

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
DEPARTEMENT DE SANTE ANIMALE**

**PROJET DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTEUR VETERINAIRE**

SOUS LE THEME

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DU LAIT

PRESENTE PAR:

BETTAYEB MUSTAPHA

BEZZINE SAMIR

ENCADRE PAR:

DR: FERNANE HABIBA



**ANNEE
UNIVERSITAIRE
2012-2013**

Dédicaces

Je dédie ce travail à ma très chère famille, à mon père, ma mère
à mes sœurs chéries chacun par son propre nom, et à notre cadette chérie et à mes
frères Djamelet benjamin Abd El llah.

Je dédie ce travail à la famille Bettayeb, et Belaid.

Je dédie ce travail à mon très chère tendre Malik Khattaf de m'avoir
soutenu sur tout le plan durant mon cycle.

Je dédie ce travail à tous mes amis, particulièrement à Benaïssa El yamine
, Berrahoumokhtar, BouchalTahir, Bouderballa Rida, surtout Aboubakr Sadik.

Je dédie ce travail à toute ma promotion de l'institut vétérinaire de
Tiaret (Algérie).

Enfin je dédie ce travail à mon encadreur Madame Fernane Habiba.

BETTAYEB Mustapha

Dédicaces

Je dédie ce travail à ma très chère famille, à mon père, ma mère
à ma sœur chérie par son propre nom et à mon frère Bouabdellah.

Je dédie ce travail à la famille Bezzine et Meddahi.

Je dédie ce travail à mon très chère tendre oncle Hmed de m' avoir
Soutenu sur tout le plan durant mon cycle.

Je dédie ce travail à tous mes amis, particulièrement à Boughari Djillali,
Boukhater Nidhal, Boualem Hichem, surtout Mustapha.

Je dédie ce travail à toute ma promotion de l' institut vétérinaire de
Tiaret (Algérie).

Enfin je dédie ce travail à mon encadreur Madame Fernane Habiba.

BEZZINE Samir

Remerciements

Je tiens à remercier Dieu qui m'a donné la force, le courage, l'intelligence et la sagesse de bien rédiger ce travail avec amour et patience.

Mes remerciements s'adressent particulièrement au Docteur FERNANE HABIBA qui a dirigé ce travail, avec patience et abnégation malgré ces
Multiples préoccupations.

Mes remerciements s'adressent à tous mes professeurs de l'Institut vétérinaire
De Tiaret.

Enfin nous remercions, tous ceux qui ont partagé avec nous les moments, les plus difficiles pour la réalisation de ce travail et tous ceux qui nous ont souhaité
la réussite.

SOMMAIRE

Dédicaces.....	01
Remerciements.....	03
Sommaire.....	04
Liste des tableaux.....	09
Liste des figures.....	10
Liste des abréviations.....	11
Introduction.....	13

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE LAIT

1. Définition du lait.....	15
2. Définition du lait cru.....	15
3. Composition du lait :.....	15
3.1. Eau.....	17
3.2 Glucides.....	17
3.3 Matières azotées et protéines.....	17
3.4 Matières grasses.....	19
3.5. Matières salines.....	19
3.6. Vitamines.....	20
3.7. Oligo-éléments.....	21
4. Propriétés physiques du lait :.....	21
4.1 Aspect.....	22
4.2 Densité et masse volumique.....	22
5. Propriétés physico-chimiques :.....	22
5.1. Le pH du lait.....	23
5.2. L'acidité du lait.....	23
5.3. La densité.....	23
5.4. La viscosité.....	23
6. Composition biologique du lait :.....	23

6.1. Flore microbienne du lait.....	24
6.2. Flore originelle.....	24
6.3. Flore de contamination.....	25
6.4. Inhibiteur du développement microbien dans le lait.....	25
6.5. Action de la flore du lait.....	26
6.5.1. Aspect sanitaire.....	26
6.5.2. Aspect qualitatif.....	26
6.5.2.2. Surissement et acidification avec coagulation	26
6.3.2.2. Protéolyse.....	27
6.5.2.3. Autres dégradations.....	27

CHAPITRE II : LE LAIT A LA FERME

1. A l'origine : le veau	29
2. La traite	29
3. La production variable	29
4. Le début de la chaîne du froid.....	30
5. La collecte.....	30

CHAPITRE III : LE LAIT A LA LAITERIE

1. Les types des traitements du lait :	32
1.1 Clarification	32
1.2. Standardisation - écrémage	33
1.3. L'homogénéisation	34
1.4. La pasteurisation	36
1.4.1 Pasteurisation basse discontinue.....	37
1.4.2 Pasteurisation basse continue	38
1.4.3 Pasteurisation en bouteilles	38
1.4.4 Procédé « flash »	38
1.4.5 Pasteurisation rapide à haute température (HTST).....	38
1.4.6 Pasteurisation continue à très haute température, dite UHT.....	38
1.5. La stérilisation	39
1.5.1 Stérilisation du lait en récipients définitifs.....	40
1.5.2 Stérilisation UHTST (stérilisateur fonctionnant en continu).....	40

1.5.3 Stérilisation en deux temps.....	39
1.6. La concentration	41
1.7. La dessiccation.....	41
2. Qualité du lait :.....	41
2.1. Définition de la qualité du lait:.....	41
2.2. Qualité organoleptique :	42
A -La couleur.....	42
B -L'odeur	42
C -La saveur	42
2.3. Qualité nutritionnelle.....	43
2.4. Qualité microbiologique et hygiénique	43
3. Les facteurs influençant la qualité du lait :.....	43
3.1. La race.....	43
3.2. Stade de lactation.....	43
3.3 Alimentation.....	44
3.4. Facteurs climatiques et saisonniers.....	44
3.4.1 Traite	44
3.5. Stockage et conservation du lait.....	45
3.6. Collecte.....	45

CHAPITRE IV : ALTERATION ET CONTAMINATION

1. Altération:.....	47
1.1. Altération d'origine microbienne :	47
A. Acidification spontanée et coagulation lactique	47
B. Coagulation à faible acidité.....	47
C. Protéolyse ou putréfaction.....	47
D. Lipolyse ou rancissement.....	47
E. Augmentation de la viscosité	47
F. Modification de saveur	47
G. modification de couleur	47
1.2. Altération physico-chimique	47
1.3. Altération mécanique.....	48
2. Contamination du lait.....	48

2.1 Contamination bactérienne :.....	48
2.2 Agents infectieux provenant des animaux.....	49
2.2.1 Tuberculose.....	49
2.2.2 Brucellose.....	49
2.2.3 Fièvre Q.....	49
2.2.4 Infection de la mamelle (mammite).....	49
2.3 Agent infectieux présents dans l'environnement ou dans les matières premières.....	50
2.4 Dangers chimiques.....	52
2.4.1 Résidu de médicaments dans le lait.....	52
2.4.2 Conséquences de la présence des résidus d'antibiotiques dans le lait.....	52
2.5 Dangers physiques.....	52

Chapitre V : METHODES DE CONSERVATION DU LAIT ET LEUR EFFET

1. Méthodes de conservation du lait.....	54
1.1 Conservation du lait par le froid.....	54
1.1.1. Réfrigération.....	54
1.1.1. Définition.....	54
1.1.2. Congélation.....	54
1.1.2. Définition.....	54
1.1.3. Les différents types de congélation	54
1.1.4. Effet du froid sur le lait	55
1.1.5. Influence de temps de réfrigération sur la qualité bactériologique et biochimique du lait.....	55
1.1.6. Effet de congélation sur le lait.....	56
1.2. Conservation du lait par la chaleur.....	56
1.2.1. Pasteurisation.....	56
1.2.1. Définition.....	56
1.2.1.1. Lait frais pasteurisé.....	57
1.2.2. Stérilisation.....	57

1.2.2. Définition.....	57
1.2.3. Ladéshydratation.....	57
1.2.3. Définition.....	57
1.2.3.1. Lait concentré non sucré	58
1.2.4. Lyophilisation	58
1.2.4. Définition.....	58
1.3 Effet des traitements technologiques sur la qualité du lait.....	58
1.4. Interaction du composant glucidique.....	59
1.5. Dégradation du lactose.....	59
1.6. Cas de vitamines.....	59
1.7. Effet du chauffage sur la matière grasse.....	60
1.8. Effet du chauffage sur les protéines.....	60
1.9. Effet du chauffage sur les minéraux.....	62
1.10. Effet du chauffage sur les enzymes.....	63
CONCLUSION.....	65
Références bibliographiques.....	67

Liste des tableaux

Tableau N°01: Composition moyenne du lait de vache (g/litre) (MATHIEU, 1998).

Tableau N°02 :Répartition des fractions azotées du lait (CHEFTEL et *al.*, 1992).

Tableau N°03: Composition moyenne et distribution des protéines du lait (ROMAIN et *al.*, 2008)

Tableau N°04 : Composition lipidique moyenne du lait de vache d'après (CHRISTIE, 1995).

Tableau N°05 : Concentration des minéraux et des vitamines dans le lait, (MICHEL et WATTIAUX, 1998).

Tableau N°06 : Caractères physiques du lait cru (LARPENT, 1997).

Tableau N°07 : Principales propriétés physico-chimiques du lait (CROGUENNEC et *al.*, 2008).

Tableau N°08 : Qualité organoleptique du lait (JOFFIN et JOFFIN, 2000).

Tableau N°09 : Source de contamination du lait à différentes étapes, (FAYE et LOISEAU, 2002).

Tableau N°10 : Multiplication de la flore aérobie mésophile d'un lait refroidi (AUCLAIR, 1979).

Tableau N°11 : Evolution de la flore coliforme dans un lait refroidi (VEILLET et PONCET, 1981).

Tableau N°12 : Composition des laits concentrés (g/100g), (FAO/OMS, 1973-1977-1985).

Tableau N°13: Effets des traitements thermiques sur les pertes en vitamines du lait en pourcentage (%),(REHCIGL, 1982).

Tableau N°14 : Dénaturation des protéines solubles du lait par divers traitement thermiques industriels (VEISSEYRE, 1975).

Tableau N°15 : Effet du traitement thermique sur les pertes en lysine exprimé en g/100g (MOTTAR et NAUDTS, 1979).

Tableau N°16 : Caractéristiques des protéines solubles (MARSHALL et HARPER, 1988).

Tableau N°17: Effet du traitement thermique sur l'activité enzymatique de la phosphatase et de la peroxydase (JEAN, 1997).

Liste des figures

Figure N°01 : Composition globale du lait de vache avec le détail de sa composition minérale (ROMAIN et al., 2008).

Figure N°02 : Principe de fonctionnement d'un séparateur centrifuge.

Figure N°03 : Principe de standardisation directe de la crème et du lait.

Figure N°04 : Principe de fonctionnement d'un homogénéisateur.

Figure N°05 : Principe de fonctionnement d'un échangeur à plaque.

Figure N°06 : Diagramme de fabrication du lait pasteurisé.

Liste des abréviations

°D : Degré Dornic.

µg : Microgramme.

µm : Micromètre.

PV : Poids vif

Cal : Calorie.

Cl:Chlore.

H₂SO₄ :Acide sulfurique.

JORA : journal officiel de république algérienne.

M.G : matière grasse.

M.S : matière sèche.

T.C : Taux des cendres.

EST : Extrait Sec Total.

A.F.N.O.R : Association française de normalisation.

Art : Article.

AW:activité d'eau.

DLC: Date limite de consommation.

EST : Extrait sec total.

FAO : L'organisation pour l'alimentation et l'agriculture.

I.S.O : Organisation internationale de standardisation.

J.O :Journal Officiel.

B.S.A : Bovine Sérum Albumine

N : Normalité.

PH :potentiel hydrogène.

TB : Tuberculose.

UHT : Ultra haute température.

UI : Unité internationale.

Introduction

Introduction

Le domaine de contrôle de la qualité est une nécessité fondamentale, surtout pour les produits alimentaires et en particulier les produits de grande consommation comme le lait.

Le lait est un aliment complet puisqu'il renferme toutes les substances indispensables à l'alimentation. Il constitue le seul aliment des nourissants pendant les premiers mois après leur naissance et assure leur croissance normale. Considéré comme nourriture précieuse pour l'homme adulte et pour les vieillards en raison de sa grande digestibilité et de sa richesse en principaux éléments utiles.

Le non respect des règles d'hygiène peut hypothéquer gravement ses qualités organoleptiques et microbiologiques, et peut donner certains nombres d'altérations et de contamination par des micro-organismes responsables d'intoxications ou toxi-infections alimentaires.

L'objectif de cette étude est d'illucider et de mettre au point toutes les caractéristiques du lait notamment la traite, la collecte, sa conservation, son altération ainsi les déférents traitements qu'il peut subir particulièrement la pasteurisation et la stérilisation.

Chapitre I:

Généralité sur le lait

1. Définition du lait :

Selon l'arrêté interministériel, le lait doit répondre à certaines spécifications réglementées par les articles suivants :

Art.2 : La dénomination «lait» est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ni soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique.

Art.3 : Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum.

Art.4 : La dénomination «lait» sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache.

Tout lait provenant d'une femelle laitière, autre que la vache, doit être désigner par la dénomination «lait», suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient.

Art.5 : Le lait destiné à la consommation ou à la fabrication d'un produit laitier, doit provenir de femelles laitières en parfait état sanitaire (**JORA N°69, 1993**).

2. Définition du lait cru :

Le lait cru est un produit intéressant sur le plan de la nutrition, c'est un produit vivant et fragile, il est uniquement réfrigéré à la ferme et maintenu à une température inférieure à 10 C°, il n'a subi aucun traitement thermique et conserve toute la flore microbienne d'origine, il est donc impérativement vendu et consommé dans quelques jours qui suivent la traite (**GALAZY et GUIRAUD, 1980**).

Le lait cru propre provenant d'un animal sain contient en général moins de 1000 micro-organismes par cm³. Ce sont des *Streptocoques lactiques*(Lactococcus), des Lactobacillus, parfois des Micrococcus, commensaux du pis (**GRAY CLARRON, 1986**).

3. Composition chimique du lait :

Le lait est plus qu'une boisson, c'est un aliment complet ou presque complet qui contient des protéines, des glucides, des minéraux ainsi que des vitamines (**CAYOT et LORIENT, 1998**).

Composé essentiellement d'eau, le lait est un mélange complexe qui comprend schématiquement trois composants : une solution vraie comprenant sucre, protéines solubles, minéraux et vitamines hydrosolubles, une solution colloïdale composée de protéines, surtout des caséines et une émulsion faite de matière grasse (**KHIATI, 2007**).

