4522	1.12	0.1314	2.12	0.0170	0.12	0.9044	1.12	0.2628	2.12	0.0340
0.14	0.4443	1.14	0.1271	2.14	0.0162	0.14	0.8886	1.14	0.2542	2.14	0.0324
0.16	0.4364	1.16	0.1230	2.16	0.0154	0.16	0.8728	1.16	0.2460	2.16	0.0308
0.18	0.4286	1.18	0.1190	2.18	0.0146	0.18	0.8572	1.18	0.2380	2.18	0.0292
0.20	0.4207	1.20	0.1151	2.20	0.0139	0.20	0.8414	1.20	0.2302	2.20	0.0278
0.22	0.4129	1.22	0.1112	2.22	0.0132	0.22	0.8258	1.22	0.2224	2.22	0.0264
0.24	0.4052	1.24	0.1075	2.24	0.0125	0.24	0.8104	1.24	0.2150	2.24	0.0250
0.26	0.3974	1.26	0.1038	2.26	0.0119	0.26	0.7948	1.26	0.2076	2.26	0.238
0.28	0.3897	1.28	0.1003	2.28	0.0113	0.28	0.7794	1.28	0.2006	2.28	0.0226
0.30	0.3821	1.30	0.0968	2.30	0.0107	0.30	0.7642	1.30	0.1936	2.30	0.0214
0.32	0.3745	1.32	0.0934	2.32	0.0102	0.32	0.7490	1.32	0.1868	2.32	0.0204
0.34	0.3669	1.34	0.0901	2.34	0.0096	0.34	0.7338	1.34	0.1802	2.34	0.0192
0.36	0.3594	1.36	0.0869	2.36	0.0091	0.36	0.7188	1.36	0.1738	2.36	0.0182
0.40	0.3520	1.38	0.0838	2.38	0.0087	0.40	0.7040	1.38	0.1676	2.38	0.0174
0.50	0.3446	1.40	0.0808	2.40	0.0082	0.50	0.6892	1.40	0.1616	2.40	0.0164
0.52	0.3372	1.42	0.0778	2.42	0.0078	0.52	0.6744	1.42	0.1556	2.42	0.0156
0.54	0.3300	1.44	0.0749	2.44	0.0073	0.54	0.6600	1.44	0.1498	2.44	0.0146
0.56	0.3228	1.46	0.0721	2.46	0.0069	0.56	0.6456	1.46	0.1442	2.46	0.0138
0.58	0.3156	1.48	0.0694	2.48	0.0066	0.58	0.6312	1.48	0.1388	2.48	0.0132
0.60	0.3085	1.50	0.0668	2.50	0.0062	0.60	0.6170	1.50	0.1336	2.50	0.0124
0.62	0.3015	1.52	0.0643	2.52	0.0059	0.62	0.6030	1.52	0.1286	2.52	0.0118
0.64	0.2946	1.54	0.0618	2.54	0.0055	0.64	0.5892	1.54	0.1236	2.54	0.0110
0.66	0.2877	1.56	0.0594	2.56	0.0052	0.66	0.5754	1.56	0.1188	2.56	0.0104
0.68	0.2810	1.58	0.0571	2.58	0.0049	0.68	0.5620	1.58	0.1142	2.58	0.0098
0.70	0.2743	1.60	0.0548	2.60	0.0047	0.70	0.5486	1.60	0.1096	2.60	0.0094
0.72	0.2676	1.62	0.0526	2.62	0.0044	0.72	0.5352	1.62	0.1052	2.62	0.0088
0.74	0.2611	1.64	0.0505	2.64	0.0041	0.74	0.5222	1.64	0.1010	2.64	0.0082
0.76	0.2546	1.66	0.0485	2.66	0.0039	0.76	0.5092	1.66	0.0970	2.66	0.0078
0.78	0.2483	1.68	0.0469	2.68	0.0037	0.78	0.4966	1.68	0.0930	2.68	0.0074
0.80	0.2420	1.70	0.0446	2.70	0.0035	0.80	0.4840	1.70	0.0892	2.70	0.0070
0.82	0.2358	1.72	0.0427	2.72	0.0033	0.82	0.4716	1.72	0.0854	2.72	0.0066
0.84	0.2296	1.74	0.0409	2.74	0.0031	0.84	0.4592	1.74	0.0818	2.74	0.0062
0.86	0.2236	1.76	0.0392	2.76	0.0029	0.86	0.4472	1.76	0.0784	2.76	0.0058
0.88	0.2176	1.78	0.0375	2.78	0.0027	0.88	0.4354	1.78	0.0750	2.78	0.0054
0.90	0.2119	1.80	0.0359	2.80	0.0026	0.90	0.4238	1.80	0.0718	2.80	0.0052
0.92	0.2061	1.82	0.0344	2.82	0.0024	0.92	0.4122	1.82	0.0688	2.82	0.0048
0.94	0.2005	1.84	0.0329	2.84	0.0023	0.94	0.4010	1.84	0.0658	2.84	0.0046
0.96	0.1949	1.86	0.0314	2.86	0.0021	0.96	0.3898	1.86	0.0628	2.86	0.0042
0.98	0.1894	1.88	0.0301	2.88	0.0020	0.98	0.3788	1.88	0.0602	2.88	0.0040
0.90	0.1841	1.90	0.0287	2.90	0.0019	0.90	0.3682	1.90	0.0574	2.90	0.0038
0.92	0.1788	1.92	0.0274	2.92	0.0018	0.92	0.3556	1.92	0.0548	2.92	0.0036
0.94	0.1736	1.94	0.0262	2.94	0.0016	0.94	0.3472	1.94	0.0524	2.94	0.0032
0.96	0.1685	1.96	0.0250	2.96	0.0015	0.96	0.3370	1.96	0.0500	2.96	0.0030
0.98	0.1635	1.98	0.0239	2.98	0.0014	0.98	0.3270	1.98	0.0478	2.98	0.0028

