

17 540-744

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur
Université de Guelma
Faculté des Mathématiques et de l'Informatique et des Sciences de la Matière
Département des Sciences de la Matière

Mémoire du Projet de fin d'étude
2^{ème} Année Master

744



Spécialité : Chimie physique et analytique

Présenté par :

**BOULASSEL Samira
GUECHI Fatima Zohra**



**Fabrication du lait pasteurisé conditionné et du lait
reconstitué conditionné SAFIA**

Sous la Direction de :

LARGATE Leila



Dédicaces

C'est avec fierté et respect que je dédie ce travail :

A mes très chers parents pour leur amour, leur sacrifice, et l'encouragement qu'ils m'ont prodigués tout au long des années de ma formation, qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et l'expression de ma profonde gratitude

Que dieux vous gardent en bonne santé.

A mes sœurs : Imen, Sameh ; Sara et sa belle-fille Djana, Nassima, Shaima, Roumaissa, pour leur aide et la patience qu'ils ont consentis devant les changements d'humeur occasionnés par ce travail.

A toutes mes amies : Samira, Sara, Ndjla, Asma.et à tous mes collègues.



Dédicaces

C'est avec fierté et respect que je dédie ce travail :

A mes très chers parents pour leur amour, leur sacrifice, et l'encouragement qu'ils m'ont prodigués tout au long des années de ma formation, qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et l'expression de ma profonde gratitude

Que dieux vous gardent en bonne santé.

A mes sœurs : Nabila, Warda et sa belle-fille Nihad, Wafa, pour leur aide et la patience qu'ils ont consentis devant les changements d'humeur occasionnés par ce travail.

*A toutes mes amies : Afaf, Sara, Hasna, Soumia, Souha.
.....et à tous mes collègues.*

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à adresser mes plus vifs remerciements

À ma directrice dumémoire L'argate Laila qui m'a encouragée et soutenue tout au long de ce travail, ces conseils m'ont été d'un précieux secours.

La pleine confiance qu'il m'a accordée m'a permis d'élaborer un travail de recherche propre à mes aspirations. Je tiens à mentionner le plaisir que j'ai eu à travailler avec-lui.

Je souhaite également présenter mes remerciements à mes enseignants Dr.Nigri Soria, Pr. Oumadoure, Dr. Madi, Pr.Khatmi et tous les enseignants du département du chimie.

Au final, je pense fortement à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Et Surtout à Dieu Le Tout-Puissant qui m'a toujours soutenu.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PRESENTATION DE L'UNITE	2
PREMIERE PARTIE : PARTIE THEORIQUE	
1. Définition du lait.....	3
2. Composition, Microbiologie et Caractéristiques physico-chimiques du lait.....	3
2.1. Composition globale du lait.....	3
2.1.1. L'Eau.....	5
2.1.2. Composition de la matière sèche.....	5
2.1.2.1. Les Glucides.....	5
2.1.2.2. La matière grasse du lait.....	6
2.1.2.3. La matière azotée.....	10
2.1.2.4. Les matières minérales.....	13
2.1.2.5. Les vitamines.....	13
2.1.2.6. Les enzymes.....	13
2.1.2.7. Les gaz dissous.....	13
2.2. Microbiologie du lait.....	14
2.2.1. Flore indigène ou originelle.....	14
2.2.2. Flore Contaminante.....	14
2.2.3. Flore d'altération.....	15
2.2.4. Flore pathogène.....	15
3. Les Caractéristiques physico-chimiques.....	15
3.1. Qualités Organoleptiques.....	16
3.1.1. La Couleur.....	16
3.1.2. L'Odeur.....	16
3.1.3. La Saveur.....	16
3.2. Masse Volumique et Densité du lait.....	16
3.3. La Viscosité.....	17
3.4. Le Point de Congélation.....	17
3.5. Le Point d'ébullition.....	17
3.6. L'acidité.....	18
3.7. L'acidité titrable.....	18
3.8. La Pression Osmotique.....	19

4. Les différents types du lait.....	20
4.1. Première différenciation : selon la teneur en matière grasses.....	20
4.2. Deuxième différenciation : Selon le traitement thermique.....	20
4.2.1. Lait cru.....	20
4.2.2. Lait pasteurisé.....	20
4.2.3. Lait stérilisé.....	21
4.2.4. Lait stérilisé UHT (ultra haute température).....	21
4.2.5. Lait concentré.....	21
4.2.6. Lait en poudre ou lait sec.....	22
4.2.7. Lait fermentés.....	22
4.2.8. Les laits infantiles.....	22
4.2.9. Lait aromatisé.....	22
4.3. Troisième différenciation : selon la source du lait.....	22

DEUXIEME PARTIE : PARTIE PRATIQUE

2. Matériels et méthodes.....	23
2.1. Matériel.....	23
2.1.1. Appareillage utilisé au laboratoire de L'unité SAFIA se situe à la Commune d'El Fedjouj Wilaya Guelma.....	23
2.1.2. Appareillage utilisé au laboratoire de laboratoire d'analyse industrielle et génie des matériaux (I.AIGM) Université 08MAII1945Guelma.....	23
2.1.3. Petit matériel.....	23
2.1.4. Produits chimiques, réactifs et matériel biologique.....	23
2.2. Méthodes.....	23
2.2.1. La technologie de la production du lait prêt de consommation.....	23
2.2.2. Les étapes de fabrication du lait SAFIA.....	24
2.2.2.1. La réception.....	24
2.2.2.2. La reconstitution.....	26
2.2.2.3. La recombinaison.....	27
2.2.2.4. Le stockage.....	27
2.2.2.5. L'homogénéisation.....	28
2.2.2.6. La filtration.....	28
2.2.2.7. La pasteurisation.....	28
2.2.2.8. Le stockage tampon.....	29
2.2.2.9. Le conditionnement.....	29

2.2.2.10. La distribution.....	30
2.3. Nettoyage et désinfection.....	32
2.3.1. Le nettoyage en place NEP.....	32
2.3.2. Nettoyage des locaux.....	33
2.4. Tests physicochimiques.....	33
2.4.1. Détermination de la densité et température.....	33
2.4.2. Détermination de l'acidité.....	33
2.4.3. Détermination de la matière grasse (méthode acido-métrique de GERBER).....	34
2.4.4. Détermination de la matière sèche totale.....	35
2.4.5. Détermination de la matière sèche dégraissée.....	35
2.4.6. Détermination de l'extrait sec total (EST).....	36
2.5. Tests microbiologiques.....	36
2.5.1. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile.....	37
2.5.2. Dénombrement des coliformes totaux.....	37
2.5.3. Recherche et dénombrement des staphylocoques.....	38
2.5.4. Test rapide avec le bleu de méthylène.....	38
2.6. Traitement des eaux.....	39
2.6.1. Teste de chlorure libre d'eau.....	40

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

3. 1 .Qualité physico-chimique.....	41
3.1.1. Couleur Saveur et Odeur.....	41
3.1.2. PH.....	41
3.1.3. Acidité titrable.....	41
3. 1.4. Densité.....	42
3.1.5. Teneur en matière grasse.....	42
3.2. Qualité bactériologiques.....	42
3.2.1. Les germes aérobies.....	42
3.2.2. Les coliformes.....	42
3.2.3. Les Staphylocoques.....	43
3.3. L'analyse spectroscopique infrarouge.....	43
CONCLUSION.....	46

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

Liste des figures

Les figures	Le titre des figures	page
PREMIERE PARTIE : PARTIE THEORIQUE		
Figure 1.1	Résumé des différents termes utilisés pour définir la composition du lait (lactosérum).	4
Figure 1.2	Les transformations chimiques (l'hydrolyse, brunissement non enzymatique et fermentation du lactose).	6
Figure 1.3	Composition de la matière grasse du lait. Taille : 0,1 à 20 µm. Taille moyenne 3 à 4 µm.	7
Figure 1.4	Lipolyse d'un triglycéride.	9
Figure 1.5	Saponification d'un triglycéride.	10
Figure 1.6	Structure schématique d'une protéine.	11
Figure 1.7	Modèle d'une molécule protéique (chaîne d'acides aminés des groupes amino et carboxyle).	12
Figure 1.8	Structure d'une sub-micelle caséique.	12
Figure 1.9	L'acidité naturelle, l'acidité développée et l'acidité titrable du lait.	19
DEUXIEME PARTIE : PARTIE PRATIQUE		
Figure 2.1	Diagramme des technologies de production du lait prêt à la consommation.	24
Figure 2.2	Les cuves de réception.	25
Figure 2.3	Le triblinder.	26
Figure 2.4	L'écumeuse	27
Figure 2.5	Pasteurisation à plaque	29
Figure 2.6	Tanks de stockage	29
Figure 2.7	Conditionneuse semi-automatique	30
Figure 2.8	Schéma de fabrication du lait reconstitué pasteurisé SAFIA.	31
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS		
Figure 3.1	Spectre IR= transmissions IR à des fréquences corrélées aux vibrations des liaisons chimiques de la composition chimique globale du lait	43

Liste des tableaux

Tableaux	Le titre des tableaux	page
PREMIERE PARTIE : PARTIE THEORIQUE		
Tableau 1.1	Composition d'un litre de lait (Goursancl, 1985).	5
Tableau 1.2	Composition Globale de la Matière Grasse contenu du globule gras en émulsion dans la phase aqueuse(en % de matière grasse).	8
Tableau 1.3	Principaux acides gras dans la matière grasse du lait	8
Tableau 1.4	Les dérivés azotés du lait.	10
Tableau 1.5	Composition de la matière saline (en g par litre de lait).	13
Tableau 1.6	Flore indigène du lait cru.	14
Tableau 1.7	Caractéristiques physico-chimiques du lait.	15
Tableau 1.8	Acidité naturelle du lait : apport des différents constituants	18
Tableau 1.9	Pression osmotique dans le lait	19
Tableau 1.10	Composition d'autres laits de mammifères terrestres.	22
DEUXIEME PARTIE : PARTIE PRATIQUE		
Tableau 2.1	Les propriétés physicochimiques et microbiologiques du lait réceptionné par SAFIA.	25
Tableau 2.2	Paramètres de définition d'une poudre de lait	27
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS		
Tableau 3.1	Résultats d'analyse physico-chimique	39
Tableau 3.2	Résultats d'analyse bactériologiques	40

Glossaire

NEP : Nettoyage En Place

ESD : Extrait Sec Dégraissé

EST : Extrait Sec Totale

MG : Matière Grasse

UHT : Ultra Haute Température

AA : Acides Aminés

UFC : Unité Formant Colonie

INTRODUCTION

Introduction

Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères, comme la vache, la chèvre et la brebis, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant. Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition, de structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels.

Le lait est une suspension colloïdale complexe.

Certains constituants y sont à l'état de solution vraie dans l'eau du lait (Phase aqueuse), ce sont ceux dont la taille est la plus faible : ions minéraux, lactose, protéine soluble.

La phase colloïdale est composée de caséines structurées en agrégats, appelées micelles qui sont chargées et dispersées en suspension stable dans la phase aqueuse du lait.

Enfin la matière grasse composée essentiellement de triglycérides est dispersée à l'état de micro gouttes stabilisées, il s'agit de la phase d'émulsion.

D'un point chimique, le lait est d'un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6.6 à 6.8 pour le lait de vache) légèrement acide, proche de la neutralité, cette acidité est due à la dégradation du lactose en acide lactique avec le temps, ce qui permettra d'avoir un indicateur du degré de conservation. Pour cela, on utilise le degré Dornic (°D).

Le lait est consommé largement dans le monde, il est considéré comme aliment entier, parce qu'il contient tous les éléments nécessaires pour la croissance (protéine, sels minéraux, vitamines), en outre le lait est un aliment énergétique par ce qu'il contient les lipides et les glucides.

Afin de rapprocher plus à la production laitière, nous avons effectué un stage pratique au niveau de l'unité SAFIA se situant à la commune d'El Fedjoug Wilaya Guelma.

Notre formation consiste à :

- ▶ Suivre les différentes étapes de fabrication du lait pasteurisé conditionné et le lait reconstitué conditionné;
- ▶ Etudier les propriétés physicochimiques du lait cru et fabriqué;
- ▶ Etudier les analyses biologiques du lait cru et fabriqué ;
- ▶ Prendre une idée sur le système de nettoyage et de désinfection de l'unité;
- ▶ voir le processus de désinfection et d'adoucissement de l'eau utilisée dans la chaîne de fabrication;

·
Finalement, Les composés majeurs du lait quantifiés par spectrométrie infrarouge MIR ont été réalisés au niveau du laboratoire d'analyse industrielle et génie des matériaux (LAIGM).

Présentation de l'unité :

La laiterie SAFIA est une entreprise privée de production de lait et dérivés (lait pasteuriser conditionné, lait fermenté conditionné).

Cette récente unité a ouvert ces portes en aout 2008. Elle dispose d'un équipement italien contrôlé par un système semi-automatique, d'un laboratoire des analyses physico-chimique, ainsi qu'une station de traitement des eaux.

L'unité SAFIA se situe à la commune d'El Fedjouj Wilaya Guelma. Elle est implantée au centre ville de la commune.

La laiterie SAFIA est constituée d'un atelier de fabrication, d'un bloc administratif, et d'un laboratoire des analyses physico-chimiques et biologiques.

L'atelier de fabrication à son tour est réparti en trois compartiments : service de collecte, chambre de poudrage, chambre de pasteurisation, et une salle de conditionnement

Première Partie :
Partie théorique

1. Définition du lait :

Selon le premier congrès internationale pour la répression des fraudes alimentaire (Genève, 1908) : « le lait est le produit intégral de la traite totale et interrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être se cueilli proprement et ne pas contenir de colostrum ».

Le lait est un liquide généralement blanchâtre, produit par les cellules sécrétrices des glandes mammaires des mammifères. Le lait sécrété dans les premiers jours après la parturition s'appelle le colostrum. Il est convenu de réserver le mot « lait », sans spécification, à la sécrétion lactée de la vache.

Dans tous les autres cas, on le fait suivre de la désignation de l'espèce: lait humain, lait de brebis, lait de chèvre, etc. (anonyme, 2008).

2. Composition, Microbiologie et Caractéristiques physico-chimiques du lait :

2.1. Composition globale du lait :

Le lait est d'un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6.6 à 6.8) légèrement acide, proche de la neutralité.

Il est proche du plasma sanguin, est un sérum comportant une émulsion de matière grasse, une suspension de matière protéique caséuse, du lactose, des sels et minéraux, des protéines solubles et des traces d'éléments divers.

Les principaux constituants du lait sont donc par ordre décroissant:

- ▶ De l'eau très majoritairement ;
- ▶ Des glucides principalement représentés par le lactose ;
- ▶ Des lipides essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras ;
- ▶ Des protéines : caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles;
- ▶ Des sels et minéraux à l'état ionique et moléculaire ;
- ▶ Des éléments à l'état de traces mais au rôle biologique important : enzymes, vitamines, oligo-éléments ...

Première partie : partie théorique

La composition moyenne du lait de vache est représentée par la figure 1.1, elle fait apparaître les grandes catégories de constituants du lait : eau, lactose, matière grasse, protéines et les constituants salins.