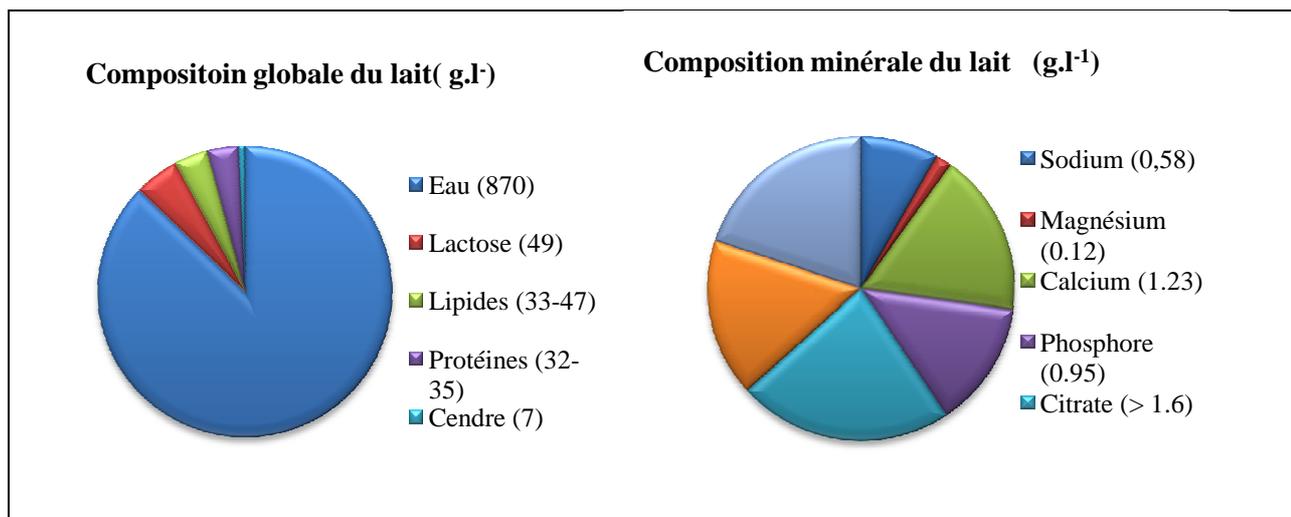


Figure N°01 : Composition globale du lait de vache avec le détail de sa composition minérale (ROMAIN et al., 2008).

Tableau N°01: Composition moyenne du lait de vache (g/litre), (MATHIEU, 1998).

Constituants du lait	Teneur en grammeparlitre
Constituantsminéraux :	
Eau	902
Constituantssalinsminéraux	6.9
Gazdisso us	0.1
Constituantsorganiques :	
Constituantssalinsorganiques	1.7
Lactose	49
Matières grasses	38
Protéinesouconstituantsazotésprotéiq ues :	32
- caséine	26
- protéinesditessolubles	6
Constituantsazotés non protéiques	1.5
Autresconstituants	

3.1 Eau:

C'est de loin le composé le plus abondant : 902 g par litre. En elle, sont dispersés tous les autres constituants du lait et tous ceux de sa matière sèche (**MATHIEU, 1998**).

3.2 Glucides:

Le lait contient des glucides libres dont le principal est le lactose et des glucides associés aux protéines.

Le lactose est un disaccharide constitué d'une unité galactose et d'une unité glucose. Sa synthèse s'effectue dans les cellules lactogènes à partir du glucose sanguin en présence de galactosyl-transférase et d' α -lactalbumine. Avec une concentration de 48 à 50 g.L⁻¹, le lactose représente environ 97% des glucides totaux du lait de vache. Il participe au maintien de la pression osmotique dans le système mammaire en association avec les éléments minéraux du lait (K⁺, Na⁺, Cl pour l'essentiel), (**ROMAIN et al., 2008**).

3.3 Matières azotées et protéines :

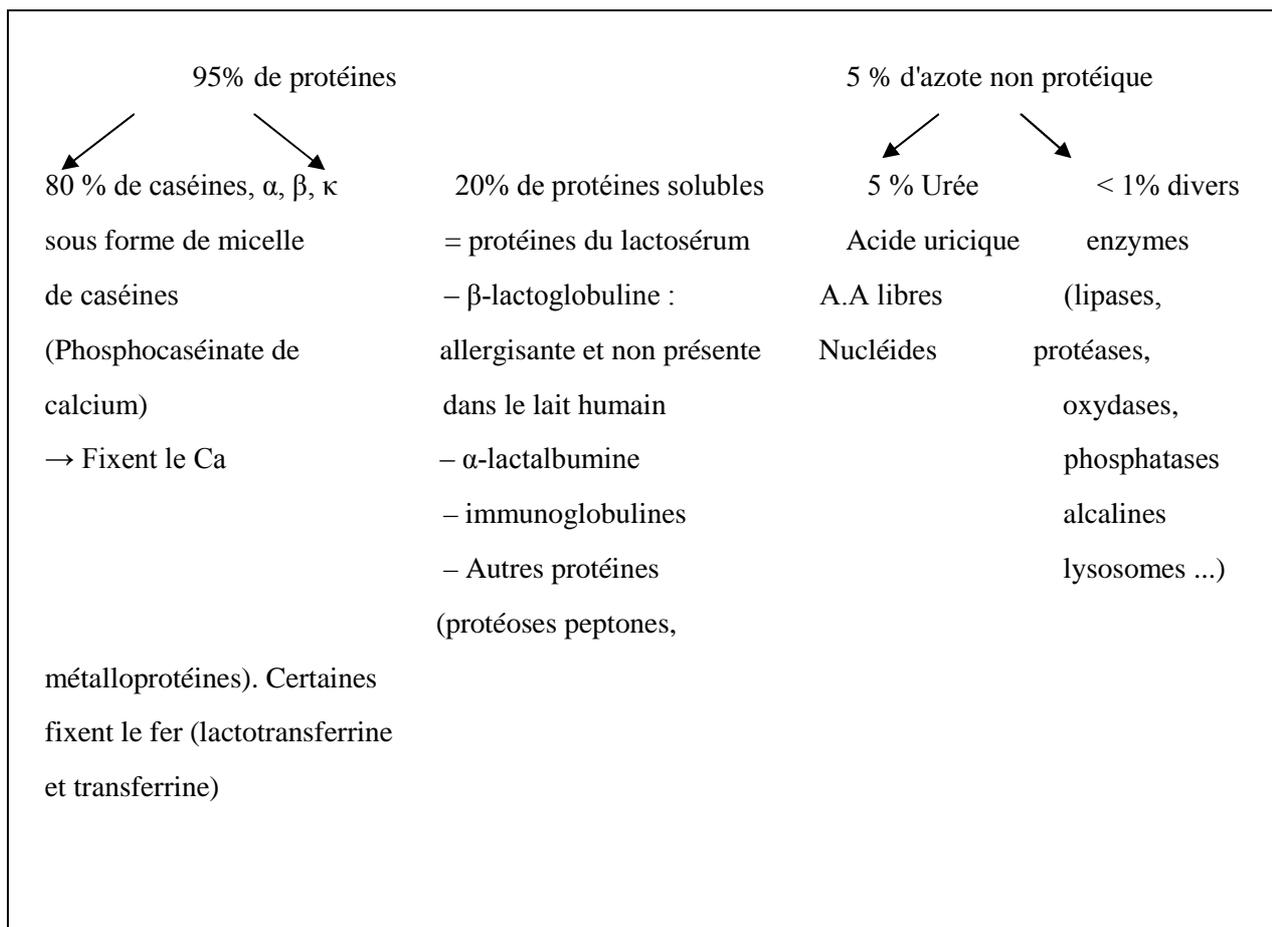


Tableau N°02 : Répartition des fractions azotées du lait (CHEFTEL et al., 1992).

Le lait contient en moyenne 3.5 % de protéines. Cette teneur varie selon l'alimentation de l'animal, la saison et le cycle de lactation (**FREDOT, 2007**).

Les fractions protéiques majeures sont :

- La caséine (72 à 80% des protéines totales)
- La lactalbumine (14% des protéines, 0.4% pour 100 ml de lait) et la lactoglobuline (6% des protéines, 0.2 pour 100 ml de lait), sont des protéines solubles mais qui coagulent à la chaleur, formant la peau du lait bouilli. Tous les acides aminés essentiels sont présents, particulièrement ceux riches en lysine. (**APFELBAUM et al, 1995**).

La composition totale de la matière azotée du lait de vache présentée dans le tableau (N°03).

Tableau N°03: Composition moyenne et distribution des protéines du lait (ROMAIN et al., 2008)

	Proportion	Composition moyennes (g/l)
Totale	100	34.0
Protéines	95	32.3
Caséines :		
caséine α	46	12.0
caséine β	34	9.0
caséine k	13	3.45
caséine γ	7	1.85
Protéines solubles :		
β -lactoglobuline	50	2.9
α -lactalbumine	22	1.3
Sérum-albumine	5	0.3
Globulines immunes	12	0.7
Protéoses peptones	10	0.6
Substances azotées non protéiques	5	1.7

3.4 Matières grasses:

La teneur en matière grasse des laits de vache varie entre 3.3 et 4.7 % suivant la race, le stade de lactation, la saison, etc. Elle est fortement corrélée à la teneur en protéines. Les constituants lipidiques sont d'une part prélevés dans la circulation sanguine et d'autre part synthétisés dans les cellules épithéliales de la glande mammaire et secrétés dans la lumière des alvéoles sous forme de globules gras dont le diamètre moyen est d'environ 4 μ m (ROMAIN *et al.*, 2008) .

Elles sont constituées essentiellement (99%) de Triglycérides (triesters du glycérol avec divers acides gras saturés),(APFELBAUM *et al.*, 1995).

Le tableau N°04 détaille à la fois la teneur (pour 100 g de matière grasse) et la (ou les) localisations principale(s) des lipides du lait.

Tableau N°04 : Composition lipidique moyenne du lait de vache d'après (CHRISTIE, 1995).

Constituants lipidiques	Proportions
Triacylglycérols	97.5
Diacylglycérols	0.36
Monoacylglycérols	0.027
Acides gras libres	0.027
Cholestérol	0.31
Hydrocarbures	Traces
Caroténoïdes	0.008
Phospholipides	0.6

3.5 Matières salines :

Les minéraux (ou matières salines) sont présents dans le lait (7,3 g/litre environ), soit en solution dans la fraction soluble, soit sous forme liée dans la fraction insoluble (ou colloïdale).

Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, potassium et chlore) et sont particulièrement biodisponibles.

Les autres (calcium, phosphore, magnésium et soufre) existent dans les deux fractions. Dans la fraction soluble, ils existent en partie sous forme libre (calcium et magnésium ionisés), en partie

sous forme saline (phosphates et citrates) non dissociée (calcium et magnésium), ou encore sous forme complexe (esters phosphoriques et phospholipides). Dans la fraction colloïdale, les minéraux (calcium, phosphore, soufre et magnésium) sont associés ou liés à la caséine au sein des micelles (ADRIAN *et al*, 1995).

3.6 Vitamines:

Ce sont des substances organiques qui, à l'état de trace, permettent la croissance, l'entretien, le fonctionnement de l'organisme; celui-ci est généralement incapable de les synthétiser le lait figure parmi les, aliments qui contiennent la plus grande variété de vitamines, toute fois, les teneurs sont souvent assez faibles (VEISSEYRE, 1979).

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine de groupe B et vitamine C) en quantités constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) en quantités variables dépendant de facteurs exogènes (race, alimentation, radiation solaires, etc.),(ROMAIN *et al.*, 2008).

Minérauxmg/100ml		Vitamines		µg/100ml
Potassium	138	Vit A		30.0
Calcium	125	Vit D		0.06
Chlore	103	Vit E		88.0
Phosphore	96	Vit K		17.0
Sodium	58	Vit B		137.0
Soufre	30	Vit B ₂		180.0
Magnesium	12	Vit B ₆		45.0
Micro-minéraux<0.1		Vit B ₁₂	0.4	
		Vit B ₁₂	1.7	

Tableau N°05 : Concentration des minéraux et des vitamines dans le lait, (MICHEL et WATTIAUX, 1998).

3.7Les oligo-éléments :

Les teneurs en oligo-éléments du lait sont seulement indicatives, et dépendent aussi des méthodes utilisées, par ordre d'importance (quantitatives au plan nutritionnel), il convient de citer:

Le Fer : le lait est pour l'homme une mauvaise source de fer, en raison de sa biodisponibilité. Le fer du lait est lié à la caséine et à la fraction de poids moléculaire bas pour 60 % environ.

Le zinc : se trouve dans le lait à des taux et sous forme nettement plus favorables pour la nutrition humaine. Il est fortement lié à la caséine (80 %) mais aussi aux immunoglobulines 20 %.

Le cuivre : le cuivre est très peu abondant dans le lait et lié aux protéines.

Le manganèse : présent dans le lait à des concentrations faibles.

L'iode, le fluor et le brome : ils ne sont trouvés dans le lait que dans la mesure où l'eau et le sol en sont pourvus. L'iode est surtout lié aux protéines, mais existe aussi sous forme libre.

Le sélénium : Le sélénium semble exister sous forme ionique à l'état libre.

Le cobalt : constituant de la vitamine B₁₂(APFELBAUM et al, 1995).

4. Propriétés physiques du lait :

	Caractère normal	Caractère anormal
Couleur	Blanc mat Blanc jaunâtre Lait riche en crème	Gris jaunâtre : lait de mammite Bleu, jaune; lait coloré par des substances chimiques ou des pigments bactériens.
Odeur	Odeur faible	Odeur de putréfaction, de moisissure, de rance.
Saveur	Saveur agréable	Saveur salée : lait de mammite Gout amer: lait très pollué par des bactéries.
Consistance	Homogène	Grumeleuse: mammite. Visqueuse ou coagulée: pollution bactérienne.

Tableau N°06 : Caractères physiques du lait cru (LARPENT, 1997).

4.1 Aspect :

Le lait apparaît comme un liquide opaque, blanc mat, plus ou moins jaunâtre selon la teneur de la matière grasse en β carotènes (CUDEC, 2001).

Il a une odeur peu marquée, mais caractéristique ; son goût variable selon les espèces animales (LUQUET, 1985).

4.2 Densité et masse volumique:

La masse est le quotient de la masse d'un certain volume de lait à 20°C, par ce volume, elle s'exprime en g/ml.

La densité du lait est le rapport des masses d'un même volume de lait et d'eau à 20°C (MATHIEU, 1998).

5. Propriétés physico-chimiques du lait :

Le lait est un liquide opaque de couleur blanchâtre, plus ou moins jaunâtre selon la teneur en β -carotène et de sa matière grasse. Sa saveur est douce et son odeur faible, mais identifiable. Le pH est voisin de la neutralité (ADRIANE et al. 1995). Dans le tableau N°01 sont rassemblés quelques paramètres physico-chimiques du lait.

Activité d'eau	~0,993
Point d'ébullition	~100,15 °C
Point de congélation	~ -0,53 °C
Masse volumique (à 20°C)	~ 1030 Kg. m ³
Viscosité (lait non homogénéisé)	~2.10 ⁻³ Pa .S
pH (à20 °C)	6,6- 6,8
Acidité titrable	15- 17 °D
Potentiel oxydoréduction	+0,25 à+0,35V

Tableau N°07 : Principales propriétés physico-chimiques du lait(CROGUENNEC et al., 2008).

5.1 Le pH du lait :

Le pH du lait frais normal est de l'ordre de 6,7.