## Résumé :

La présente étude consiste à utiliser le lactosérum doux, issu de la fabrication du fromage type EDAM, comme substitut du lait reconstitué dans la fabrication de l'ben. La valorisation de ce sous produit permettra de réduire la pollution de l'environnement ainsi que de récupérer les éléments nobles du lait d'origine (lactose et protéines) En effet les analyses physico-chimiques ont montré que le lactosérum est riche en matière sèche constituée, principalement de lactose et les protéines solubles. Le test de Friedman, utilisé pour l'évaluation sensorielle portant sur le gout, l'odeur, et la couleur des quatre produits de l'ben testé, a révélé que le taux de substitution du lait par le lactosérum a atteint les 50%.

## Summary :

The present study consists of using the sweet whey from the manufacture of EDAM cheese as a substitute for reconstituted milk in the manufacture of lben. The use of this by-product will reduce pollution of the environment and recover the noble elements of the milk of origin (lactose and proteins). Physicochemical analyzes have shown that the whey is rich in dry matter , Mainly lactose and soluble proteins. The Friedman test, used for the sensory evaluation of the taste, odor and color of the four products of the ben tested, revealed that the rate of milk substitution by whey reached 50%.

## ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى استخدام مصلى اللبن الحلو الناتج من صناعة جبن الايدام كبديل للحليب المعاد تشكيله في صناعة اللبن . استغلال هذا المنتج يسمح بتخفيض التلوث البيئي بالإضافة إلى استرداد العناصر النبيلة للحليب (اللاكتوز و البروتينات) لان التحاليل الفيزيائية و الكيميائية أظهرت أن مصلى اللبن غني بالمواد الصلبة التي تتكون أساسا من اللاكتوز و البروتينات القابلة للذوبان . كشف اختبار فريدمان يستخدم للتقييم الحسي للطعم ; الرائحة واللون للمنتجات الأربعة التي تم اختبارها بان معدل استبدال الحليب بمصلى اللبن وصل إلى 50%.