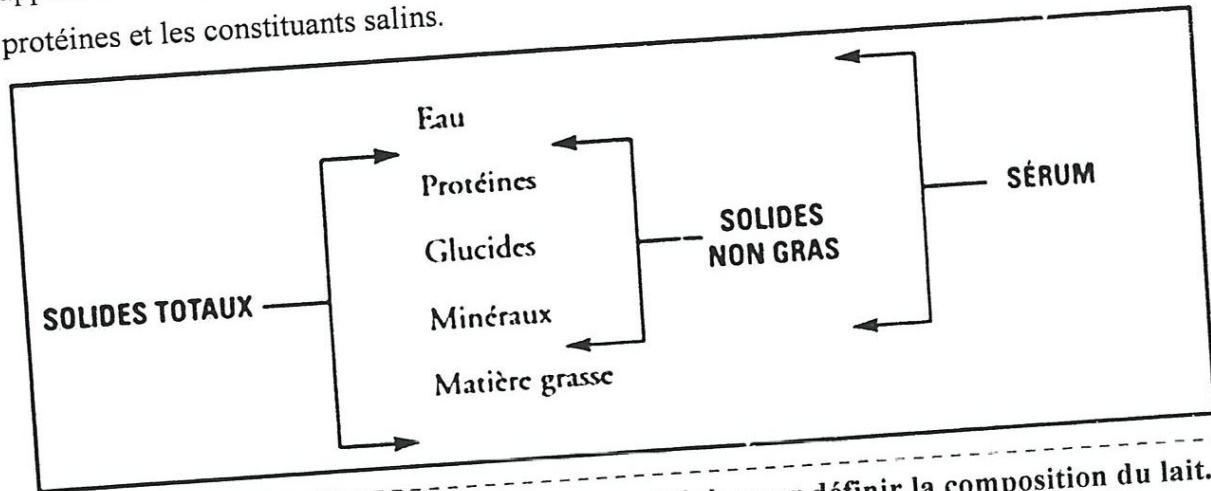


Figure 1.1 : Résumé des différents termes utilisés pour définir la composition du lait. (lactosérum).

Le lait est donc un milieu hétérogène (87% d'eau et de 13% de substance sèche) dans lequel cinq phases distinctes coexistent :

1. Une *phase aqueuse* qui contient l'eau (87% du lait) et les produits solubles pouvant donner naissance au lactosérum (lactose, sels, protéines solubles, composés azotés non protéiques, biocatalyseurs tels que vitamines hydrosolubles ou enzymes) ;
2. Une *suspension colloïdale micellaire* instable (2,6%) qui peut donner naissance au caillé obtenu par la coagulation des caséines suite à l'action de micro-organismes ou d'enzymes ;
3. Une émulsion de matières grasses ou phase grasse (4,2%) qui peut donner naissance à la crème, une couche de globules gras rassemblés à la surface du lait par effet de gravité.
4. Une *phase gazeuse* composée d'O₂, de N₂ et CO₂ dissous qui représentent environ 5% du volume du lait.
5. Une *suspension microbienne et cellulaire*, puisque dans les conditions techniques réglementairement reconnues de production du lait à la ferme, la présence de ces micro-organismes typiques et de cellules somatiques est probable.

La composition d'un 100g de lait (Goursand, 1985) se résume dans le tableau 1.1 suivant.

Composants	Teneurs (g/100g)
Eau	87.5
Matières sèches totales :	13.0
▶ Glucide	4.8
▪ Lactose	4.7
▶ Matière grasse	3.9
▪ Lipides	3.8
▪ Phospholipides	0,5
▪ Composés liposolubles	0,5
▶ Matières azotées	3.4
▪ Protéines	3.27
▪ Caséines	2.8
▪ Protéines solubles	0.56
▪ Azote non protéique	0,017
▶ Matière saline	0.8
▶ Biocatalyseurs(vitamines, enzymes)	Traces
Gaz dissous	5% volume du lait

Tableau 1.1 : Composition d'un 100g de lait (Goursand, 1985).

2.1.1. L'Eau (87.5g/100g):

L'eau est le constituant le plus important du lait, se trouve sous deux formes : l'eau libre (96%) et l'eau liée (4%) de la matière sèche. Représente environ 9/10^{ème} de la composition totale du lait.

La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire est ce qui lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum.

2.1.2. Composition de la matière sèche (13.0g/100g):

2.1.2.1. Les Glucides (4.9 g/100g)

Les glucides sont essentiellement représentés dans le lait par le lactose (la proportion des autres glucides étant toujours très faible varie entre 3,6 et 5,5%).

Cependant, le lait contient deux types de glucides :

- ▶ Les glucides libres et dialysables (= les oligoholosides) ;
- ▶ Les glucides combinés en glycoprotéines et non dialysables.

On distingue selon un classement basé sur leur polarité électrique :

- ▶ Les glucides neutres : lactose, glucose , galactose;
- ▶ Les glucides azotés : glucosamine N-acétylée(C₈H₁₅NO₆) et galactosamine N-acétylée
- ▶ Les glucides acides toujours liés aux glucides neutres ou azotés :
acide sialique(C₁₁H₁₉NO₉).

Les glucides représentent la source d'énergie la plus importante de notre alimentation. Ils se décomposent en composés à haute valeur énergétique, qui peuvent participer à toutes les réactions biochimiques, dans lesquelles ils fournissent l'énergie nécessaire.

Lactose peut subir quelques transformations chimiques (la figure 1.2) lors des fabrications industrielles de différents produits laitiers. Les principales sont l'hydrolyse, le brunissement non enzymatique, qui peut se faire par la réaction de Maillard et la fermentation.

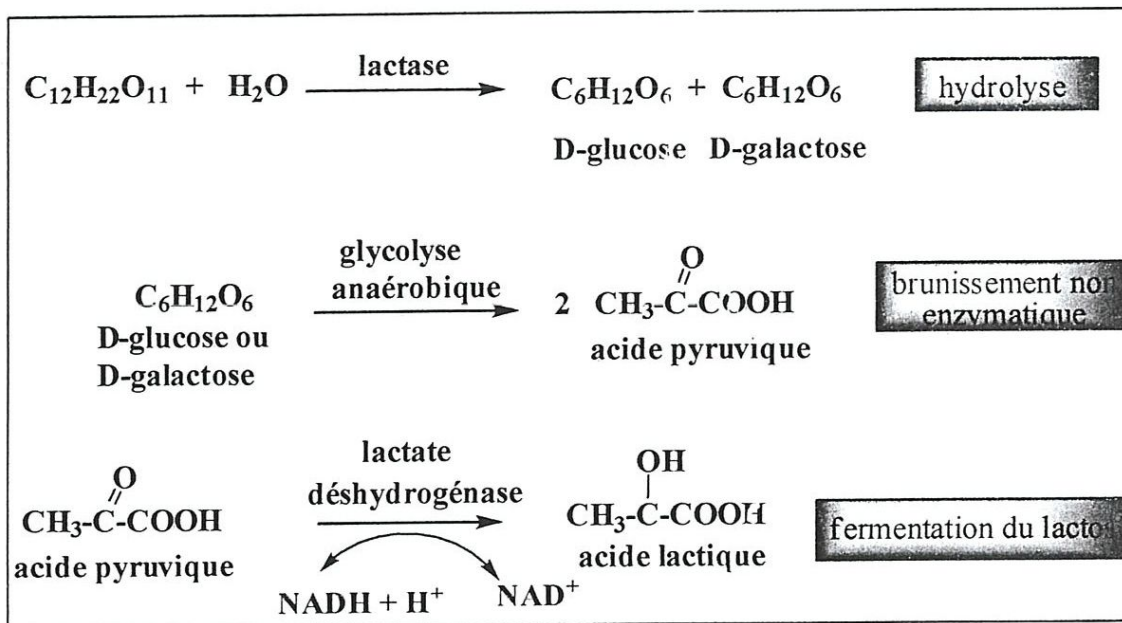


Figure 1.2 : Les transformations chimiques (l'hydrolyse, brunissement non enzymatique et fermentation du lactose).

2.1.2.2. La matière grasse du lait (3.9g/100g):

La matière grasse est sous forme de globule gras (visible au microscope optique) en émulsion dans la phase aqueuse du lait.

La stabilité de l'émulsion est due à la présence d'une enveloppe lipido-protéique chargée négativement.

La matière grasse du lait existe sous la forme de petits globules ou de petites gouttelettes dispersés dans le lactosérum (figure 1.3).

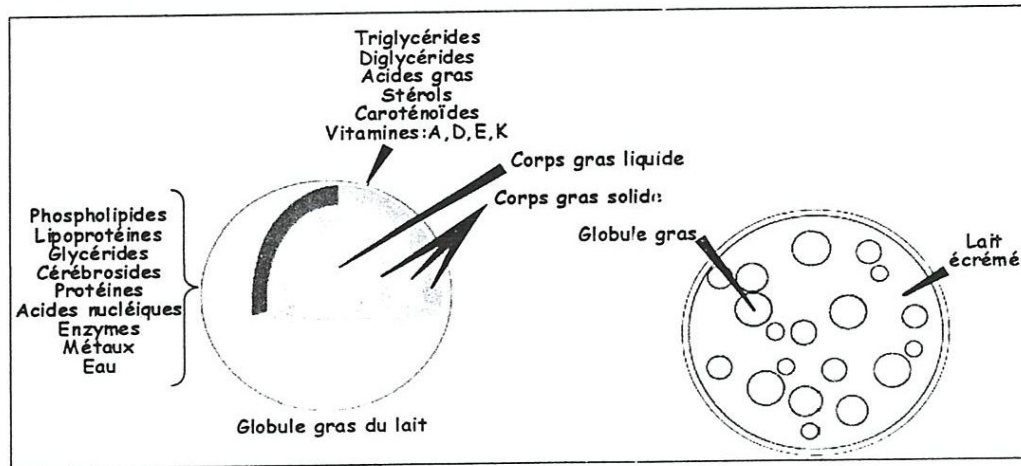


Figure 1.3: Composition de la matière grasse du lait. Taille : 0,1 à 20 μm . Taille moyenne 3 à 4 μm .

La structure du globule gras est hétérogène, en allant du centre à la périphérie, on trouve successivement :

- ▶ une zone de glycérides à bas point de fusion, liquides à température ambiante ;
- ▶ une zone riche en glycérides à haut point de fusion ;
- ▶ une zone corticale : la membrane du globule gras qui joue un rôle très important en raison de sa composition et de ses propriétés.

■ Composition de la membrane du globule gras :

Les constituants totaux de la membrane (Figure 1.3) représentent 2% du globule gras.

La membrane du globule gras (2 à 6%), composée essentiellement pour moitié respectivement de protéines et lipides représentant au moins 90% de sa masse, comporte :

- ▶ Protéines, 0,3 à 0,4 g/l : butyrophiline glycolysée constituant majeur
- ▶ Typique lié à la xanthine-oxydase et nombreuses autres substances telles les mucines;
- ▶ Lipides : triglycérides (62%), phospholipides certains glycolysés (28%); diglycérides (9%), acides gras libres, stérols ($\text{C}_{17}\text{H}_{28}\text{O}$), hydrocarbures (1%);
- ▶ Hexoses, hexosamines, acides sialiques (traces) ($\text{C}_{11}\text{H}_{19}\text{NO}_9$);
- ▶ Enzymes, plus de 25 dont surtout des hydrolases type phosphatase alcaline;
- ▶ Vitamines A, D, E, K.

Première partie : partie théorique

La matière grasse du lait est un mélange très complexe composé pour l'essentiel de triglycérides et secondairement de diglycérides, lipides complexes et substances liposolubles insaponifiables.

Composés lipidiques ▪ (99,5 %)	Lipides simples ▪ (98,5 %)	▪ Glycérides	Triglycérides (95-96%)
			Diglycérides (2-3%)
			Monoglycérides (0,1%)
		▪ Cholestérides (esters d'acides gras et cholestérol)(0,03 %)	
		▪ Lipides complexes (1 %)	
		▪ Cholestérol, acides gras libres et hydrocarbures divers	
Composés liposolubles ▪ (0,5 %)	Vitamines		▪ Vit. E : 1,7 à 4,2 mg.(100 g) ⁻¹ ▪ Vit. A : 0,6 à 1,2 mg.(100 g) ⁻¹ ▪ Vit. D : 10 à 20 mg.(100 g) ⁻¹ ▪ Vit. K : traces

Tableau 1.2 : Composition Globale de la Matière Grasse contenu du globule gras en émulsion dans la phase aqueuse(en % de matière grasse).

Les acides gras constituent environ 90% de la matière grasse du lait. Une molécule d'acide gras est constituée d'une chaîne hydrocarbonée et d'un groupe carboxyle (formule RCOOH). Dans les acides gras saturés, les atomes de carbone sont reliés par des liaisons simples, alors que dans les acides gras insaturés, il existe une ou plusieurs doubles liaisons dans la chaîne hydrocarbonée. Chaque molécule de glycérol(C₃H₈O₃) peut se lier à trois molécules d'acide gras, et comme il n'est pas nécessaire que les trois soit de même type, le nombre de glycérides différents dans le lait est extrêmement grand.

Le tableau 1.3 énumère les acides gras les plus importants dans les triglycérides de la matière grasse du lait.

Acide gras	Formule *	% De la teneur totale en acides gras	Structure	Point de fusion °C
Butyrique	4:0	3,0 – 4,5	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -COOH	-7,9
Caproïque	6:0	1,3 – 2,2	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -COOH	-1,5
Caprylique	8:0	0,8 – 2,5	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -	+16,5

Première partie : partie théorique

			CH ₂ -CH ₂ -COOH	
Caprique	10:0	1,8 – 3,8	CH ₃ -(CH ₂) ₈ -COOH	+31,4
Laurique	12:0	2,0 – 5,0	CH ₃ -(CH ₂) ₁₀ -COOH	+43,6
Myristique	14:0	7,0 – 11,0	CH ₃ -(CH ₂) ₁₂ -COOH	+53,8
Palmitique	16:0	25,0 – 29,0	CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -COOH	+62,6
Stéarique	18:0	7,0 – 3,0	CH ₃ -(CH ₂) ₁₆ -COOH	+69,3
Oléique	18:1	30,0 – 40,0	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH	+14,0
Linoléique	18:2	2,0 – 3,0	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH	-5,0
Linoléinique	18:3	jusqu'à 1,0	CH ₃ -CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH	-5,0
Arachidonique	20:4	jusqu'à 1,0	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₃ -COOH	-49,5

*Dans la formule, la première valeur correspond au nombre de carbones de la chaîne et la seconde au nombre de doubles liaisons.

Tableau 1.3 : Principaux acides gras dans la matière grasse du lait.

Les transformations chimiques que peuvent subir les matières grasses du lait, principalement les triglycérides et les phospholipides, sont nombreuses. La présence de nombreuses liaisons esters et d'insaturations sur certaines chaînes des acides gras expliquent en partie cette fragilité chimique. Les trois principales transformations chimiques, soit la lipolyse, la saponification et l'oxydation.

- ➔ *Lipolyse* (c'est une réaction de nature enzymatique qui est catalysée par la lipase) des triglycérides par des microorganismes de telle sorte que des acides gras odorants à chaîne courte sont libérés.

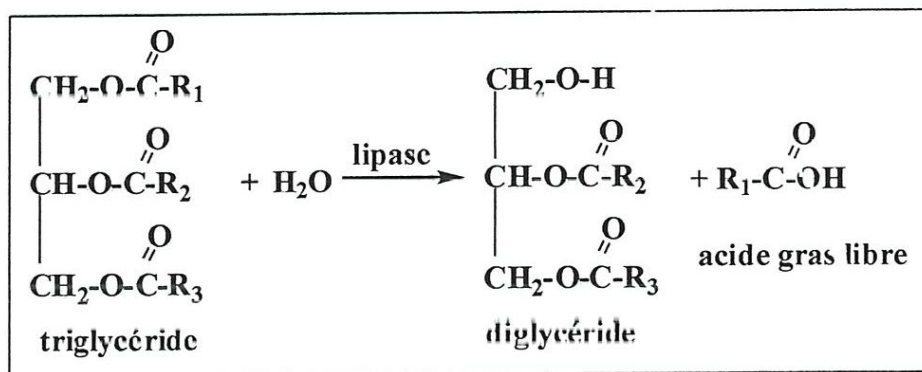


Figure 1.4 : Lipolyse d'un triglycéride.