Cette valeur est due en grande partie aux groupements basiques ionisables et acides dissociables des protéines, aux groupements esters phosphoriques des caséines et aux acides phosphoriques et citriques (MATHIEU, 1998).

Le pH du lait frais à 20°C varie entre 6,6 et 6,8. Plutôt proche de 6,6 immédiatement après la traite, il augmente légèrement dans les heures suivantes la traite par diminution de la quantité du dioxyde de carbone dissout dans la phase aqueuse (CROGUENNEC *et al.* 2008).

5.2 L'acidité du lait :

Le lait est légèrement acide en ce sens qu'il faut ajouter une solution basique pour le neutraliser, plus précisément pour entraîner le changement de couleur d'un indicateur coloré. L'acidité du lait est une acidité de titration.

On exprime couramment l'acidité du lait en degrés Dornic ($1^{\circ}\text{D}=0,1$ g d'acide lactique par litre de lait), officiellement et par convention, on la donne en grammes d'acide lactique par litre de lait.

Un lait frais, dont le lactose n'a pas encore été transformé en acide lactique, a une acidité de l'ordre de 16 °D. Conservé à la température ambiante il s'acidifie spontanément et progressivement. C'est la raison pour laquelle on distingue l'acidité naturelle, celle qui caractérise le lait frais, d'une acidité développée issue de la transformation de lactose en acide lactique par divers types de micro-organismes (MATHIEU, 1998).

5.3 Densité :

Elle est de 1,032 à 20°C pour les laits de grand mélange en laitier (laits livrés en grande quantité aux laiteries). Ils ont une composition assez stable mais reflètent les races des animaux (FREDOT, 2007).

5.4 Viscosité :

Elle correspond à la résistance d'un liquide à l'écoulement. Elle est due à la présence de protéines et de matière grasse 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 inférieur à 6 (FREDOT, 2007).

6. Composition biologique du lait cru :

Le lait est un aliment biologique qui présente un intérêt nutritionnel évident. Sa composition, ses propriétés physico-chimiques font un milieu très favorable à la multiplication des micro-organismes. Néanmoins, la multiplication des micro-organismes naturellement présents dans le lait ne débute pas

immédiatement après la traite en raison des propriétés bactériostatiques naturelles du lait. Cette protection est efficace pendant les heures qui suivent la traite. Il faut profiter de cette période pour refroidir le lait afin de freiner la croissance microbienne (**FAYE et LOISEAU, 2002**).

6.1 Flore microbienne du lait :

Le lait est de par sa composition, un aliment de choix ; il contient des matières grasses, lactose, protéines, sels minéraux, des vitamines et de 87 % d'eau. Son pH est de 6,7, il va être un substrat très favorable au développement des microorganismes (**GUIRAUD, 1998**).

6.2 Flore originelle :

Le lait contient peu de micro-organismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions, à partir d'un animal sain (moins de 5000 germes/ml et moins de 1 coliformes/ml). Il s'agit essentiellement de germes saprophytes : microcoques, streptocoques lactiques et lactobacilles. (**LARPENT, 1997**).

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), (**GUIRAUD, 1998**).

D'autres micro-organismes 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. Il peut s'agir d'agents de mammites. C'est-à-dire d'infection du pis : Streptocoques pyogènes (*Streptococcus*), *Corynébactéries pyogènes*, *Staphylocoques*,... etc.

Il peut s'agir aussi de germes d'infection générale qui peuvent passer dans le lait en l'absence d'anomalies du pis; *Brucella*, agent de la fièvre de Malte, et exceptionnellement *Listeria monocytogenes*, agent de listériose; *Mycobactérium*, agent de la tuberculose ; *Bacillus anthracis*, agent du charbon

Les germes ordinaires du pis ne présentent pas de danger sanitaire mais peuvent se développer abondamment dans le lait. Les autres peuvent être responsables de maladies ou d'intoxications graves qui sont généralement limitées par la surveillance vétérinaire des animaux producteurs(**GUIRAUD, 1998**).

Levures et moisissures :

Les levures associées au lait sont les espèces suivantes : *Geotrichumhansanii*, *Kluyvermyceslactis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Yarrowialipilytica*, *Candida kefir*, *Torulopsislactis –condensi* .

Les moisissures liées aux produits laitiers sont les suivantes : *Geotrichumcandidum*, *Sporendonemmsebi*, *Penicillum*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Cladosporiumherbarum*, *Scopulariopsisfusca*,

Trichodermaviridae, *Alternariaalternata*, *Botrytis cinerea*, *Cylindrocarponheteronema*, *Trichotheciumroseum*, *Fusarium*, *Byssochlamys*(BOURGEOIS et al., 1996).

6.3 Flore de contamination:

Le lait au cours de la traite, du transport et du stockage à la ferme ou à l'usine est contaminé par une grande variété de micro-organismes.

Une partie seulement d'entre eux peut se multiplier dans le lait si la température est favorable et le milieu propice. Il en résulte que la nature de la flore microbienne du lait cru est à la fois complexe et variable d'un échantillon à un autre et suivant l'âge du lait (BOURGEOIS et al., 1996).

Le lait se contamine par des apports microbiens d'origines diverses:

Fèces et téguments de l'animal: *Coliformes*, *Entérocoques*, *Clostridium*, éventuellement Entérobactéries pathogènes (*Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*)etc.

Sol: *Streptomyces*, *Listéria*, bactéries sporulées, spores fongiques, etc.

Litières et aliments: flore banale variée, en particulier *Lactobacilles*, *Clostridiumbutyriques*.

Air et eau: Flores diverses dont *Pseudomonas*, bactéries sporulées, etc.

Equipement de traite et de stockage du lait: *microcoques*, *Levures* et flore lactique avec *Lactobacilles*, *Streptocoques* (*Streptococcus*, *Lactococcus*, *Entérocooccus*), *Leuconostoc*, ...etc. Cette flore est souvent spécifique d'une usine.

Manipulateurs: *Staphylocoques* dans le cas de traite manuelle, mais aussi germes provenant d'expectorations, de contaminations fécales, etc.

Vecteurs divers (insectes en particulier): flore de contamination fécale.

Parmi ces micro-organismes, il en est d'inoffensifs, d'autres de dangereux du point de vue sanitaire, d'autres capables d'entraîner la détérioration du lait. (ENRY, 1977 in BORGIOISE, 1996).

6.4 Inhibiteur du développement microbien dans le lait :

Il s'agit d'un groupe de substances que l'on désigne sous le terme de Lacténines. On peut le subdiviser en deux parties selon le type d'inhibition :

➤ Inhibition spécifique:

Elle est due aux immunoglobulines. Ce sont des anticorps produits dans la glande mammaire (ALIAS, 1983).

➤ **Inhibiteur non spécifique:**

La lactoperoxydase est assez abondante dans le lait de vache, elle est active surtout contre les *Streptocoques pyogènes* et quelques *Streptocoques lactiques*. Cette enzyme est plusthermo-résistante que les immunoglobulines. Le lysozyme est également connu comme bactéricide mais le lait de vache en contient trop pour qu'il puisse jouer un rôle notable.

D'autres inhibiteurs ont été signalés très faible quantité dans le lait cru comme la lactoférine mais il ne faut pas compter sur cette activité seule pour assurer la conservation du lait cru (GUIRAUD, 1998).

6.5 Action de la flore du lait :

6.5.1 Aspect sanitaire:

Des germes pathogènes peuvent être présents dans le lait. Certains sont capables de se multiplier d'autres sont simplement transmis.

La tuberculose due au *Mycobacterium* du lait est rare; les brucelloses sont plus fréquentes en particulier à partir du lait de chèvre (*Brucella melitensis*).

Des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes peuvent être causées par les salmonelles, des toxico-infections ou intoxications par des *Staphylocoques*. Des mycotoxines peuvent être aussi présentes dans les produits laitiers soit qu'elles proviennent d'animaux ayant consommé des aliments contaminés (Aflatoxine M issue de la transformation in vivo d'aflatoxine d'*Aspergillus flavus*), soit qu'elles proviennent du développement direct des moisissures (*Penicillium cyclopium*, *Viridiatum* ou *Stoloniferum*) dans les poudres de lait (GUIRAUD, 1998).

6.5.2 Aspect qualitatif:

De nombreux micro-organismes peuvent se développer abondamment dans le lait entraînant par leur action des modifications de texture et de goût. Ces altérations vont dépendre des conditions de stockage du lait (aération, température) et des traitements qu'il a subi (GUIRAUD, 1998).

6.5.2.1 Surissement et acidification avec coagulation:

Le pH du lait est de 6,6, la plupart des micro-organismes du lait sont capables de fermenter le lactose en produisant une acidification qui entraîne la coagulation de la caséine. Les germes

incriminés sont variables en fonction du type de contamination du lait et de la température du stockage.

De 10 à 37°C le germe le plus fréquemment impliqué est le *Lactococcus lactis* (*Streptococcus lactis*) avec plus rarement association des coliformes, entérocoques, microcoques et lactobacilles.

Au dessus de 37°C, les germes en cause sont : *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecalis* (ex: *Streptococcus faecalis*) ou *Lactobacillus bulgaricus* (GUIRAUD, 1998).

6.5.2.2 Protéolyse:

Elle est favorisée par un long stockage à basse température. La protéolyse peut se manifester directement par l'odeur et par une légère alcalinisation du lait ; les germes sont *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, et les autres germes de la flore banale Gram négatif. Ces micro-organismes interviennent directement ou par l'action de leurs enzymes thermostables. La protéolyse peut aussi se développer sur le caillé issu d'une acidification ; elle provoque alors la digestion de ce caillé (GUIRAUD, 1998).

6.5.2.3 Autres dégradations:

Les pseudomonadaceae et les sporulés (*Bacillus*) peuvent dénaturer la matière grasse par oxydation des acides gras insaturés, par hydrolyse ou les deux.

D'autres germes, *Pseudomonas fluorescens* ou *Alcaligenes faecalis* provoquent une alcalinisation importante avec formation d'urée, d'ammoniac et de carbonate.

Lactococcus lactis peut donner au lait un goût de caramel. Enfin des micro-organismes pigmentés permettent d'entraîner des colorations parasites bleue (*Pseudomonas synchyanea*), jaune (*Flavobacterium*) ou rouge (*Brevibacterium erythrogenes*), (GUIRAUD, 1998).

Chapitre II: le lait A la ferme

1. A l'origine : le veau:

Lorsqu'on parle du lait, sans autre précision, c'est du lait de vache dont il est question. Il existe plusieurs types d'animaux "laitiers" : vaches, chèvres, brebis, jument etc....

Nous sommes tellement accoutumés à considérer le lait comme un produit alimentaire de base, que nous en oublions souvent sa finalité première : l'alimentation du veau. C'est pourtant cette finalité qui détermine sa production : sans vêlage, pas de lactation. C'est en général dans sa deuxième année d'existence que la vache atteint l'âge de la première fécondation (soit par insémination artificielle, soit par saillie d'un taureau). La gestation dure neuf mois. La lactation commence juste après la naissance du veau (vêlage). La production quotidienne de lait augmente pendant sept semaines, puis diminue progressivement jusqu'au tarissement, dix mois après le vêlage. La vache étant inséminée de nouveau environ trois mois après le vêlage, on peut considérer que la production de lait s'étend sur une dizaine de mois dans l'année, et représente en moyenne 4 000 à 6 000 litres selon les animaux (**CIDIL, 1993**).

2. La traite :

La sécrétion du lait obéit à un mécanisme hormonal, l'évacuation est liée, elle, à un réflexe déclenché par le mouvement de succion du veau tant sa mère. La traite effectuée à intervalles réguliers généralement deux fois par 24 heures, doit donc reproduire les mouvements de tétée du veau pour déclencher la venue du lait. Jadis effectuée manuellement, la traite est actuellement mécanisée, ce qui représente un énorme progrès en matière d'hygiène et d'efficacité. En effet, tiré par gobelets trayeurs adaptés aux trayons de la vache, le lait passe directement par des tuyaux jusqu'à un grand ballon où il est filtré, avant d'aboutir à un bac réfrigéré, où il sera refroidi. Il n'est donc plus soumis à aucun contact humain ou animal, ce qui diminue de façon considérable les risques de contamination microbienne (**CIDIL, 1993**).

3. La production variable:

La quantité de lait produite et sa composition varient selon le nombre de traites dans une journée : si l'on considère deux traites quotidiennes comme la généralité, il faut savoir que trois traites donneront 10 % de lait en plus, et une seule, 30% en moins. La durée de l'intervalle séparant deux traites intervient également : au-delà de 16 heures, la quantité produite diminue... On sait aussi que la traite du soir ne donne pas la même quantité de lait que celle de la matinée.

On ignore généralement souvent que les vaches sont des animaux émotifs : pourtant il suffit de l'irruption bruyante d'un chien, ou de personnes étrangères pendant la traite, pour la perturber, et entraîner une baisse de la quantité produite.

Les variations ne portent pas seulement sur le titrage. Elles concernent aussi la composition du lait. Celui-ci est un produit extrêmement complexe et divers facteurs sont susceptibles d'entraîner des modifications non négligeables dans sa composition.

Ces facteurs sont essentiellement liés à l'animal lui-même (race, histoire individuelle), à son stade de lactation, aux éléments climatiques, et à l'alimentation (**CIDIL, 1993**).

4. Le début de la chaîne de froid:

Pour ralentir le développement microbien, normal dans un liquide physiologique comme le lait, il est nécessaire de soumettre celui-ci à un refroidissement le plus tôt possible après la traite.

La quasi-totalité des exploitations laitières est donc équipée de bacs réfrigérés où le lait est conservé jusqu'au ramassage à une température légèrement supérieure à 0°C mais ne dépassant pas 4°C.

La capacité moyenne installée dans ces bacs est de 2 800 litres ; la capacité de stockage est en rapport avec la taille des troupeaux et la fréquence des ramassages. Le stockage à basse température ralentit la prolifération microbienne, mais il ne la stoppe pas; il autorise une conservation dans de bonnes conditions pendant une durée limitée. Le froid ne peut pas améliorer la qualité bactériologique du lait (pas plus que la conservation par le froid à domicile n'améliore la qualité des aliments mis au réfrigérateur).

Celle-ci est étroitement dépendante des conditions d'élevage et de traite; elle est contrôlée au moment de la collecte (**CIDIL, 1993**).

5. La collecte:

Pratiquement, toutes les exploitations laitières vendent leur production, à l'exception de quantités limitées réservées à l'élevage des veaux, et la consommation familiale, à une "laiterie" qui en assure les traitements de conservation (pour les laits de consommation) ou la transformation (fromages, beurre, produits frais, etc.). Cette laiterie assure le ramassage du lait dans les exploitations situées dans sa "zone de collecte".

Le ramassage aujourd'hui est effectué par des camions citernes qui passent dans chaque exploitation tous les deux jours.

