

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 diplôme DE DOCTEUR
VETERINAIRE

sous le thème :

La Qualité Hygiénique Du Lait Cru (Etude Bibliographique)

Présente Par:

Mr. BELHARRANE Moustafa

Encadre par :

Dr. BOURICHA Zineb





Remerciement

Tout d'abord nous tenons à remercier "le dieu", de nous avoir éclairé le chemin de savoir, et de nous avoir donné une grande puissance et volonté pour achever ce travail.

*Le travail nous offre occasion pour remercier **Mlle Bouricha Zineb** qui nous exprimons notre profonde gratitude pour nous avoir conseillé et guidé tout le long de ce travail.*

Nos remerciements sont adressés également à tous les enseignants de l'institut vétérinaire pour leurs encouragements.

Sans oublier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce thème, y trouvent nos remerciements les plus sincères

Dédicace

A mes parents :

L'offre ce travail, résultats de mes efforts et fruits de votre éducation .A toi ma chère maman, source du plus précieux soutien, pour ta douceur, ta bonté et ta précieuse tendresse, je te témoigne respectueusement ma reconnaissance et ma gratitude pour tout ce que tu as fait pour moi depuis ma naissance.

A toi mon cher père, merci infiniment pour tout. Pour l'éducation que tu m'as donnée, pour l'enseignement de la vie, pour ton dévouement et pour les sacrifices que tu t'es imposé pour m'assurer la belle vie et la réussite.

« Mon père, ma mère, je ne vous remercierai jamais assez, que dieu vous garde ».

A mes frères : Boumadian ,Fouad ,djilali ,Amine ,

et mes sœurs :Zoulikha ,keltouma ,Soumia ,Fatma ,kheira ,Malika ,Safia ,Fatiha ,Mimouna ,

A mon amour : Saida

A tous mes amis : Mustapha B ,Hamza ,Akram ,Adnan ,Mohammed Sgir ,Fouad ,Amine ,Djamel ,A.Malek ,A.Kader

A tous ceux que j'aime

BELHARRANE Moustafa



SOMMAIRE

Liste des tableaux

Liste des figures

Sommaire

Introduction01

Chapitre I :

Généralité sur le lait cru

I.1. Définition *Legale* du lait :02

I.2. Composition du lait :02

I.3. Les différentes phases de l'évolution naturelle du lait :05

I.3.1. Les constituants de la phase aqueuse :06

1. Les glucides / Le lactose :06

2. Les sels organiques et minéraux, oligo éléments :07

3. Protéines solubles <10nm et composés azotés :07

A. Les protéines du lactosérum :08

B. Intérêt des protéines du lactosérum en industrie laitière :09

4. Les biocatalyseurs : vitamines et enzymes :09

A. Les enzymes :09

B. Les vitamines et leur variation saisonnière :09

I.3.2. Les constituants de la phase colloïdale : les micelles de caséines :10

I.3.2.1. Aspects de la micelle :10

I.3.2.2. Propriétés des caséines :11

A- pHi et charge électrique :11

B- Propriétés associatives des caséines :11

I.3.3. Les constituants de la phase d'émulsion : la matière grasse et les globules gras :	12
I.3.3.1. Composition physico- chimique :.....	12
V.3.3.2. Constitution de la matière grasse : le globule gras :	12
I.4. Caractéristiques physico chimiques du lait :	14
I.4.1. L'extrait sec total :.....	14
I.4.2. Les extraits secs réduits « les constantes » :	15
I.4.3. Densité du lait :	15
I.4.4. La viscosité :	15
I.4.5. Point de congélation :	16
I.4. 6. Point d'ébullition :.....	16
I.4.7. Conductivité électrique :.....	16
I.4.8. PH du lait :	16
I.4.9. Facteurs de variation :.....	19

Chapitre : II

Qualité hygiénique du lait

II.1. Qualité du lait :	21
II.1.1. Définition de la qualité du lait :	21
II.1.1.1 Du point de vue organoleptique:.....	21
A-La couleur :	21
B-L'odeur :	21
C-La saveur :.....	21
II.1.1.2. Du point de vue nutritionnelle :	22
II.1.1.3. Du point de vue microbiologique et hygiénique :	23
II.1.1.4. Du point de vue chimique :	23
II.1.1.5. Du point de vue technologique et industriel :	23
II.1.1.6. Du point de vue économique et social :	24
II.1.1.7. Du point de vue réglementaire et légal :	24
II.2. Facteurs influençant sur la qualité hygiénique du lait :	24
II.2.1 Abreuvement :.....	25

II.2.2. Propretés de l'étable :	25
II.2.3. Propretés de la traite :	26
II.2.3.1. Le trayeur :	26
II.2.3.2. L'animal :	27
II.2.3.3. Traite manuelle :	27
II.2.3.4. Traite mécanique :	27
II.2.4. Hygiène des vaches laitières :	27
II.2.5. Affouragement :	28
II.2.6. Récipient à lait et machine à traire :	28
II.2.7. Traitement et conservation du lait :	29
II.2.8. Hygiène du lait à la ferme :	29
II.3. Les maladies virales et bactériennes transmises par le lait :	30
II.3.1. Les maladies virales	30
a-Fièvre aphteuse :	30
b-D'autres virus infectieux :	30
II.3.2. Les maladies bactériennes :	30
a- L'anthrax (maladie de charbon due par <i>Bacillus anthracis</i>) :	31
b- Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes :	31
c-La tuberculose (TB) :	31
d-Diphthérie :	31
e-Les mammites :	32
f- <i>staphylocoque entérotoxi</i> :	32
g-Listériose :	33
h-Brucellose (fièvre de Malt) :	33
II.4. Méthode de prévention contre les infections contagieuses :	33
II.4.1. Maladies du bétail et contrôle vétérinaire	33
II.4.2. Contrôle sanitaire du personnel :	33
II.4.3. Lutte contre les mouches dans les exploitations agricoles :	34

Chapitre : III

Composition biologique du lait

III. Composition biologique du lait cru :	35
III.1.Suspensions cellulaires et microbiennes :	35
III.2. Les fongis d'intérêt médical :	35
III.2.1. Genre Rhodotorula	35
III.2.2. Genre Candida	35
III.2.3. Genre Aspergillus	35
III.2.4. Genre Penicillium	36
III.2.5. Genre Mucor	36
III.2.6. Genre Rhizopus	36
III.2.7. Genre Trichosporon	36
III.2.8. Genre Geotrichum	36
III.3. Différenciation microscopique	36
III.4. La flore microbienne du lait cru :	37
III.4.1. La flore originelle :	37
III.4.2. La flore de contamination :	38
III.5. Les inhibiteurs du développement microbien dans le lait :	39
III.5.1. Inhibition spécifique :	39
III.5.2. Inhibition non spécifique :	39
III.6. Action de la flore du lait :	40
III.6.1. Aspect sanitaire :	40
III.6.2. Aspect qualitatif :	40
A - La surissement et acidification avec coagulation :	40
B - Protéolyse :	41
C - Filage :	41
D - Autres dégradations :	41
III.7. Modification du lait après la collecte :	42
III.8. Facteurs de variation de la composition du lait :	42

III.8.1. Influence de la race :	42
III.8.1.1. Taux butyreux :	42
III.8.1.2. Taux protéique :	43
III.8.1.3. Teneur en minéraux :	43
III.8.2. Influence de l'individu :	44
III.8.3. Influence de l'âge :	44
III.8.4. Influence du nombre de vêlage :	44
III.8.5. Influence de l'époque de lactation :	45
III.8.6. Influence de la saison et du climat :	45
III.8.6.1. Influence de la saison :	45
III.8.6.2. Influence du climat :	45
III.8.7. Influence du travail :	46
III.8.8. Influence de l'alimentation :	46
III.8.9. Influence de la traite :	47

Chapitre :IV

Altération du lait cru

IV.1. Altération, défaut et pollution du lait cru :	48
IV.1.1. Introduction des substances étrangères :	48
IV.1.1.1. Pollution par les résidus d'antibiotiques :	48
IV.1.1.2. Pollution par les résidus d'antiseptiques :	48
IV.1.1.3. Pollution par les mycotoxines :	49
IV.1.1.4. Pollution par les résidus de pesticides :	49
IV.1.1.5. Pollution radioactives :	49
IV.1.1.6. Pollution par les éléments métalliques et métaux lourds :	50
IV.1.2. Modification des éléments normaux du lait :	50
IV.1.2.1. Altération d'origine microbienne :	50
IV.1.2.1.1. Acidification spontanée et coagulation lactique :	50
IV.1.2.1.2. Production des gaz :	50
IV.1.2.1.3. Modification de la viscosité :	51

IV.1.2.1.4. Décomposition des lipides :	51
IV.1.2.1.5. Modification de la couleur :	51
IV.1.2.1.6. Modification de la saveur :	52
IV.1.2.2. Altération d'origines enzymatiques :	52
IV.1.2.2.1. Protéolyse et putréfaction :	52
IV.1.2.2.2. Lipolyse :	53
A - Lipolyse spontanée	53
B - Lipolyse microbienne :	53
C-Lipolyse induite :.....	54
IV.1.2.3. Altérations d'origine physico-chimique :	54

Chapitre : V

Traitement du lait

V.1. TRAITEMENT DU LAIT :.....	55
V.1.1. Lait non traité thermiquement :	55
V.1.1.1. Lait cru :	55
V.1.1.2. Lait microfiltré :.....	56
V.1.2.Lait traités thermiquement :.....	56
V.1.2.1. Lait pasteurisé	56
V.1.2.2. Lait de longue conservation :	57
A - Lait stérilisé :.....	57
B - Lait UHT :	57
V.1.2.3. Lait concentré :	57
V.1.2.4. Lait en poudre :	57
V.2.Influence des traitements sur la qualité nutritionnelle et bactériologique du lait	59
V.2.1. Pasteurisation :.....	60
V.2.2. Stérilisation :.....	60
V.2.3. Séchage :.....	61
V.2.4. Concentration :.....	61
Conclusion :	62
Références bibliographiques	64

LISTES DES TABLEAUX

<i>Tableau 01</i> : Tableau analytique et synoptique de 1 litre du lait cru.....	04
<i>Tableau 02</i> : Composition typique du lait de vache et propriétés physiques	05
<i>Tableau 03</i> : Classification des protéines du lait	08
<i>Tableau 04</i> : Composition lipidique moyenne du lait de vache	14
<i>Tableau 05</i> : Valeurs du pH et de l'acidité du lait.....	18
<i>Tableau 06</i> : Caractères physicochimiques du lait de vache.....	18
<i>Tableau 07</i> : Qualité organoleptique du lait.....	22
<i>Tableau 08</i> : La flore microbienne du lait.....	39
<i>Tableau 09</i> : Taux butyreux de différentes.....	43
<i>Tableau 10</i> : Tableau général de la fabrication du lait	58

LISTES DES FIGURES

<i>Figure 01</i> : Composition globale du lait	03
<i>Figure 02</i> : Les différentes phases de l'évolution naturelle du lait	06
<i>Figure 03</i> : Modèle de micelle de caséine avec sous-unités	11
<i>Figure 04</i> : Composition du globule gras.....	13
<i>Figure 05</i> : Levures et moisissures	37

Résumé:

Le lait occupe un large espace de consommation en raison de sa haute valeur nutritive qu'il contient; donc il est une excellente source pour la multiplication microbienne.

Pour cela, il nous semblait indispensable d'assurer et de garantir sa qualité bactériologique et physico-chimique avant et après sa pasteurisation et ça ce qu'on a appliqué comme objectif de nos travail.

Les résultats obtenus sont loin d'être d'un produit label mais acceptable qui nécessite un contrôle rigoureux et régulier.

Mots clés:

Lait cru, lait cru pasteurisé, analyse bactériologique, analyse physico-chimique, qualité, contrôle.

Abstract:

Milk occupies a large space consumption because of its high nutritional value it contains, so it is an excellent source for microbial multiplication.

For this, it seemed essential to ensure and guarantee its bacteriological and physico-chemical quality before and after pasteurization and that what was applied as an objective of our work.

The results obtained are far from being an acceptable product label but that requires a rigorous and regular control.

Keywords:

Raw milk, raw milk pasteurized, bacteriological analysis, physico-chemical quality control

ملخص:

يحتل الحليب مكانا مرموقا من بين جميع أغذية الإنسان ونلك لقيمتة الغذائية العالية. كما يعتبر وسطا مناسباً للتكاثر البكتيري. لهذا يجب علينا التأكد من جودته البكتيريولوجية و الفيزيوكيميائية قبل وبعد البسترة. و هذا ما اعتمدناه كهدف رئيسي لعملنا.

إن النتائج المحصل عليها بعيدة على أن يكون هذا المنتج ذو جودة عالية و لكن مقبول و يتطلب مراقبة صارمة و مستمرة.

INTRODUCTION

Introduction :

Le lait est une matière première aux ressources considérables ; et face à la demande du consommateur qui sollicite de plus en plus de produits innovants à la qualité constante, l'industrie doit exploiter toutes les richesses de cette matière première à la fois si simple en apparence et si complexe dans sa composition.

Pour mieux faire faces aux contraintes naturelles du lait découlant de ses variations quantitatives et qualitatives, les technologues ont imaginé des solutions qui ont contribué à augmenter la diversité de la gamme des produits laitiers tout en répondant aux exigences économiques et hygiéniques.

L'industrie laitière a donc mis en place, au niveau de la production, une politique qualité qui, a permis, au cours des dernières années, d'acquérir une meilleure maîtrise des caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques du lait.

Mais la difficulté réside dans la notion de qualité ; en effet, celle-ci reste très subjective et elle aura des définitions différentes à chaque niveau de la filière :

Pour le producteur, la qualité est une absence d'impuretés et une présence de taux de matière utile élevés ; l'industriel réclame une matière première au rendement de transformation élevé, tandis que le consommateur désire un produit sans risque pathogène aux qualités organoleptiques satisfaisantes.

L'industrie et la recherche dans le domaine laitier doivent donc faire face à toutes ces définitions afin de satisfaire tous les acteurs de la filière.

CHAPITRE- I-

Généralité sur le lait cru

I.1. DEFINITION LEGALE DU LAIT :

Le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles après la naissance du jeune. Il s'agit d'un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre selon la teneur en β carotène de sa matière grasse, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6.6 à 6.8) légèrement acide, proche de la neutralité (ALAIS,1984).

(Goursaud.J. 1985 dans Luquet, 1985).