Première partie : partie théorique

➔ La saponification, se caractérise par l'action sur les triglycérides de l'hydroxyde de sodium (NaOH) ou l'hydroxyde de potassium (KOH). Les produits formés sont le glycérol et les sels d'acides gras souvent appelés savons.

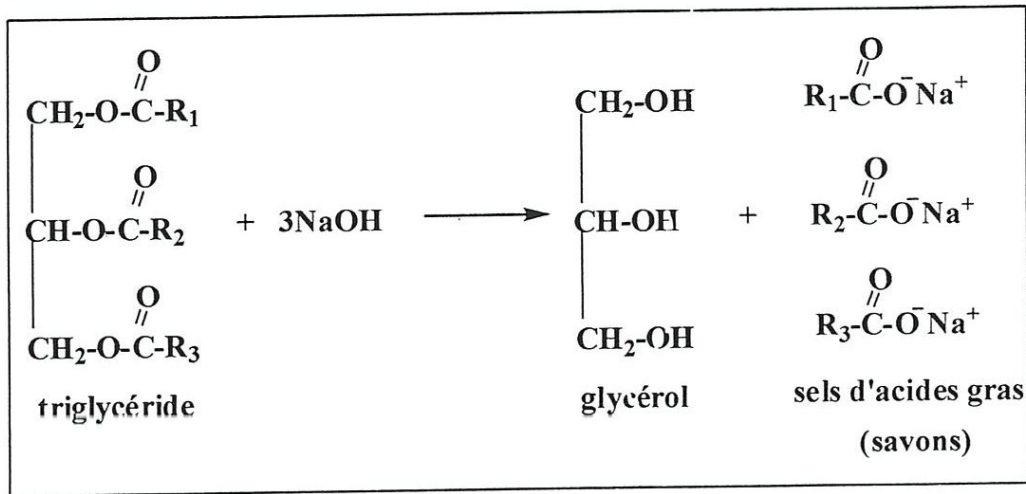


Figure 1.5 : Saponification d'un triglycéride.

➔ L'oxydation des matières grasses est probablement la transant problème en formation chimique causant le plus important problème technologie laitière.

Le goût d'oxydé ou métallique est le défaut le plus courant qui résulte de l'oxydation des phospholipides et surtout les chaînes des acides gras insaturés

2.1.2.3. La matière azotée (3.4 g/100g)

Les dérivés azotés du lait est répartie en deux sous groupes : l'azote non protéique et l'azote protéique.

L'analyse du lait par minéralisation, appelée méthode Kjeldahl, permet d'évaluer que 95% de la quantité totale d'azote est présente dans les protéines. Les composés azotés non protéiques sont principalement des protéases, des peptones et de l'urée, le tableau 1.4 résume la composition de la matière azotée.

↪ 95% de protéines	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 80% de caséines, α, β, κ sous forme de micelles de caséines (phosphocaseinate de calcium) ; ▶ Fixent le Ca.
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 20% de protéines solubles = protéines du lactosérum ; ▶ β lactoglobulines : allergisante et non présente dans le lait humain ;

	<ul style="list-style-type: none"> ▶ α lactalbumine ; ▶ Immunoglobulines ; ▶ Autres protéines (protéases, peptones, métalloprotéines). certaines fixent le fer (lactotransferrine et transferrine) .
↙ 5 % d'azotes non protéiques	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 5 % Urée ; ▶ Acide urique ; ▶ AA libres ; ▶ Nucléotides.
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ < 1% Divers enzymes (lipases, protéases, oxydases, phosphatases, alcalins, lysozymes...).

Tableau1.4 : Les dérivés azotés du lait.

Les protéines du lactosérum sont récupérées, en industrie laitière, lors de la fabrication des fromages, le lactosérum étant la phase aqueuse qui se sépare du caillé.

Ces protéines présentent un intérêt nutritionnel important par leur haute valeur énergétique et leur composition en acides aminés essentiels très riche (et notamment en lysine et tryptophane).

Elles ont également des propriétés fonctionnelles très intéressantes figure1.6 :

- ▶ pouvoir émulsifiant en présence de matière grasse,
- ▶ pouvoir gélifiant par coagulation à la chaleur,
- ▶ pouvoir moussant.

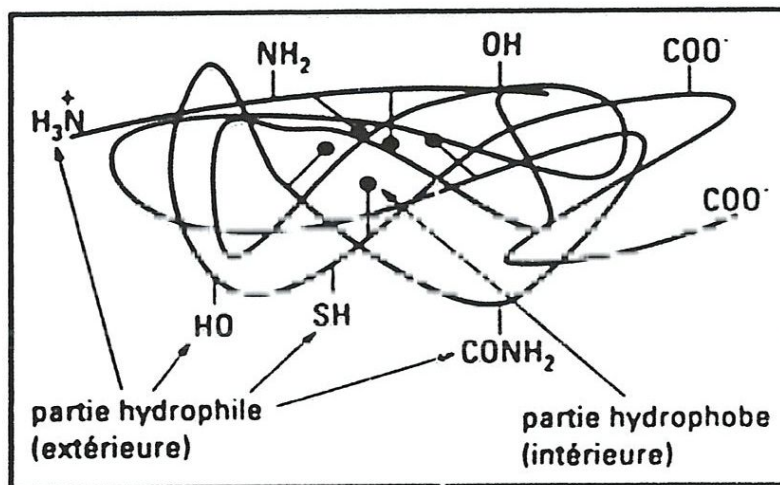


Figure 1.6 : structure schématique d'une protéine.

Première partie : partie théorique

· On distingue deux grands groupes de protéines :

- ➔ La caséine (80%) entière est constituée de quatre caséines (αs_1 , αs_2 , β et κ).
- ➔ Les protéines du lactosérum (20%).

Une molécule protéique est composée d'une ou plusieurs chaînes d'acides aminés, liées ensemble, où les acides aminés sont organisés dans un ordre particulier (figure 1.7).

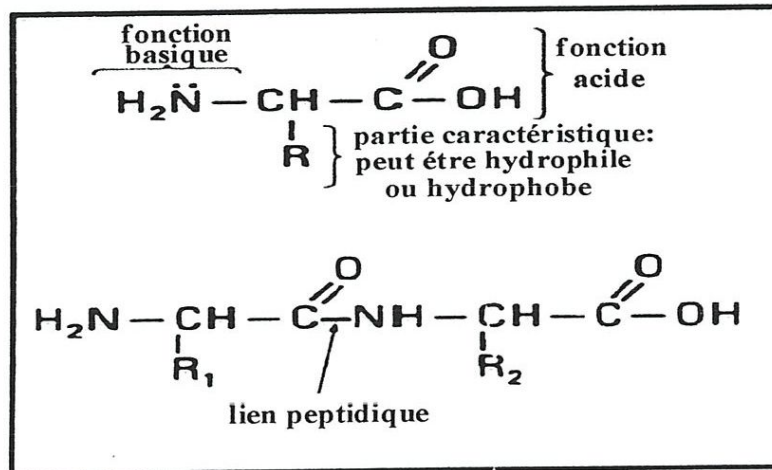


Figure 1.7 : Modèle d'une molécule protéique (chaîne d'acides aminés des groupes amino et carboxyle).

Les caséines se trouvent dans le lait sous forme d'un complexe des diverses caséines liées à du phosphate de calcium colloïdal : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Ces protéines qui contiennent des groupes acides et des groupes aminés à caractère basique, sont sensibles au pH du milieu. L'acidification du milieu à pH 4,6 provoque la coagulation de ces protéines qui se séparent de la phase aqueuse.

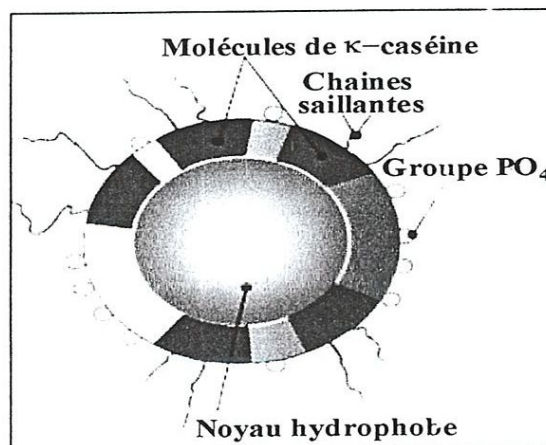


Figure 1.8 : Structure d'une sub-micelle caséique.

2.1.2.4. Matières minérales (0.8g/100g):

Les minéraux du lait se trouvent sous deux formes principales, surtout sous forme de sels ionisés solubles dans le sérum et sous forme micellaire insoluble.

Le lait contient un certain nombre de minéraux. Leur concentration totale est inférieure à 1%.

Les sels les plus importants sont les sels du calcium, sodium, potassium et magnésium. Ils se présentent sous la forme de phosphates, chlorures, citrates et caséinates. Les sels de potassium et de calcium sont les plus abondants dans le lait ordinaire. La valeur moyenne de leur concentration dans le lait est donnée dans le tableau 1.5.

Mg	Na	Ca	K	S	P	Cl	Citrates
0,12	0,58	1,23	1,41	0,30	0,95	1,19	1,6

Tableau 1.5 : Composition de la matière saline (en g par litre de lait).

2.1.2.5. Les vitamines (traces):

Il existe deux grands groupes de vitamines :

- ▶ Les vitamines liposolubles (A, D, E et K) qui sont solubles dans les matières grasses (Crème et beurre).
- ▶ Les vitamines hydrosolubles (B et C) qui sont solubles dans des phases aqueuses (lait écrémé et lactosérum).

2.1.2.6. Les enzymes (traces):

L'importance des enzymes du lait découle de cinq propriétés principalement :

- ▶ Certaines sont des facteurs de dégradation (lipase, protéase) avec des conséquences importantes sur le plan technologique et les qualités organoleptiques.
- ▶ La mesure de leur activité peut être un indicateur hygiénique du lait.
- ▶ Certaines ont une action bactéricide ou bactériostatique qui peut apporter aussi une protection du lait (lactoperoxydase et lysozyme).
- ▶ La thermo stabilité de la phosphatase alcaline et de la peroxydase permet le contrôle des traitements techniques industriels du lait.
- ▶ Les laits de différentes espèces peuvent être distingués, comme les laits ne présentent pas les mêmes concentrations pour certaines enzymes.

2.1.2.7. Les gaz dissous (5 % en volume) :

Les gaz dissous, (essentiellement du dioxyde de carbone CO₂, du diazote N₂ et du dioxygène O₂) dans le lait dans trois états :

- ▶ Dissous dans le lait
- ▶ Liés et non séparables du lait
- ▶ Dispersés dans le lait

Les gaz dispersés et dissous représentent un sérieux problème dans le traitement du lait.

2.2. Microbiologie du lait :

On répartit les microorganismes du lait, selon leur importance, en deux grandes classes : la flore indigène ou originelle et la flore contaminante.

La flore contaminante est subdivisée en deux sous-classes : la flore d'altération et la flore pathogène.

2.2.1. Flore indigène ou originelle :

Lorsque le lait provient d'un animal sain et qu'il est prélevé dans des conditions aseptiques, il devrait contenir moins de 5000UFC/ml. La flore indigène des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis. Ces microorganismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation, la race.

Microorganismes	Pourcentage (%)
Micrococcus sp.	30-90
lactobacillus	10-30
Streptococcus ou lactococcus	<10
Gram négatif	<10

Source FIL

Tableau1.6 : Flore indigène du lait cru.

Le lait qui sort du pis de la vache est pratiquement stérile. Les genres dominants de la flore indigène sont principalement des microorganismes mésophiles. On peut voir au tableau 1.6 la liste des microorganismes originels du lait avec leurs proportions relatives.

2.2.2 .Flore Contaminante :

La flore contaminante est l'ensemble des microorganismes, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène capable de provoquer des malaises chez les personnes qui consomment ces produits laitiers. On considère comme flore contaminante d'altération et pathogène du lait l'ensemble des

microorganismes qui s'ajoutent au lait extrait du pis de la vache .il semble que la contamination à l'étable soit la plus importante.

2.2.3. Flore d'altération :

Elle incluse dans la flore contaminante, la flore d'altération causera des défauts sensoriels de goût, d'arômes, d'apparence ou de texture et réduira la vie de tablette du produit laitier. Parfois, certains microorganismes nuisibles peuvent aussi être pathogènes. L'un n'exclut pas l'autre. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont *Pseudomonas sp.*, *Proteus sp.*, les coliformes, soit principalement les genres *Escherichia* et *Enterobacter*, les sporulées telles que *Bacillus sp.*, et *clostridium sp.*, et certaines levures et moisissures.

2.2.4. Flore pathogène :

Comme la flore d'altération, la flore pathogène est incluse dans la flore contaminante du lait. La présence de microorganismes pathogènes dans le lait peut avoir trois sources : l'animal, l'environnement et l'homme. Les principaux microorganismes pathogènes associés aux produits laitiers sont: *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Shigella sonnei* et certaines moisissures .

3. Les Caractéristiques physico-chimiques :

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière soit la densité, le point de congélation, le point d'ébullition, le pH et l'acidité titrable. Ses principales propriétés physico-chimiques sont rassemblées dans le tableau 1.7.

Les Propriétés physico-chimiques	Variations limites
pH (20°C)	6,6 à 6,8
Acidité titrable	14 à 18 °D *
Densité (20°C)	1,028 à 1,038
Température de congélation	- 0,51 °C à - 0,55 °C
Température d'ébullition	Supérieur au pt d'ébullition à l'eau : 100 ,5°C
Valcur énergétique	± 275 kJ. (100 ml) ⁻¹

* °D = Degrés Dornic

Tableau 1.7 : Caractéristiques physico-chimiques du lait.

3.1. Qualités Organoleptiques :

Les principales propriétés chimiques utilisées sont la couleur, l'odeur et la saveur.

3.1.1. La Couleur :

Le lait de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le β -carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait), à la caséine et à la vitamine B₂.

3.1.2. L'Odeur :

Elle est caractéristique. En effet, le lait grâce à la matière grasse qu'il contient, fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation de l'animal et à la conservation du lait.

3.1.3. La Saveur :

Elle varie en fonction de la température de dégustation et de l'alimentation de l'animal.
Remarque : Les laits industriels ont subi une désaération ce qui diminue et homogénéise les odeurs et les saveurs.

3.2. Masse Volumique et Densité du lait:

La masse volumique, le plus souvent exprimée en grammes par millilitre ou en kilogrammes par litre, est une propriété physique qui varie selon la température, puisque le volume d'une solution varie selon la température. On utilise souvent la densité relative (ou densité).

La densité du lait de vache varie généralement entre 1,028 et 1,038 g/cm³ selon la composition. Le lait a donc un volume et un poids quasi égaux car sa densité est proche de 1.

La densité est mesurée avec un thermo-lacto-densimètre qui permet aussi de déterminer rapidement la teneur en matières grasses du lait. Un lait écrémé a une densité plus forte, la densité des matières grasses étant de 0.9. En revanche, en cas de mouillage, la densité diminue.

On peut calculer la densité du lait à 15,5°C en utilisant la formule suivante:

$$d_{15,5^{\circ}\text{C}} = \frac{100}{\frac{F}{0,93} + \frac{\text{MSD}}{1,608} + \text{eau}} \text{ g/cm}^3$$

F = % matière grasse
MSD = % matière sèche dégraissée
% eau = 100 - F - MSD

Exemple : lait de 3,2% de matière grasse et 8,5%MSD

$$d_{15,5^{\circ}\text{C}} = \frac{100}{\frac{3,2}{0,93} + \frac{8,5}{1,608} + (100-3,2-8,5)} = 1,0306\text{g/cm}^3$$

3.3. La Viscosité :

Elle correspond à la résistance d'un liquide à l'écoulement. Elle est due à la présence de protéines et de matières grasses dans le lait. Elle limite la montée des matières grasses à la surface du lait, diminue lorsque la température augmente et augmente lorsque le pH est < 6 (Ce qui est constaté dans les crèmes acides).