Le lait est payé en fonction d'au- moins quatre critères. La qualité bactériologique (définie par le nombre de micro-organismes présents dans 1 ml de lait) et la qualité sanitaire (définie par le nombre de cellules somatiques présentes dans 1 ml de lait), les germes butyriques, lipolyses, et recherche d'inhibiteurs... (**CIDIL, INRA, 1993**).

Chapitre III :

LE LAIT A LA LAITERIE

1. Les types des traitements du lait:

Le lait, liquide biologique, très riche en éléments nutritifs, contient également, dès sa sortie de la mamelle, des micro-organismes (moisissures, levures, bactéries), susceptibles de développement ultérieur. Parmi ceux-ci, certains sont utiles (ferments lactiques,...), d'autres sont nuisibles à la qualité du produit, et il peut tout à fait exceptionnellement s'en trouver de pathogènes, c'est-à-dire dangereux pour la santé. Le développement des micro-organismes doit donc être stoppé dans le double but de garantir la sécurité du consommateur, et d'assurer la durée de conservation du produit.

Pour atteindre ce but, le lait est soumis à différents traitements, tous physiques (action sur la température, dessiccation,...) qui ne font appel à aucun procédé chimique.

Ces traitements interviennent après standardisation de la matière grasse (pour tous les laits), et éventuellement écrémage total ou partiel.

La plupart des laits bénéficient, également, d'une homogénéisation (**CIDIL, INRA, 1993**).

1.1 Clarification:

La clarification est l'opération par laquelle le lait est soumis à une force centrifuge dans le but d'en extraire les particules plus denses, tels les débris cellulaires, les leucocytes et les matières étrangères. Sans ce traitement, ces particules sédimenteraient dans le lait homogénéisé, au point de devenir visibles dans les contenants transparents.

Le principe de fonctionnement d'un clarificateur est identique à celui d'un séparateur centrifuge (**Figure 2**). La différence caractéristique entre un clarificateur et un séparateur centrifuge réside dans la conception de la pile de disques : sans orifices de distribution sur le clarificateur et le nombre d'orifices de sortie (un seul sur le clarificateur, deux sur le séparateur).

Le choix de la localisation du clarificateur peut dépendre de certains facteurs, dont la capacité de l'appareil et la méthode de standardisation. La clarification se fait à l'une ou l'autre des étapes suivantes :

- A la réception, avant le stockage du lait cru.
- Entre le stockage et la standardisation.
- Entre la standardisation et l'entrée du pasteurisateur.
- Entre la section de régénération et la section de chauffage du pasteurisateur à plaques; dans

ce cas, l'appareil est généralement une combinaison séparateur-clarificateur (**La Fondation de technologie laitière du Québec et Les Presses de l'Université Laval, 1984**).

1.2 Standardisation – écrémage:

La standardisation peut se faire en cuvée ou en continu. Dans le premier cas, il s'agit de mélanger dans un réservoir du lait entier, du lait écrémé ou encore de la crème dans des proportions calculées pour arriver au pourcentage de matière grasse désiré dans le mélange. (**La Fondation de technologie laitière du Québec et Les Presses de l'Université Laval, 1984**)

La législation européenne détermine avec précision, le taux de matières grasses que doit contenir le lait : par exemple 36 g/l pour le lait entier. Or le lait sortant du pis de la vache contient de 30 à 70 g ou plus de matière grasse par litre (selon la race, le mois de lactation et l'alimentation de la vache).

Pour corriger cette irrégularité, on procède à la standardisation, un traitement physique qui consiste à faire passer directement le lait en flux continu dans une écrémeuse standardisatrice utilisant le principe de la force centrifuge.

Tous les laits passent dans l'écrémeuse - standardisatrice d'où ils ressortent avec les teneurs en matières grasses définies par la réglementation soit entier, soit demi écrémé, soit écrémé. (**CIDIL, INRA, 1993**).

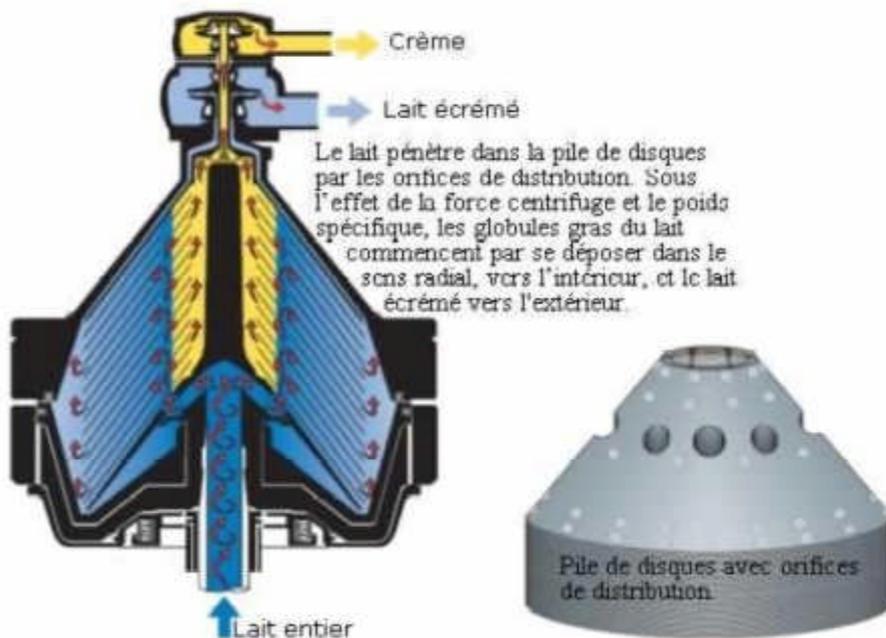


Figure N° 02: Principe de fonctionnement d'un séparateur centrifuge

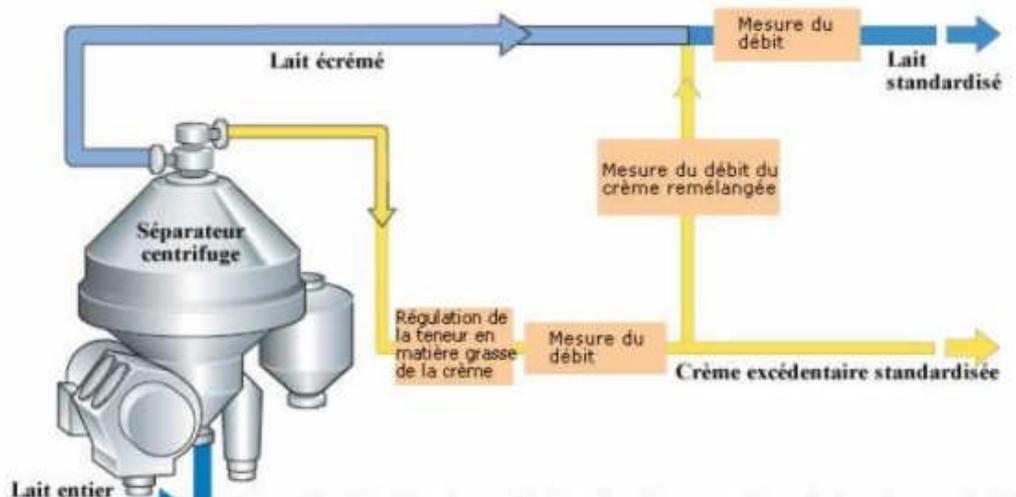


Figure N° 03 : Principe de standardisation directe de la crème et du lait

1.3L'homogénéisation:

L'homogénéisation est une opération qui sert à empêcher les globules gras de remonter à la surface du lait en réduisant leur diamètre. Elle est obtenue en faisant passer le lait sous pression élevée à travers des orifices ou valves très étroits (Figure 4). (La Fondation de technologie laitière du Québec et Les Presses de l'Université Laval ,1984).

La matière grasse du lait, sous forme de globules gras plus légers que l'eau, a tendance à remonter à la surface.

Pour l'éviter, on procède à un traitement physique : l'homogénéisation.

Il s'agit d'un laminage (sous 200 kg de pression) destiné à diviser les globules des matières grasses en très fines particules.

Tous les laits stérilisés et stérilisés UHT sont standardisés et homogénéisés.

Tous les laits pasteurisés sont standardisés et très fréquemment homogénéisés (CIDIL, INRA, 1993).

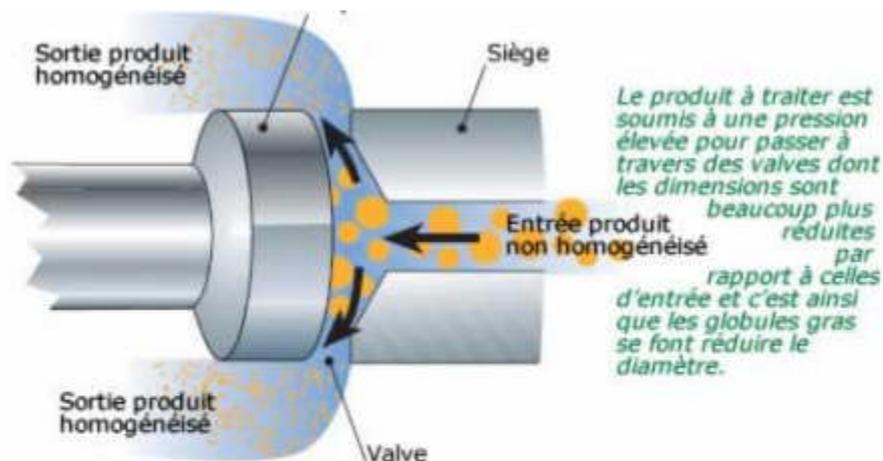


Figure N° 04 : Principe de fonctionnement d'un homogénéisateur

Ce traitement donne au lait une saveur et une texture plus douces, plus onctueuses pour la même teneur en matière grasse.

Une conséquence physico-chimique de l'homogénéisation est qu'elle affecte quelque peu la stabilité des protéines, en ce sens que le lait homogénéisé se coagule plus facilement, sous l'influence de la chaleur par exemple, que le même lait non homogénéisé. Le lait homogénéisé donnera un caillé fin, mou, plus poreux et perméable.

L'efficacité de l'homogénéisation dépend principalement de trois facteurs : la température, la pression et le type de valve.

Il va de soi que l'homogénéisation doit se faire à des températures qui permettent de maintenir tout le gras à l'état liquide, sans quoi il se produirait du barattage : pour assurer un traitement efficace, il faut des températures supérieures à 54°C.

Le choix de la pression dépend du type et du nombre de valves homogénéisatrices. Le plus souvent l'homogénéisation se fait en deux phases successives au moyen de deux valves où sont brisés, dans la seconde, les agrégats de globules gras formés après le passage à travers la première. Dans ce cas, une pression de 14000 à 17000 kPa au premier stade et 3000 (KPa) au deuxième donne généralement de bons résultats. Cependant avec certains types de valve, comme celle à multiples stades, l'homogénéisateur peut donner un bon rendement tout en fonctionnant à des pressions considérablement moindres.

L'homogénéisation doit être suffisamment efficace pour empêcher le crémage. Le résultat peut se vérifier immédiatement en déterminant l'indice d'homogénéisation. Une autre méthode peut être également utilisée consiste à mesurer, lors de l'examen microscopique d'un échantillon de lait, la taille des globules gras et leur

répartition en fonction de leur diamètre (**La Fondation de technologie laitière du Québec et Les Presses de l'Université Laval, 1984**).

1.4 La pasteurisation:

Elle peut être définie comme chauffage du lait à une température donnée pendant un temps donné, l'ensemble constituant un barème de pasteurisation (**Broutin et al, 2005**).

Ce chauffage doit être suffisant pour détruire tous les micro-organismes pathogènes se trouvant dans le lait et pouvant présenter un danger pour le consommateur.

La pasteurisation se fait dans un pasteurisateur à plaques ou tubulaire.

La pasteurisation ou la thermisation, traitement thermique plus faible que la pasteurisation, sont les premiers traitements que subit le lait en arrivant à l'usine. Ils permettent d'allonger le temps de conservation en détruisant la majeure partie de la flore mésophile.

L'interprétation exacte du mot « pasteurisation » en limites de temps et de température de chauffage varie considérablement selon les pays. Il paraîtrait cependant raisonnable d'exiger que la température de chauffage ne soit pas plus élevée et sa durée d'application plus longue qu'il n'est indispensable pour que le lait soit, à la fois, exempt de germes pathogènes, et d'une bonne qualité quant à sa conservation. Ces principes essentiels, avec les marges de sécurité qui s'imposent en pratique, paraissent avoir été respectés dans les procédés utilisés communément en Angleterre et aux Etats-Unis et aussi dans de nombreux autres pays du monde. Les combinaisons durée et température qui ont donné d'excellents résultats dans ces pays : le chauffage à 61°C-63°C, ou légèrement au-dessus (mais pas au-delà de 65,5°C), pendant 30 minutes au moins, ou à 71°C-72°C pendant 15 secondes au moins, chauffage suivi immédiatement d'un refroidissement suffisant, en général au-dessous de 10°C.

Le premier de ces procédés, connu sous le nom de pasteurisation basse ou pasteurisation avec cambrage, a été d'un usage général pendant de nombreuses années et à l'épreuve du temps. Le second, désigné sous le nom de procédé à haute température et de courte durée et que nous désignerons ci-après sous l'appellation « pasteurisation rapide à haute température HTST (High Température, Short Time) », a été également employé avec succès depuis plusieurs années. Théoriquement, il y a un nombre presque infini de combinaisons entre température et durée, dont l'effet serait tout à fait le même sur le lait et les organismes qu'il contient. Mais, en pratique, si des températures très inférieures à 61°C ou très supérieures à 72°C sont utilisées, on rencontre des difficultés : dans le premier cas, la destruction des germes que l'on se propose peut ne pas être réalisée, ou n'être réalisée qu'après un chauffage prolongé ; dans le second cas, le sur chauffage, conduisant à des goûts de cuit et à la suppression de la « ligne de crème », est difficile à éviter.

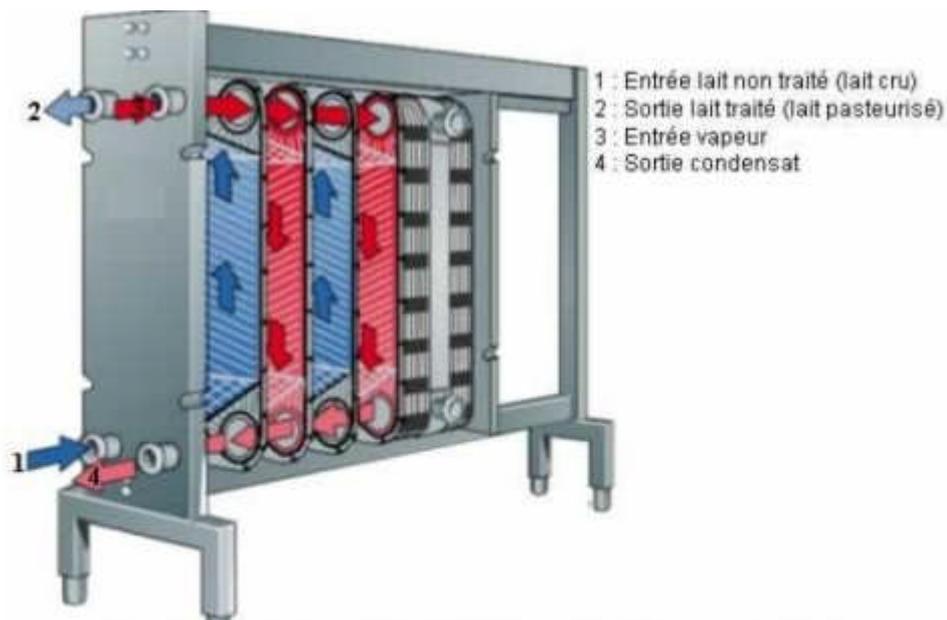


Figure N° 05 : Principe de fonctionnement d'un échangeur à plaque

Pour être assuré d'une conservation illimitée, le lait mis dans le commerce doit être stérilisé sous pression à des températures bien supérieures à 100°C. Un tel lait, ne serait-ce qu'à cause de ses modifications physiques, n'a que des débouchés limités dans beaucoup de pays, mais il peut présenter, bien entendu, une valeur dans des cas spéciaux.