- On considère comme laits impropres à la consommation humaine tout:
- ❖ Les laits provenant d'animaux atteints de certaines maladies.
- ❖ Les laits colorés mal propres ou mal odorants.
- ❖ Les laits provenant d'une traite opérée moins de 7 jours après la mise bas
- ❖ Les laits provenant d'animaux mal nourris et surmenés
- ❖ Les laits contenant des antibiotiques ou des antiseptiques.

(Goursaud.J. 1985 dans Luquet, 1985).

- Sont considérés comme des falsifications :
- ❖ le mouillage du lait.
- ❖ L'addition du lait d'une substance quelconque non autorisée.
- ❖ L'emploi d'un traitement non autorisé.

I.2. COMPOSITION DU LAIT :

Le lait a été défini en 1908 au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes à Genève comme étant : «Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum.»

Le lait est un substrat très riche fournissant à l'homme et aux jeunes mammifères un aliment presque complet. Protides; glucides, lipides, sels minéraux et vitamines sont présents à des concentrations tout à fait satisfaisantes pour la croissance et la multiplication cellulaire comme le montre la figure 01 et le tableau 03(**Bourgeois et al., 1996**).

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**).

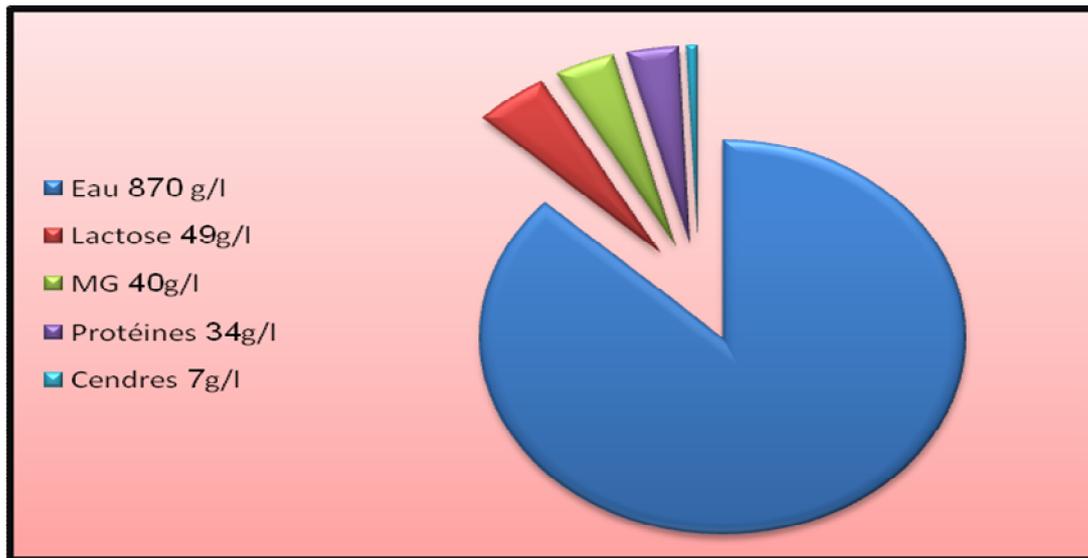


Figure 01: composition globale du lait (g/l) (Brulé *et al.*, 2008).

Il y a autant de laits différents qu'il existe de mammifères au monde (ALAIS, 1984). Les principaux constituants du lait sont donc par ordre décroissant (POUGHEON, 2001), de l'eau très majoritairement, des glucides représentés principalement par le lactose, des lipides essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras, des protéines :

caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles, des sels et minéraux à l'état ionique et moléculaire et des éléments à l'état de traces mais au rôle biologique important : enzymes, vitamines, oligo-éléments (WALSTRA, 1978 ; BRULE,1987 ; BLANC, 1982 ; ADRIAN, 1987 ; CARTIER et al, 1984)(Tableau1).

Tableau 1 : Tableau analytique et synoptique de 1 litre du lait cru (LE BERRE, 1999).

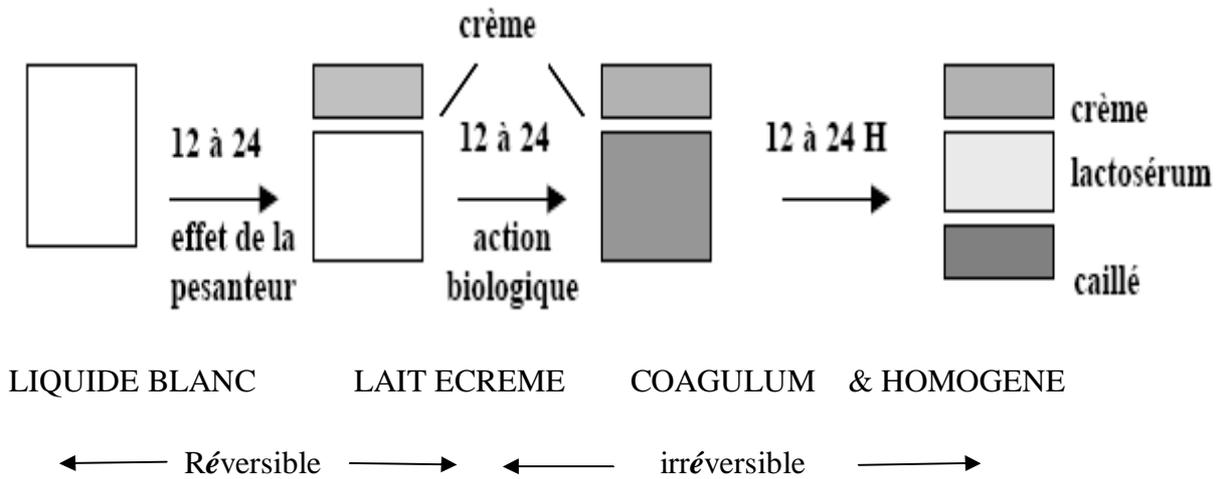
Composition \ Espèces	Vache	Références
Protéines (g)	32	(Alais et Blanc, 1975)
Caséine (g)	26.0	(Cayot et Lorient, 1998)
Glucides (g)	46	(Renner, 1983 ; Maurer et Schaeren, 2007)
Lipides (g)	37	(Doreau et al, 1999; Bocquier et Caja, 2001)
Cholestérol (mg)	14	(Le berre, 1999)
Vit A (mg)	0.37	(Renner, 1989)
Vit B1 (mg)	0.42	(Fil, 1981)
Vit B2 (mg)	1.72	(Jensen, 1995)
Vit B6 (mg)	0.48	(Jensen, 1995)
Vit B12 (mg)	0.0045	(Jensen, 1995)
Vit C (mg)	18	(Renner, 1989)
Vit D (UI)	0.0008	(Berger, 1988)
Vit E (mg)	1.1	(Enjalbert, 1993)
Ac. nicotinique (mg)	0.92	(Jeness et Sloan, 1970)
Ac. folique (mg)	0.053	(Jeness et Sloan, 1970)
Sodium (mg)	0.50	(Sawaya et al, 1984)
Potassium (mg)	1.50	(Luquet, 1985)
Calcium (mg)	1.25	(Mahieu et al, 1977)
Magnésium (mg)	0.12	(Wehrmüller et Ryffel, 2007)
Phosphore (mg)	0.95	(Neville, 1995)
Fer (mg)	0.20 - 0.50	(Gueguen, 1995)
Cuivre (mg)	0.1 – 0.4	(Luquet, 1985)
Zinc (mg)	3 – 6	(Gueguen, 1995)
Manganèse (mg)	0.010 – 0.030	(Gueguen, 1995)

Tableau 02: composition typique du lait de vache et propriétés physiques (Pernod et al., 2005).

	Composition g/l		État physique des composants
Eau	905		Eau libre (solvant) + eau liée
Glucides: lactose	49		(3.7%)
Lipides:	35		
-Matière grasse proprement dite		34	Solution.
-Lécithine (phospholipides)		0.5	Émulsion des globules gras (3à5 micron).
-Partie insaponifiable (stérols, carotènes, tocophérols).		0.5	
Protides:	34		
-Caséine		27	Suspension micellaire de phosphocaséinate de calcium (0.08à0.12µm).
-Protéines "solubles" (globulines, albumines)		5.5	Solution (colloïdale)
-Substances azotées non protéiques.		1.5	Solution (vraie)
Sels:	9		
-De l'acide citrique		2	Solution ou état colloïdal (P et Ca)
-De l'acide phosphorique (P ₂ O ₅).		2.6	
-De l'acide chlorhydrique (Nacl)		1.7	(Sels de K, Ca, Na, Mg, etc.).
Constituants divers:	Traces		
(vitamines, enzymes, gaz dissous)			
-Extrait sec total.	127		
-Extrait sec non gras.	92		

I.3. LES DIFFERENTES PHASES DE L'ÉVOLUTION NATURELLE DU LAIT :

Le lait est un mélange hétérogène. Laissé un certain temps à température ambiante (20°C) (figure 02), le lait évolue et différentes phases apparaissent lors de son évolution (trois compartiments) (BRAGERE, 1996) :



Le lait est un milieu hétérogène dans lequel trois phases distinctes coexistent :

- La phase aqueuse qui contient l'eau (87% du lait) et les produits solubles pouvant donner naissance au lactosérum (lactose, sels, protéines solubles, composés azotés non protéiques, biocatalyseurs tels que vitamines hydrosolubles ou enzymes) ;
- La suspension colloïdale micellaire (2,6%) qui peut donner naissance au caillé obtenu par la coagulation des caséines suite à l'action de micro-organismes ou d'enzymes ;
- L'émulsion (4,2%) qui peut donner naissance à la crème qui est une couche de globules gras rassemblés à la surface du lait par effet de gravité (BRAGERE, 1996).

I.3.1. LES CONSTITUANTS DE LA PHASE AQUEUSE :

En fromagerie, cette phase aqueuse est obtenue par la séparation de la caséine par la coagulation acide ou enzymatique (REMEUF, 1994). Les caractéristiques du lactosérum sont les valeurs les plus constantes parmi toutes celles qui concernent le lait. (ALAIS,1984).

1. Les glucides / Le lactose :

En dehors de sa présence dans le lait, le lactose est un sucre extrêmement rare. C'est le constituant le plus rapidement attaqué par action microbienne. Les bactéries transforment le lactose en acide lactique. Cette transformation parfois gênante est souvent utilisée en industrie laitière notamment pour l'obtention des laits fermentés et les yaourts (ALAIS, 1984). Son pouvoir sucrant est 6 fois plus faible que le sucre ordinaire. Par exemple, si on considère le pouvoir sucrant du saccharose égal à 100, celui du fructose est de 170, celui du glucose de 75 et celui du lactose de 17 (MORRISSEY, 1995).

2. Les sels organiques et minéraux, oligo éléments :

Le lait contient tous les éléments minéraux indispensables à l'organisme notamment, le calcium et le phosphore (BRULE, 1987). La matière minérale et saline du lait constitue environ 9 g/l. Les matières minérales ne se sont pas exclusivement sous la forme de sels solubles (molécules et ions). Une partie importante se trouve dans la phase colloïdale insoluble (micelles de caséines) (GUEGUEN, 1995 ; NEVILLE, 1995).

La composition minérale est variable selon les espèces, les races (pour la vache par exemple, la teneur en calcium et en phosphore est plus élevée chez la race normande que chez la race frisonne ou la race prim'holstéin), le moment de la lactation et les facteurs zootechniques (BRULE, 1987).

Les principaux macroéléments rencontrés dans le lait sont : le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, le sodium et le chlore (NEVILLE, 1995 ; WEHRMÜLLER et RYFFEL, 2007).

Le lait contient également les oligo éléments indispensables pour l'organisme humain tels que le zinc, le fer, le cuivre, le fluor, l'iode et le molybdène (GUEGUEN, 1995).

3. Protéines solubles <10nm et composés azotes :

On distingue l'azote des protéines (AP), techniquement exploitable, de l'azote non protéique (ANP) qui n'a aucun effet technologique. L'ANP représente 3 à 7% de l'azote total dont 36 à 80% d'urée. Il est le résultat d'une altération du lait ou d'une dégradation des protéines. Le taux protéique (TP), qui est une caractéristique essentielle de la valeur marchande du lait, peut être calculé : $TP = (AT - ANP) \times 6,38$.

6,38 étant le facteur de transformation de la masse d'azote en g en protéines laitières (on considère que la teneur en azote dans une protéine est de 15,67% d'où $100/15,67 = 6,38$) (HARDING et MARSCHALL, 1998).

On distingue 2 grands groupes de protéines (BRUNNER, 1981) : les protéines des caséines et les protéines du lactosérum (tableau 2). Les caséines et la micelle de caséine représentent la partie protéique la plus intéressante en technologie laitière, notamment en technologie fromagère.

Tableau 03 : Classification des protéines du lait (BRUNNER, 1981).

Noms	% des protéines	Nombre d'AA
Caséines :	75-85	-
Caséine α S1	39-46	199
Caséine α S2	8-11	207
Caséine β	25-35	209
Caséine <i>k</i>	8-15	169
Caséine <i>y</i>	3-7	-
Protéines du lactosérum	15-22	-
Lactoglobuline	7-12	162
Lactalbumine	2-5	123
Sérumalbumine	0.7-1.3	582
Immunoglobulines (G1, G2, A, M)	1.9-3.3	-
Protéoses-peptones	2-4	-

A. Les protéines du lactosérum :

Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28% des protéines du lait et 17% des matières azotées. Elles demeurent en solution dans le «sérum isoélectrique » obtenu à pH = 4,6 à 20°C ou dans le sérum présure exsudé par le coagulum formé lors de l'emprésurage (DESTOUET, 1989). On les distingue des caséines par leur composition, leur structure et diverses propriétés :

- Leur teneur élevée en lysine, tryptophane, cystéine et autres acides aminés soufrés leur confère une très bonne valeur nutritionnelle ;
- La structure est plus compacte : ces protéines fixent peu les ions et résistent à l'action des protéases ;
- Elles sont plus sensibles à la chaleur car dénaturées par chauffage (à 100°C) et forment des flocons. Elles deviennent alors insolubles (sauf les protéoses-peptones). (ALAIS, 1984).