L'homogénéisation multiplie la viscosité du lait de 1,2 à 1,4.

3.4. Le point de Congélation :

Le point de congélation du lait est le seul paramètre fiable pour vérifier un mouillage.

Le point de solidification du lait de vache, mesuré individuellement, est compris entre -0,51°C et -0,55°C.

Dans ce contexte, il convient également de mentionner que lorsque le lait est exposé au traitement haut température (traitement UHT ou stérilisation), la précipitation de certains phosphates provoque l'augmentation du point de congélation.

La pression interne ou osmotique détermine également la différence de point de congélation entre la solution et le solvant (eau), si bien que l'abaissement du point de congélation (D dans le tableau 1.9) sert à évaluer cette pression osmotique. Lorsque la composition du lait se modifie pour des raisons physiologiques ou pathologiques (pour cause, par exemple, de lactation tardive et de mastite), le lait est dit anormal, mais la pression osmotique et, partant, le point de solidification, restent constants. Le changement le plus caractéristique est la baisse de la teneur en lactose et l'augmentation de la teneur en chlorure.

On vérifie le point de congélation de lait à l'aide d'une cryoscopie.

3.5. Le Point d'ébullition :

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C. Cette propriété physique diminuant avec la pression, on applique ce principe dans les procédés de concentration du lait.

3.6. L'acidité :

Dès sa sortie du pis de la vache, le lait démontre une certaine acidité. Cette acidité est due principalement à la présence de protéines, surtout les caséines et la lactalbumine, de substances minérales telles que les phosphates et le CO₂, et d'acides organiques, le plus souvent l'acide citrique (C₆H₈O₇). On l'appelle l'acidité naturelle du lait. Elle varie entre 0,14 et à 0,18 d'équivalence d'acide lactique (C₃H₆O₃).

Le tableau N°08 résume l'importance des constituants dans l'acidité naturelle du lait.

Constituants	Acidité (%d'équivalent d'acide lactique)
Caséines	0,05 à 0,08
Phosphates	0,05 à 0,07
Lactalbumine	0,01
CO₂	0,01 à 0,02
Acide Citrique	0,01

Tableau 1.8 : Acidité naturelle du lait : apport des différents constituants

Le lait peut avoir un comportement à la fois acide et basique, en raison des protéines dont les acides aminés possèdent des groupements acides COOH et des groupements basiques NH₂ sur leurs chaînes latérales. Les phosphates sous leurs différentes formes H₂PO₄⁻, HPO₄⁻² et PO₄⁻³ jouent également un rôle dans ce comportement. Ce mélange d'acides faibles, de bases faibles et de sels contribue à l'effet tampon. Par définition, l'effet tampon est la capacité d'une solution de garder un pH constant malgré l'addition de composés acides ou basiques.

A la sortie du pis de la vache, le lait frais ne contient qu'environ 0,002% d'acide lactique. En se développant, les bactéries lactiques vont former de l'acide lactique CH₃CHOH-COOH par fermentation du lactose (figure 1.2). Cette nouvelle acidité se nomme **acidité développée**. C'est cette acidité qui conduit à la dénaturation des protéines.

3.7. L'acidité titrable :

L'analyse de l'acidité titrable mesure tous les ions H₃O⁺ disponibles dans le milieu, qu'ils soient dissociés, c'est-à-dire ionisés, ou non. Ainsi, on déplace les équilibres chimiques pour neutraliser tous les ions H₃O⁺ des acides faibles.

L'acidité titrable est une mesure des deux acidités définies précédemment :

$$\text{Acidité titrable} = \text{acidité naturelle} + \text{acidité développée}$$

La figure 1.9 montre la relation entre ces trois acidités.

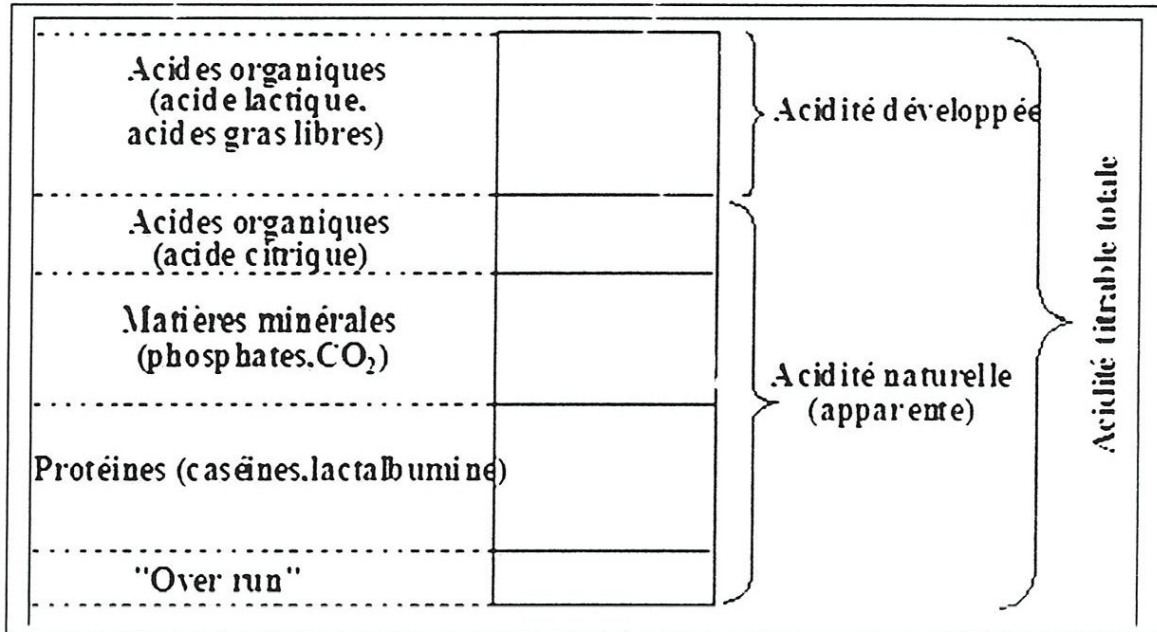


Figure 1.9 : L'acidité naturelle, l'acidité développée et l'acidité titrable du lait.

La mesure d'acidité titrable s'exprime couramment de deux façons : soit en pourcentage (%) d'équivalents d'acide lactique, soit en degrés Dornic (°D).

3.8. La Pression Osmotique :

La pression osmotique dépend du nombre de molécules ou particules, et non du poids du soluté. Ainsi, 100 molécules de taille 10 auront 10 fois la pression osmotique de 10 molécules de taille 100.

Il s'ensuit que pour un poids donné, plus les molécules ne sont petites, plus la pression osmotique est élevée.

La pression osmotique totale étant constituée comme indiqué dans le tableau 1.9.

Constituant	Poids Moléculaire	Concentration Normale%	Pression Osmotique bar	D °C	% de la Pression Osmotique totale
Lactose	342	4,7	3,03	0,25	46
Chlorures. NaCl	58,5	≈0,1	1,33	0,11	19
Autres sels, etc.	-	-	2,42	0,20	35
Totale			6,78	0,560	100

Réf : A Dictionary of Dairying, J.G. Davis.

Tableau 1.9 : Pression osmotique dans le lait.

4. Les différents types du lait :

Selon sa composition, sa qualité nutritionnelle, et organoleptique et leur durée de conservation, le lait à consommer peut classer en trois grandes catégories selon :

- ➡ La teneur en matière grasse.
- ➡ Le traitement thermique.
- ➡ La source du lait.

4.1. Première différenciation : selon la teneur en matière grasses.

Par mélange de lait non écrémé et de lait écrémé, la laitière produit 3 types de laits standardisés dont les teneurs en M.G sont fixées par la loi :

- *Le lait entier* : Il contient au moins de 3,5% de M.G. la couleur rouge est celle qui représente le lait sur les conditionnements.
- *Le lait demi-écrémé* : Contenant au moins 1,5% et au plus 1,8% de M.G. la couleur dominante sur ses conditionnement est ici le bleu.
- *Le lait écrémé* : Il ne contient aux maximums que 0,3% de M.G. la couleur dominante des emballages est le vert.

4.2. Deuxième différenciation : Selon le traitement thermique.

4.2.1. Le lait cru :

On peut appeler aussi lait de ferme, c'est le lait non traité. La consommation de lait cru est très risquée, car le lait est un milieu propice à la multiplication bactérienne. Pour prolonger la conservation du lait cru, il existe différents traitements thermiques.

4.2.2. Le lait pasteurisé :

Il s'agit d'une méthode de conservation qui doit son nom à son inventeur : Louis PASTEUR qui s'est aussi rendu célèbre par la découverte du vaccin contre la rage.

La pasteurisation consiste à chauffer le lait pendant 15 secondes à une température de +/- 75°C puis à le refroidir. Ce procédé de chauffage modéré permet au lait de conserver son goût originel tout en le débarrassant des germes pathogènes.

Lorsque l'emballage n'a pas été ouvert, la pasteurisation assure au lait une durée de conservation de 7 jours au réfrigérateur.

4.2.3. Le lait stérilisé :

Ce traitement s'effectue en deux étapes :

- ➡ Le lait est d'abord chauffé à +/- 135°C.

Après refroidissement, il est mis en bouteille puis chauffé a nouveau pendant 10 à 20 minutes à une température oscillant entre 110° et 120° C.

- ➔ Si ce processus permet une longue conservation (plus de 6 mois), il donne au lait un goût de caramel et lui enlève une partie de ses valeurs nutritives. On recourt de moins en moins à cette technique au profit de la stérilisation à Ultra Haute Température (UHT).

4.2.4. Le lait stérilisé UHT (ultra haute température) :

C'est le procédé le plus moderne et le plus courant de nos jours.

Il consiste à chauffer le lait pendant 2 à 5 secondes à une température de 135° à 150°C puis à le refroidir quasi instantanément. La température est suffisante pour débarrasser le lait de tout germe nuisible à sa conservation. Le temps de chauffe très réduit permet de n'altérer ni le goût ni les valeurs nutritives du lait.

Le lait est ensuite versé dans un emballage stérile. Le lait UHT se vend en carton sous forme de brique ou en bouteilles blanches de polyéthylène. Il se conserve 3 à 4 mois à température ambiante fraîche.

4.2.5. Le lait concentré :

Le lait concentré non sucré est obtenu par pasteurisation puis par concentration sous-vide. Après addition de stabilisateurs destinés à éviter le caillage, ce lait est conditionné et stérilisé. Le lait concentré sucré n'a, lui, pas besoin d'être stérilisé car le sucre empêche le développement des micro-organismes. Le goût sucré est obtenu par addition d'un sirop de saccharose. Il faut 2,2l de lait pour obtenir 1 kg de lait concentré. Dans le commerce, on trouve du lait concentré entier, doux écrémé ou écrémé (maigre), du lait et de la crème pour café. La crème pour café contient plus de matières grasses que le lait concentré et un peu moins de protéines.

4.2.6. Lait en poudre ou lait sec :

Le lait en poudre est un lait auquel on a enlevé le quasi totalité de son eau pour n'en conserver que l'extrait sec.

Il peut être fabriqué de deux manières :

- ➔ Par atomisation. Le lait est projeté sous forme de fines gouttelettes dans un flux d'air chaud (150 à 300 C°) et sec. L'évaporation de l'eau et le refroidissement de la poudre de lait sont quasi instantanés, ce qui conduit à un produit de qualité, facilement soluble.
- ➔ Par séchage sur cylindres. Le lait est versé en continu et en très fine couche sur des rouleaux tournants, chauffés jusqu'à 145 C°, sur lesquels il sèche en quelques secondes. La poudre de lait est ensuite raclée et moulue. Elle est moins soluble que celle obtenue par atomisation.

4.2.7. Les laits fermentés :

Les laits fermentés sont des laits entiers, légèrement concentrés (DJEHA, BOULACHEB, 2007), tel que le yaourt.

4.2.8. Les laits infantiles :

Ce sont des laits en poudre spécialement conçus pour s'adapter aux besoins des nourrissons. Leur dénomination légale est : "aliment lacté diététique pour nourrissons".

4.2.9. Le lait aromatisé :

L'industrie laitière moderne commercialise un éventail de laits aromatisés satisfaisant les goûts de chacun : lait chocolaté, lait acidifié aux fruits...

4.3. Troisième différenciation : selon la source du lait.

Selon la source du lait, on peut définir 7 type de lait : le lait humain ; lait du vache ; lait de chèvre ; lait de brebis ; lait de bufflonne ; lait de jument ; lait d'ânesse. On peut résumer cette différenciation dans le tableau ci-dessous :

Origine	Composition pour 100g								
	Extrait sec total(g)	Matière azotées		Lipides(g)	Glucides(g)	Sodium (mg)	Potassium (mg)	Calcium (mg)	Phosphore (mg)
		Total (g)	Caséines (%)						
Lait humain	12.5	1.2	28	3.5	6.5	16	50	30	15
<i>Lait de vache</i>	12.3	3.5	84	3.5	4.8	45	150	120	85
Lait de chèvre	13.4	3.4	75	3.8	4.4	45	185	120	103
Lait de brebis	17.3	5.6	84	6.4	5.0	40	146	180	140
Lait de bufflonne	18.9	4.0	87	8.0	4.7	40	150	195	130
Lait de jument	10.2	2.2	50	1.5	6.2	n.d	64	110	54
Lait d'ânesse	9.6	2.0	45	1.1	6.1	n.d	n.d	110	61

Tableau 1.10 : composition d'autres laits de mammifères terrestres.

Deuxième Partie :
Partie Pratique

2. Matériels et méthodes :

2.1. Matériel :

2.1.1. Appareillage utilisé au laboratoire de L'unité SAFIA se situe à la Commune d'El Fedjoug Wilaya Guelma:

- Centrifugeuses;
- Etuve (Mettler GmbH, Allemagne) ;
- Butyromètre ;
- Le thermo-lacto-densimètre ;
- pH mètre ;
- Bain-marie.

2.1.2. Appareillage utilisé au laboratoire d'analyse industrielle et génie des matériaux (LAIGM) Université 08MAI1945Guelma.

Spectrométrie infrarouge (IR) utilisant la transformée de Fourier; état solide ; pastille de KBr ; $4000-450\text{cm}^{-1}$.

2.1.3. Petit matériel

Un certain nombre d'accessoires et petit matériel spécifique est utilisé dans le cadre de cette étude :

- Micropipettes, différents types de verrerie (béchers, pipettes graduées, tubes à essais, burette, capsule séchée, éprouvette).

2.1.4. Produits chimiques, réactifs et matériel biologique

- solvants (acide sulfurique, hydroxyde de sodium, l'alcool isoamylique) ;
- colorants et réactifs spécifiques [phénol phtaléine, bleu de méthylène, DPD N°1 (N,N-diphénylène-1-4-diamine)] ;
- matériel biologique (tubes stériles, poites de petrie stérile, béchers, pipettes graduées)

2.2. Méthodes

2.2.1. La technologie de la production du lait prêt de consommation :

Pour devenir lait de consommation, le lait cru ne doit subir que des traitements physiques, comme la clarification, la recombinaison, l'homogénéisation, la pasteurisation, la réfrigération, le conditionnement, la commercialisation et bien évidemment les traitements thermiques. c'est uniquement ce dernier qui différencie les laits de consommation courte (lait pasteurisé, le lait stérilisé et le lait U.H.T.) et les laits de conserve déshydraté (laits concentré non sucré, lait concentré sucré et lait poudre); les autres traitements sont presque identiques pour ces produits.