Quand la pasteurisation, par le procédé à basse température ou par le procédé rapide à haute température HTST, est rigoureusement conduite dans toutes ses phases, et que la contamination extérieure est évitée, le lait peut être considéré comme sûr au point de vue hygiénique, et ses qualités de conservation le rendent apte à tous les usages habituels. La chaleur sous toutes ses formes est maintenant d'un prix de revient élevé, et, à moins que l'on ne vise à obtenir un produit effectivement stérile, il semble qu'il n'y a pas avantage à chauffer le lait à des températures très supérieures à 72°C. Au-dessus de cette température, le lait commence rapidement à perdre sa « ligne de crème ». Celle-ci est sérieusement altérée si le lait est maintenu pendant 15 secondes même à un degré environ au-dessus de 72°C et elle disparaît rapidement à des températures supérieures à 74°C. On distingue :

1.4.1 Pasteurisation basse discontinue:

Le lait est chauffé dans une vaste chambre à double paroi chauffée par circulation de Vapeur d'eau chaude. La température à laquelle le lait doit être porté, puis maintenu pendant au moins 30 minutes, varie de 60°C à 65,5°C suivant les pays. Le lait est alors refroidi, toujours dans la même chambre, à 10°C ou moins. On vide la cuve et il faut compter un délai d'au moins.

Une heure avant que le lot suivant ne soit prêt pour le remplissage des bouteilles ou cartons de distribution.

1.4.2 Pasteurisation basse continue:

C'est une extension de la pasteurisation basse discontinue, dans laquelle le lait est chauffé (puis refroidi) par un échangeur thermique à plaques à l'extérieur des chambres, qui peuvent être au nombre de quatre ou plus et dont chacune peut atteindre une capacité de 500 litres. Le lait chauffé à 65°C, par exemple, est amené dans la première chambre où sa température est maintenue par une chemise d'eau chaude, ou par tout autre moyen. Lorsque la première chambre est pleine, c'est-à-dire au bout de 10 à 15 minutes, le remplissage du second est automatiquement déclenché, et ainsi de suite. Au moment où le cambrage du premier lot atteint 30 minutes, la dernière chambre se remplit. On obtient un courant pratiquement continu de lait pasteurisé au point d'embouteillage. On peut donc traiter des volumes importants en l'espace de quelques heures. Les difficultés d'exploitation, en particulier de nettoyage, des installations sont considérables, aussi n'y a-t-il à l'heure actuelle que peu d'installations de ce type en usage. Cette méthode ne sera pas examinée plus avant.

1.4.3 Pasteurisation en bouteilles:

Le lait est chauffé à la température de pasteurisation basse, puis mis en bouteilles spéciales que l'on scelle ensuite hermétiquement. Les bouteilles pleines sont maintenues à la température de cambrage pendant au moins 30 minutes, puis refroidies assez lentement par immersion partielle ou totale dans l'eau.

1.4.4 Procédé « flash »:

Le lait est chauffé aussi vite que possible à 75°-80°C, ou même plus, puis refroidi rapidement.

1.4.5 Pasteurisation rapide à haute température (HTST):

C'est un procédé continu dans lequel le lait est rapidement porté à 71°-72°C et maintenu à cette température pendant au moins 15 secondes ; il est ensuite refroidi rapidement à 10°C ou moins. Cette association de température et de temps assure une bonne marge de sécurité ; diverses variantes sont néanmoins adoptées dans certains pays où la durée et la température du procédé HTST sont définies légalement. Le chauffage est habituellement obtenu par circulation d'eau chaude et l'échange thermique rapide à lieu à travers des plaques d'acier inoxydable ou, dans un autre type d'appareil, par passage du lait dans un espace annulaire entre des tubes concentriques chauffés par de l'eau qui circule. On utilise aussi parfois, lorsqu'on dispose d'énergie électrique à peu de frais, des méthodes de chauffage électrique.

1.4.6 Pasteurisation continue à très haute température, dite UHT:

Le lait est rapidement chauffé, habituellement en deux étapes, dont la seconde sous pression, à une température comprise entre 135° et 150°C, pendant quelques secondes seulement ; il est ensuite, soit refroidi rapidement et mis en bouteilles dans les meilleures conditions d'asepsie possibles, soit mis en bouteilles à chaud (75-80°C).

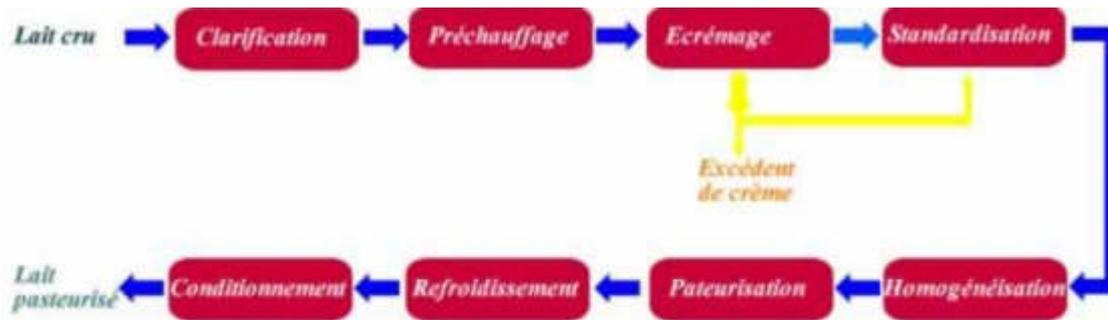


Figure N° 06: Diagramme de fabrication du lait pasteurisé

1.5 La stérilisation:

Les méthodes de stérilisation ne sont en somme que des corollaires de la pasteurisation : elles consistent à chauffer le lait à très hautes températures. Selon la réglementation, la stérilisation doit détruire ou inhiber totalement les micro-organismes susceptibles de se développer.

La stérilisation simple : consiste à chauffer le lait déjà conditionné dans les récipients stériles hermétiques, pour le porter à une température de 115°C pendant 15 à 20 minutes, puis à le refroidir. On procède d'abord à un pré stérilisation à 130°C pendant 3 à 4 secondes, suivie d'un refroidissement à 80°C, puis à l'homogénéisation du lait, suivie de l'embouteillage. Enfin, la stérilisation proprement dite commence, par réchauffement progressif jusqu'à une température 115°C pendant 15 à 20 minutes.

La stérilisation UHT (Ultra Haute Température) contrairement à la précédente, se pratique sur le lait non conditionné. Une des méthodes utilisées consiste à le réchauffer par l'intermédiaire de vapeur d'eau sous pression injectée directement. On le porte ainsi à 150°C pendant 2 secondes, puis on le refroidit brutalement en le projetant dans une chambre à vide. On peut aussi utiliser une méthode de chauffage indirect, dans laquelle le lait préchauffé à 70°C est poussé sous pression dans un réseau d'échangeurs tubulaires, ou à plaques jusqu'à la section stérilisatrice qui l'amène à la température de 150°C (CIDIL, INRA, 1993).

Plus la température du traitement thermique est élevée, plus l'effet stérilisant est important et plus les modifications de couleur et de saveur du lait sont marquées. Lorsqu'on chauffe du lait, son arôme change : au début, il prend un « gout de cuit » provoqué par la production de composés soufrés volatils, puis lorsque l'intensité du traitement thermique croît, un « gout de stérilisé », causé surtout par la réaction entre les sucres et les protéines (réaction de Maillard). Ce processus nuit non seulement à la saveur du lait, mais aussi à sa couleur, qui devient brun clair (Galesloot, Dr).

Pour stériliser le lait, plusieurs méthodes sont actuellement utilisées :

- le lait est mis en bouteille et chauffé pendant un certain temps à une température comprise entre 100°C et 120°C ; c'est la stérilisation en bouteille.
- le lait est stérilisé dans un appareil fonctionnant en continu à très haute température

(130°- 150°C) pendant un temps très court (1- 20 secondes), puis aseptiquement conditionné : ce procédé est souvent appelé UHTST ou VHTST (très haute température-courte durée).

- le lait d'abord stérilisé selon le procédé UHTST, puis mis en bouteille et finalement soumis à un nouveau traitement thermique destiné à détruire les spores arrivées pendant la mise en bouteilles ; c'est la stérilisation dite en deux temps (**Galeslout, Dr**).

1.5.1 Stérilisation du lait en récipients définitifs:

Dans ce procédé, le lait en récipients définitifs, généralement des bouteilles, est porté par chauffage à la vapeur à une température comprise entre 110° et 120°C. La température du lait ne s'élève que lentement, en raison de la difficulté des échanges thermiques, surtout lorsque les bouteilles ne sont pas agitées dans le stérilisateur. De plus, les bouteilles ne supportent ni les extrêmes ni les changements brusques de température. Aussi faut-il adopter une association de température assez basse avec une durée assez longue. Ce traitement aurait tendance à communiquer au lait une odeur assez prononcée et une teinte brunâtre, surtout si les bouteilles sont immobiles dans le stérilisateur (**Galeslout, Dr**).

1.5.2 Stérilisation UHTST (stérilisateur fonctionnant en continu):

Il a déjà été indiqué que ce traitement par chauffage à 130°-150°C pendant 1-20secondes dans un stérilisateur continu est très sporicide. Le traitement UHTST n'altère que peu le lait en raison de sa courte durée. Celui-ci ne prend qu'un léger gout de cuit et sa couleur, au lieu de foncer, devient parfois plus blanche qu'avant traitement.

L'influence du traitement UHTST sur les propriétés du lait est si légère que, dans certaines installations UHTST, surtout celles à chauffage direct par la vapeur, la phosphatase n'est pas entièrement détruite ; après quelque temps, il se produit une réactivation de cet enzyme. Ce phénomène de réactivation n'a heureusement pas été observé avec les enzymes qui nuisent à la conservabilité du lait. Mais, pour qu'aucun sédiment ne se forme dans le lait soumis à un traitement UHTST, il faut que le produit soit stable à la chaleur.

Les avantages du traitement UHTST pratiqué dans un stérilisateur continu ne peuvent être sauvegardés complètement que si le lait est conditionné aseptiquement après chauffage (**Galeslout, Dr**).

1.5.3 Stérilisation en deux temps:

Actuellement, c'est cette méthode que l'on utilise couramment pour préparer le lait stérilisé en bouteilles. On commence par une stérilisation du lait en vrac selon le procédé UHTST, et on complète, après embouteillage, par un traitement ménagé. On n'obtient de très bons résultats que si le traitement en bouteilles est assez doux pour n'altérer ni le gout et ni la couleur du lait.

Ce traitement doit être réglé de telle façon que le lait soit totalement ou presque totalement débarrassé des spores qui l'ont contaminé pendant sa production à la ferme. La teneur en spores après le traitement doit être de loin inférieure au nombre de spores qui peuvent.

Contaminer pendant la mise en bouteilles. Lorsque le traitement thermique est complété par un chauffage en bouteilles, celui-ci peut être très doux, car il ne vise qu'à détruire les quelques spores qui ont contaminé le lait pendant l'embouteillage ou qui ont survécu au traitement UHTST.

Les avantages de ce procédé en deux temps par rapport au traitement complet en bouteilles est que, comme le traitement en bouteille du procédé mixte peut être très léger, le goût et la couleur du produit final sont meilleurs que ceux du lait traité complètement en bouteilles. De plus, la capacité du matériel de traitement en bouteille est plus grande lorsqu'on procède en deux temps que lorsqu'on adopte le traitement complet en bouteilles **(Galesloot, Dr)**.

1.6 La concentration:

Il existe deux types de laits concentrés : le non sucré et le sucré. Les traitements utilisés dans les deux cas sont peu différents :

- le lait concentré non sucré une fois standardisé, est soumis à un traitement thermique à température élevée. On le concentre sous vide, ce qui permet d'abaisser la température d'ébullition. Enfin, après homogénéisation, il est mis en boîte et stérilisé.
- le lait concentré sucré ne subit pas de stérilisation. Le sucre empêche la croissance des micro-organismes. Il est standardisé, pasteurisé quelques secondes, puis sucré avec un sirop de saccharose à 70% et enfin concentré sous vide partiel et refroidi rapidement avant d'être conditionné **(CIDIL, INRA, 1993)**.

1.7 La dessiccation:

Elle a pour but d'éliminer l'eau du lait, pour ne laisser que la matière sèche sous forme de lait en poudre. Après standardisation, on procède à l'évaporation de l'eau : pour la plus grande partie par concentration sous vide comme dans le cas précédent. Ensuite, intervient le séchage proprement dit, effectué soit par chauffage du lait à la surface de cylindre, soit le plus souvent par le procédé d'atomisation : le lait déjà concentré est pulvérisé sous pression en un fin brouillard dans une enceinte d'air chaud. Enfin, afin de permettre la dissolution instantanée de ce lait dans l'eau, on humidifie la poudre puis en la sèche **(CIDIL, INRA, 1993)**.

2 La qualité du lait:

2.1 Définition de la qualité du lait :

- ▶ "La qualité se définit comme l'ensemble des propriétés recherchées par le consommateur. Elle implique tout à la fois la sécurité sanitaire (bactériologique et chimique), la valeur gastronomique (ou hédonique) et l'équilibre (ou valeur nutritionnelle), **(ROUX, 1994)**.
- ▶ La qualité du lait concerne sa faculté de conservation et son aptitude à être transformé avec un bon rendement en dérivés également sains, savoureux, de haute valeur nutritionnelle. **(WOLTER, 1997)**.

2.2 Qualité organoleptique :

Elle est représentée dans le tableau N° 06 Selon **FRÉDOT (2007)** ; on a les critères suivants :

a) La couleur:

Le lait est 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.

b) 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, l'alimentation de l'animal et à la conservation du lait.

c) La saveur:

Elle varie en fonction de la température de dégustation et de l'alimentation de l'animal.

Tableau N°08 : Qualité organoleptique du lait (JOFFIN et JOFFIN, 2000).