B. Intérêt des protéines du lactosérum en industrie laitière :

En industrie laitière, les protéines du lactosérum sont récupérées lors de la fabrication des fromages. Le lactosérum étant la phase aqueuse qui se sépare du caillé. La mise en valeur du lactosérum passe par la séparation de ses différents constituants. Les protéines sont extraites au troisième rang après l'eau et le lactose par ultrafiltration ou par adsorption sur échangeurs d'ions (SOTTIEZ, 1985). Ces protéines présentent un intérêt nutritionnel important par leur haute valeur énergétique et leur composition en acides aminés essentiels très riche (notamment en lysine et tryptophane) (SOTTIEZ, 1985).

4. Les biocatalyseurs : vitamines et enzymes :

A. Les enzymes :

Une soixantaine d'enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs (BLANC, 1982). Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras. Le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes. La distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (CROGUENNEC, 2008). Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés (GOT, 1997 ; LINDEN, 1987) :

- Lyses des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipase,protéase).
- Rôle antibactérien ; elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme).
- Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétyl estérase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthine oxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre).

B. Les vitamines et leur variation saisonnière :

Les vitamines sont nécessaires au fonctionnement normal des processus vitaux, mais l'organisme humain est incapable de les synthétiser. L'organisme humain doit donc puiser ces sources dans l'alimentation. Les vitamines sont des molécules plutôt complexes mais de taille beaucoup plus faible que les protéines. Les structures des vitamines sont très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes. Elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique (ADRIAN, 1987). On classe les vitamines en deux grandes catégories:

- ❖ Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait.
- ❖ Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) associées à la matière grasse.
- ❖ Certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (RENNER, 1989). Dans le lait des ruminants, seules les vitamines liposolubles sont d'origine alimentaire et les conditions de vie de l'animal exercent une influence sur les teneurs vitaminiques du lait : les productions estivales offrent donc un plus grand intérêt que les laits de stabulation. Au contraire, la vitamine C offre un taux relativement constant en raison de sa synthèse régulière dans l'épithélium intestinal. L'origine de ces variations annuelles est poly factorielle : elle dépend de la saison, de la photopériode mais également de l'alimentation (REMOND et JOURNET, 1987). Le lait et ses dérivés sont des sources notables en vitamine A, B12 et B2 ; dans une moindre mesure en vitamine B1, B6 et PP. Par contre, ils ne contiennent que peu de vitamines E, d'acide folique et de biotine (ENJALBERT, 1993).

I.3.2. LES CONSTITUANTS DE LA PHASE COLLOÏDALE : les micelles de caséines :

I.3.2.1. Aspects de la micelle :

La caséine est une substance hétérogène, complexe protéique phosphoré à caractère acide qui précipite dans le lait à pH 4,6. (CAYOT et LORIENT, 1998).

La caséine est une particule sphérique d'environ 180 nm, constituée de submicelles de 8 à 20 nm (LENOIR, 1985) ; elle est très hydratée (2 à 4 g d'eau par g de protéine). 7% environ de son extrait sec est composé de sels (phosphate, calcium, magnésium, citrate dans l'espace inter submicellaire).

Les submicelles pourraient être constituées d'environ 10 molécules des 4 caséines en proportion variable avec une répartition de caséine (hydrophile) en surface. Les submicelles les plus riches en caséine sont situées en surface de la micelle, ce qui la stabilise. Les portions «C » terminales de la caséine hérissent la micelle et l'enveloppent d'une chevelure périphérique particulièrement hydrophile (CAYOT, 1998).

La coagulation du lait après addition de présure résulte, entre autres phénomènes, d'une action primaire sur la caséine (protéolyse entre les acides aminés 105 (Phénylalanine) et 106 (Méthionine) situés à l'extérieur de la micelle) laissant des plages hydrophobes de paracaséine. Les acides aminés 1 à 105 restent fixés à la micelle).

Sous l'influence de calcium ionique Ca^{++} dissous, il y a agglomération des micelles de caséine pourvues de caséino glycopeptide (cas 106-169 qui se solubilise) en un réseau : le caillé (BRULE et LENOIR, 1987 ; GOURSAUD, 1987).

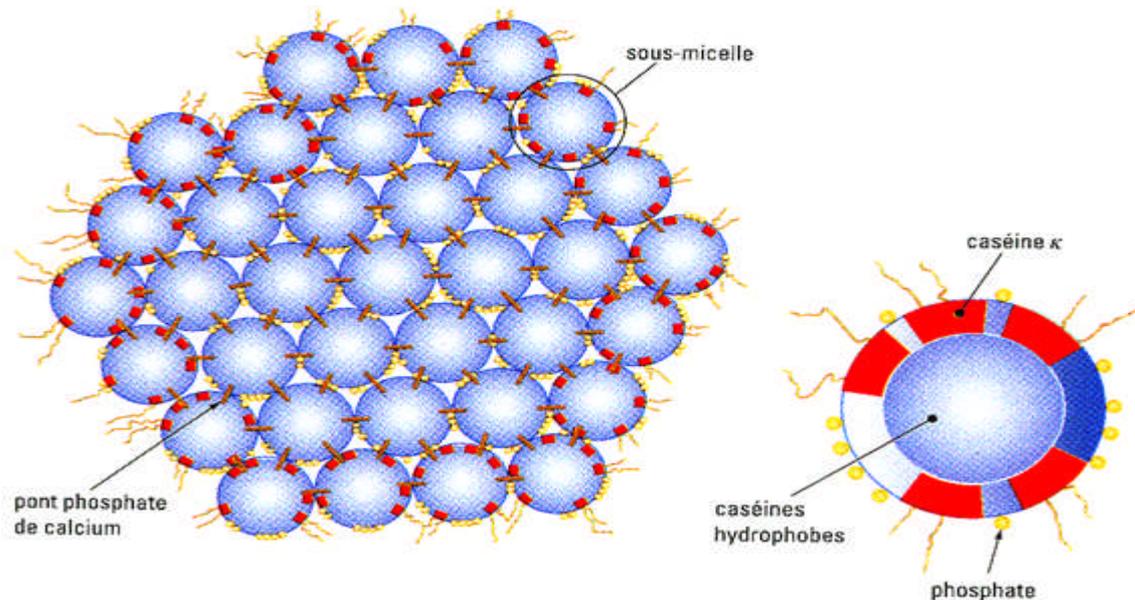


Figure 03 : Modèle de micelle de caséine avec sous-unités (AMIOT et al, 2002).

I.3.2.2. Propriétés des caséines :

A- pHi et charge électrique :

Les groupements acides libres des résidus glutamyl, aspartyl et phosphoryl en nombre supérieur aux groupements basiques libres $-NH_2$ des lysines et autres acides aminés diamminés, confèrent à la caséine entière un pHi de 4.65, une charge négative et des propriétés acides (réaction avec les métaux alcalino-terreux) (GAUCHER, 2007).

B- Propriétés associatives des caséines :

A pH = 7, lors qu'on élève la température, les caséines α_1 et α_2 donnent des polymères d'une vingtaine à une trentaine d'unités. Les différentes molécules étant unies par des liaisons hydrophobes. De plus, les polymères α_1 et α_2 résultent des liaisons disulfures S-S intermoléculaires. Le Ca^{2+} complexe les molécules α_1 , α_2 , β et diminue ainsi leur charge, leur hydrophilie et les insolubilise (RATTRAY et al, 1997).

I.3.3. LES CONSTITUANTS DE LA PHASE D'EMULSION : la matière grasse et les globules gras :

Pendant longtemps, la matière grasse a été le seul constituant du lait systématiquement déterminé pour l'appréciation de la valeur de ce produit. Aujourd'hui, la politique économique s'oriente autrement. Néanmoins, cela révèle la grande richesse de ce constituant (CROGUENNEC, 2008).

En effet, d'un point de vue nutritionnel, les lipides représentent une grande part de l'apport énergétique du lait et satisfont à une partie du besoin en métabolites essentiels.

D'autre part, du point de vue des transformateurs, les lipides sont responsables des caractéristiques sensorielles des produits laitiers.

I.3.3.1. Composition physico- chimique :

La teneur en matière grasse du lait ou taux butyreux (TB) est le nombre de grammes de substance dans un kilogramme ou un litre de lait, séparée des autres constituants selon la méthode par extraction éthéro chlorhydrique ou la méthode internationale par extraction éthéro ammoniacale (VANDENHECKE, 1987). Sous le terme de matière grasse. On place des substances aux propriétés et aux structures chimiques souvent bien éloignées mais possédant les caractéristiques communes suivantes :

- ❖ Insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques (éther, benzène).
- ❖ Leur masse volumique est inférieure à celle de l'eau (# 0,92 kg/l). Cela sous-entend l'ensemble des composés lipidiques qui par hydrolyse des esters redonnent des acides gras libres (AGL) et des corps liposolubles tels les caroténoïdes, le cholestérol, le squalène les vitamines liposolubles (BANKS, 1991).

V.3.3.2. Constitution de la matière grasse : le globule gras :

La matière grasse est sous forme de globule gras (visible au microscope optique) en émulsion dans la phase aqueuse du lait (CARTIER et al, 1984). Suivant la nature de la phase dispersée, on distingue les émulsions de matière grasse dans l'eau (le lait) et des émulsions d'eau dans la matière grasse (le beurre). La stabilité de l'émulsion est due à la présence d'une enveloppe lipido protéique chargée négativement (POINTURIER et ADDA, 1969).

Le diamètre du globule gras est variable. Le diamètre moyen du globule gras du lait de vache est de 3 à 5 um. Il diminue du début à la fin de la lactation tandis que le nombre de

globules gras augmente. Au cours d'une traite, le diamètre augmente. Un globule gras est donc plus gros en fin de traite qu'au début de lactation (COLLOMB et al , 2006).

La taille des globules gras est aussi un caractère propre à la race.

La remontée de la crème s'effectue beaucoup plus rapidement dans le lait de vache que dans le lait de chèvre. Ceci est dû à la présence de globulines (protéines thermolabiles) qui ont la propriété de favoriser l'agglutination des globules gras entre eux (COLLOMB et BÜHLER, 2000).

La structure du globule gras est hétérogène. En allant du centre à la périphérie, on distingue : une zone de glycérides à bas point de fusion, liquides à température ambiante, une zone riche en glycérides à haut point de fusion et une zone corticale : la membrane du globule gras qui joue un rôle très important en raison de sa composition et de ses propriétés (JIMENEZ et BRILLON, 2008).

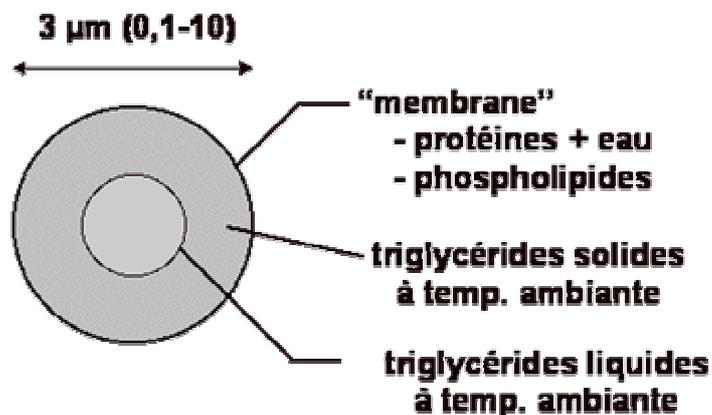


Figure 04 : Composition du globule gras (JIMENEZ et BRILLON, 2008)

La teneur en matière grasse des laits de vache varie entre environ 3.3 et 4.7% suivant la race, le stade de lactation et la saison ; etc (Grogennec et al., 2008).

La matière grasse du lait est majoritairement présente sous forme de globules gras de diamètre compris entre 0.2 et 15µm (Jeantet et al., 2008).

Le tableau suivant montre la composition lipidique moyenne de lait de vache :

Tableau 04: Composition lipidique moyenne du lait de vache (Groguenec et al., 2008).

Classe de lipids	Pourcentage des lipides totaux
Triacyl-glycérols	97.5
Diacyl- glycérols	0.36
Monoacyl- glycérols	0.027
Acides gras libres	0.027
Cholestérol	0.31
Hydrocarbures	Traces
Caroténoïdes	0.008
Phospholipides	0.6
Vitamines liposolubles	0.01

I.4. CARACTERISTIQUES PHYSICO CHIMIQUES DU LAIT :

I.4.1. L'extrait sec total :

Différentes expressions ont été utilisées : extrait sec, résidu sec, matière sèche. La teneur en extrait sec du lait des différentes espèces de mammifères se situe entre des valeurs extrêmes très éloignées : de 100 à 600 g/l. La cause de ces différences est essentiellement la teneur en matière grasse. Etant donné que la densité dépend de la concentration des substances en solution et en suspension, d'une part, et de matière grasse, d'autre part, on a cherché à relier entre ces valeurs dans les formules qui permettent de calculer la teneur en extrait sec du lait. Connaissant **G** : matière grasse par Kg de lait et **D** : densité à 15°, les plus connues sont :

$$1. \text{ Formule de Fleischman : } ES\% = 1,2 G + 2665 \frac{D-5}{D}$$

$$2. \text{ Formule de Richmond : } ES\% = 1,2 G + \left[\frac{1.000(D-1) + 0,14}{D} \right]$$

I.4.2. Les extraits secs réduits « les constantes » :

Il est souvent utile de considérer l'extrait sec dégraissé du lait : **ESD = ES- G.**

C'est une valeur plus régulière que l'extrait sec total du fait de l'élimination du composant le plus variable. Dans l'industrie, les régulations et les normalisations se font souvent sur l'ESD. Autrefois, il a été désigné sous le nom de « constante de GROS ». Si l'on enlève à la fois la teneur en matière grasse et la teneur en caséine, on obtient une valeur encore plus constante que la précédente. Cet extrait sec dégraissé est appelé aussi « constante de Cornalba ».

I.4.3. Densité du lait :

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) (**Frédot, 2007**).

La densité du lait d'une espèce donnée n'est pas une valeur constante. Deux facteurs de variation opposés la déterminent :

- ❖ La concentration des éléments dissous et en suspension (solides non gras). La densité varie proportionnellement à cette concentration.
- ❖ La proportion de matière grasse. Celle-ci ayant une densité inférieure à 1. La densité globale du lait varie de façon inverse à la teneur en graisse (**FILIPOVITCH, 1954**).

La notion de densité est remplacée par celle de masse volumique, qui ne fait pas référence à l'eau. A elle seule, la mesure de la densité ne permet pas de déceler la fraude.