Deuxième Partie : Partie pratique

On va présenter les étapes communes des laits de consommation et les techniques spécifiques à chaque produit dans la figure ci-dessous.

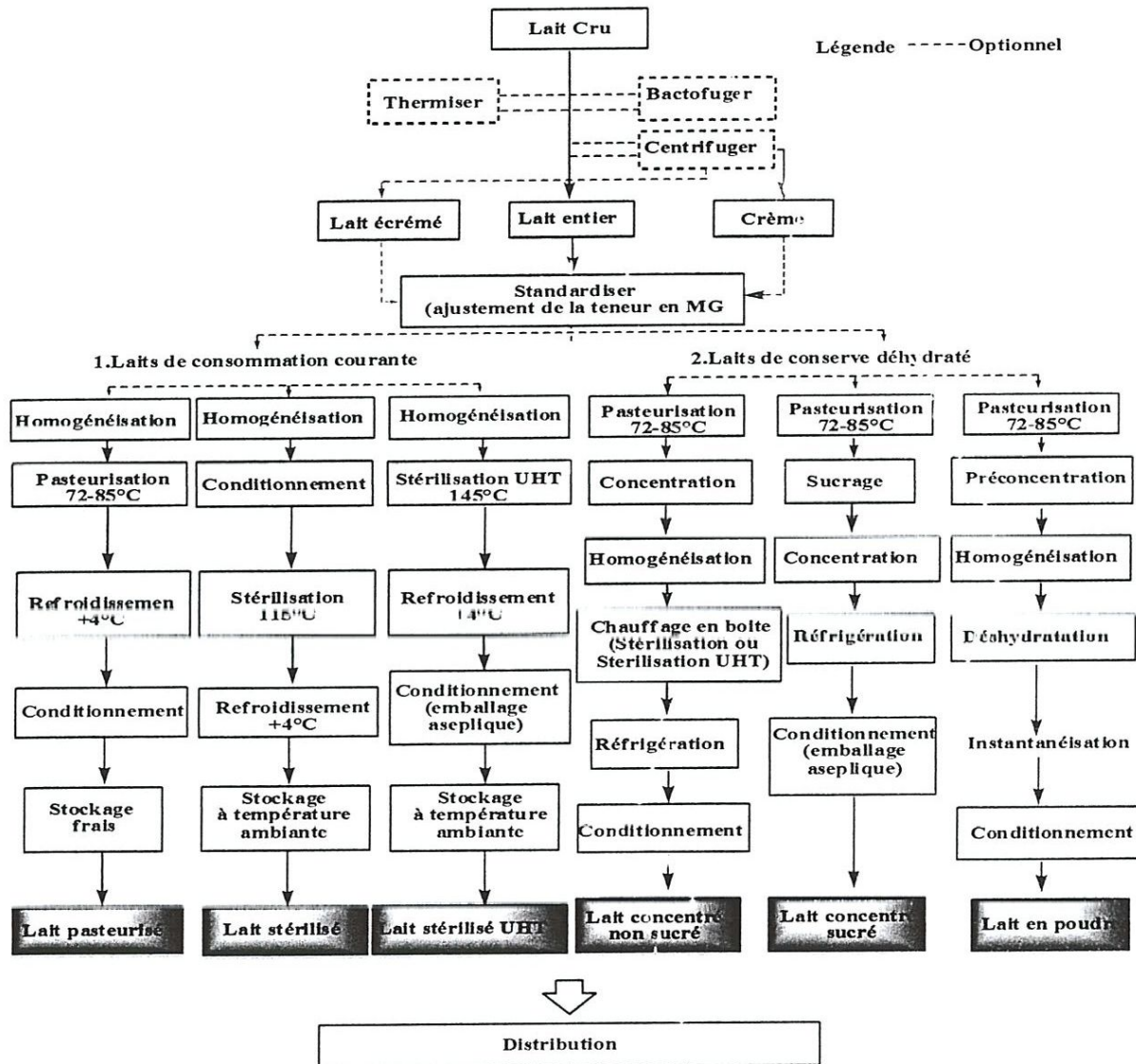


Figure 2.1 : Diagramme des technologies de production du lait prêt à la consommation.

2.2.2. Les étapes de fabrication du lait SAFIA :

La production de lait pasteurisé conditionné suit les étapes suivantes:

2.2.2.1. La réception :

La production du lait au niveau de SAFIA nécessite la collecte du lait de vache pour produire le lait pasteurisé conditionné, et même le lait reconstitué conditionné vu la crise qu'a enregistrée le secteur laitier.

Cette collecte se fait à partir des fermes, par les fermiers eux même, ou par des collecteurs.

Le lait est ramassé dans des citernes isothermes, ou dans des bidons en plastique ou en inox.

Lorsque le lait est arrivé à l'unité, on prélève un échantillon pour faire des tests rapides d'acidité, de densité et de stabilité à l'ébullition. Une fois les résultats sont positifs, la vidange est effectuée.

SAFIA reçoit un lait ayant les propriétés physicochimiques et microbiologiques représentées dans le tableau 2.1.

Couleur.	Blanc mat plus ou moins jaune.
Odeur.	Peu marquée mais reconnaissable
pH (20°C)	6.6 à 6.8
Acidité titrable	14 à 18°D
Densité (20°C).	1.028-1.038
Matière grasse	34g/l au minimum
Stabilité à l'ébullition.	Stable
Cermes totaux.	2 millions/ml au max

Tableau 2.1 : Les propriétés physicochimiques et microbiologiques du lait réceptionné par SAFIA.

La citerne ayant une capacité de 5000L est branchée par un tuyau alimentaire à une pompe volumétrique dotée d'un compteur, ce dernier est connecté à la cuve de réception.

Après la vidange, la citerne sera nettoyée et le lait sera agité en continu dans la cuve de réception jusqu'à son utilisation.

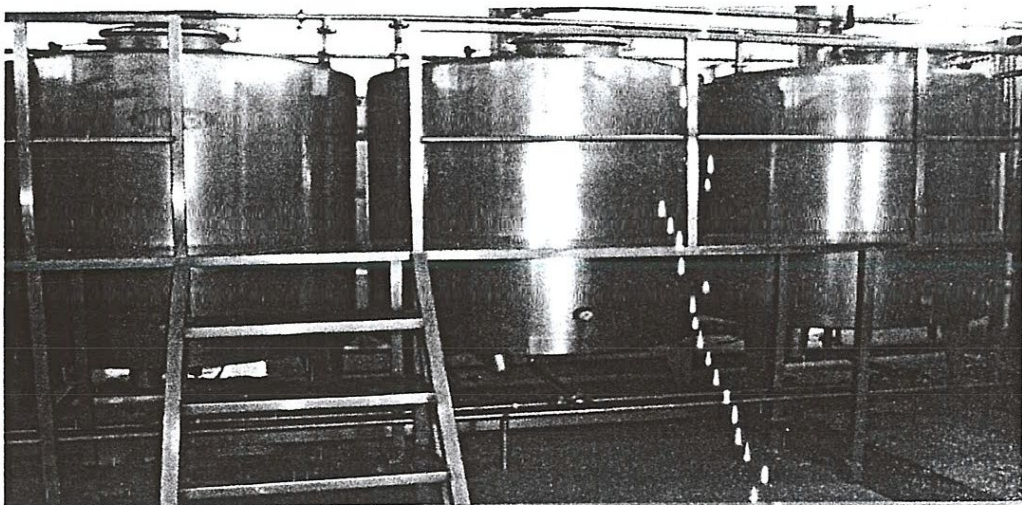


Figure 2.2: Les cuves de réception.

2.2.2.2. La reconstitution :

Il s'agit d'un mélange de poudre du lait et de l'eau traitée chaude à 30-40°C afin d'obtenir un produit conforme aux critères souhaités.

Cette opération est effectuée à l'aide d'un appareil semi-automatique "le triblinder", il comprend une trémie de réception, une vanne manuelle, une turbine, et une pompe.

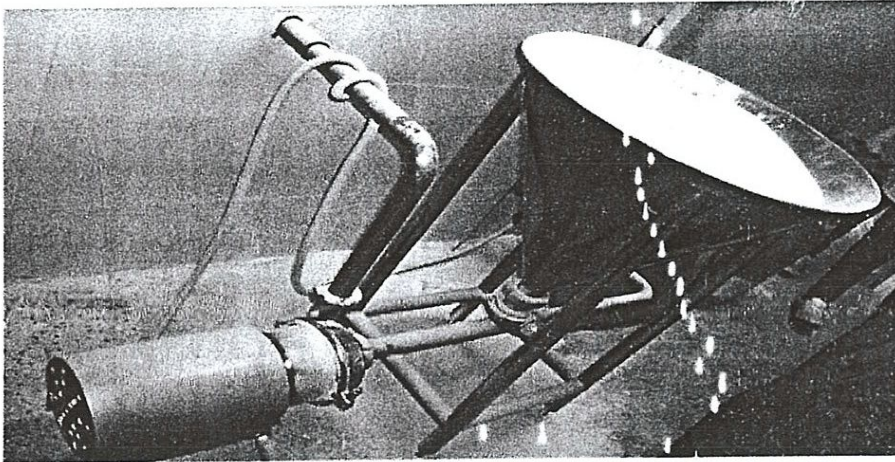


Figure 2.3 : Le triblinder.

L'eau chaude circule du tank de réception vers le triblinder, puis de ce dernier vers le tank de réception une autre fois formant un circuit fermé (tank-triblinder-tank).

La pompe qui se trouve dans le triblinder assure la recirculation de l'eau. Lorsque l'eau rencontre la poudre, le mélange passe par une turbine qui va à son tour l'envoyer vers le tank de préparation où l'agitation est continue. Toute la poudre qui reste accolé à la tuyauterie va être récupérée par une poussé d'eau.

L'unité *SAFIA* utilise la poudre de lait entier et celle du lait écrémé.

➤ Poudre de lait entier.

Elle a subi une concentration par évaporation suivie d'un séchage à haute température, sa composition finale doit contenir 26% de matière grasse.

➤ Poudre de lait écrémé.

Elle ne doit pas contenir de matière grasse, parce qu'elle a subi un écrémage à 50 – 60°C.

Les deux poudres doivent être satisfaisantes de point de vu microbiologique, physicochimique et organoleptique.

Le tableau 2.2 représente les paramètres de définition d'une poudre de lait.

Lait de poudre.	Entier.	Ecrémé.
Paramètres.		
Humidité;	3% maximum	4%.
Matière grasse;	26%	0 à 1,5%
Acidité titrable;	0.15	0,1 à 0,15° D
Indice de solubilité;	1ml	1.2ml
Germes totaux	50000	50000
Coliformes.	Absences dans 0.1g.	Absences dans 0.1g.
Levures et moisissures.	10/g	50/g

Tableau 2.2: Paramètres de définition d'une poudre de lait.

2.2.2.3. La recombinaison.

Dans cette étape, on ajoute la matière grasse du lait anhydre (MGLA) préalablement chauffée à 60°C au lait reconstitué.

Remarque : le lait cru utilisé est écimé à l'aide d'une écromousse dans le cas de fabrication de la crème fraîche cas de fabrication de la crème fraîche.

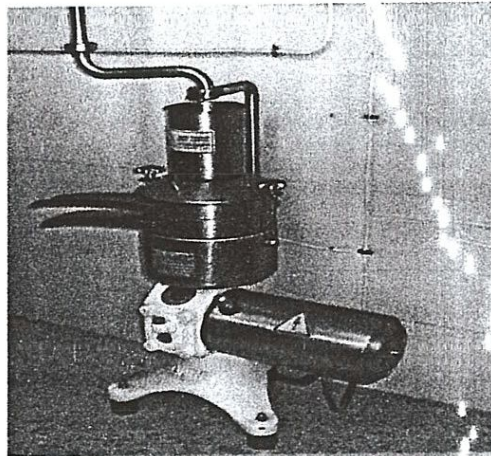


Figure 2.4 : L'écromousse.

2.2.2.4. Le stockage :

Le mélange est stocké une première fois dans deux tanks de 5000L chacun où il subit une agitation continue pour augmenter la dispersion et la dissolution du poudre de lait dans l'eau et éviter la formation d'agglomérats.

2.2.2.5. L'homogénéisation :

Ce traitement physique par pression fait éclater les globules de matière grasse en fines particules homogènes.

Il a pour objectif d'éviter que la matière grasse ne remonte pas à la surface, ne gêne pas l'écoulement du lait ou ne se dépose pas lors du traitement thermique de conservation.

L'homogénéisation est en général réalisée en forçant le lait à l'aide d'une pompe à haute pression (03 pistons), en plus la température à l'intérieur de l'homogénéisateur est de 60-70°C pour que tout le gras soit en phase liquide pour faciliter l'opération. Sur le plan nutritionnel, l'homogénéisation entraînerait une meilleure absorption de gras (les globules sont plus petits) et des protéines du lait.

2.2.2.6. La filtration :

C'est une opération physique post-pasteurisation, consiste à l'élimination de toute impureté pouvant encombrer le pasteurisateur lors de la pasteurisation ce qui peut réduire son rendement.

2.2.2.7. La pasteurisation :

Ce traitement consiste à chauffer le lait à une température et un temps bien définis afin d'obtenir un lait sain de tout germe pathogène ainsi que prolonger la durée de conservation de ce dernier.

Cette opération est effectuée au niveau d'un pasteurisateur à plaques divisé en trois compartiments:

- ➔ Le premier compartiment est celui d'échange et de récupération ou le lait froid va subir un préchauffage.
- ➔ Au deuxième compartiment la pasteurisation proprement dite aura lieu en portant le lait préchauffé dans le premier compartiment à une température de 85°C pendant 15-20 secondes.
- ➔ Au niveau du troisième compartiment; compartiment de refroidissement, le lait est refroidi jusqu'à une température de 04°C. Le but de refroidissement est d'inhiber la flore thermorésistante qui a échappée à la pasteurisation, et d'éviter l'acidification par les bactéries lactiques qui se développent entre 30-40°

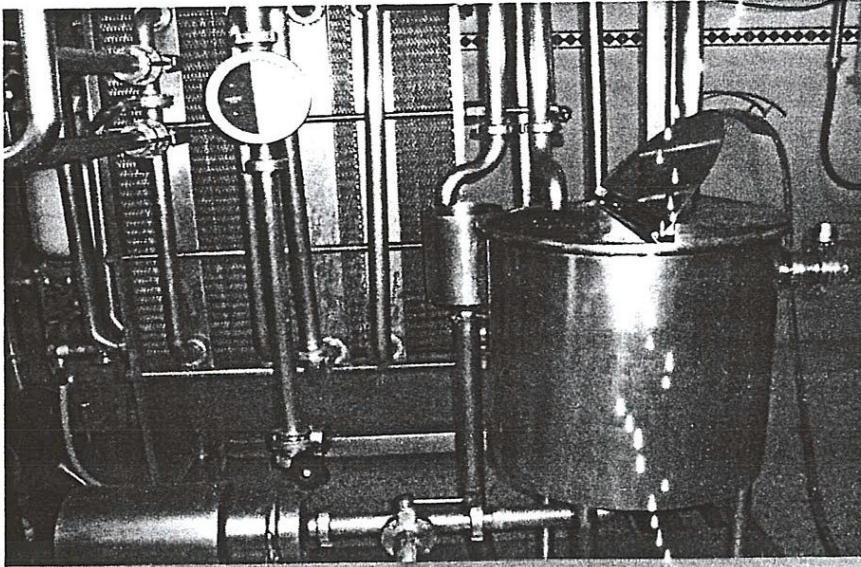


Figure 2.5 : Pasteurisation à plaque.

2.2.2.8. Le stockage tampon :

Avant d'être conditionné, le lait pasteurisé va être stocké dans 02 tanks de 5000L chacun à des températures entre 04-06°C pour éviter l'arrêt de pasteurisation en cas des problèmes techniques au niveau de la conditionneuse.