Caractère examiné	Caractère normal	Caractère anormal
Couleur	Blanc mat : lait normal. Blanc jaunâtre : lait riche en crème. Blanc bleuâtre : lait écrémé ou fortement mouillé.	Gris jaunâtre : lait de rétention lait de mammite Bleu, jaune : laits colorés par des substances chimiques (bleu de méthylène, dichromate ou par des pigments bactériens).
Odeur	Odeur faible	Odeur de putréfaction
Saveur	Saveur caractéristique et agréable (variable selon le degré de chauffage du lait).	Saveur salée : lait de rétention lait de mammite Gout amer : lait très pollué par des bactéries (quelquefois du à l'alimentation).
Consistance	Aspect homogène.	Aspect grumeleux : lait de mammite. Aspect visqueux ou coagulé : lait très pollué par des bactéries.

2.3 Qualité nutritionnelle :

Selon **RUASSE (1990)** ; le lait apporte des protéines de bonne qualité (caséines, albumines, globulines), du calcium (environ 1200 mg par litre) et du phosphore ;

Le sucre de lait est le lactose. Il favorise l'absorption intestinale du calcium, mais il est parfois mal toléré (ballonnements ; diarrhée), sa consommation par les germes de la fermentation lactique lors de fabrication des yaourts et des fromages supprime ces inconvénients.

Les graisses du lait contenant principalement des acides gras saturés.

C'est dans la fraction grasse que se trouvent les vitamines liposolubles (surtout vitamine A) c'est aussi dans la matière grasse que se trouve le cholestérol (environ 105 mg par litre de lait entier). Parmi les vitamines du groupe B, le lait est surtout riche en vitamine B2 (riboflavine) qui est, soluble dans l'eau, se trouve donc aussi dans les laits écrémés et leur dérivés, par contre le lait est dépourvu de vitamine C.

2.4 Qualité microbiologique et hygiénique :

Le lait constitue un milieu très favorable au développement des micro-organismes, car il renferme une teneur très importante en eau.

La laiterie est un secteur industriel où le contrôle microbiologique joue un rôle fondamental. Il peut intervenir à différents stades depuis la fabrication jusqu'à la consommation des produits finis. Il est donc nécessaire d'évaluer ces flores à incidence technologique pour pouvoir déterminer l'aptitude du lait à subir telle ou telle transformation (**BOURGEOIS et CLERET, 1980**).

La maîtrise de la qualité bactériologique implique de bonnes pratiques de fabrication, de stockage et de distribution. Le contrôle de cette qualité consiste à conférer à l'aliment une protection intrinsèque contre la prolifération microbienne et de réduire le niveau de contamination du produit fini (**BOURGEOIS et LARPENT, 1991**).

3. Les facteurs influençant la qualité du lait :

3.1. La race :

La variation du génotype de la vache laitière a une forte influence sur le niveau de production et plus encore sur les taux notamment de matière grasse « qui commande fortement le rendement en fromage », (**Wolter, 1997**).

3.2 Stade de lactation :

Il peut y avoir des écarts de 4 à 6 points pour le taux butyreux et de 3 à 5 pour le taux protéique. Les taux les plus faibles se situent pendant le deuxième et le troisième mois de lactation et les plus élevés en début et surtout en fin de lactation « dixième mois », (**Charron, 1986**).

Le stade de lactation a une influence très remarquable sur la production laitière, particulièrement sur sa teneur en matière grasse et en matière protéique (**Remond, 1987**).

3.3 Alimentation :

L'alimentation constitue l'élément efficace à court terme de faire varier le taux butyreux et protéique. Une mauvaise alimentation des vaches entraîne une chute brutale de la qualité des protéines sécrétées et une diminution de la production laitière, tandis que le taux de matière grasse est plus ou moins faible (**Richard.W, Matthewman**).

L'alimentation semble généralement représentée la clef de voûte de l'ensemble et le premier facteur limitant.

Dans l'ordre des propriétés, il faut satisfaire pleinement les exigences en :

- Eau d'abreuvement puisqu'elle conditionne le niveau de consommation, l'efficacité de la digestion et les facultés de sécrétion lactées.
- Fourrage de haute qualité, très indigestible et digestible permettant de couvrir, en plus de l'entretien, une part déjà forte de la production laitière à partir de la seule ration de base.
- Complément correcteur de la ration de base nécessaire à compenser les déséquilibres alimentaires des fourrages qui sont accentués par la simplification de la composition floristique et par l'intensification de la production végétale.
- Complément de production, de composition standard est distribué en qualité bien ajustée aux besoins à fin d'éviter toute sous consommation responsable de sous production comme toute surconsommation qui entraîne pleinement un phénomène de substitution coûteux et rapidement dangereux pour la santé de l'animale (**Wolter, 1997**).

3.4 Facteurs climatiques et saisonniers :

Le taux butyreux et protéiques augmente généralement hiver tandis que la production laitière diminue par contre on a une production augmentée en été (**Charron, 1986**).

3.4.1 Traite :

Elle représente une opération très importante dans la conduite d'un troupeau laitier. Elle est généralement effectuée deux fois par jour dont le lait du matin est plus pauvre que le lait du soir en matière grasse, et quelque établissement font trois traites par jour dont celui du midi est plus riche en matière grasse (**Tolle, 1978**).

Elle exige une main d'œuvres de qualité, réaliser dans de mauvaises conditions, peut entraîner des diminutions de production, des accidents sanitaires (**Charron, 1986**).

3.5 Stockage et conservation du lait :

Le lait est refroidi immédiatement après la collecte à une température plus proche possible de 0°C, qui ne doit en aucun cas dépasser +2°C. Le lait peut être conservé 2 à 3 jours à basses températures (**Huchon, 1996**).

Le lait doit être transporté dans un délai de 24h. La conservation de lait à basse température permet une bonne conservation des propriétés organoleptiques du lait (**Richard, 1993**).

3.6 Collecte :

Le refroidissement du lait permet un ramassage tout les deux ou trois jours. La chaîne du froid est interrompue, les camions citernes étant réfrigérés et le lait n'est jamais en contact de l'air ambiant, changement et déchargement s'effectuant par tuyaux. **(Charron, 1986)** Ce mode de transport implique le mélange des laits avec des risques de contaminations, même par des petites quantités de lait « souillés » et au cours du voyage, le lait aura subi une agitation qui peut porter atteinte à ses propriétés physico-chimiques **(Auclair, 1980 et Webert, 1985)**.

Chapitre IV :
ALTERATION
ET
CONTAMINATION

1. ALTERATION:

Selon **DILMI-BOURAS (2004)** ; l'introduction de la technique de conservation du lait sous réfrigération a donc réduit l'altération du lait. En effet, les streptocoques lactiques se développent à des températures supérieures à 10 °C. De plus, la plupart des bactéries lactiques sont tués par pasteurisation mais certains germes thermophiles sont résistants et peuvent poser des problèmes après ce traitement. La population des psychrotrophes peut être multipliée par 10 en 24 heures à 4 °C et par 4 à 1 °C. Ces germes peuvent produire des protéases et des lipases thermorésistantes. Les bactéries sporulées peuvent être responsables de l'acidification, la coagulation ou la protéolyse des laits de longue conservation.

1.1. Altération d'origine microbienne:

Selon **VESSEYRE (1979)**, qui résume ces différentes altérations d'origine microbienne sont comme suivant :

a) **Acidification spontanée et coagulation lactique** : Elle est due à la transformation du lactose en acide lactique.

b) **Coagulation à faible acidité** : Elle est due à la présence de germes producteurs d'enzyme coagulante.

c) **Protéolyse ou putréfaction** : Après acidification du lait, des micro-organismes peuvent intervenir pour brûler l'acide lactique formé.

d) **Lipolyse ou rancissement** : Des micro-organismes, bactéries et moisissures, hydrolysent les glycérides du lait afin de consommer le glycérol.

e) **Augmentation de la viscosité** : Le lait devient filant. Des bactéries lactiques peuvent épaissir le lait par production de substances mucilagineuses.

f) **Modification de saveur** : Une levure rend le lait amer. Des bactéries peuvent parfois développer des goûts de noix, de navet, de savon, etc.

g) Modification de couleur :

- Le lait bleu dû au développement en milieu acide de *Pseudomonas cyanogenes*.
- Le lait jaune dont est responsable *Pseudomonas synxantha*, par ailleurs présurigène et caséolytique.
- Le lait rouge dû à la pullulation de *Serratia marcescens* ou de *Bacillus lactiserytrogenes*.

1.2. Altération physico-chimique :

Les facteurs physico-chimiques de l'environnement naturel ; température, oxygène de l'air, lumière et ses rayonnements « naturels », perturbent les aliments :

- Déshydratation superficielle ou profonde, selon le temps d'exposition au contact de l'air (oxygène, azote...).
- Rancissement des graisses (lipides) oxydation de certains acides gras et de certaines vitamines ; par l'action de l'oxygène.
- Réaction entre sucres et acides aminés (par exemple) pour former des composés de couleur brune caractéristique de la réaction dite de Maillard (**JEAN-L. ROUX, 1994**).

Dans le lait fraîchement traité, les caséines sont sécrétées sous forme de micelles organisées dont la stabilité dépend en partie de constituants (calcium, magnésium, phosphore inorganique, citrate) en équilibre avec la phase soluble.

Le refroidissement provoque une déminéralisation de la phase colloïdale au bénéfice de la phase soluble (à cause des variations de solubilité des sels avec la température, un affaiblissement des liaisons entre les caséines au sein des micelles).

Il en résulte une diminution de leur taille, une solubilisation (partielle) des caséines et un accroissement de la stabilité de la phase micellaire.

Ces modifications qui ne sont que lentement réversibles avec l'élévation de température, diminuent l'aptitude du lait à sa transformation en fromage (**LENOIR, 1984 cité par Remond, 1987**).

1.3. Altération mécanique :

Entre la cueillette, la récolte et la consommation, les actions d'entreposage, les transports, le conditionnement, le stockage et la distribution entraînent des agressions mécaniques : écrasement, tassement, choc.... qui provoquent des lésions et accélèrent les processus d'altération biologique (**JEAN-L. ROUX, 1994**).

2. Contamination du lait:

2.1 Contamination bactérienne:

Les agents infectieux ou micro-organismes peuvent provenir des animaux, de l'environnement, des matières premières ou du personnel, potentiellement porteurs de germes. Les conditions de transformation, de transport et de commercialisation pourront offrir des conditions de développement favorables à ces micro-organismes qui se multiplieront alors rapidement. Les autres dangers sont la contamination par des résidus chimiques notamment des résidus d'antibiotique ou d'autres impuretés dans le lait ou dans les autres matières premières (**BROUTIN et al. 2005**).

2.2 Agents infectieux provenant des animaux:

Tout animal susceptible de transmettre un germe pathogène par le lait. En particulier les animaux malades de tuberculose ou de brucellose donnent du lait contaminé en agents infectieux qui sont respectivement *Mycobacterium* et *Brucella* (**BROUTIN et al. 2005**).

2.2.1 Tuberculose:

Mycobacterium tuberculosis est l'agent causal de la tuberculose (**PRESCOTT et al. 2003**).

Cette bactérie est également pathogène pour l'homme et elle est transmise par le lait cru (**BROUTIN et al., 2005**).

L'infection par *M. bovis* constituait 1 à 5 % des cas de tuberculose humaine, en majorité des localisations extra pulmonaires. Ces formes essentiellement liées à la consommation du lait (**GANTERE, 2003**).

2.2.2 Brucellose:

La brucellose est due à une bactérie appartenant au genre *brucella*, trois espèces responsables de pathologies humaines ; *Brucella abortus*, *Brucella suis* (**BENDIB, 1997**).

C'est une zoonose alimentaire, transmise par consommation des produits laitiers, laits ou fromage frais. L'homme étant l'hôte accidentel, il se contamine par voie directe lors de l'ingestion des produits laitiers non pasteurisés, ou indirecte en rentrant en contact avec les animaux infectés (fermier, vétérinaire) (**GANTERE, 2003**).

2.2.3 Fièvre Q:

C'est une zoonose aiguë répartition mondiale causée par *Coxiella burnetii* (**PRESCOTT et al., 2003**).

La contamination humaine peut s'opérer selon trois modalités :

- Inhalation de gouttelettes virulentes dans le local d'élevage après avortement notamment).
- Par contact direct avec l'animal infecté (contamination de lésions cutanées par exemple).
- Par ingestion de lait cru contaminé (**GANTERE, 2003**).

2.2.4 Infection de la mamelle (mammite):

• Définition:

Les mammites sont des inflammations de la mamelle, accompagnées dans certains cas d'atteintes de l'état général et principalement provoquées par des infections bactériennes (**SEEGERS, 2000**).

D'après **MATHIEU (1998)**, une mammite est une infection avec ou sans inflammation. Les laits produits dans ces conditions sont dits pathologiques ou laits de mammites. Parmi les microbes qui pénètrent

dans les conduits et les citernes malgré le sphincter responsable de la fermeture du canal du trayon plusieurs espèces de bactéries des genres *Staphylococcus* et *Streptococcus*.

2.3 Agent infectieux présents dans l'environnement ou dans les matières premières:

Au cours des manipulations (à la ferme, les usines de transformation du lait), le lait est susceptible d'être infecté par divers micro-organismes principalement des bactéries. Le degré de l'infection et la composition de la population bactérienne dépendent de la propreté de l'environnement de la vache et des surfaces avec lesquelles cette dernière entre en contact, par exemple le seau ou la trayeuse, le filtre, le bidon à lait, entre autres.

Les surfaces mouillées par le lait représentent généralement une plus grand source d'infection que le pis **(BROUTIN et al., 2005)**.

Au moment de la traite, la contamination est habituelle. Le lait d'une vache saine à la sortie du pis est pratiquement pur à l'exception des premiers jets qui sont chargés de germes. Il doivent être éliminés car ils sont souillés surtout lorsque la traite a lieu dans des conditions peu hygiéniques **(HUGUES et al., 1993)**.

La contamination du lait et des produits laitiers peut être aussi l'œuvre de germes dangereux pour la santé du consommateur. Ainsi *Staphylococcus aureus* peut produire des entérotoxines dont l'ingestion provoque des vomissements souvent accompagnés de diarrhées ; *Salmonella* peut provoquer les mêmes symptômes caractéristiques d'une toxi-infection alimentaire qu'*Esherichia coli* **(BEUVIER, 2005)**.

Tableau N°09 : Source de contamination du lait à différentes étapes (FAYE et LOISEAU, 2002).