I.4.4. La viscosité :

La viscosité résulte du frottement des molécules. Elle se traduit par la résistance plus ou moins grande des liquides à l'écoulement. La viscosité absolue, η , s'exprime usuellement en centipoise (1 poise : 1 dyne/cm²). Dans les milieux aqueux, on utilise parfois la viscosité relative par rapport à celle de l'eau (**TAPERNOUX et VUILLAUME, 1934**). La viscosité se mesure facilement par la mesure du temps d'écoulement dans un capillaire (pipette d'Ostwald) ou du temps de chute d'une petite boule dans une colonne (viscosimètre d'Hoeppler).

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 (Frédot, 2007).

I.4.5. Point de congélation :

Parce que les substances dissoutes abaissent le point de congélation du solvant par « cryoscopie », le lait se congèle en dessous de 0°C .La formule $\Delta = 1,85 \frac{P}{M}$

relie l'abaissement Δ à la concentration moléculaire des substances dissoutes (P : poids de substances dissoutes en g/l ; M : poids moléculaire moyen), dans une solution aqueuse. Le point de congélation du lait varie peu. Il est de - **0,555** pour le lait de vache ; c'est-à-dire le même que celui du sérum sanguin. C'est la caractéristique la plus constante du lait et sa mesure est utilisée pour déceler la fraude. L'altération par fermentation lactique et l'addition de sels solubles abaissent le point de congélation (LARPENT, 1990). Pour les laits de chèvre et de brebis on prend comme moyenne - **0,580**°.

I.4. 6. Point d'ébullition :

Le lait boue au-dessus de 100°C ; entre 100°17 et 100°15 (LARPENT, 1990). Mais, au cours du chauffage, il se produit des changements dans l'équilibre qui influent sur le résultat :
Ions \longleftrightarrow molécules \longleftrightarrow micelles

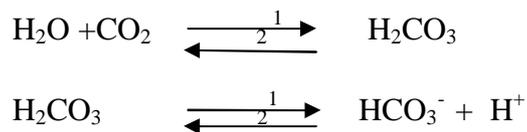
I.4.7. Conductivité électrique :

L'eau pure offre au passage du courant électrique une résistance considérable. Sa conductivité spécifique est très faible : $0,5 \times 10^{-6}$ mhos (inverse de ohm/cm). Dans le lait, la présence d'électrolytes minéraux (chlorures, phosphates, citrates), principalement, et d'ions colloïdaux, secondairement, diminue la résistance au passage du courant (FERNANDEZ-MARTIN et SANS, 1985). La conductivité du lait varie avec la température. On la mesure le plus souvent à 20°. Les valeurs moyennes pour les différentes espèces sont situées entre : 40×10^{-4} et 50×10^{-4} .

I.4.8. PH du lait :

Les différents laits ont une réaction ionique voisine de la neutralité. Le pH est compris entre 6,4 et 6,8. C'est la conséquence de la présence de la caséine et des anions phosphorique et citrique, principalement. Le pH n'est pas une valeur constante. Il peut varier au cours du

cycle de lactation et sous l'influence de l'alimentation. Cependant, l'amplitude des variations est faible dans une même espèce. Le colostrum a un pH plus bas, du fait de la teneur élevée en protéines (GAUCHER et al, 2008). Le pH du lait change d'une espèce à l'autre, étant donné les différences de la composition chimique, notamment en caséines et en phosphates. Il augmente légèrement dans les heures suivantes par diminution de la quantité du dioxyde de carbone dissout dans la phase aqueuse du lait et déplacement des équilibres dans le sens 2



l'acidité :

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

On exprime couramment l'acidité d'un lait en degré Dornic ; officiellement et par convention ; on la donne en grammes d'acide lactique par litre de lait.

1°D=0.1g d'acide lactique par litre de lait.

Un lait frais, lait dont le lactose n'a pas encore été transformé en acide lactique, à une acidité de l'ordre de 16°D. Conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement. C'est la raison pour la quelle on distingue l'acidité naturelle, celle qui caractérise le lait frais, d'une acidité développée issue de la transformation du lactose en acide lactique par divers types de micro-organismes. L'acidité développée s'ajoute à l'acidité naturelle. En fait la titration d'un lait altéré donne la somme des deux sans qu'on puisse connaître la valeur de chacune, l'acidité naturelle n'étant pas constante et variant avec la composition du lait (Mathieu, 1998).

Le tableau ci-dessous présente les valeurs du pH et de l'acidité du lait.

Tableau 05: valeurs du pH et de l'acidité du lait (Mathieu, 1998).

Ph	Acidité en °D	
6,9 et plus	15 et moins	Lait de type alcalin, lait de mammite, lait de rétention, lait de fin de lactation, lait dit mouillé.
6,6-6,8	16-18	Lait frais normale de vache.
6,5-6,6	19-20	Lait légèrement acide: Lait du début de la lactation, colostrum, lait transporté en vrac.
6,35-6,4	20	Lait colostrale, lait qui coagule au cours d'une stérilisation à 115°C.
6,3	22	Lait qui coagule au cours d'une ébullition prolongée.
6,0-6,1	24	Lait qui coagule au cours d'une pasteurisation à 72°C.
5,8-5,9	27-28	Lait coagule dès que la T° atteint 100°C.
5,5-5,6	45-50	Lait coagulant à 60°C.

Tableau 06 : caractères physicochimiques du lait de vache :

Constantes	Vache	Références
Energie (kcal/litre)	705	(Bocquier et al , 1993)
Densité du lait entier à 20 °C	1,028- 1,033	(Filipovitch, 1954)
Point de congélation (°C)	0,520 - 0,550	(Larpent, 1990)
Point d'ébullition	100,17	(Larpent, 1990)
pH-20°C	6,60-6,80	(Gaucher et al, 2008)
Acidité titrable (°Dornic)	15-17	(Amiot et Lapointe-Vignola, 2002)
Tension superficielle du lait entier à 15°C (dynes cm)	50	(Kopaczewski, 1936)
Conductivité électrique à 25°C (siemens)	45 x 10 ⁻⁴	(Fernandez-Martin et SANS, 1985)
Indice de réfraction	1,45-1,46	(Jeunet et Grappin, 1970)
Viscosité du lait entier à 20 °C (centipoises)	2,0-2,2	(Tapernoux et Vuillaume, 1934)
Extrait sec total (g/L)	128	(Larpent, 1990)
Extrait sec dégraissé (g /L)	91	(Larpent, 1990)

°D : degré Dornic = 1,6 à 1,9g d'acide lactique par litre de lait, 1 litre de lait≈1032g (ALAIS,1984)

I.4.9. Facteurs de variation :

La composition des différents laits d'animaux varie considérablement d'une espèce à l'autre, mais aussi à l'intérieur d'une même espèce, voire à l'intérieur des types ou des races d'espèces identiques (SIBOUKEUR, 2008). Cette variabilité peut dépendre de la nutrition, du stade de lactation, de l'âge, de l'époque de l'année et du débit lacté (GAUCHER et al, 2008). Dans beaucoup de travaux cités dans la littérature, le nombre d'échantillons analysés est limité, ce qui entraîne une certaine marge d'erreur, mais suffit pour affirmer des différences inter espèces marquées (RAMET, 1993 ; MEHAIA et al ,1989 ; MOSLAH, 1994).

Le lait proposé à la consommation est toujours un mélange, obtenu de la traite de plusieurs animaux. Cette pratique tend à réduire fortement l'importance des variations individuelles mais, des fluctuations notables subsistent. Ces fluctuations sont sous la dépendance de facteurs d'ordre génétique (BARILLET et BOICHARD, 1987), physiologique (nombre de vêlages, époque de lactation, moment de la traite), et zootechnique (mode de traite, fourrage) (BOCQUIER et al , 1997).

Le type d'aliment fourni à la femelle, influence fortement la composition de son lait.

Ainsi, Les rations énergétiques (dépourvues de foin ou de fourrages grossiers) ne permettent pas la production des composés acétyls. La teneur du lait en matières grasses diminue. Au contraire, les rations peu énergétiques réduisent le pourcentage d'extrait sec dégraissé (COUBRONNE, 1980 ; MOREL et al, 2006 ; MORAND- FEHR et TRAN, 2001). Les saisons, et donc la nature des aliments donnés au cheptel, influencent très nettement la composition du lait. Certaines caractéristiques sont cependant communes aux laits de l'espèce bovine et même plus largement aux ruminants (BLANC, 1981).

Pour certains facteurs, comme le stade physiologique et la saison, l'éleveur n'a aucun moyen d'action. Il est donc nécessaire d'en connaître les influences car elles peuvent expliquer certaines variations de la composition non seulement au niveau de l'individu, mais aussi au niveau des laits de mélange.

Contrairement à ces derniers, la maîtrise de certains facteurs tels que les facteurs génétiques et l'alimentation est très intéressante. En effet, la maîtrise de ces facteurs peut permettre à l'éleveur d'agir sur la composition du lait et améliorer ses caractéristiques (SEEGERS et GRIMARD-BALLIF, 1994).

Les facteurs génétiques et alimentaires restent donc les principaux leviers d'action.

Mais, si la sélection génétique a un effet à moyen et long terme, l'alimentation, elle, peut agir rapidement (BARILLET et al, 1987).

En pratique et à petite échelle, on constate que les variations des taux d'une exploitation à l'autre sont principalement attribuables à des facteurs du milieu (alimentation, traite) et que les différences génétiques entre troupeaux voisins sont en général faibles, car les éleveurs choisissent souvent les mêmes caractéristiques de production (COULON, 1994).

CHAPITRE II

Qualité hygiénique du lait

II.1. Qualité du lait :

II.1.1. 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 alimentaire (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).

II.1.1.1 Du point de vue organoleptique: elle est présentée dans le tableau 07.

Selon Frédot (2007) ; la qualité organoleptique est présentée sous forme des caractères 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, à 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 ;

Remarque: les laits industriels ont subi une désaération ce qui diminue et homogénéise les odeurs et les saveurs.

Tableau 07: Qualité organoleptique du lait (Joffin et Joffin, 1999).

Caractère examiné	Caractère normale	Caractère anormale
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 de substances chimiques (bleu de méthylène, dichromate ou par des pigments bactériens.)
Odeur	Odeur faible	Odeur de putrefaction
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.

II.1.1.2. Du point de vue 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, soluble dans l'eau, se trouve donc aussi dans les laits écrémés et leur dérivés.

Par contre, le lait est dépourvu de vitamine C.

II.1.1.3. Du point de vue microbiologique et hygiénique :

Le lait cru provenant d'une traite effectuée dans des conditions de propreté et d'hygiène normale, renferme cependant de nombreux germes dont le développement rapide est assuré par sa température à la sortie de la mamelle (35 °C), ce point de vue recouvre tout ce qui concerne la nocivité pour la santé humaine.

Le lait doit être pauvre en germes microbiens « banaux » et en cellules somatiques, il doit être totalement exempt de germes pathogènes.

Le lait ne doit pas contenir de substances réputées toxiques ou simplement suspectes qu'elles proviennent de l'animal lui-même, ou qu'il s'agisse de résidus divers contaminant le lait aux différents stades de sa production : antibiotique, insecticides, conservateurs, nitrates, toxines...etc. (Alais, 1983).

II.1.1.4. Du point de vue chimique :

Le lait doit contenir en quantité suffisante les substances dont il est une source naturelle reconnue ; protides, lactose, lipides, certains minéraux et les vitamines. (Alais, 1983).

II.1.1.5. Du point de vue technologique et industriel :

La richesse du lait en lipides, protides et extrait sec de graisse doit être assez élevée. Les propriétés physico-chimiques du lait notamment le pH, la proportion en calcium ionisée, le rapport Ca/P doivent se trouver à un niveau favorable et ne doivent pas être altérés au moment de la livraison. A fin de préserver le lait, différentes aptitudes importantes sont à respecter en pratique.

❖ Stabilité thermique, quantité de concentration, coagulabilité enzymatique, développement des bactéries lactiques (Alais, 1983).

❖ La microflore banale surtout celle qui est particulièrement « zymogène » (production abondante d'enzyme : lipases, protéase) doit être limitée afin d'éviter des accidents de fabrication.

II.1.1.6. Du point de vue économique et social :

Plus une population a un niveau de vie élevée, plus l'exigence vis-à-vis de la qualité est grande et plus elle est protégée par des contrôles réglementaires.

Le consommateur aisé d'un pays industrialisé peut trouver satisfaction à ces besoins dans une alimentation diversifiée, dont la complémentation nutritionnelle rend moins urgente l'exigence de la qualité par contre le consommateur qui ne peut disposer que d'un petit nombre d'aliments mériterait de les obtenir d'une grande qualité. (Alais, 1983).

II.1.1.7. Du point de vue réglementaire et légal :

Ce point de vue concerne la conformité avec des règlements qui varient surtout d'un état à un autre. Les règlements définissent aussi d'une manière parfois temporaire les teneurs minimales de plusieurs constituants du lait en particulier la matière grasse et la matière azotée. (Alais, 1983).

II.2. Facteurs influençant sur la qualité hygiénique du lait :

Le lait s'altère très rapidement. On ne peut retirer qu'une faible partie des impuretés, microbes, mauvaises odeurs ou mauvais goût qui s'y est introduit.

Il est donc nécessaire de procéder avec la plus grande propreté lors de sa production. L'obtention d'un lait propre et sain exige un bétail sain, des locaux propres et des conditions de récolte satisfaisantes.

Les facteurs surtout sont particulièrement importants :

- Abreuvement
- Propreté de l'étable.
- Affouragement.

- Récipients à lait et machine à traire.
- Traitements et conservation du lait.

II.2.1 Abreuvement :

Lorsqu'on doit utiliser un point d'eau particulier pour alimenter l'étable, il importe de veiller à la qualité de l'eau telle que :

- ❖ la qualité bactériologique ; car l'eau peut être la véhicule de nombreux germes d'infections et ceci concerne aussi bien la santé des animaux que la qualité du lait.
- ❖ La qualité chimique, qui est importante pour les mêmes raisons, il importe en particulier de veiller à la teneur en nitrates.

Selon Wolter, 1994 pour une consommation maximale et sans risque sanitaire, l'eau doit être :

* Propre : sans déchets alimentaires, contamination fécales ou urinaires, ni développement d'algues.

* Saine : sans parasites ni excès de germes fécaux (streptococcus fécalis < 100 germes/l, Clostridium perfringens < 50 à 100 germes/l. Sans excès de pesticides ni de nitrate (< 440 ppm : sans danger ; < 1320 ppm risque de méthémoglobinémie). Sans abus de fer (< 1 ppm), ni de métaux lourds (Plomb < 0,1 ppm).