Figure 2.6 : tanks de stockage

2.2.2.9. Le conditionnement :

Il se fait à partir d'une conditionneuse semi-automatique qui fait remplir le lait qui vient du tank de stockage dans des sacs de polyéthylène stérilisés par des rayons UV. Des soudures longitudinales (avant le remplissage) et transversales (après le remplissage) des sacs se font par des thermo-soudeurs.

Chaque sac contient 1L du lait doit être daté et mis en bacs par les ouvriers.

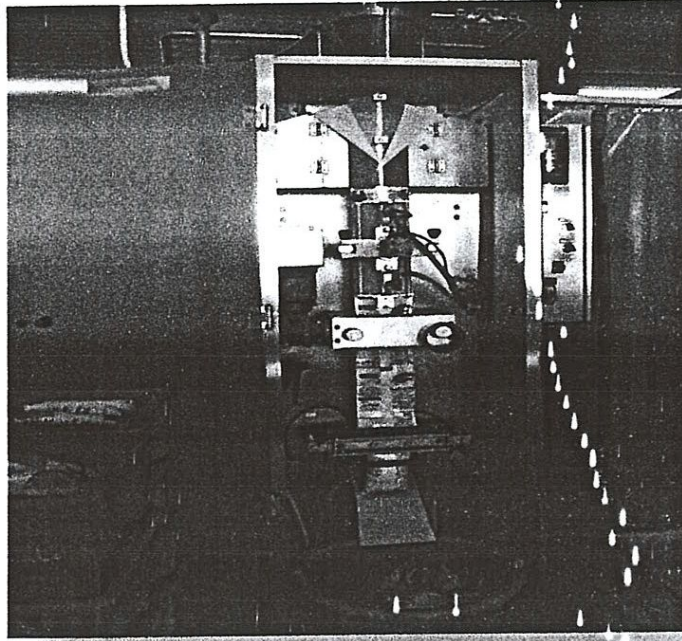


Figure 2. 7: Conditionneuse semi-automatique.

Les bacs sont soit directement livrés, soit stockés dans une chambre froide pour un temps maximum 24h.

2.2.2.10. La distribution :

Le lait sera livré à l'aide des camions frigorifiques directement après la mise en bacs, ou après la conservation du lait dans la chambre froide pendant 24h au maximum, la température du transport de produit est de 6°C.

Le lait, soit pasteurisé conditionné, soit reconstitué conditionné, passe presque par les mêmes étapes à l'exception que le premier type ne subit pas une reconstitution.

Après la détermination des différentes étapes de fabrication, ces dernières peuvent être résumées dans le schéma suivant:

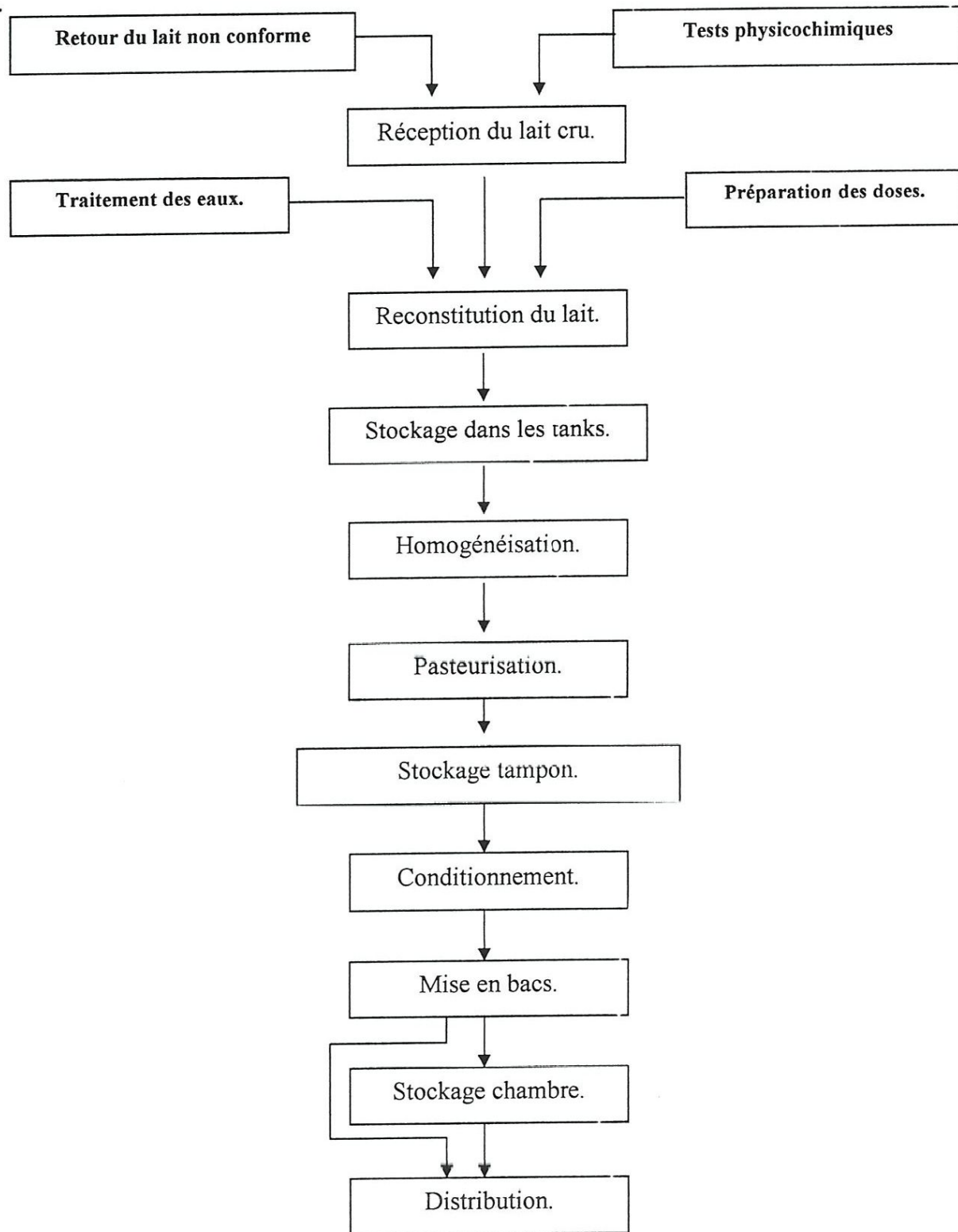


Figure2.8: schéma de fabrication du lait reconstitué pasteurisé SAFIA.

2.3. Nettoyage et désinfection :

Dans l'industrie laitière, il est très important de nettoyer et de désinfecter d'une manière permanente.

Par définition, le nettoyage est un procédé physique consiste à enlever les souillures, les résidus organiques et les minéraux qui peuvent se déposer sur les surfaces de l'équipement et des locaux en utilisant des produits chimiques tels que les détergents.

Alors que la désinfection consiste à éliminer ou réduire le nombre des microorganismes au moyen de substances chimiques et/ou des traitements thermiques en prenant en considération la nature du résidu ou de la souillure, ainsi que le détergent ou le désinfectant mis en jeu.

Le nettoyage et la désinfection dans SAFIA s'effectuent sur deux niveaux :

- ▶ Au niveau de l'équipement ou nettoyage en place.
- ▶ Au niveau des locaux.

2.3.1. Le nettoyage en place NEP :

Le NEP est un ensemble des composants autonomes qui permettent de faire circuler à l'intérieur de l'équipement non démonté la bonne solution de nettoyage et d'assainissement, à la bonne concentration, au bon endroit, à la bonne température, au bon débit, avec la bonne action mécanique et pendant le temps de contact nécessaire.

Le NEP dans SAFIA se fait chaque jour, il comprend les étapes suivantes :

- ↳ **Rinçage préliminaire:** se fait par l'eau traitée chauffée à 60°C, pour enlever les souillures non adhérentes.
- ↳ **Nettoyage alcalin:** se fait pour débarrasser les souillures organiques en utilisant comme détergent la soude caustique dans une solution à 1.5 à 2% de concentration, cette dernière est préalablement chauffée à une température de 65°C et envoyée dans un circuit fermé pendant 10 minutes.
- ↳ **Inter rinçage:** est fait pour éliminer les résidus du détergent alcalin. Lorsqu'on récupère les eaux du inter rinçage, on peut les réutiliser une autre fois pour le rinçage préliminaire de l'équipement suivant.
- ↳ **Nettoyage acide:** est fait pour débarrasser les souillures minérales, et neutraliser l'installation de toutes traces de soude en utilisant l'acide nitrique à 1.5% de concentration chauffé à 60-65°C, et circulé dans l'équipement pendant 15minutes.

L'acide est mélangé avec la solution désinfectante pour éliminer tout microorganisme.

↳ **Rinçage final:** on utilise dans cette dernière étape l'eau chaude pour éliminer les traces de détergents et neutraliser l'équipement. Lorsque l'eau utilisée sort neutre, on arrête le rinçage.

2.3.2. Nettoyage des locaux :

Le nettoyage des locaux s'effectue d'une façon permanente. Les murs et les sols sont nettoyés et désinfectés en appliquant des actions de brossage et en utilisant l'eau de javel et des désinfectants.

S'il est nécessaire, on effectue un nettoyage par canon à mousse. Il consiste à remplir le réservoir avec de l'eau et le détergent ou le désinfectant, et avec un contrôle de la pression dans l'équipement, l'air comprimé va former une mousse par pressurage de dépôt du produit utilisé, puis on va la projeter vers la cible désirée.

2.4. Tests physicochimiques :

2.4.1. Détermination de la densité et température :

La densité d'un corps est le rapport de sa masse volumique à la masse volumique d'un corps pris comme référence. Le corps de référence est l'eau pure pour les liquides et les solides.

La détermination de la densité du lait est basée sur l'utilisation du thermo-lacto-densimètre en le plongeant dans une éprouvette contenant le lait

■ Mode opératoire :

On remplit une éprouvette par le lait à analyser, puis on fait plonger dans lequel le thermo-lacto-densimètre.

La température du lait est directement lue sur la partie graduée. La densité est déterminée par la formule suivante (valable que pour une mesure faite à une température entre 10°C et 20°C) :

$$D = D' + [31 - 0.2 (20 - T)]$$

- ▶ **D'** : La densité brute (égale 1000).
- ▶ **T** : La température du lait.
- ▶ **0.2** : Coefficient de correction de température.

2.4.2. Détermination de l'acidité :

↳ Acidité ionique :

C'est la concentration des ions H^+ ou H_3O^+ libre dans le lait à analyser.

■ Mode opératoire :

Après réglage de la température affichée sur le pH, on fait introduire l'électrode de mesure dans le bêcher contenant une prise d'essai de quelque millilitre, le pH est directement lu sur le cadran de l'appareil.

↳ Acidité titrable :

C'est la concentration de l'acide lactique dans le lait à analyser.

■ Principe :

Elle est déterminée en titrant le lait à analyser par l'hydroxyde de sodium en présence de phénol phtaléine comme indicateur de couleur.

■ Mode opératoire :

Dans un bécher, on introduit 10 ml du lait à analyser avec la pipette, on ajoute 2 à 3 gouttes de la solution phénol phtaléine puis on titre avec la solution de l'hydroxyde de sodium (9/N) jusqu'à au début de virage au rose, facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même lait.

L'acidité est exprimée en degré Dornic ($^{\circ}\text{D}$) où 1 $^{\circ}\text{D}$ correspond 0.1g d'acide lactique dans un litre du lait.

Le volume en millilitre de la solution NaOH multiplié par dix indique la valeur de l'acidité en degré Dornic.

Remarque : Ci la valeur de l'acidité comprise entre

- 15 à 17 $^{\circ}\text{D}$ pour un lait cru
- 14 à 16 $^{\circ}\text{D}$ pour un lait pasteurisé

L'acidité est normale

- 26 $^{\circ}\text{D}$: lait coagulant par chauffage
- 70 $^{\circ}\text{D}$: lait coagulant à température ordinaire

L'acidité augmentée
(fermentation lactique,
addition de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)

2.4.3. Détermination de la matière grasse (méthode acido-métrique de GERBER) :

Le principe de la méthode de GERBER est basé sur la séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butyromètre dans lequel on met le lait avec l'acide sulfurique et l'alcool iso amylique qui sont des agents favorisés la séparation de la matière grasse du lait.

■ Mode opératoire :

On introduit 10 ml d'acide sulfurique dans un butyromètre (en évitant de mouiller le col. Ensuite, on ajoute 11 ml du lait et 1 ml d'alcool iso amylique. Après bouchage du

butyromètre, on procède à l'agitation puis sans laisser refroidir le butyromètre on le met dans la centrifugeuse durant 5 minutes à une vitesse de rotation de 1200 tours par minute.

A la sortie de la centrifugeuse, on obtient dans la partie graduée du butyromètre une colonne claire et transparente qui correspond la matière grasse excrétée du lait. On lit la hauteur qui atteint cette colonne.

**La teneur en matière grasse du lait exprimé en gramme par litre
égale : $(n - n') \cdot 10$**

- ▶ **n** : La valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse transparente.
- ▶ **n'** : La valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse transparente.

2.4.4. Détermination de la matière sèche totale :

On entend par la matière sèche du lait, le produit résultant de la dessiccation du lait par la méthode décrite ci-après.

La matière sèche du lait est obtenue par évaporation et dessiccation d'un volume de lait dans des conditions définies avec pesée du résidu.

■ Mode opératoire

Dans une capsule séchée et tarée à 0.1 mg, on introduit 5 ml du lait avec la pipette, puis on fait placer dans l'étuve à température 103°C plus ou moins 2°C.

On laisse à refroidir pendant 3 heures puis on la pèse.

La matière sèche est exprimée en gramme par litre du lait par la formule suivante :

$$(M - M') \cdot 1000 / V$$

- ▶ **M** : Masse en gramme de la capsule vide.
- ▶ **M'** : Masse en gramme de la capsule contenant le résidu après la dessiccation.
- ▶ **V** : Volume en millilitre de la prise d'essai.

2.4.5. Détermination de la matière sèche dégraissée :

La matière sèche dégraissée est obtenue par la différence entre la matière sèche totale et la matière grasse.

$$E.S.D = E.S.T - MG$$

- ▶ **E.S.D** : Extrait sec dégraissé.
- ▶ **E.S.T** : Extrait sec total.
- ▶ **MG** : Matière grasse.

2.4.6. Détermination de l'extrait sec total (EST).

L'EST est déterminé selon la formule de *Fleishman* :

$$\text{EST} = 2665(D-1) + 1,2 \text{ MG.}$$

- ▶ **D** : Densité,
- ▶ **MG** : Matière grasse,
- ▶ **EST** : Extrait sec total.

2.5. Tests microbiologiques :

La qualité microbiologique d'un produit alimentaire se présente sous deux aspects : **aspect commercial** qui se caractérise par le risque d'altération et cette qualité est insuffisante si le produit contient un nombre de microorganismes d'altération suffisant pour abaisser sensiblement la qualité organoleptique du produit et l'**aspect hygiénique** qui caractérise le risque pour la santé de consommateur, qui est jugé mauvaise si le produit contient des toxines ou un nombre de microorganismes pathogènes.

L'objectif des analyses microbiologiques (contrôle) est de garantir une certaine sécurité hygiénique et un niveau de qualité organoleptique.

■ Préparation de l'échantillon :

Avant de commencer n'importe quelle analyse microbienne on doit bien préparer l'échantillon à analyser pour garantir que le résultat final est valide.