Etape	Dangers	Causes
Ferme	<p>Contamination fécal: <i>E. coli</i>, <i>Salmonella</i>, <i>Clostridium</i>.</p> <p>Contamination par les germes de l'environnement</p> <p>Multiplication de bactéries sur le matériel de traite</p> <p>Contamination par des bactéries pathogènes: <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Streptococcus</i>, <i>Mycobacterium</i>, <i>Brucella</i>, <i>E. coli</i>.</p> <p>Contamination par des résidus chimiques.</p>	<p>Transmission par les mains du trayeur, contamination par l'animal lors de la traite.</p> <p>Lait laissé à l'air libre durant la traite</p> <p>Nettoyage et désinfection inefficaces</p> <p>Animaux atteints de mammites: <i>Staphylococcus</i>, <i>E. coli</i>.</p> <p>Homme : <i>Staphylococcus</i>, <i>Streptococcus</i>.</p> <p>Animaux porteurs sains : tuberculose, brucellose</p> <p>Non respect des temps d'attente des spécialités vétérinaires.</p>
Transports	<p>Accroissement des flores microbiennes</p> <p>Contamination par le matériel</p>	<p>Temps de transport trop long, à des températures élevées.</p> <p>Nettoyage et désinfection inefficaces du matériel.</p>
Centre de collecte	<p>Contamination croisée</p> <p>Contamination humaine</p> <p>Contamination par des germes de l'environnement</p> <p>Développement de flore coliforme</p>	<p>Nettoyage et désinfection inefficaces du matériel.</p> <p>Absence ou mauvaise qualité de contrôle de la qualité du lait avant mélange.</p> <p>Contacts mains – lait lors des prélèvements</p> <p>Utilisation d'eau contaminée pour le nettoyage du matériel.</p> <p>Absence de réfrigération.</p>
Laiterie	<p>Contamination croisée</p> <p>Re-contamination par des germes de l'environnement</p> <p>Persistence des micro-organismes</p>	<p>Absence ou mauvaise qualité de contrôle de la qualité du lait avant transformation.</p> <p>Mauvaise hygiène du conditionnement.</p> <p>Absence de traitement thermique, ou traitement mal réalisé : non respect du couple temps/température.</p>
Consommateurs	<p>Toxi-infection alimentaire</p> <p>Tuberculose, Brucellose</p> <p>Mauvaise conservation du lait</p>	<p>Consommation du lait contaminé de mauvaise qualité (fragilité) des contenants, température et durée de conservation trop élevées.</p>

2.4 Dangers chimiques:

Le développement de l'industrie pharmaceutique et l'usage croissant de produits antiparasitaires, des antibiotiques entraînant la présence possible de substances chimiques indésirables dans les produits alimentaires appelés résidus.

Parmi les substances contaminantes souvent détectées dans le lait les antibiotiques. Il est essentiel que les producteurs soient vigilants en maintenant une bonne hygiène au sein du troupeau et lors de la traite ainsi qu'en suivant le mode d'utilisation des produits chimiques (**MICHEL et WATTIAUX, 1998**).

2.4.1 Résidu de médicaments dans le lait:

Le lait provenant d'animaux ayant été traités par des médicaments à usage vétérinaire pouvant être transmis au lait ne devrait pas être utilisé à moins que le délai de retrait spécifique pour le médicament en question ait été respecté.

Il est établi que l'utilisation inappropriée de médicaments vétérinaires entraîne la présence de résidus potentiellement nocifs dans le lait et les produits laitiers et compromettre la salubrité du lait destiné à la fabrication de produits de culture (**CODEX ALIMENTARIUS, 2004**).

2.4.2 Conséquences de la présence des résidus d'antibiotiques dans le lait:

D'après **ALTHAUS et al. (2003)**, la présence des résidus des agents antimicrobiens dans le lait constitue un danger potentiel pour le consommateur et peut causer des réactions allergiques, interférer avec la flore intestinale et provoquer des résistances bactériennes. Les pertes importantes sont celles provoquées dans les produits fermentés par inhibition du processus bactérien nécessaire à l'élaboration des fromages et des produits laitiers.

2.5 Dangers physiques:

Corps étrangers:

De la production à la consommation, des corps étrangers sont susceptibles de contaminer la chaîne alimentaire à toutes les étapes. De ce fait, les industriels sont très attentifs et mettent en place divers procédés pour lutter contre ce risque notamment par la mise en place de filtres, de plan de lutte contre les nuisibles et les mesures d'hygiène du personnel (**BOLNOT et QUINTARD, 2004**).

Chapitre V :
METHODES DE
CONSERVATION
DU LAIT ET LEUR EFFET

1. Méthodes de conservation du lait :

D'après **SINGLETON (2005)**, les méthodes de conservation du lait ont pour but :

- Empêcher ou retarder leur détérioration par les microbes
- Retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement.
- Garder la valeur nutritive.

1.1 Conservation du lait par le froid:

La réfrigération et la congélation sont des procédés qui consistent à abaisser la température d'un produit .la différence entre ces deux procédés est que dans la congélation, il y'à formation de cristaux de glace à l'intérieure de l'aliment (**VIGNOLA, 2002**).

1.1.1 Réfrigération:

Définition:

La réfrigération est un terme utilisé pour des températures de conservation basses mais supérieures à 0°C (froid positif). La réfrigération a pour effet de ralentir les réactions enzymatiques et chimiques et, par conséquent, d'inhiber la multiplication et le métabolisme des micro-organismes. Mais elle ne permet qu'une conservation relativement courte, c'est-à-dire de quelques jours seulement (**JEANTEL et al., 2006**).

1.1.2 Congélation:

Définition:

D'après **FREDOT (2007)**, la congélation est un procédé de conservation de longue durée car elle inhibe à la fois l'altération enzymatique et le développement microbien, elle à généralement lieu à - 18°C.

1.1.3 Les différents types de congélation:

❖ La congélation lente qui entraîne au niveau des tissus une cristallisation progressive ne touchant que l'eau extracellulaire. Elle est ainsi responsable de la formation de cristaux de glace peu nombreux mais de grande taille.

C'est pourquoi cette technique peut entraîner des lésions au niveau de l'aliment. Il en résulte, lors de la décongélation, des modifications de leur texture (ils ramollissent) et de leur capacité de rétention d'eau (ils subissent une forte exsudation) (**FREDOT, 2007**).

❖ La congélation rapide ou surgélation au cours de laquelle l'eau se cristallise aussi bien au niveau extracellulaire qu'intercellulaire; les cristaux ainsi formés sont alors petits et nombreux ce qui préserve mieux la structure du produit lors de la décongélation, les aliments conservent ainsi leur texture initiale et perdent moins d'eau (FREDOT, 2007).

1.1.4 Effet du froid sur le lait:

1.1.5 Influence de temps de réfrigération sur la qualité bactériologique et biochimique du lait:

De nombreuses études ont montré que l'incidence du froid sur les constituants du lait est loin d'être négligeable, en effet refroidissement et maintien prolongé au froid sont à l'origine de modifications d'ordre physico-chimiques, biochimiques et bactériologiques, ces modifications se traduisent par l'apparition d'une nouvelle flore adaptée au froid «flore psychrotrophe» (SMITHWELL et KAILASAPATHY ,1995; GILLIS et ECK ,1997).

Tableau N°10 : Multiplication de la flore aérobie mésophile d'un lait refroidi (AUCLAIR, 1979).

Température de conservation °C	Nombre de bactéries /ml	Facteur de multiplication			
		24 h	48 h	72 h	96 h
4.5	4.200	1	1.1	2	4.7
	137.000	2	3.9	5.5	6.2
10	4.200	3.3	30	136	9.400
	137.000	8.5	98	182	300
15.5	4.200		7.8	77.80	229.00
		380	60	0	0
	137.000	175	4.6	17.50	38.600
				00	0

Tableau N°11 : Evolution de la flore coliforme dans un lait refroidi (VEILLET et PONCET, 1981).

Nombre maximum de bactéries “totales” dans le lait à l'origine N	Durée maximale de conservation du lait refroidi entre 2°C et 4°C
N <10.000	4 jours
N <100.000	3 jours
N <500.000	2 jours
N >500.000	1jour ou moins

Ces temps comprennent la durée totale de conservation, c'est-à-dire à la ferme et à la laiterie quand elle a lieu.

Lorsque la qualité moyenne du lait fourni par les producteurs est médiocre, ce qui est encore le cas dans diverses régions, il est dangereux de dépasser 48 heures à 60 heures de conservation. A la limite, avec les laits fortement contaminés, le stockage au froid devient sans objet.

La charge microbienne, la température et le temps ne sont pas les seuls facteurs qui interviennent sur la qualité du lait reçu à l'usine. Il faut aussi tenir compte d'éléments complémentaires tels que la vitesse de réfrigération, la remontée de température due aux apports successifs de lait chaud dans le lait refroidi et les conditions de la collecte qui seront étudiées ultérieurement (VEILLET et PONCET, 1981).

1.1.6 Effet de congélation sur le lait:

La congélation consiste à abaisser très rapidement la température du lait en -18°C pour bloquer l'activité microbienne. L'abaissement rapide à - 40°C dans des cellules de refroidissement ou des surgélateurs, entraîne la formation des très petits cristaux de glace où se conservé la structure cellulaire des produits cependant les étapes préalables à la surgélation (blanchiment notamment) occasionnent une perte en vitamine. Les produits surgelés peuvent se conserver à -18°C pendant plusieurs mois sans modifications notables des nutriments.

Toute fois pour certaines denrées d'origine animale. La présence d'une activité résiduelle des enzymes peut causer le rancissement des matières grasses au stockage (BERNARD, 1992).

1.2 Conservation du lait par la chaleur:

1.2.1 Pasteurisation:

Définition:

Par définition, la pasteurisation est un traitement thermique qui consiste à chauffer le lait jusqu'à une température définie et à la maintenir pendant un temps donné (BROUTIN *et al.*, 2005).

On distingue d'après **ROMAIN et al (2008)** :

- La basse pasteurisation à 65°C/30 min : utilisée en fromagerie et en laiterie.
- La haute pasteurisation à 72°C/15 sec : réservée aux laits de bonne qualité hygiénique.
- Flash pasteurisation (85-90°C/1-2 sec) : elle est destinée pour les laits crus de qualité moyenne.

1.2.1.1 Lait frais pasteurisé:

Selon **C.I.D.I.L.(1999)**, la pasteurisation de l'ordre de 72°C à 85°C pendant 15 à 20 secondes sur le lait entier, demi écrémé ou écrémé conserve toute les gustatives du lait cru, ce lait pasteurisé doit être conservé à +4°C, et consommé dans les sept jours qui suivent son conditionnement.

1.2.2 Stérilisation:

Définition:

La stérilisation est l'opération qui consiste à détruire les germes vivants ou à les éliminer du milieu qui les contient (**BOULAHBAL, 1994**).

Elle permet la destruction de tous les micro-organismes présents dans le lait. Les techniques les plus anciennes utilisaient une température de 105°C pendant 20 minutes alors que les techniques modernes (procédés UHT) permettent de chauffer le lait à 140°C pendant 15 secondes et ce chauffage est immédiatement suivi d'un refroidissement après détente sous vide (**JOFFIN, 1999**).

Lorsque ces laits sont stérilisés et conditionnés aseptiquement dans des récipients étanches, ils se conservent plusieurs mois à température ambiante (**GUIRAUD, 1998**).

1.2.3 La déshydratation: Définition:

Est une technique physique de conservation des aliments, elle consiste à éliminer, partiellement ou totalement, l'eau contenue dans l'aliment ce procédé présente deux intérêts principaux: L'activité de l'eau du produit ainsi traité atteint des valeurs suffisamment basses pour inhiber le développement des micro-organismes et stopper les réactions enzymatiques.

La diminution du poids et du volume est une économie importante pour le conditionnement, le transport, et le stockage.

Suivant l'intensité de déshydratation, on distingue selon **I.N.R.A(2006)** les points suivants :

- La concentration qui augmente la masse d'un produit par unité de volume et peut être réalisée par déshydratation partielle.
- Le séchage qui consiste à enlever l'excès d'humidité par l'évaporation de l'eau on aboutit à des produits alimentaires secs.

1.2.3.1 Lait concentré non sucré:

Dans le cas de lait concentré non sucré, l'évaporation intéresse 45% de l'eau et la concentration est assurée par la stérilisation à l'autoclave le produit reste liquide il est assimilable à une conserve (**TREMOLIERES et al., 1980**).

On résume la composition du lait concentré dans le tableau (N°12).

Tableau N°12 : Composition des laits concentrés (g/100g) (FAO/OMS, 1973-1977-1985).

Composant	Lait concentré		Lait concentré sucré
	Entier	Ecrémé	
Eau	66	69-70	26
Matière grasse	10	0.5	9
Matières azotées	9	12	9
Lactose	13	16	12
Matières minérales	2	3	2
Saccharose	-	-	41
Extrait dégraissé	24	31	23
Matière sèche totale	34	31.5	73

1.2.4 Lyophilisation:

Définition:

La lyophilisation, ou cryodessiccation, est un procédé d'élimination d'eau dont le principe consiste pour l'essentiel à sublimer l'eau d'un produit préalablement congelé: l'eau du produit passe directement de l'état solide à l'état vapeur sans passer par l'état liquide (**ROMAIN et al., 2006**)

1.3 Effet des traitements technologiques sur la qualité du lait: Tous les constituants du lait (protéines, matière grasse, lactose, minéraux et vitamine) ne se retrouvent pas entièrement sous forme native selon les traitements appliqués. Les traitements mis en œuvre ne sont jamais inoffensif, ils entraînent toujours une perte de la valeur nutritionnelle (**Brule et al., 2008**) .

1.4 Interaction du composant glucidique:

D'après **ADRIAN et LEPEN (1987)**, ont donné sur l'interaction des composants glucidiques les points suivants :

- La haute température et/ou lors de très longue période de stockage il apparaît dans le lait des aldéhydes, des cétones et des substances réductrices elles interagissent avec certains acides aminés.

- Cette réaction dite Maillard intervient principalement entre le lactose et la β -lactoglobuline qui donne une couleur brune surtout dans les laits stérilisés et évaporés.
- On peut estimer la perte de la lysine à 1-2 % dans le lait pasteurisé, à 2-4% dans le lait UHT, à 5% dans le lait bouilli, à 5-10 % dans le lait stérilisé et à 20 % dans le lait évaporé.

1.5 Dégradation du lactose:

La solubilité du lactose est faible par rapport à celle des autres sucres : elle est en fonction de la température (**ROMAIN et al., 2008**).

Le lactose se caractérise par sa fixation sur la β -lactoglobuline dans des conditions thermiques modérées. Dans le cas d'un traitement thermique intense de la matière première (stérilisation), il y a formation d'un disaccharide : le lactulose qui résulte de l'isomérisation de la molécule glucose en fructose (**MAHAUT et al., 2000**).

Lorsque le chauffage est prolongé, le lactulose se dégrade en cétones, aldéhydes et acides lactiques (**VEISSEYRE, 1975**).

Selon **THOMAS et al (2008)**, la formation du lactulose dépend de la température, du temps de chauffage et parfois même du pH du lait.

1.6 Cas des vitamines:

Selon **FREDOT (2007)**, il n'a pas d'effet, non plus sur les vitamines liposolubles.

La pasteurisation provoque une légère perte (<10%) de certaines vitamines hydrosolubles (B₁, B₆, B₉ et vitamine C).