* Appétant : aéré (renouvellement suffisant) peut minéralisée (< 7 germes/l de minéraux totaux), avec un pH voisin de la neutralité sans odeur ni goût désagréables de température moyenne (environ 15°C).

II.2.2. Propreté de l'étable :

La construction et l'état de santé de l'étable doivent être dignes d'une exploitation ou l'on traite les denrées alimentaires. Les parois et les plafonds doivent être nettoyé à fond périodiquement et blanchis au moins deux fois par an. Dans les régions où les animaux sont entretenus dans l'état de stabilisation permanente, il importe de disposer d'étables bien éclairées, suffisamment ventilées, non humides et assez vastes.

Il n'existe pas un type d'étable uniforme à préconiser partout bien souvent, on dispose seulement de bâtiments anciens qu'il faut savoir utiliser.

Selon Ray, 1951, les conditions fondamentales qui doivent être remplies dans une bonne étable pouvant se résumer comme suit :

- ❖ les dimensions de l'étable doivent être en harmonie avec le nombre des animaux ; les vaches ne doivent en aucun cas être entassées.
- ❖ L'étable doit être claire : une étable obscure est impossible à entretenir en bon état de propreté.
- ❖ L'étable doit être aérée : si les conditions du climat ou l'exploitation ne permettent pas de maintenir les animaux en plein air, il faut leur fournir dans l'étable autant d'air qu'ils en pourraient respirer dehors.
- ❖ L'étable doit être propre : il faut éviter, tout ce qui favorise l'accumulation des poussières, la multiplication des insectes, parasites, moisissures, et l'on choisira des matériaux de construction facile à nettoyer.
- ❖ L'étable ne doit pas être humide : il faut construire les murs avec des matériaux isolants, ainsi la chaleur dégagée par le corps des animaux et retenue dans l'étable (ce qui évite la condensation de la vapeur d'eau escales par des animaux).

A l'étable, la qualité du lait dépend en particulier des facteurs suivants :

- * propreté de la traite.
- * air pollué par des poussières ou des odeurs.
- * vaches malpropres.

II.2.3. Propreté de la traite :

II.2.3.1. Le trayeur :

Il doit être en bon état de santé pour éviter la propagation par le lait, des maladies contagieuses. Avant de commencer la traite, il faut se lever les mains et les essayer avec un linge propre. Après chaque traite il doit procéder rapidement à leur rinçage dans une solution antiseptique pour éviter de transmettre des affections dans le troupeau, sa tenue doit être également très soignée. (Veisseyre, 1975).

II.2.3.2. L'animal :

On commence par lui débarrasser les flancs, les cuisses, le ventre de toutes les souillures visibles, puis on lave le pis à l'aide d'un linge propre trempé dans l'eau tiède additionnée d'antiseptique tel que l'eau de javel. Le trayeur ne commence la traite qu'après le séchage de la mamelle et après avoir fixé la queue de l'animal. Les premiers jets du lait sont très chargés de germes microbiens, il faut donc les recueillir à part dans un petit récipient. (Veisseyre, 1975).

II.2.3.3. Traite manuelle :

Un simple massage ou une friction des quartiers à l'aide d'un linge trempé dans de l'eau tiède javellisée, doit toujours précéder la traite de la vache laitière.

Selon Veisseyre, 1975, la sensation de la chaleur (60°C) existe dans le cerveau la sécrétion de l'ocytocine.

La traite doit toujours se faire « à sec » d'abord pour réduire les risques de gerçures ou de crevasses sur les mamelles, ensuite pour éviter la pollution du lait par le liquide servant au lavage des quartiers. Les premiers jets de lait sont recueillis à part dans un petit récipient à fin de ne pas contaminer l'ensemble de la traite, une fois la traite terminée, il faut ajouter soigneusement le pis.

II.2.3.4. Traite mécanique :

La machine à traite agit à la fois comme vecteur des mammites et comme cause favorisante car la surtraite constitue un risque en affaiblissant la mamelle. Une installation en mauvais état détériore également les barrières naturelles du trayon. Elle est aussi responsable de l'agitation excessive du lait, qui favorise l'apparition de la lipolyse. (Luquet, 1985).

II.2.4. Hygiène des vaches laitières :

Selon Ray, 1951, il est absolument indispensable de maintenir les vaches laitières dans les meilleures conditions d'hygiène si l'on désire produire un lait de qualité. A cet égard il faut maintenir les vaches en parfait état de santé dans un milieu calme et extrêmement propre on est ainsi conduit à satisfaire aux exigences suivantes :

- ❖ Disposer d'étables rationnellement construites et aménagées.

- ❖ Fournir aux vaches une alimentation convenable en quantité et en qualité.
- ❖ Donner aux animaux tous les soins désirables, en ce qui concerne l'hygiène corporelle.
- ❖ Eviter toutes les causes de troubles, d'agitation et de contagion en assurant aux animaux une existence calme dans un milieu sain.

II.2.5. Affouragement :

L'affouragement influence sur la qualité du lait de diverses manières, des odeurs et des goûts peuvent passer du fourrage directement par le sang dans le lait, c'est pourquoi on ne doit donner le fourrage ensilé qu'après la traite. (Tahar.K, 1998).

Le fourrage souillé par produits antiparasitaires est interdit parce qu'il est dangereux, non seulement pour la qualité du lait mais aussi pour la santé des animaux et celle de l'homme de nombreux microbes du fourrage peuvent passer sans encombrer le canal digestif et tomber avec des poussières ou particules d'excrément dans le lait.

Les crèches, récipient à fourrage défectueux qui ne pouvant plus être nettoyés convenablement doivent être remplacés ou réparés. (Tahar.K, 1998).

II.2.6. Récipient à lait et machine à traire :

Il s'agit des récipients dans lesquels ont recueilli le lait (seau bidon) ou du matériel de traite utilisé lorsqu'on opère mécaniquement. Il est essentiel que tout ustensile venant au contact du lait soit parfaitement nettoyé et désinfecté, c'est par l'emploi d'une vaisselle laitière insuffisamment propre que les pollutions sont les plus fréquents. (Veisseyre, 1975).

La machine à traire mal nettoyée est une des causes majeures de la contamination du lait, les parties en caoutchouc demandent les plus grands soins. Cette matière est attaquée par la graisse du lait et de la peau des trayons, par l'air et la lumière et par les produits de nettoyage ; il en résulte une perte d'élasticité. Avec un matériel en caoutchouc usagé la microflore totale du lait est élevée et le temps de réduction du bleu de méthylène est relativement bas (Alais, 1983).

Selon Hermier, 1992 la part respective du matériel et de la peau des mamelles a été étudiée par Richard et Braquchaye (1985) qui attribuent au matériel de traite un rôle plus important, dans la contamination par les coliformes qu'à la peau des mamelles.

Hafini Alvei serait l'espèce dominante du matériel tandis qu'Escherichia Coli serait surtout présent sur les mamelles.

II.2.7. Traitement et conservation du lait :

Il est rare que le lait soit consommé ou transformé immédiatement après la traite.

En pratique, principe le lait doit être conservé de manière à ce que ses propriétés organoleptiques, chimiques, physiques, et bactériologiques ne soient pas modifiées presque toujours, il s'écoule un certain temps entre sa récolte et son départ de la ferme. Pendant cette période il faut le placer dans des conditions tel qu'il puisse conserver intégralement ses qualités initiales. (Tahar K, 1998).

D'autre part, le plus souvent la traite est réalisée dans des conditions de propreté insuffisante, le lait contient alors à côté des germes des impuretés macroscopiques diverses (particules de paille, poils, excréments, poussières...etc.) qu'on peut éliminer par filtration.

Avant d'être transporté à la laiterie, le lait doit être refroidir très lentement à l'air, puis mis dans des cuves de refroidissement à 4 °C. A la sortie de la mamelle, le lait est à une température voisine de 35 – 37 °C, il contient toujours des germes même lorsque la traite est réalisée dans les meilleures conditions d'hygiène. A cette température les germes se développent en altérant le lait. Pour stopper ou simplement limiter leur prolifération, il faut refroidir le lait rapidement.

Il importe en fin de ne jamais mélange la traite du matin avec celle de la vieille ou du soir, même si cette dernier à été maintenue la nuit, dans les meilleures conditions, en effet à une température de 8 à 10 °C, le lait du soir peut être le siège d'une évolution microbienne intéressante (germe psychotrophes). Mélanger les traites aboutit donc à ensemercer la traite du matin avec la traite du soir en voie d'altération. (Veisseyre, 1975).

II.2.8. Hygiène du lait à la ferme :

A la ferme, deux questions sont essentielles : le dépistage des animaux malades et l'hygiène de la traite.

Le dépistage des animaux malades est effectué par les médecines vétérinaires, malheureusement il est loin d'être réalisé à grande échelle et les paysans ignorent encore combien il est utile. Il empêche en effet l'extension des maladies infectieuses à l'étable. (Tahar.K, 1998).

Le dépistage de la tuberculose bovine se fait, soit par une injection sous-cutanée de tuberculine soit par intradermoréaction à la tuberculine. Il convient surtout de dépister la tuberculose de la mamelle car selon Boyer.1951, elle représente 4,74 % des cas de tuberculose animale.

C'est la stabulation de tuberculose la contagion aussi à l'école de Grignon l'éradication de tuberculose n'a pu être obtenue qu'en laissant les animaux en liberté dans les vastes enclos. Hiver comme été, le dépistage des animaux atteints de la tuberculose est très difficile car, si des avortements peuvent parfois donner l'éveil dans d'autres cas d'affection reste totalement inapparente et seuls des examens spéciaux peuvent la déceler (l'intradermo-réaction à l'abortine et le lactodiagnostic...etc.).

Le contrôle sanitaire du lait à la production ne concerne pas exclusivement les animaux mais aussi devrait s'étendre aussi à l'homme.

II.3. Les maladies virales et bactériennes transmises par le lait :

Le lait est un produit alimentaire très riche en nutriments, pour cette raison il peut favoriser la croissance de plusieurs micro-organismes. Le lait cru, même collecté sous des conditions aseptiques; peut contenir des microbes (Oteng- Gyang, 1984).

Selon Danish (1987), on peut citer :

II.3.1. Les maladies virales :

a-Fièvre aphteuse :

La fièvre aphteuse est une maladie infectieuse du bétail qui parfois contamine l'homme. Comme la fièvre aphteuse est la plus contagieuse de toutes les maladies connues, elle peut se répandre facilement par les gens, les camions de ramassage et le lait lui-même.

b-D'autres virus infectieux :

Par exemple "la diarrhée d'été";" les gripes" etc. ; peuvent être transmises par le lait, l'hygiène personnelle est donc très importante.

II.3.2. Les maladies bactériennes :

a- L'anthrax (maladie de charbon due par *Bacillus anthracis*) :

L'anthrax est une maladie mortelle pour l'homme. Aussi beaucoup de soins doivent être pris pour éviter la contamination du matériel de laiterie; du lait contenant du sang, les selles et les saletés du bétail infecté par l'anthrax.

La forme végétative de *Bacillus anthracis* est détruit pendant la procédure normale de pasteurisation, mais la spore ne peut être détruite qu'à 100°C pendant 10 à 40 minutes.

b- Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes :

La contamination a lieu par voie orale. Ces maladies provoquent des diarrhées sérieuses avec complication. Une particularité est le fait que certaines personnes qui ont été guéries deviennent porteurs chroniques de cette maladie sans elles-mêmes souffrir de diarrhées.

Si les porteurs de bactéries de typhoïdes ou paratyphoïdes sont employés dans l'industrie laitière, ils seront à même de transmettre la maladie dans le lait, même après pasteurisation.

-D'autre Salmonella: les salmonelloses provoquent des vomissements aigus, des maux d'estomac et des diarrhées abondantes dus à des bactéries qui normalement vivent chez les animaux. Toutes les salmonelles (compris la bactérie typhoïde et paratyphoïde) survivent très bien dans le lait et se multiplient très rapidement si le lait n'est refroidi en dessous de 15°C.

c-La tuberculose (TB) :

Les vaches qui sont contaminées par la TB bovine peuvent transmettre les bactéries par plusieurs voies, par exemple, l'urine, les selles et la salive. La voie la plus directe est bien sur le lait même dans le cas de la TB mammité.

Les bactéries de la TB sont souvent difficiles à détruire par les désinfectants. Tout le lait pasteurisé est supposé être exempt de bactéries TB, il est important que le temps et la température de pasteurisation soient scrupuleusement respectés pour que tout le lait arrivant dans la laiterie soit traité.

d-Diphtérie :

La bactérie de la diphtérie contamine facilement le lait si les mains du personnel ont été souillées par des mucosités nasales ou par la salive. Dans quelques cas les trayons de la

vache ont été infectés, transmettant ainsi l'infection au lait. La bactérie de la diphtérie peut se développer dans le lait qui n'a pas été refroidi au dessous de 15°C.

e-Les mammites :

Selon Ragot *et al.*, (2001) ; les mammites sont des inflammations d'un ou plusieurs quartiers de la mamelle. Elles sont dues à la présence et à la multiplication dans le tissu mammaire d'une ou plusieurs souches de bactéries. Dans tous les cas, elles provoquent une altération de la qualité du lait (augmentation du taux de cellules et apparition de grumeaux). Le lait devient impropre à la consommation. Au stade le plus avancé de la mammite, on observe des signes locaux (inflammation de la mamelle) ou généraux (fièvre, baisse d'appétit...).

On distingue 3 types de facteurs qui favorisent le développement de mammites:

-**L'animal:** son âge, son stade de lactation, sa conformation.

-**L'environnement:** (logement "l'hygiène, ambiance", l'alimentation...).

-**Les germes :** bactéries (staphylocoques dorés, streptocoques "*S.agalactiae*", "*S.uberris*" "*S.dysgalactiae*", *E. coli* ou champignons (mycoplasmes)).

D'après Danish (1987) ; beaucoup de souches de streptocoques peuvent causer la mammite dans le bétail, mais seule une souche, le streptocoque A, peut se transmettre de la vache à l'homme.

Pour l'homme, streptocoque A est le plus important. Il peut causer de nombreuses maladies; comme par exemple: mal de gorge, scarlatine, formation de pus dans l'oreille, fièvre puerpérale et d'autres infections.

f-Staphylococcus entérotoxi :

Staphylococcus entérotoxi est dangereux, certaines souches de staphylocoques sont toxiques seulement pendant leur croissance. Les staphylocoques se développent très bien dans le lait et les produits laitiers à la température minimale de 15 à 20°C.