- ➔ La prise de l'échantillon au niveau de la réception du lait de collecte s'effectue après avoir agité soigneusement le lait à l'aide :
 - ▶ D'un agitateur mécanique du tank, et la prise d'échantillon s'effectue aseptiquement à partir du robinet d'échantillonnage.
 - ▶ D'un matériel stérile dans le cas du bidon.
- ➔ Il est nécessaire de rendre l'échantillon homogène avant de chaque analyse pour ce la agiter soigneusement le sachet du lait avant de chaque analyse.
- ➔ Distribuer aseptiquement l'eau physiologique à raison de 9 ml dans des tubes stériles à température ambiante.
- ➔ Une dilution de 1/10 est obtenue en transférant aseptiquement 1 ml du lait à l'aide d'une pipette stérile dans 9 ml de l'eau physiologique.
- ➔ Pour les autres dilutions (1/100, 1/1000, ...), on prend 1 ml de la dilution précédente et l'introduit dans 9 ml d'eau physiologique.

2.5.1. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile :

Elle est réalisée sur les produits suivants lait cru, lait pasteurisé conditionné, beurre. Le dénombrement des germes totaux permet d'avoir une idée sur la charge microbienne (degré de contamination) du produit.

■ Technique d'analyse :

- ▶ Régénération de la gélose nutritive (GN) à 100°C puis refroidissement à 60°C.
- ▶ Introduction 1 ml des dilutions 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} dans le fond des boîtes de pétri stérile.
- ▶ Ecoulement dans chaque boîte de pétri la gélose nutritive en surfusion (ne doit pas être chaude pour éviter la destruction des germes).
- ▶ Homogénéisation du contenu des boîtes en faisant des mouvements sous forme de cercle, huit, ...
- ▶ Incubation des boîtes (après solidification de la gélose) dans l'étuve à 30°C pendant 48 heures à 72 heures.

■ Lecture :

- ▶ Les germes totaux aérobies apparaissent sous forme de colonies blanchâtres de taille et de forme différentes.
- ▶ On compte le nombre des colonies et on ramène au nombre de germe par ml en tenant compte le degré de dilution.

2.5.2. Dénombrement des coliformes totaux :

Les coliformes sont des germes de contamination fécale, ils vivent dans l'intestin de l'Homme et des animaux. Les coliformes se caractérisent par leurs aptitudes de fermenter le lactose avec production du gaz d'où l'utilisation pour leur recherche des milieux contenant du lactose.

■ Technique d'analyse :

- ▶ Introduire 1 ml de chaque dilution du lait sur le fond des boîtes de pétri.
- ▶ Couler dans chaque boîte de pétri une couche de gélose Désoxycholate en surfusion.
- ▶ Homogénéiser le contenu des boîtes de pétri en faisant des mouvements sous forme de cercle, huit, ...
- ▶ Incuber les boîtes (après solidification de la gélose) à 37°C pendant 24 heures.

■ Lecture :

- ▶ Les colonies apparaissent rouges foncés de 0.5mm de diamètre.
- ▶ On compte le nombre des colonies et on ramène au nombre de germe par ml en tenant en compte de la dilution.

2.5.3. Recherche et dénombrement des staphylocoques

Le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*) est l'espèce la plus pathogène du genre *Staphylococcus*. Elle est responsable d'intoxications alimentaires, d'infections localisées suppurées, et dans certains cas extrêmes, de septicémies chez des sujets débilisés (greffe, prothèses cardiaques). *S. aureus* se présente comme une coque en amas (grappes de raisin), Gram positif et catalase positif.

■ Technique d'analyse :

- On utilise le milieu de Giolitti / Cantoni, ce milieu est utilisé pour l'enrichissement de *Staphylococcus aureus* dans les produits alimentaires et plus particulièrement pour le lait et les produits laitiers.
- Introduire 19 ml de Giolitti / Cantoni puis ajouter 10 gouttes de solution stérile de téllurite de potassium 1% dans des tubes stériles.
- Inoculer 1 ml du produit à analyser dans chaque tube.
- Après l'ensemencement et homogénéisation, verser soigneusement dans les tubes. une coque de paraffine (pour créer l'état de l'anaérobiose).
- Mettre les tubes en incubation à 37°C pendant 24 heures.

■ Lecture :

La formation d'un précipité noir ou le noircissement total du tube est indiquée la possibilité de la présence des staphylocoques. Lecture de développement sur le milieu de Chapman :

Si un noircissement apparaît au fond des tubes ou dans tout le milieu de Giolitti / Cantoni, il est nécessaire de confirmer la présence de staphylocoque par culture sur milieu de Chapman.

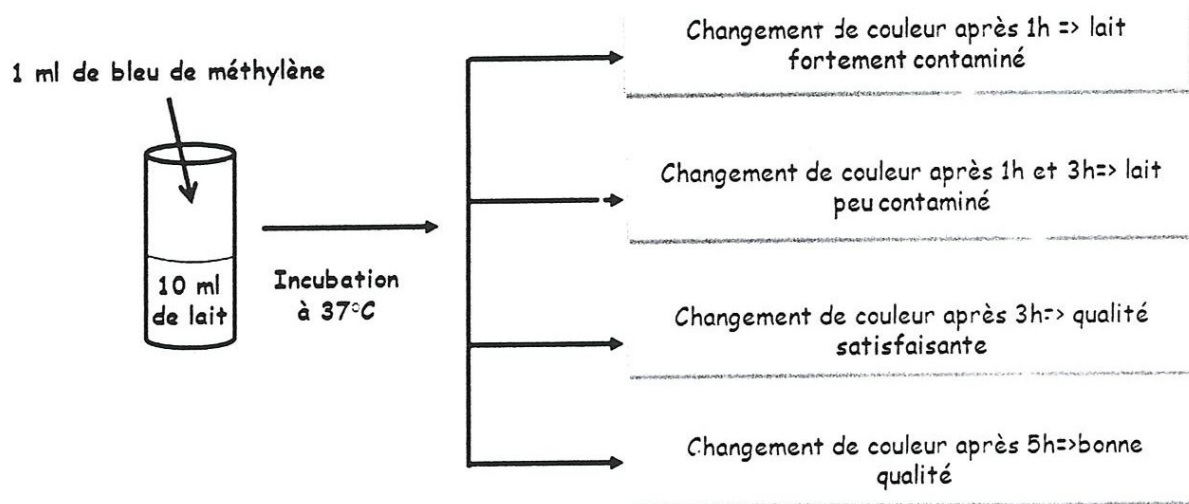
- Ensemencer le bouillon par stries sur un milieu de Chapman, puis incuber pendant 24 à 48 heures à 37°C.

Un résultat positif donne des colonies d'un diamètre de 1 à 1.5mm ronde blanches ou pigmentée en jaune.

2.5.4. Test rapide avec le bleu de méthylène :

Dans ce teste rapide d'évaluation de la charge microbienne, 10 ml de lait sont additionnés de 1 ml de bleu de méthylène et incubés à 37°C dans un bain-marie.

(Réduction de couleur de bleu à blanc)



2.6. Traitement des eaux :

Une eau utilisée dans la production laitière doit être traitée de tous germes et de toutes matières organiques ou matières en suspension, en plus elle doit être adoucie.

Le traitement des eaux utilisées dans la fabrication du lait au niveau du SAFIA s'effectue comme il suit:

- L'eau est filtrée des impuretés à travers des filtres à sables et des matières organiques et métaux lourds à travers des filtres à charbon actif sous l'action d'osmose inverse (du plus concentré vers le moins concentré) qui nécessite une pression supérieure à 15 bars, ce qui oblige utiliser une pompe.
- Les impuretés vont être éliminées hors de l'installation.
- L'eau filtrée passe par des résines échangeuses d'ions ou elle va être adoucie.
- L'adoucisement est un procédé chimique consiste à éliminer les ions Mg^{+2} et Ca^{+2} qui risquent d'endommager la tuyauterie et la canalisation.
- La résine contient des ions Na^+ , donc elle va capter les ions Mg^{+2} et Ca^{+2} . et donne les ions Na^+ .
- L'eau passe par une bâche pour éliminer les ions Na^+ .
- les eaux ayant une dureté égale à 0 F° seront utilisées au niveau des chaudières, alors que celles ayant une dureté comprise entre 10 et 15 F° seront destinées à la fabrication laitière après l'exposition aux rayons UV afin de préserver l'apport en Ca^{+2} et Mg^{+2} .
- Après utilisation, les résines sont saturées, donc on doit les régénérer en faisant passer ces résines par un bain saumure qui possède des ions Na^+ ; la résine capte le Na^+ et libère les ions Ca^{+2} et Mg^{+2} .

Troisième
Partie : Résultats
et discussions

3.1 .Qualité physico-chimique:

Le tableau 3.1 regroupe les résultats relatifs aux caractéristiques physico-chimiques (moyenne de 3 échantillons de lait SAFIA).

Détermination	Echantillons			Norme internationales
	1	2	3	
Contenant réel	1 litre	1 litre	1 litre	1 litre
pH	6.80	6.75	6.81	6.6-6.8
Acidité titrable (°D)	16°D	15.5°D	15.8°D	14°D à 18°D
MG (g/l)	15.1 g/l	14 g/l	15 g/l	15-20 g/l
Densité à 20°C	1.026	1.027	1.026	1.028
Couleur	Blanchâtre	Blanchâtre	Blanchâtre	/
Saveur et Odeur	Absence d'odeurs et de saveur étrangères	Absence d'odeurs et de saveur étrangères	Absence d'odeurs et de saveur étrangères	/
T° (C)	8.9	11.0	10.2	/

Tableau 3.1 : Résultats d'analyse physico-chimique

3.1.1. Couleur Saveur et Odeur :

Le lait est blanchâtre, l'absence d'odeur et de saveur étrangères. D'après ces résultats notre produit analysé est conforme aux normes internationales.

3.1.2. pH :

La valeur moyenne du pH du lait camelin collecté est égale à $6,78 \pm 0,02$. Le lait serait légèrement plus acide que les laits humain et bovin qui ont des pH respectifs égaux à 7.01 et 6.6.

Les valeurs de pH relevées dans la présente étude se rapprochent de celles rapportées par les Norme internationales

3.1.3. Acidité titrable :

Les échantillons de lait analysés (tableau 3.1), présentent une acidité titrable de l'ordre de $15.76 \text{ °D} \pm 2,24$. Le lait caractérisé par un effet tampon plus élevé par rapport au lait normes internationales, permet d'expliquer l'absence de relation directe entre le pH et l'acidité titrable.

3.1.4. Densité :

La valeur de la densité des échantillons de lait (tableau 3 .1) est égale à $1,027 \pm 0,096$. Elle est comparable à la valeur, 1028, rapportées par les normes internationales.

La densité dépend directement de la teneur en matière sèche, liée fortement à la fréquence d'abreuvement. Ce qui explique la variabilité des valeurs entre les différents échantillons de laits analysés et entre celles citées dans la littérature.

3.1.5. Teneur en matière grasse :

La teneur moyenne en matière grasse du lait analysé se situe autour de $15.76 \text{ g/l} \pm 4.2$. Elle semble légèrement plus faible que celles des laits vaches (34 g/l).

3.2. Qualité bactériologiques :

Afin de comprendre davantage comment évolue le lait aussitôt la traite réalisée, nous avons entrepris d'évaluer la flore microbienne initiale, les coliformes, les staphylocoques et les germes aérobies.

Détermination	Echantillons			Norme Algérienne	Norme internationales
	1	2	3		
Germe Aérobie à 30°C	2.10^2	3.10^3	3.10^3	3.10^4	$\leq 30.000/\text{ml}$
Germe Aérobie à 37°C	Abs ges/ml	02 ges/ml	Abs ges/ml	/	/
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Staphylocoque	Abs	Abs	Abs	1	/

Tableau 3.2 : Résultats d'analyse bactériologiques

3.2.1. Les germes aérobies :

D'après les résultats obtenus et suite à l'analyse des différents échantillons collectés nous avons constaté que les trois prélèvements contiennent un nombre de germe varie entre (2.10^2 germes / ml et 3.10^3 germes / ml) et qui ne dépasse pas la norme Algérienne (3.10^4 germes / ml) aussi celle internationale (≤ 30.000 germes / ml).

3.2.2. Les coliformes :

Absence totale des germes qui prouve l'efficacité du traitement thermique qui détruit la majorité des germes. Et le maintien de bonnes conditions hygiéniques : les travailleurs (lavage des mains, les vêtements sont propres, absence des maladies), la désinfection préalable du matériel.

3.2.3. Les Staphylococques :

Absence de ces germes dans les trois échantillons, ces résultats indiquent que notre lait est de qualité microbiologique satisfaisante et ainsi il est déclaré propre à la consommation.

3.3. L'analyse spectroscopique infrarouge :

L'analyse spectroscopique infrarouge a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse industrielle et génie des matériaux (LAIGM) Université 08 mai 1945 Guelma.

L'analyse des constituants du lait par spectroscopie moyen infrarouge a été effectuée en premier lieu par Goulden en 1964. L'infrarouge est la plus utilisée pour l'analyse quantitative et qualitative des constituants alimentaires. Les molécules organiques se composent d'atomes rattachés par des liens chimiques.

La mesure de Spectrométrie infrarouge (IR) utilisant la transformée de Fourier se fait par transmission pour prédire :

- ➔ Les composés quantifiés majeurs du lait (matière grasse, protéines, urée, lactose ...)
- ➔ Mais aussi des composés plus spécifiques: acides gras du lait, minéraux, lactoferrine, acétone, β -hydroxybutyrate
- ➔ Le paiement du lait ou lors du contrôle laitier

Les résultats d'analyses chimiques ont été confrontés aux données spectrales (figure 3.1) par le spectre électromagnétique de l'infrarouge ($400-4000\text{cm}^{-1}$) se distingue par l'absorption moléculaire aux bandes ($400-1800\text{cm}^{-1}$) et de combinaisons ($1800-4000\text{cm}^{-1}$) les liens covalents faisant intervenir l'hydrogène sont dominants dans la région IR (C-H, N-H et O-H) ; les spectres sont collectés en transmission pour l'analyse du lait.

Les caractéristiques spectrales du lait liées à sa composition chimique. La mesure est faite par transmission, Les protéines absorbent à $1700 - 1500\text{cm}^{-1}$ pour le lien amide II. Cette absorption est due à la vibration du lien C-N (40%) et à la déformation du lien N-H (60%) des groupements amides secondaires des liaisons peptidiques. On peut mesurer la matière grasse seule ou en combinaison sur deux longueurs d'ondes. L'absorption du groupement carbonyle (C=O) du lien ester qui relie les acides gras à la molécule de glycérol se fait au canal de gras A ou l'absorption des groupements C-H de la chaîne aliphatique s'effectue au canal de gras B. On mesure lactose à la longueur d'onde entre le groupement hydroxyle (OH) et l'atome de carbone. Cette mesure n'est pas spécifique au lactose, mais bien à tous les carbohydrates présents dans l'échantillon.

D'autre part, Dans le spectre brut du lait pris par infrarouge, les spectres de laits subissent généralement une dérivée seconde qui permet une séparation plus claire des pics d'absorption. On observe l'absorption :

- ▶ deux bandes (C-H) de **matière grasse** aux longueurs d'ondes de 2320 et 2350 cm^{-1} .
- ▶ Les liens N-H (bande attenante au $\nu_{\text{C=O}}$ de la fonction amide secondaire et primaire: vers $\delta_{\text{N-H}}$ 1700 à 1500 cm^{-1} et deux bandes $\delta_{\text{N-H}}$ vers 3745 et 3901 cm^{-1} (deux bandes pour les primaires et une pour les secondaires) de la structure **des protéines**.
- ▶ Une bande large et forte des hydroxyles (O-H) des molécules de **lactose** se retrouvent aux longueurs d'ondes de 3347 cm^{-1} .