La stérilisation UHT a des effets moindres quant à la perte des vitamines hydrosolubles (celle-ci ne dépassent pas 20%).

Lors de la pasteurisation du lait, la vitamine C est largement détruite. Ainsi il y a des pertes, en thiamine et en riboflavine.

Les différentes vitamines du lait ainsi que le pourcentage de perte après traitement sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau N°13: Effets des traitements thermiques sur les pertes en vitamines du lait en pourcentage (%), (REHCIGL, 1982).

Traitement	Les différents types de vitamine
------------	----------------------------------

	B₁ ou Thiamine	B₂ ou Riboflavine	B₅ ou Pentothénate	B₆ ou Pyridoxine	B₁₂	A	D
Pasteurisation	10	0	0	0	10	0	0
Ebullition	30	10	0	10	50	20	20
Séchage Spray	10	0	0	0	30	0	0
Stérilisation	35	0	0	50	90	0	0
Stérilisation UHT	10	0	0	10	10	0	0
Evaporation stérilisation	40	0	0	40	80	0	0
Evaporation stérilisation + sucre	10	0	0	1	30	0	0

1.7 Effet du chauffage sur la matière grasse:

Un traitement thermique normal n'aboutit pas à la formation de produits de dégradation de la matière grasse qui nuirait à la qualité du lait.

Par contre, si le lait est y porté à une température de 150°C pendant un temps relativement court, il y a décomposition des acides gras libres et des oxydations peuvent se produire (**O.N.U.D, 1970**).

1.8 Effet du chauffage sur les protéines:

D'après **ROMAIN et al.,(2008)**, le chauffage modifie la structure des protéines, et en conséquence leurs caractéristiques physico-chimique et fonctionnelles, par exemple on peut chercher à dénaturer certaines protéines pour améliorer la texture et le rendement (yaourt, fromage).

La stérilisation classique est responsable d'une dénaturation des protéines solubles (essentiellement des β -lactoglobulines) ce qui augmente leur digestibilité cependant, des réactions de Maillard ont lieu entraînant une diminution de la valeur biologique (**FREDOT, 2007**). Les caséines sont très résistantes à la chaleur, les protéines sériques sont moins malgré cette

résistance, les caséines peuvent tout de même être affectées et déstabilisées par la chaleur (MARIE, 2006).

Tableau N°14 : Dénaturation des protéines solubles du lait par divers traitement thermiques industriels (VEISSEYRE, 1975).

Conditione chauffage	procédés	Importance de la dénaturation (%des protéines solubles dénaturant)
63°C- 30 mn	Pasteurisation basse	Négligeable
72°C - 15 à 20 sec	Pasteurisation HTST	Négligeable
80°C - 1mn	————	20%
145°C - 1 à 2 sec	Chauffage UHT	60%
80°C - 30 mn	————	90%
90°C - 5 mn	————	100%
115°C - 15 mn	Stérilisation par autoclavage	100%

Tableau N°15 : Effet du traitement thermique sur les pertes en lysine exprimé en g/100g (MOTTAR et NAUDTS, 1979).

Traitements thermiques	Minimal	Moyenne	Maximal
Pasteurisation	0	2	5.8
UHT directe	1.4	4.3	7.7
UHT indirecte	1.9	6.5	19.9
Stérilisation enPE	6.0	8.9	24.5
Stérilisation en verre	8.1	11.3	26.1v

Selon MARSHALL et HARPER (1988), les protéines sériques sont sensibles à une température au dessus de 50°C, du fait de leur forte teneur en acide aminés soufrés. Sous l'influence de la chaleur. Le degré de dénaturation dépend de la protéine même, du taux de matière sèche, de la température, du temps de chauffage, du pH et de la charge ionique. Les immunoglobulines sont les

plus sensibles à la chaleur tandis que les Protéases peptones sont stables et sur une large échelle de pH.

Tableau N°16 : Caractéristique des protéines solubles (MARSHALL et HARPER, 1988).

Principales protéines	Stabilité au Chauffage	Nombre de molécule de Lysine	Nombre de groupement sulfhydrile-SH
β -lactoglobuline	Sensible à la Chaleur	15	5
α -lactalbumine	Moins Sensibles	12	8
B.S.A	Stables	59	35
Lactoglobuline	Très sensibles	180	64
Proteoses Peptones	Stables	1-15	0

1.9 Effet du chauffage sur les minéraux:

D'après **ROMAIN et al. (2007)**, la température agit sur la solubilité du phosphate de calcium. La solubilité du HPO_4Ca diminue avec l'élévation de la température en raison de la dissociation du H_2PO_4^- en HPO_4^{2-} . Le HPO_4Ca se déplace alors au sein de la micelle de caséines ou il se dépose probablement sur les nano clusters de phosphate de calcium colloïdal. Dans le cas de traitement thermique intense, il y a également dissociation du HPO_4Ca en PO_4Ca^- qui interagit avec du Ca^{+2} pour former du phosphate tricalcique (PO_4) Ca_3 (**THOMAS et al. 2008**).

1.10 Effet du chauffage sur les enzymes:

Tableau N°17 : Effet du traitement thermique sur l'activité enzymatique de la phosphatase et de la peroxydase (JEAN, 1997).

Techniques	Activité phosphatase	Activité peroxydase
• Lait cru	+	+
Température	-	-
• Stérilisation	-	-
UHT		
140°C/2 sec	-	-
105°C/20 min	-	-
• Pasteurisation		
haute		
85°C/2 min	-	+
• Pasteurisation		
basse		
63°C/20 min		

+ : active

- : désactive

conclusion

Conclusion

Le lait constitue donc un aliment de grande valeur nutritive, il est issu de la traite des vaches, sa récolte peut se faire par des techniques manuelles ancestrales ou mécanisées voir automatisées.

Cependant il peut devenir un réservoir très dangereux de germes pathogènes lorsqu'il est manipulé dans de mauvaises conditions ou lorsqu'il provient de vaches malades, atteintes de mammites par exemple.

Pour que le lait devient consommable il doit être sain, pur et de bonne qualité, bactériologique ou hygiénique. Cependant cet aliment constitue un milieu de culture idéal pour les microbes en provenance de l'air, des poussières, du matériel, du trayeur et de la peau de l'animal entre autres.

Il est nécessaire et avant consommation de cet aliment d'appliquer un contrôle initial de qualité microbiologique et physicochimique afin d'assurer et de garantir une certaine sécurité hygiénique et un niveau de qualité organoleptique.

De nos jours, les besoins en lait sont de plus en plus importants vu que ce produit peut être consommé à l'état frais, mais aussi sous forme pasteurisé, stérilisé ou transformé en produit dérivés.

Références

Bibliographiques

ADRIANE. J, & LEPEN. B. 1987.

Le lactose. In: CEPIL. Le lait matière première de l'industrie alimentaire. P 99-111. Paris, INRA.

APFELBAUM M., FORRATC. et NILLUS P. 1995.

Diététique et nutrition. 5^{ème} Ed Masson. Paris. 312 P

ADRIANE. J, POTUS. J, et FRANGNE. R. 1995.

La science alimentaire de a à z. Édition technique et documentation. Lavoisier. P162

ALAIS, C. (1983) :

Science du lait, principe de technique laitière .4eme édition SEPAIC : 327-502.

ALTHAUS,R. L.;TORRES, A.;MONTERO,A.;BALASCH,S et MOLINA, M. P 2003.

MICHEL. A et WATTIAUX. 1998

Composition et valeur nutritive du lait l'institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du secteur laitier. Essentiels laitiers université du Wisconsin à Madison :P 4.

BOURGEOIS. C. M et CLERET J. T. 1996. Principes de base du contrôle microbiologique industriel et de son exploitation. In BOURGEOIS C. M, LEVEAU J. Y. Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires , le contrôle microbiologique.Vol 3. Édition technique et documentation. Paris. P3.

BOURGEOIS, C.M. ; MESCLE J.F et ZUCCA, J 1996.

Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Édition sciences st techniques agro-alimentaires : P 360

BOURGEOIS, CM ; MESCLE, J.F ET ZUCEA, J. (1996) : Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition sciences et techniques agroalimentaires : 360. Bremer, P. J ; Fletcher, G.C et Osborne, C. (2004) : Staphylococcus aureus. New Zealand Institute For Crop& Food Research

Limited : 8

BRULE G., JEANTEL R., GROUGUENNEC T., MAHAUT M. et SCHUCK P., 2008 :

Les produits laitiers. 2eme édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P1-19.

BENDIB, 1997

La brucellose, diagnostic et traitement, la lettre de la prévention. Ministère de la santé et de la population. Alger : 1.

BERNARD A, 1992.

Arome et lipides : Les lipides alimentaires. Séminaire du 23-24 septembre.

BEUVIER, E 2005.

Quelques bases sur la microbiologie du lait e du fromage. INRA-unité de recherches en technologie et analyses laitière.

BOLNOT, F.H.; QUINTARD, J.C. 2004.

La sécurité sanitaire des aliments. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. (page consultée 18/03/2004) : 1.

BOULAHBAL, F. 1994.

Microbiologie clinique. Collection le cours de médecine : 173P

BROUTIN, C. ; DIEDHIOU, Y ET DIENG, M. (2005) :

Maitrise de la qualité dans la transformation laitière. Guide de bonnes pratiques d'hygiène. éducation nationale des acteurs de la filière lait du Sénégal. Fédération des éleveurs indépendants et transformateurs laitier du Sénégal. Version validée lors de l'atelier national du 15 novembre 2005 : 105.

CHRISTIE W W 1995.

Composition and structure of milk lipids, Dans FoxPF.Advanced Dairy, Chemistry, volume 2, Lipids, 2nded, 1-28.

CAYOT, G et LORIENT, D 1998.

Structure et techno-fonction des protéines du lait Cd : Tec et Doc, Lavoisier. Paris : PP 3-22.

CHEFTEL G C; CHEFTEL H; 1992.

Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments volume1.Ed ; Tec et Doc Lavoisier Paris. P 49-50.

CUDEC, 2001.

De lait. Uni-libre de Bruxelles. Département de l'Hygiène Alimentaire : P 30-35.

CROGUENNEC. T, JEAMTET. R, BRULÉ. G.2008.fondements physico-chimiques de la technologie laitière. Lavoisier. P06.

CIDIL, INRA

CODEX ALIMENTARIUS, (2004) : Code d'usage en matière d'hygiène pour le lait et les produits laitiers. Cac/rcp : 57-200.

DILMI-BOURAS, ABDELKADER. 2004. Biochimie alimentaire. Office de Publication Universitaire. PP97-98.

ENRY. A, 1977 in BORGIOISE, 1996.

Facteur influençant la consommation des laits par les spores. REV. 350P.

FAO.1990. L'organisation pour l'alimentation et l'agriculture.

FAYE, B. et LOISEAU, G. 2002.

Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarche qualité, gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement. actes de l'atelier international, CIRAD-FAO : P 5

FREDOT. 2007.Connaissance des aliments « bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique ». Ed ; Tec et Doc Lavoisier. Paris. PP 9-22 .P 397.

GALAZY et GUIRAUD J.P. 1980.L'analyse microbiologique dans les industries alimentaire. Édition de l'usine.

GUIRAUD. J. P. 1998. Microbiologie alimentaire, microbiologie des principaux produits alimentaires. Édition Dunod. Paris. P625.P651.

GRAY. C. 1986. Les productions laitières. Volume 1. Les bases de la production. Technique et documentation. Lavoisier. P118.

GANTERE, J. P. 2003

L'actualisé des zoonoses XXX e symposium national de médecine vétérinaire. Principales zoonoses infectieuses transmises par les animaux de rente. (Unité de pathologie infectieuse. Ecole national vétérinaire de Nante) :459-473.

HUGUES, G et GUIDICELLI. C.P. 1993.

Protection de la santé : hygiène et environnement. FLISON-ROCHE : 104-114.

I.N.R.A AH Cain 2006.

La conservation des aliments (les techniques).

JEAN. L. ROUX. 1994. Conservation des aliments. Édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P33.

JOFFIN. C. et JOFFIN T.N. 2000. Microbiologie alimentaire 5^{ème} édition. France centre régional de documentation pédologique d'aquitaine. P208.

JOFFIN, C et JOFFIN, J.N 1999.

Microbiologie alimentaire 5^{ème} édition collection Biologie Technique : 211p

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne N° 69 du 27 Octobre 1993. L'arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspond au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation. P16.

KHIATI M., 2007

Alimentation en Islam. Edition Forem, Alger. P257.

LARPENT. J. P. 1997. Microbiologie alimentaire. Technique de laboratoire. Édition technique et documentation. Lavoisier. Paris. P1037.

LUQUET. F. M. 1985. Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Laits de la mamelle à la laiterie. Édition technique et documentation. Lavoisier. P397.P 261.

MATHIEU. J. 1998. Initiation de la physico-chimie du lait. Édition technique et documentation. Lavoisier. Paris. P220.

MOTTAR J et NAUDTS.M 1979.

La qualité du lait chauffé à ultra haut température comparée à celle du lait pasteurisé et stérilisé dans la bouteille. Revue « le lait » PP477-588.

O.N.U.D 1970.

Méthode modernes de stérilisation pour les traitements du lait 4: étude sur industrie alimentaires. Ed. P.N.U., New York. PP 33-46.

PRESCOTT ; HARLEY et KLEIN. 2003

Microbiologie, 2^{ème} édition française de boeck : P 1061.

RAUSSE .J. P. 1990. L'indispensable en nutrition. Édition I prédis. France. P18.

ROUX. J. L. 1994. Conserver les aliments, comparaison des méthodes et de technologies. Édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P189.

ROMAIN J THOMAS C ; MICHEL M ; PIERRE S ; GERARD B ; 2008.

Les produits laitiers 2^{ème} Ed ; Tec et Doc Lavoisier. P185.

SEEGERS, H ; FOURICHON, C et BAREILLE, N. 2000.

Santé du troupeau laitier et systèmes production : orientation de recherche pour la maîtrise des mammites. Unité mixte ENV-INRA gestion de la santé animale : PP 39-44.

SINGLETON P., 2005

Bactériologique. Dunod, paris. P 392

SMITHWELL et KAILASAPATHY. 1995, GILLIS et ECK.1997.

Le fromage ; Ed Tec et Doc Lavoisier paris 539 P.

VEILLET et PONCET 1981.

Réfrigération du lait à la ferme et organisation du transport In : **WEBER.F**Organisation des
Nutritions unies pour l'alimentation et l'agriculture Rome,1985.

VIESSEYRE, R, 1979.

Technologie du lait. Construction, récolte, traitement et transformation 3^{ème} Edition La Maison
Rustique. Paris. 714P.

VIGNOLA. C, 2002.

Science et technologie du lait Transformation du lait. Ed Ecole polytechnique de Montréal PP 154-175.

VEISSEYRE.R.1979. Technologie du lait construction, récolte. Traitement et transformation 3^{ème}
Édition. La Maison Rustique. Paris. P714.

WOLTER. R. 1997.Alimentation de la vache laitière.3^{ème} édition. France Agricole. P189.