Le refroidissement rapide du lait est important pour éviter la croissance des staphylocoques et la production des toxines qui sont résistantes à la chaleur.

Selon Jacotot *et al.*, (2003);

g-Listériose :

Due à *Listéria monocytogenes* bacille résistant pouvant se développer à basse température (réfrigérateur), dans des produits laitiers (croustes de fromages à pâte molle).

La listériose se manifeste sous forme sporadique ou épidémique, avec une symptomatologie neuro-méningée. Les sujets les plus à risque sont les femmes enceintes avec des conséquences graves pour le fœtus, les patients avec déficience immunitaire (Sida; hémopathies, cancers, hémodialysés).

h-Brucellose (fièvre de Malt) :

Transmise notamment par du lait de chèvre ou de brebis consommé cru ou des fromages artisanaux fait avec du lait contaminé.

II.4. Méthode de prévention contre les infections contagieuses :

II.4.1. Maladies du bétail et contrôle vétérinaire :

Les maladies du bétail comme par exemple la tuberculose et la brucellose, on a un effet néfaste sur la qualité hygiénique du lait, une méthode de lutte rationnelle contre ces maladies comporte les étapes suivantes :

- 1- Dépistage des animaux contaminés par l'examen d'ensemble du cheptel (examen clinique et examen bactériologique du lait).
- 2- Marquage, isolement et traitement jusqu'à guérison contrôlée, si les chances de guérison sont faibles ou nulles, l'abattage de tous les animaux infestés est indispensable.
- 3- Persistance du contrôle sanitaire pour détecter les recontaminations.

II.4.2. Contrôle sanitaire du personnel :

C'est un des points délicats du système préventif. L'examen fréquent de l'ensemble des personnes manipulant du lait ou les ustensiles est difficile à exercer et en même temps onéreux.

II.4.3. Lutte contre les mouches dans les exploitations agricoles :

La lutte contre les mouches est une nécessité impérieuse dans tous les locaux des exploitations agricoles et spécialement dans les étables. Non seulement les mouches troublent considérablement la tranquillité des animaux, ce qui retentit sur la sécrétion lactée et gêne beaucoup la traite, mais elles déposent leurs excréments, partout et vont se désaltérer dans les récipients à l'ait, souillant ainsi liquide. (Ray.G, 1951 ; Tahar.K, 1998).

CHAPITRE III

Composition biologique du lait

III. Composition biologique du lait cru :

III.1.Suspensions cellulaires et microbiennes :

Même «normal», le lait contient des cellules somatiques. Le terme de cellules somatiques s'opposant à celui de cellules « étrangères » qui peuvent être présentes dans un lait contaminé telles que les bactéries (LIU, 1988). Quatre types de cellules sont présents dans le lait : les Polynucléaires (0-11%), les Lymphocytes (10-27%), les Macrophages (66-88%) et les Cellules épithéliales (0-7%) (LEE et al, 1980). Les germes du lait peuvent être des moisissures, des levures ou des bactéries.

III.2. Les fongis d'intérêt médical :

III.2.1. Genre Rhodotorula : Les levures du genre Rhodotorula sont globuleuses, ovoïdes ou allongées, mesurant de $6 \text{ à } 8 \mu \times 3 \text{ à } 4 \mu$ à bourgeonnements multiples, polaire et latéral. Ces levures sont parfois enveloppées d'une mince capsule qui leur confère une apparence mucoïde. Les cultures se développent facilement sur milieu Sabouraud à 38°C et même en présence d'actidione. Les colonies sont luisantes, de couleur corail au saumon à revers crème. On n'y observe que très rarement des filaments (FAMEREE et al, 1970).

III.2.2. Genre Candida : Les Candida sont caractérisées par l'aptitude de leurs cellules filles à demeurer les unes avec les autres pour former un pseudomycélium.

Pour l'ensemble des candidas on peut observer trois aspects morphologiques différents :

- ❖ Levures isolées, arrondies ou ovalaires de $2 \text{ à } 4\mu \times 5 \text{ à } 10\mu$. Leur paroi est peu épaisse et l'examen à l'encre de chine montre l'absence de capsule (BARBESIER, 1960).
- ❖ Pseudofilaments constitués de courtes chaînettes de 5 à 10 levures alignées bout à bout et présentant des bourgeonnements terminaux ou latéraux (ce qui signe une activité pathogène élevée du parasite).
- ❖ Mycélium vrai résultant d'abord de la germination d'une levure en un court tube germinatif, puis de l'allongement pour former un hyphe dont la longueur atteint de 120 à 180. Ce phénomène est caractéristique de Candida albicans qui est très pathogène sous sa forme filamenteuse (EUZEBY, 1969).

III.2.3. Genre Aspergillus : Ce genre est caractérisé par la présence de filaments conidiphores vésiculeux à leur extrémité (aspect de goupillon). La formation simultanée de

phialides sur la vésicule aspergillaire. L'ensemble forme la tête aspergillaire. La formation de conidies disposées en chaînettes à l'extrémité des phialides (MARCOS et al, 1990).

III.2.4. Genre *Penicillium* : MONGA et KALRA (1971) citent ce champignon comme étant responsable de mammites.

III.2.5. Genre *Mucor* : Selon RAMISSE et al (1982), ce genre est présent dans 1,8% des laits sains et 2,7% des laits pathologiques. Son pouvoir pathogène sur la mamelle n'a jamais été démontré.

III.2.6. Genre *Rhizopus* : Ce genre se trouve dans le lait des quartiers sains (MONGA et KALRA, 1971) ainsi que dans des laits de mammites (SINGH et al, 1992).

III.2.7. Genre *Trichosporon* : Cette levure présente des aspects morphologiques différents selon que l'on observe en lésion ou en culture. En lésion, elle se présente sous forme d'arthrospores polygonales de 3 à 6 μ . En culture, on retrouve des formes blastosporées ou des filaments septés (RICHAUD et al, 1980).

III.2.8. Genre *Geotrichum* : Les espèces de ce genre sont très répandues dans la nature. *G candidum* se développe de façon optimale à 21°C et donne de larges colonies, à surface irrégulière, farineuse, de couleur grisâtre ou crème. En culture, il donne des hyphes et des chlamydospores. En lésions, il se présente sous forme d'arthrospores isolées, rectangulaires, cylindriques, en tonnelets ou ovalaires (KUMAR et DHILLON, 1975).

III.3. DIFFERENCIATION MICROSCOPIQUE :

Les levures et moisissures sont des micro-organismes très variés, et ne peuvent pas toujours être distingués macroscopiquement les uns des autres. Une différenciation peut être réalisée par observation microscopique.

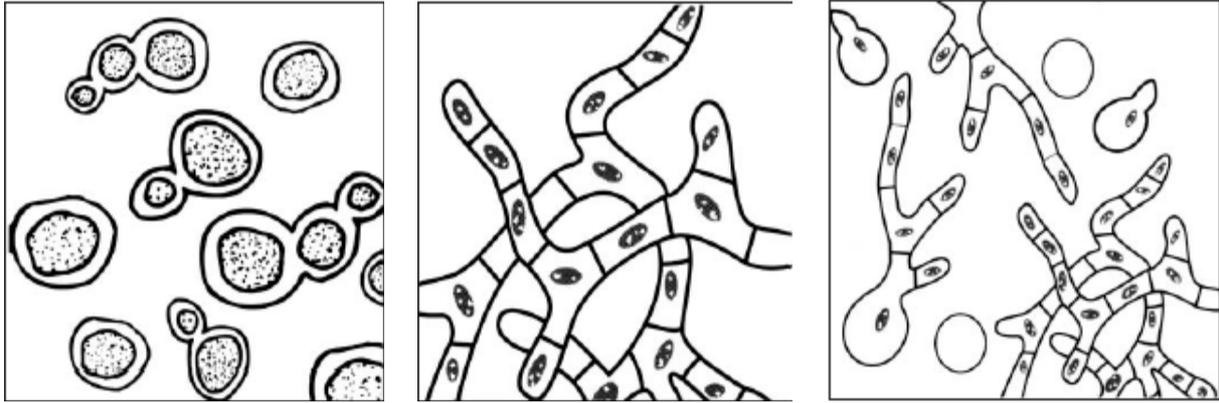


Figure 05 : Levures et moisissures. (A) : levures ; (B) Moisissures ; (C) : Moisissures à différentes étapes de la germination (VEISSEYRE, 1975).

III.4. La flore microbienne du lait cru :

III.4.1. La flore originelle :

Le lait contient peu des microorganismes lorsqu'il est prélevé dans des bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10^3 germes/ml) il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores :

Microcoques mais aussi streptocoques lactiques (lactococcus) et lactobacilles. Le lait cru est protégé contre les bactéries par des substances inhibitrices appelées « lactérines » mais leur action est une très courte durée (1 heure environ) (Guiraud.J.P, 1998).

D'autres microorganismes peuvent se retrouver dans le lait lorsqu'il est issu d'un animal malade ; ils sont généralement pathogènes et dangereux du point de vue sanitaire. Il peut s'agir d'agents de mammites, c'est-à-dire d'infection du pis tel que streptocoques pyogènes et les staphylocoques, il peut s'agir aussi des germes d'infection générale qui peuvent passer dans le lait en l'absence d'anomalies du pis : Salmonella, Brucella, agent de la fièvre de malte et exceptionnellement Listeria monocytogènes agent de la listériose ; Mycobactérium agent du charbon et Coxiella burnetii, les germes banaux du pis ne présentent pas de danger sanitaire mais pouvant développer abondamment dans le lait, les autres peuvent être responsables de maladies ou d'intoxication graves qui sont généralement limitées par la surveillance vétérinaire des animaux producteurs. (Guiraud.J.P, 1998).

III.4.2. La flore de contamination :

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

- ❖ **Fèces et tégument de l'animal** : Coliformes, Entérocoques, Clostridium, essentiellement entérobactéries pathogènes telles que, Salmonella shigella et Yersinia.
- ❖ **Sol** : streptomyces, Listeria, bactéries, sporules, spores fongiques...etc.
- ❖ **Litières et aliments** : flore banale variée, en particulier lactobacilles et Clostridium butyriques dans les ensilages.
- ❖ **Air et eau** : flores diverses telles que Pseudomonas, bactéries, sporulées...etc.
- ❖ **Equipement de la traite et de stockage du lait** : microcoques, levures et flore lactique avec lactobacilles, streptocoque tels que streptococcus et entérocooccus les leuco nostoc. flore souvent spécifique d'une usine.
- ❖ **Manipulateurs** : Staphylocoques dans le cas de la traite manuelle, mais aussi germes provenant d'expectoration, de contamination fécale...etc.
- ❖ **Vecteurs diverses** : insectes en particulier et flore de contamination fécale.

Parmi ces microorganismes, il en est donc d'inoffensifs dont certains capables d'entraîner seulement la détérioration du lait et 'autres dangereux du point de vue sanitaire. (Guiraud.J.P, 1998).

Tableau 08: la flore microbienne du lait (Leyral et Vierling, 2001).

Flore constante		Flore accidentelle	
Bactéries des canaux galactophores.	Bactéries contaminant le lait pendant et après la traite.	Bactéries d'origine fécale.	Bactéries présentes sur l'animal malade.
- <i>Lacobacillus</i> , -Streptocoques lactiques.	- <i>Pseudomonas</i> ; - <i>Flavobacterium</i> ; -Entérobactéries; -Microcoques; -Corynébactéries; - <i>Bacillus</i> ; - <i>Streptococcus fécalis</i> ; - <i>Clostridium</i> .	- <i>Clostridium</i> ; -Coliformes fécaux; - <i>Salmonella</i> ; - <i>Yersinia</i> ; - <i>Campylobacter</i> .	- <i>Streptococcus agalatae</i> ; - <i>Staphylococcus aureus</i> ; - <i>Brucella</i> ; - <i>Listeria</i> .

III.5. Les inhibiteurs du développement microbien dans le lait :

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

III.5.1. Inhibition spécifique :

Elle est due aux immunoglobulines. Ce sont des anticorps qui sont produits en partie dans la glande mammaire (Alais, 1983).

III.5.2. Inhibition 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 plus thermorésistante que les immunoglobulines. Le lysozyme est également connu comme bactéricide, mais le lait de vache en contient trop peu pour qu'il joue un rôle notable.

D'autres inhibiteurs ont été signalés en très faibles quantités dans le lait cru comme la lactoferine, la congulinine, la protéine liant la vitamine B12 et l'acide folique. Malgré tout l'intérêt théorique de cette constitution, il ne faudrait pas en pratique compter sur cette activité seule pour assurer la conservation du lait cru. (Guiraud.J.P, 1998).

III.6. Action de la flore du lait :

III.6.1. Aspect sanitaire :

Des germes pathogènes peuvent être présente dans le lait certains sont capables de se multiplier, d'autres sont simplement transmis dans ce dernier cas, on ne les retrouvera qu'en faible quantité.

La plupart des maladies graves citées ici, ne sont tout fois transmise qu'exceptionnellement par le lait.

La tuberculose due aux Mycobactérium du lait est rare, les brucelloses sont plus fréquentes en particulier à partir du lait de chèvre, typhoïdes, ou paratyphoïdes peuvent être causés par les Salmonella, des toxi-infections dues aux staphylocoques, des cas de dysenterie provoquées par shigélla, les intoxications par les Eschérichia Coli, entéro-pathogènes et les angines au scarlatine par des streptococcus pyrogènes mais elles sont très rares, la transmission du chardon de l listériose, de la fièvre femelle ou les maladies virales est exceptionnelle le danger potentiel étant considérable, les traitements appliquées au lait seront calculées de façon à éliminer tout risque. (Guiraud.J.P, 1998).

III.6.2. Aspect qualitatif :

De nombreux microorganismes 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 subit.

A - La surissement et acidification avec coagulation :

Le pH normal du lait étant de 6,6, la plupart des microorganismes du lait son capables de fermenter le lactose en produisant une acidification qui entraîne la coagulation de la caséine. Cette coagulation se produit à partir d'un pH de 4,6. Elle est facilitée par le chauffage du lait acidifié. Les fermentations microbiennes responsables de l'acidification sont de type homo ou hétéro lactique, les germes incriminés sont variable en fonction du type de contamination du lait et de la température de stockage 10 °C à 37 °C. Les germes les plus fréquemment impliqués sont lactococcus lactis (ex : streptococcus lactis) avec plus rarement association avec les coliformes entrécoques, microcoques et lactobacilles.