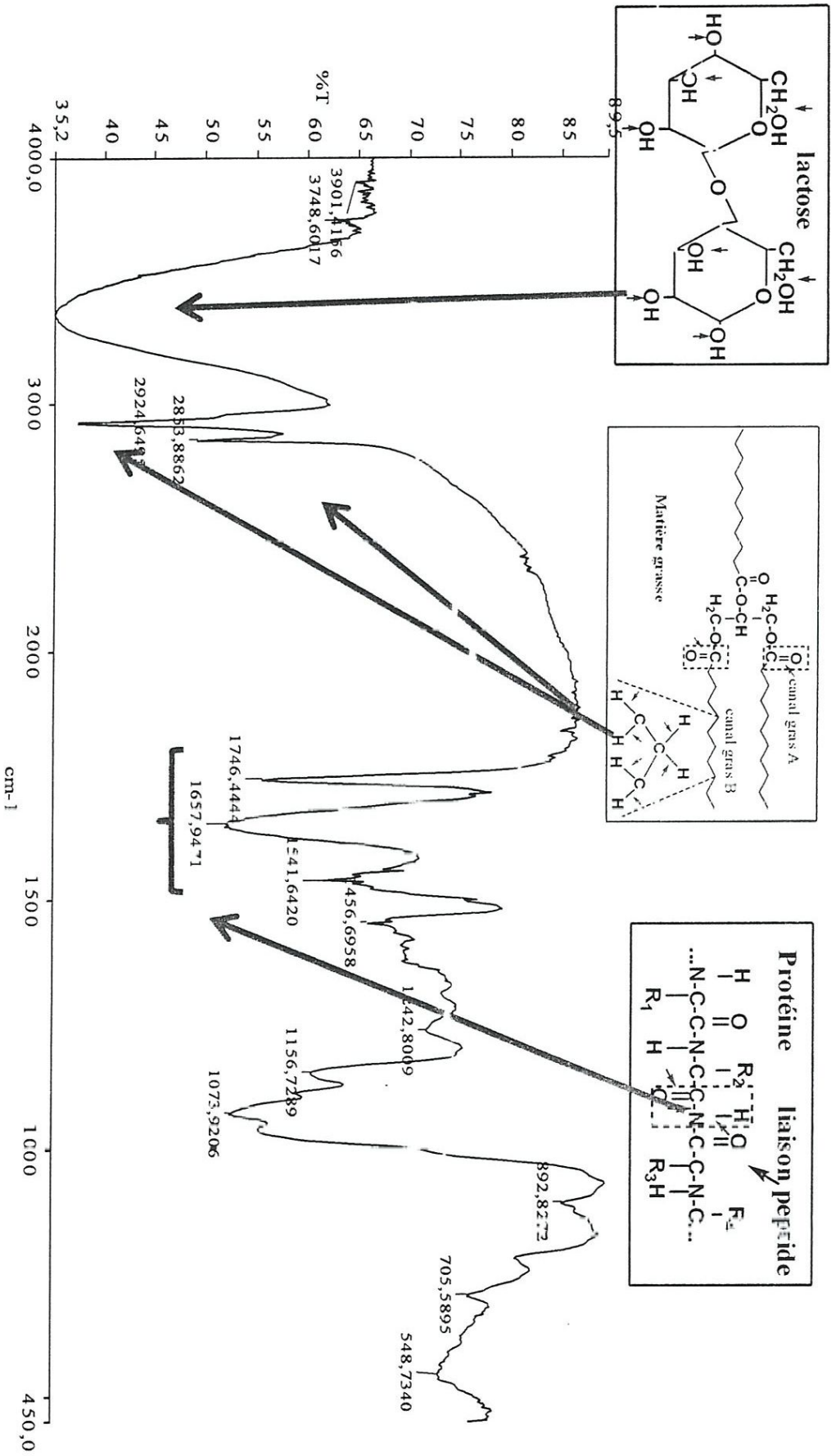


Figure 3.1: Spectre IR = Transmissions à des fréquences corrélées aux vibrations des liaisons chimiques spécifiques de la composition chimique globale du lait.

Conclusion

Conclusion

Notre stage pratique, qui a duré 28 jours au niveau de l'unité de production du lait et ses dérivés SAFIA, nous a permis de bien rapprocher à l'industrie laitière ainsi que prendre une idée sur le matériel utilisé dans une laiterie.

Le lait doit être contrôlé strictement. Il doit avoir toutes les caractéristiques physico-chimiques (densité, pH...) et microbiologiques idéales depuis sa réception (lait cru) jusqu'à sa distribution (lait fabriqué).

D'après ce stage, on a conclu qu'avant de commercialiser aucun produit laitier il doit assurer qu'il est conforme aux normes pour éviter toute détérioration des caractères organoleptiques du produit après la vente

Ces normes pour lait sont

- ➔ La densité : 1.027.
- ➔ La teneur en matière grasse : 15 g/l.
- ➔ L'acidité titrable : 15.76 °D.
- ➔ Le nombre de FTAM : 3.10^4 germes/litre.
- ➔ Le nombre de coliformes totaux : 10 germes/ml
- ➔ Absence de tous les germes pathogènes.

Le lait est très sensible à la variation de la température et considéré comme un milieu favorable à la prolifération des germes.

La mesure de Spectrométrie infrarouge (IR) se fait par transmission pour prédire :

- ➔ Les composés quantifiés majeurs du lait (matière grasse, protéines, urée, lactose ...)
- ➔ Le payement du lait ou lors du contrôle laitier

La qualité du lait n'est préservée que si les meilleures conditions hygiéniques sont disponibles. Ces conditions sont assurées en appliquant quotidiennement un nettoyage des équipements (NEP) et même des locaux.

Et la conservation de ce dernier s'effectue dans des réfrigérateurs à température comprise entre 4°C - 6°C (pour empêcher la multiplication des germes et la progression de l'acidité qui sont des agents de perturbation du lait).

Dans l'industrie alimentaire et précisément l'industrie laitière par ce que c'est elle qui nous intéresse dans notre travail, l'eau utilisée doit être traitée de toute impureté organique ou minérale, et elle doit être aussi adoucie de peur que l'équipement soit endommagé sous l'effet du calcaire.

Conclusion

Cette formation nous a acquiert une bonne expérience concernant les différents procédés utilisés dans une laiterie, de plus elle nous a donné une véritable image sur le travail d'un ingénieur en technologies agroalimentaires s'il aura l'occasion de suivre une chaîne de production laitière.

Bibliographie

Bibliographia**➤ Livre :**

[1].Carole L; Vignola, 2007.*Science et technologie du lait : transformation du lait*, Presses Internationales Polytechnique. Québec ; 1-69p, 89-91p.

[2].Emilie Fredot, 2005.Des *aliments bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*, TEC &DOC, Lavoisier. Paris ; 1-27p

➤ Mémoires :

[3].Djeha .F ; Boulacheb. A, 2007, *Contribution à l'étude de quelques caractéristiques du lait de vache pasteurisé et conditionné au niveau de laiterie NUMIDIA, INATAA*. Mémoire fin d'étude en microbiologie .Constantine. 11-18p.

[4].Nibou M ; Sefacenc T, 2007, *Contribution à la mise en place d'un système HACCP à la laiterie SAFILAIT DE Constantine, INATAA*. Mémoire fin d'étude en microbiologie. Constantine. 24-26p.

[5].Hmido. M ;Rouabeh. N, 2009 *contribution à l'étude physicochimique et bactériologique du lait de vache cru et de lait pasteurisé conditionné des deux laiteries « safia »et « Edough »*. Mémoire fin d'étude en biologie .Guelma. 16-29p.

➤ Sites d'internet :

[6].<http://www.aufeminin.com/w/recettes-cuisine-ingredient-190/lait.html>.

[7].<http://www.cniel.com/prodlait/LAIT/Lait1.html>.

[8].<http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/>

[9].<http://www.hc-sc.gc.ca/ahc-asc/media/advisoriesavis/2006/>

[10].<http://www.colection.com>

[11].<http://www.inra.fr/layout/print/lascience/>

[12].<http://www2.vet-lyon.fr/>

Annexes

· Réaction d'altérations chimiques des aliments :

Le phosphocaseïne de calcium est un complexe macromoléculaire contenant une partie minérale.

Brunissement enzymatique

Le brunissement enzymatique correspond à la conversion des composés phénoliques comme la tyrosine, l'acide chlorogénique, le pyrocatechol en polymères colorés, le plus souvent bruns ou noirs qui sont désignés mélanines. Ce brunissement entraîne aussi la dégradation de la vitamine C.

Réaction de Maillard

La réaction de Maillard est également connue sous le nom de brunissement non enzymatique,

La réaction de Maillard est l'ensemble des interactions résultant de la réaction initiale entre un sucre réducteur et un groupement aminé (acides aminé, peptide, protéine)..

Réaction de caramélisation :

La caramélisation, tout comme la réaction de Maillard, est une réaction de brunissement non enzymatique. Elle se produit lors du chauffage d'un sucre au-delà de son point de fusion (environ 200°C pour le saccharose) en absence de composés azotés. La réaction peut être catalysée par l'ajout d'un acide comme l'acide citrique ou l'acide acétique. Les produits formés au cours de la réaction confèrent au caramel la couleur, l'arôme et le goût caractéristique du produit.

Oxydation enzymatique :

Le phénomène d'oxydation des acides gras insaturés peut être d'origine enzymatique. Les deux enzymes principalement impliquées sont la lipoxygénase et la cyclooxygénase.

La lipoxygénase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un acide gras insaturé selon une réaction stéréospécifique et aboutit à la formation d'hydroperoxydes. Elle agit spécifiquement sur les acides gras non estérifiés. Son activité est donc souvent couplée avec celle des lipases et des phospholipases.

L'utilisation des antioxydants (tocophérols, polyphénols, flavonoïdes, vitamine E, vitamine C, etc.) est souvent la méthode la plus courante en industries agroalimentaires pour inhiber l'oxydation des lipides. Les antioxydants utilisés sont soit des agents de prévention qui bloquent la phase d'initiation en réagissant avec les initiateurs de la réaction (O₂, lumière, métaux, ...), soit des agents de terminaison qui bloquent la poursuite de la phase de propagation en réagissant avec les radicaux libres et les transformant en composés stables.

Lipolyse

La lipolyse intervient au sein des cellules végétales et animales pendant la phase post-récolte (ou post-mortem) au cours de transformation et conservation des aliments. L'hydrolyse des lipides est principalement le fait d'enzymes lipolytiques tissulaires : lipases. Les lipases hydrolysent les liaisons esters des glycérides et libèrent à partir des triglycérides des acides gras, des diglycérides et des monoglycérides.

Hydrolyse des glucides

Les hydrolases qui posent des problèmes dans le cas des aliments d'origine végétale sont les enzymes pectiques et les amylases.

Les amylases hydrolysent l'amidon de certains aliments en sucres réducteurs. C'est le cas de la pomme de terre stockée à des températures inférieures à 5°C. Cette pomme de terre ne se prêtera pas bien à la friture.

Les milieux de culture

1-La gélose nutritive

C'est un milieu d'isolement utilisé surtout pour FTAM (Flore Totale Aérobie Mésophile).

La composition :

- Extrait de levure 2,0g.
- Peptone 5,0g.
- Extrait de viande 1,0g.
- Chlorure de sodium 5,0g.
- Agar 15,0g.
- pH = 7,4.

La préparation :

On pèse 28 g de la poudre de GN et la mettre dans un erlenmyer contient une quantité d'eau distillée puis compléter le volume par l'eau distillée jusqu'à un litre. Mélangez à l'aide d'un agitateur magnétique. Faites chauffer le mélange dans un four. Si l'ébullition menace de faire déborder la solution, arrêtez le four, laissez reposer quelques secondes, et ré-enfournez l'erlen. Quand la préparation est homogène, laissez refroidir. Pensez à recouvrir votre erlen avec du papier aluminium, afin d'empêcher toute contamination du milieu de culture.

La stérilisation du milieu est réalisée par l'autoclave.

2- La gélose Déoxycholate

C'est un milieu utilisé pour le dénombrement des coliformes en microbiologie.

La composition :

- Peptone 10,0 g.
- Citrate de sodium 1,0 g.
- Lactose 10,0 g.
- Rouge neutre 0,03 g.
- Désoxycholate de sodium 1,0 g.
- Chlorure de sodium 5,0 g.
- Hydrogénophosphate de potassium 2,0 g.
- Agar 13,0 g.
- pH = 7,3.

La préparation :

Mettre en suspension 22.5g du milieu Déshydraté dans un erlenmyer contient une quantité d'eau distillée puis compléter le volume par l'eau distillée jusqu'à 500 ml. Porter à ébullition lentement, en agitant jusqu'à dissolution complète. Ne pas autoclaver.

3- Le milieu Giolitti / Cantoni

Il est utilisé pour l'enrichissement de *Staphylococcus aureus* dans les produits alimentaires.

La composition :

- Tryptone : 10,0 g/l.
- Extrait de viande de boeuf : 5,0 g/l.
- Extrait de levure : 5,0 g/l.
- Chlorure de lithium : 5,0 g/l.
- Mannitol : 20,0 g/l.
- Chlorure de sodium : 5,0 g/l.
- Glycocolle : 1,2 g/l.
- Pyruvate de sodium : 3,0 g/l.
- pH = 6,9 ± 0,2.

La préparation :

Mettre 54,2 g de poudre dans un erlenmyer contient une quantité d'eau distillée puis compléter le volume par l'eau distillée jusqu'à un litre et chauffer doucement jusqu'à dissolution. Répartir 19 ml par tube et stériliser 15 minutes à 121°C à l'autoclave. Refroidir rapidement et ajouter stérilement 0,3 ml de solution de tellurite de potassium à 3,5 %.

4- Le milieu viande foie

Il est principalement utilisé en tube profond pour la détermination du type respiratoire des micro-organismes, mais aussi pour la culture de germes anaérobies stricts telles que les *Clostridium*.

La composition :

Pour 1 L de milieu viande foie préparé en tube pour la détermination du type respiratoire:

- Base viande foie : 30,0 g.
- Glucose : 2,0g.
- Agar : 6,0 g.
- pH = 7,4.

La préparation :

Mettre 38g de la poudre déshydraté dans un erlenmyer contient une quantité d'eau distillée puis compléter le volume par l'eau distillée jusqu'à un litre. Porter à ébullition lentement en agitant jusqu'à dissolution complète. Répartir en tubes en raison 20 ml. Stériliser à autoclave 121 °C pendant 15 min

5- Le milieu gélose SS (Salmonelle Shigelle)

Milieu sélectif permettant l'isolement d'entérobactéries pathogènes. Il est très utilisé pour la recherche de *Salmonella* dans les selles et les denrées alimentaires.

La composition :

- Peptone : 5.0g
- Extrait de viande : 5.0g.
- Lactose : 10.0g.
- Citrate de sodium : 10.0g.
- Citrate de fer III : 1.0g.
- Sels de biliaires : 8.5g.
- Vert brillant : 3.3 mg.
- Rouge neutre : 25mg.
- Thiosulfate de sodium : 8.5g.
- Agar : 12.0g.
- pH : 7.3.

La préparation :

63 g de poudre dissous par ébullition. Se reporter à la notice en raison de variations de la composition (Formule moins inhibitrice des Shigella à 5,5 g de sels biliaries par exemple). Il ne supporte pas l'autoclave.

6- Le milieu de Litsky

C'est un milieu utilisé pour la confirmation de la présence des Entérocooccus en particulier les Streptocoques fécaux.

La composition :

- Peptone : 20,0 g.
- Glucose : 5,0 g.
- Azide : 0,2 g.
- Éthyl-violet : 0,5 g.
- NaCl : 5,0 g
- Hydrogénophosphate de potassium : 2,7 g.
- Dihydrogénophosphate de potassium : 2,7 g
- pH = 6,8.