Au dessus de 37 °C les germes en cause sont des streptococcus thermophilus Entérocooccus fécalis (ex : streptococcus fécalis) ou lactobacillus bulgaricus lorsque le lait a été pasteurisé, l'acidification est produite par des germes thermotolérants ou des sporulés ayant résistés au traitement (clostridium bacillus). Lorsque des bactéries lactiques hétérofermentaires interviennent, il y a un dégagement du gaz qui peut conduire à la formation d'un caillé alvéolaire.

B - Protéolyse :

La protéolyse est favorisée par un long stockage à basse température. Elle peut se manifester directement par l'odeur et par une légère alcalisation du lait. Les germes incriminés sont micrococcus alcaligenes, aeromonas, bacillus, clostridium, pseudomonas, et les autres germes de la flore banale à gram négatif, ces microorganismes intervenant 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.

C - Filage :

Le filage peut être dû à des agents non bactériens (excès de crème, coagulation de la lactalbumine par chauffage) ou une action microbienne indirecte (passage de leucocytes et de fibrine dans le lait consécutivement à une mammite) ou direct, il est causé alors par les capsules micillagineuses de bactéries telles que alcaligenes viscosus, micrococcus, entérobacter ou leuco nostoc, qui se développent à faible température.

D - 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 *Alcoligens 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 syncyanea*), jaune (*Flavobactérium*) ou rouge (*Brevibactérium erythrogenes*) (Guiraud, 1998).

III.7. Modification du lait après la collecte :

Les méthodes de réfrigération du lait à la ferme en tanks réfrigérés et de collecte en citerne influencent considérablement la nature de la flore microbienne du lait cru. Avant l'implantation de ces méthodes, la flore dominante était constituée de bactéries lactiques. La conservation du lait au froid aboutit à une sélection des germes psychrotrophes capable de se multiplier à des températures égales ou inférieures à 7°C. Ces germes proviennent de sol; des eaux ou des fourrages (Larpen, 1996).

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 (*Streptococcus thermophilus*) sont résistants et peuvent poser des problèmes après ce traitement. La flore psychrotrophe (*Acinetobacter*, *Alcaligenes*, certains *Bacillus* et *clostridium*, *flavobacterium*, *Pseudomonas*) à la faculté de se développer à des températures de 3°C à 7°C) (Dilimi-Bouras, 2004).

Un lait pauvre en germes peut se conserver 3 jours à 4°C, s'il est refroidi dans de bonnes conditions. Le 3^{ème} jour le seuil de population bactérienne atteint 10⁶ bactéries/ml, c'est le seuil critique d'altération. Si le lait contient plus de 50000 germes par ml, ce seuil critique est atteint le 2^{ème} jour, au cours du laps de temps qui s'écoule entre la traite et le traitement du lait à l'usine (Larpen, 1996).

III.8. Facteurs de variation de la composition du lait :

III.8.1. Influence de la race :

La génétique a une forte influence sur le niveau de production et plus encore sur le taux, notamment de matière grasse (qui décide du rendement en beurre) et de protéines (qui commandent fortement le rendement en fromage).

III.8.1.1. Taux butyreux :

Le taux butyreux des normandes est supérieur à celui des françaises frisonnes d'environ 3 g par 100 et celui des françaises frisonnes à celui des HOLSTEINS de près de 2 g par 100. (Luquet ; 1985).

Chapitre III..... Composition biologique du lait

Les races bretonne, jersiaise, normande et porthenaise sont considérés comme des races beurrières (40 à 50 gramme de matière grasse / litre du lait) ; en revanche, le française frisonne pie noir dont l'aptitude laitière est très développée, produit un lait à plus faible teneur en matière grasse. (35 à 36 g/l).

Tableau n° 09 : taux butyreux de différentes espèces laitières.

Espèces	TB (g %)	Sources
-Bufflesse	8,6	KATYEGA, 1982
-Brebis	7,19	RIVEMALE, 1982
-Vache	3,87	LANDRE et MAUNISSON, 1983
-Chèvre	3,38	CRAPPIN et AL, 1981
-Races bovines :		
-Normande	4,1	
-Française frisonne	3,79	REMOND, 1979
-Holstein	3,65	

(Luquet.F.M, 1985).

III.8.1.2. Taux protéique :

L'écart du taux azote est de 2,2 g/p.1000 entre les races françaises frisonnes et les races normandes, et de 1,9 g .p.1000 entre les races Holstein et les races françaises frisonnes. Le lait contient 4 % de grasse environ et 3,6 % de protides. (Luquet, 1985).

III.8.1.3. Teneur en minéraux :

Le taux des calciums, phosphore, potassium et de sodium ainsi que ceux de certains oligo-éléments sont fortement héréditaires, ces éléments se retrouvent dans le lait de matières différentes :

- ❖ Liés à la caséine (Ca, P, Mg).
- ❖ En solution dans l'eau (K, Na, Cl).

❖ Absorbés à la surface des globules gras (Fe, Ca, Zn, Mg).

Le lait sera donc plus ou moins riche en tel ou tel élément.

Le lait de vache de la race Jersey est très riche en Ca, P, Mg, Cu et Zn. Ce lait est à la fois riche en caséine et globule gras.

- Le lait de la frisonne est riche en éléments solubles dans l'eau, K, Na et Cl. Ce lait est en effet moins riche en protéines et en matières grasses que celui de la race jersiaise.
- Celui de la normande est plus riche en Ca que celui de la frisonne ou de la montbéliarde. (Luquet ; 1985).

III.8.2. Influence de l'individu :

Si la teneur du lait de grand mélange d'une recette laitière ou d'une race entière ne change guère, celle des animaux prise individuellement peut présenter de grandes variations.

L'aptitude à produire beaucoup de lait ou un lait riche en matière grasse par exemple sont des caractères individuels se transmettant par hérédité.

Les principaux caractères extérieurs d'un bon animal laitier sont : la finesse et la délicatesse des formes, ampleur de l'abdomen et du bassin, une peau très souple, une mamelle volumineuse et régulièrement développée, avec veines mammaires bien marquées. (Lausanne ; 1969 et Veisseyre ; 1975).

III.8.3. Influence de l'âge :

La production laitière augmente durant les premières lactations et atteint le plus souvent son maximum à la 4^{ème} et 5^{ème} lactation.

A l'opposé de la production du lait, le taux butyreux est relativement stable avec l'âge. (Lausanne ; 1969 Crapl et Andal ; 1983).

III.8.4. Influence du nombre de vêlage :

D'après VEISSEYRE, la quantité de lait augmente généralement du 1^{er} veau au 5^{ème} ou 6^{ème} puis diminue sensiblement et assez vite à partir du 7^{ème} veau.

La production laitière diminue souvent pendant les chaleurs quelquefois le lait a tendance à devenir rance durant cette période. (Lausanne ; 1969).

III.8.5. Influence de l'époque de lactation :

Pendant les 3 ou 4 jours qui précèdent, le vêlage et les 6 ou 7 jours qui le suivent, la mamelle secrète un liquide visqueux jaunâtre, et amer, le colostrum dont les caractères analytiques essentiels sont les suivant : peu de lactose et beaucoup de matières azotées constituées surtout par des protéines qui coagulent par chauffage, beaucoup de matières minérales solubles, teneur normale en matières grasses, richesse accrue en peroxydases et catalases, acidité élevée (25 à 30 °D), présence d'un gros mono moléculaires lipophage et pauvreté en caséine. Le lait ne sera pas livré à la laiterie avant le 9^{ème} jour suivant, le vêlage et seulement s'il a la composition du lait normal. (Veisseyre ; 1975, Alais ; 1983).

III.8.6. Influence de la saison et du climat :

III.8.6.1. Influence de la saison :

L'influence de la saison se résumé dans :

- ❖ une production maximale au printemps et minimale en été selon l'influence de la saison de vêlage.
- ❖ Une teneur en matière grasse minimale à la fin du printemps et maximale en automne.
- ❖ Une teneur en matières azotées présentant deux minima (à la fin de l'hiver et à la fin du printemps) et deux maxima (en début du printemps à la mise à l'herbe et en automne avant le retour en stabilisation).
- ❖ Une teneur en calcium minimale en été et maximale au printemps, une teneur maximale en phosphore et minimale en sodium au printemps. En fin du pâturage les teneurs sont les plus basses pour le calcium et le phosphore.
- ❖ Les teneurs minimales en chlorure et en sodium s'observent en hiver et en fin d'hiver pour le potassium. (Luquet ; 1985).

III.8.6.2. Influence du climat :

Selon Luquet (1985), entre 5°C et 27°C le taux butyreux varie en fonction inverse de la température. Au dessus de 27 °C et en dessous de 5 °C, le taux butyreux augmente tandis que la quantité du lait diminue. L'action déprimante des fortes chaleurs sur la production à pour conséquence une diminution des ingestats et une augmentation de l'évaporation pulmonaire

concomitante à une faible sécrétion de thyroxine durant ces périodes, la composition du lait change il y a alors :

❖ Augmentation de l'azote non protéique et des acides palmitiques et stéariques.

❖ Diminution des lipides totaux, de la matière sèche de l'azote total du lactose, de l'acide oléique et des acides gras à courtes chaîne.

III.8.7. Influence du travail :

Il ne faut pas faire travailler (faire des labours) les vaches laitière car la production diminue rapidement à cause des éléments de la ration qui sont particulièrement brûlé pour permettre le travail musculaire ou sont perdus par la transpiration.

Le surmenage est néfaste et provoque de l'acidification du lait qui coagule facilement (Viesseyre ; 1975).

III.8.8. Influence de l'alimentation :

Une alimentation rationnelle des animaux règle le rendement laitier. Un animal insuffisamment nourri verra sa production laitière diminuer rapidement et son organisme s'affaiblir ; alors qu'un animal suralimenté engraissera et souffrira des troubles digestives qui auront finalement pour effet d'entraver la sécrétion laitière.

Certains aliments ou rations alimentaires ont une influence propres sur la production et la composition du lait. Lait ensilages de maïs permettent de produire un lait plus riche en matières grasses (de 3 à 4 g/kg) et en protéines (de 1 à 2 g/kg) que les rations à base de foin et d'ensilage d'herbe.

Durant l'été, on assiste souvent à une chute importante de la production laitière et du taux protéique en raison d'une herbe insuffisante en qualité et en quantité.

Certains aliments complémentaires (pulpes de betteraves, son lactosérum) utilisés en tant qu'aliment concentré ou en association avec les fourrages de bases ont dans dont la plupart des cas un effet favorable sur la composition du lait.

L'addition des graines oléagineuses à raison de 2 à 5 p.100 dans la ration totale (de performance en huiles) aux rations pauvres en matières grasses (2 à 3 p.100) telle que l'ensilage d'herbe ou le foin peut améliorer le taux butyreux de 1 à 2 g/kg.

Certains aliments peuvent communiquer au lait des défauts organoleptiques. C'est le cas de la moutarde, des choux, de l'ail des résidus industriels, pulpes ou déchets fermentés qui peuvent provoquer des troubles digestifs chez l'enfant qui consomme ce lait directement. (Viesseyre, 1975).

III.8.9. Influence de la traite :

La teneur en matière grasse du lait augmente fortement du début à la fin de la traite, alors que sa teneur en caséine a tendance à diminuer. La traite du matin a un taux butyreux plus faible que celle de soir.

La rétention lactée résulte du maintien à l'intérieure de la mamelle du lait qui devrait être expulsé, elle peut être due à un stress, une lésion du pis, une traite défectueuse, une interruption de traite ou à une absence de traite. La rétention lactée est caractérisée par un abaissement de la production. Quand on reprend la traite normale. On note des modifications sensibles de la composition du lait : augmentation des chlorures (saveur salée) et réduction du lactose de la matière grasse et des cendres, l'extrait sec non gras peut s'abaisser nettement au dessous de 90g/l comme si le lait était mouillé. L'acidité toujours faible ne dépasse pas 10 °D. Cette état de rétention peut favoriser la multiplication de certains germes car la mamelle est dans un faible état de résistance, une infection peut ainsi s'installer et conduire à une mammite. (Mahieu, 1985 dans Luquet, 1985).

CHAPITRE IV

Altération du lait cru

IV.1. Altération, défaut et pollution du lait cru :

IV.1.1. Introduction des substances étrangères :

IV.1.1.1. Pollution par les résidus d'antibiotiques :

Selon Veisseyre, 1975, un lait provenant de la première traite qui suit l'injection de pénicilline les animaux malades contient plusieurs milliers d'unités de cet antibiotique par litre. Un tel lait est dangereux parce que son injection par des nourrissons peut provoquer chez eux une pénicillino-résistance entraînant des difficultés de traitement en cas d'infections ultérieures ou des problèmes d'allergie.

Selon Mahieu, 1985 (dans Luquet, 1985) les antibiotiques ne sont pas détruits par la chaleur et on peut les retrouver dans les laits et les poudres du lait, rendent le lait inutilisable pour certaines fabrications, car les microbes utiles sont neutralisés dans leur développement.

D'après Ledrer, 1978, il ne faut jamais livrer au consommateur du lait produit dans les 96 heures après l'injection d'un de ces antibiotiques : divers sortes de dihydrostreptomycine, pénicilline et oxytétracycline. En général, un délai d'attente est à respecter avant la consommation de lait ou l'abattage (par la consommation de viande).

IV.1.1.2. Pollution par les résidus d'antiseptiques :

Les résidus antiseptiques proviennent surtout du nettoyage et de l'absence ou insuffisance de rinçage en retrouve dans le lait :

- Eau de javel.
- Détergents.
- Désinfectants (chlores, iodes).
- Eau oxygénée (fraude).
- Ammoniums quaternaires.

Selon Mahieu – Luquet, 1985 dans un litre 2 p100 d'une solution de chlore à 200 ppm entraîne un goût défectueux, 10 p100 de cette même solution provoque l'inhibition des streptocoques.

IV.1.1.3. Pollution par les mycotoxines :

Les mycotoxines produites par les champignons ou moisissures comme *Aspergillus flavus*, sont des substances très toxiques et cancérigènes (cancer du foie).

La présence de ces mycotoxines est exceptionnelle dans les aliments destinés à la consommation humaine mais elle peut être fréquente dans certains aliments du bétail, en particulier les tourteaux d'arachide provenant de graines conservées dans de mauvaises conditions. (Veisseyre, 1975).

IV.1.1.4. Pollution par les résidus de pesticides :

Selon Mahieu – Luquet, 1985, on appelle « pesticide » les produits antiparasitaires naturels ou de synthèse utilisée en agriculture lors du stockage des denrées alimentaires. En médecine vétérinaire et insecticides, les mauvaises herbes, les champignons et les microorganismes.

Selon Veisseyre, 1975, les trois sources principales de pollution du lait par les pesticides organochlorés sont les suivantes :

- ❖ le traitement des étables et des locaux de stockage des aliments.
- ❖ L'alimentation des animaux : les végétaux (céréales, betteraves et tourteaux) qui entrent la ration des animaux peuvent être pollués par les produits phytosanitaires à base d'HCH hépoxyde d'heptachlore, d'aldrine et de dieldrine d'hexachlorobenzen (HCB).
- ❖ Les interventions thérapeutiques sur les animaux : les traitements des ectoparasites.

IV.1.1.5. Pollution radioactives :

Elles sont dues essentiellement aux retombées provoquer par explosions nucléaire.

Selon Veisseyre, 1975, les éléments radioactifs s'accumulent dans le sol et contaminent les eaux et les végétaux qui sont capables d'assimiler les isotopes. Il en résulte une contamination des animaux et une pollution du lait dans la mesure où les produits radioactifs présentent chez l'animal, un métabolisme comparable à celui des mêmes produits non actifs.

IV.1.1.6. Pollution par les éléments métalliques et métaux lourds :

La contamination du lait par des résidus métalliques est surtout due au contact du lait avec des surfaces métalliques non étamées : cuivre, fer, plomb, iode...etc. certains des éléments sont nécessaires à la vie, mais ils deviennent toxiques même à partir d'une dose généralement très faible.

Le fer et le cuivre sont des catalyseurs d'oxydation, leur présence influe sur l'oxydation de la matière grasse et le développement d'une flaveur d'oxydation. Un excès de fer peut être responsable du jaunissement ou du noircissement des produits laitiers et de défauts de goût. (Luquet, 1985).

IV.1.2. Modification des éléments normaux du lait :

IV.1.2.1. Altération d'origine microbienne :

IV.1.2.1.1. Acidification spontanée et coagulation lactique :

Selon Rozier et Coll, 1985, l'acidification à la transformation du lactose en acide lactique par les bactéries lactiques (*Streptococcus lactis*) lorsque l'acidité atteint 35 à 40 °D ; la coagulation intervient à la température ambiante.

Selon Oteng-Gyang, 1984, il y a deux types de bactéries lactiques : les lactiques homofermentaires qui produisent principalement l'acide lactique avec quantités faibles d'acide acétique et les lactiques hétérofermentaires productrices de quantité relativement élevées d'acide acétique en plus de l'acide lactique et du CO₂. il y a très peu de production d'acide dans le lait stocké à des températures proches de zéro, mais il peut y avoir une protéolyse.

D'après Veisseyre, 1975, les bactéries lactiques ne sont pas les seuls agents de l'acidification. De nombreux autres microorganismes peuvent la provoquer tel que les coliformes, entérocoques, microcoques, staphylocoques et *Clostridium*.

IV.1.2.1.2. Production des gaz :

D'après Oteng-Gyang, 1984, dans le lait cru stocké entre 0 °C et 37 °C, les microorganismes producteurs du gaz sont souvent les bactéries coliformes. Les bactéries lactiques hétérofermentaires et les levures capables de fermenter le lactose, le *Clostridium* et les *Bacillus* se développent rarement à des températures de réfrigération.

IV.1.2.1.3. Modification de la viscosité :

Ce phénomène peut être d'origine microbienne ou non. Lorsqu'il est d'origine non microbienne, il est dû à la présence de fibrine et de leucocytes qui passent dans le lait pendant la traite, donnant du lait visqueux. Le lait visqueux, lorsqu'il est d'origine bactérienne est formé par la présence de produits mucilagineux associées aux capsules des cellules bactériennes. Les bactéries responsables de cette anomalie sont : *Alcaligenes viscolatis*, *Micrococcus freudenreichi*, les coliformes tel que ; *Escherichia Coli*, *Streptococcus lactis* et les *Lactobacillus casei*, *L.bulgaricus*, les genres *Pseudomonas*, *Alcaligènes* et *Micrococcus* peuvent produire l'alcalinité du lait sans protéolyse. (Oteng - Gyang, 1984).

IV.1.2.1.4. Décomposition des lipides :

Selon Oteng-Gyang, 1984, les bactéries, les levures et les moisissures peuvent toutes décomposer la matière grasse du lait et entraîner les altérations suivantes :

- ❖ Oxydation des acides gras non saturés.
- ❖ Hydrolyse les lipides, acides gras et glycérol par les lipases.
- ❖ Combinaison oxydation et hydrolyse pour produire le rancissement.

IV.1.2.1.5. Modification de la couleur :

La couleur du lait déterminée par les facteurs suivants :

- ❖ l'épaisseur du lait.
- ❖ La teneur en sang (leucocytes) et pus.
- ❖ La composition physico-chimique, par exemple la couleur de la matière grasse.
- ❖ L'alimentation de l'animal.

D'après Veisseyre, 1975, et Oteng-Gyang, 1984, d'autres altérations de la couleur sont provoquées par la croissance des bactéries, levures pigmentées à la surface du lait.

- ❖ Le lait bleu dû au développement en milieu de *Pseudomonas cyanogènes*.
- ❖ Le lait jaune dont est responsable *Pseudomonas synscantha*.
- ❖ Le lait rouge dû à la pollution de *Serratia marcescens*.

IV.1.2.1.6. Modification de la saveur :

D'après Veisseyre, 1975 et Oteng, 1984, certains microorganismes sont responsables d'une modification de la saveur du lait en donnant :

- ❖ un goût amer provoqué par des Streptocoques, Leuco nostoc, Coliformes et Clostridium.
- ❖ Une saveur amara provoquée par Torula amura.
- ❖ Un goût de poisson, goût de fruit, provoqués par des levures.
- ❖ Un goût de cuit, de brûlé, de malt et de caramel provoqués par des Streptocoques lactiques.
- ❖ D'autres bactéries peuvent parfois développer des goûts de noix de navet et de savon.

IV.1.2.2. Altération d'origines enzymatiques :

IV.1.2.2.1. Protéolyse et putréfaction :

La protéolyse peut être due à l'action de l'une des protéases naturelles du lait la protéolyse alcaline ou plasmine, qui libère des caillots de purine ; mais les conséquences les plus graves sont dues à l'action des protéases des bactéries psychrotrophes. (Luquet, 1985).

Selon Veisseyre, 1975, après l'acidification du lait, les microorganismes peuvent intervenir pour brûler l'acide lactique formé. Ce sont surtout les moisissures (Geotricum, Penicillium et Mucor) qui sont responsables de cette combustion. L'acide lactique disparu, la dégradation des matières azotées devient possible, les germes protéolytiques qui entrent en jeu sont des moisissures et certaines bactéries.

Selon Oteng-Gyang, 1984 les microorganismes protéolytiques du lait peuvent produire de l'acide en même temps qu'ils dégradent les protéines. Ce phénomène s'appelle l'acido-protéolyse et entraîne la formation d'un lait caillé, contacté avec une quantité assez élevée de lactosérum.

Les microorganismes qui sont responsables des ces modifications dans le lait sont les Micrococcus, Alcaligènes, Pseudomonas, Proteus, Achromobacter et Serratia, en plus de certaines bactéries sporulées Bacillus et Clostridium quelques unes parmi elles se développent à des températures de réfrigération même si le lait cru est collecté sous des conditions

strictement aseptiques, il contient des *Micrococcus acido protéolytique* de la flore initiale de la mamelle.

IV.1.2.2.2. Lipolyse :

Au sens étymologique, le mot lipolyse signifie dissolution et destruction des graisses (du grec lipos : grasse et lysis : dissolution).

D'après Mahieu; 1985 dans Luquet, 1985, la matière grasse laitière étant constituée dans sa presque totalité de triglycérides, (79 à 98 % en poids), l'hydrolyse enzymatique de ces triglycérides libérera des acides gras libres (AGL) et donnera des diglycérides et monoglycérides.

La lipolyse étant une hydrolyse enzymatique, elle sera donc caractérisée par l'action d'un système enzymatique (les lipases) vis-à-vis d'un substrat (la matière grasse laitière). Elle peut être présente sous trois formes :

A - Lipolyse spontanée :

La lipolyse spontanée est définie comme la lipolyse qui se développe apparemment sans agitation mécanique du lait cru. (Luquet, 1985).

VEISSEYRE, 1975 a montré que certains laits sont anormalement riches en lipases et altèrent donc très rapidement. Ils proviennent souvent d'animaux présentant des troubles physiologiques.

B - Lipolyse microbienne :

Mahieu 1985 dans Luquet, 1985 a cité qu'au cours du laps de temps qui s'écoule entre la traite du lait jusqu'à son arrivée, à l'usine, une flore microbienne se développe ; la flore psychotrophe. Ce développement est d'autant plus grand que le laps de temps comprenant le refroidissement à la ferme, la collecte et le stockage à l'usine est plus important, il faut atteindre plusieurs jours dans les conditions naturelles.

La microflore des laits réfrigérés est constituée principalement des bactéries Gram - du genre *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Alcaligènes* et *Entérobacter*. Bien que quelques Gram + aient été isolés (*Bacillus* et *Micrococcus*) la plupart de ces bactéries montrent une activité protéolytique et lipolytique mais il faut des teneurs de l'ordre de 10^6 à 10^7 germes/ml pour voir apparaître dans le lait cru des défauts de goût marqués.

C- Lipolyse induite :

La lipolyse induite est définie comme étant la lipolyse déclenchée dans le lait cru par une agitation mécanique ou une turbulence du lait.

Si le lait cru est soumis à une agitation ou un turbulence excessive, la membrane du globule gras peut être rompue, pour conséquence de permettre aux enzymes d'aller au contact des triglycérides qui sont alors hydrolysés. L'agitation maximale semble se produire pendant la manipulation du lait lors de la collecte et la laiterie. (Luquet, 1985) .

IV.1.2.3. Altérations d'origine physico-chimique :

La saveur oxydée serait constituée essentiellement par deux éléments bien distincts, le premier (goût huileux, suiffeux et métallique) et dû aux produits d'oxydation de la matière grasse : peroxydes des aldéhydes et surtout cétones, le seconde (goût de papier et de carton) est lié à la présence de substances volatiles encore mal connue qui apparaissent à la suite de réaction se produisant dans le lait cru exposé à la lumière que l'on ne doit pas conforme avec la rancidité qui est enzymatique.

L'acide ascorbique, les carotènes et les tocophérols peuvent inhiber ou freiner l'apparition de la saveur oxydée. La diminution de ces substances dans les laits d'hiver est de nature à favoriser le développement de la saveur oxydée.

Il y a résistance à l'oxydation du lait provenant de certaines races bovines. Ainsi les vaches normandes produisant un lait plus riche en carotènes qui est moins sensible à l'oxydation que celui des vaches frisonnes ou montbéliardes.

Certains facteurs physiques et chimiques favorisent le développement d la saveur oxydée : la lumière, la présence de sels des métaux lourds tels que le fer, le zinc et surtout le cuivre qui est le métal le plus actif même à l'état de traces. (1 à 2 mg/l) (Veisseyre, 1975).

CHAPITRE V

Traitement du lait

V.1. TRAITEMENT DU LAIT :

L'évolution des processus technologiques des techniques de conservation et de distribution a permis l'élaboration d'une large gamme de "lait de consommation" qui se distinguent par leur composition, leur qualité nutritionnelle et organoleptique et leur durée de conservation (Brulé et *al.*, 2008).

D'après Jeantet et *al.*, (2008) ; les laits destinés à la consommation humaine peuvent être classés en deux catégories:

- ❖ Lait non traité thermiquement: lait cru ou microfiltré ;
- ❖ Lait traité thermiquement: pasteurisé ou stérilisé;

Ces laits ne subissent que des traitements physiques tels que la standardisation en matière grasse et/ou protéines, minéraux et vitamines, l'homogénéisation pour éviter le problème de crémage, le chauffage pour détruire tout ou partie de la flore ou la microfiltration pour réduire la charge microbienne.

V.1.1. Lait non traité thermiquement :

V.1.1.1. Lait cru :

Le lait cru propre provenant d'un animal sain contient en général moins de 1000 micro-organismes par Cm^3 . Ce sont des streptocoques lactiques (*Lactococcus*), des *Lactobacillus*, parfois des *Micrococcus*, commensaux du pis.

Des micro-organismes pathogènes provenant de la vache malade ou d'une contamination par les manipulateurs peuvent être présents dans le lait: *Streptococcus* à l'origine d'une infection du pis (mammites), *Brucella* (brucelloses), *Mycobacterium bovis* et *tuberculosis* (tuberculose) en sont des exemples (Joffin et Joffin, 2000).

Selon Jeantet et *al.*, (2008) ; Le lait doit provenir:

- ❖ D'animaux sains reconnus indemnes de brucellose et de tuberculose ;
- ❖ D'exploitations labellisées, soumises à un contrôle vétérinaire strict;
- ❖ D'une préparation (traite, conditionnement, stockage) effectuée dans des conditions hygiéniques satisfaisantes.

La flore du lait cru est abondante et susceptible d'évoluer rapidement. Il faut donc abaisser sa température à moins de 10°C le plus rapidement possible, ou mieux, dans l'heure qui suit la traite (Guiraud, 1998).

V.1.1.2. Lait microfiltré :

La microfiltration 1.4µm permet d'obtenir un lait de consommation au goût originel préservé qui bénéficie de 21 jours de DLC. Les micro-organismes sont concentrés à des températures de l'ordre de 50°C dans le retentat (souvent appelé "retentat bactérien"). L'ensemble des autres constituants étant transféré dans le permeat "microfiltrat". Le lait est écrémé au préalable, et la crème est réincorporée au microfiltrat obtenu après un traitement thermique spécifique (Jeantet et al., 2008).

L'introduction de la microfiltration permet de doubler la date limite de consommation (DLC) par rapport à des laits pasteurisés (Brulé et al., 2008).

V.1.2.Lait traités thermiquement :

V.1.2.1. Lait pasteurisé :

La pasteurisation est un traitement thermique qui garantit la destruction de tous les germes pathogènes éventuellement présents tels que *Mycobacterium tuberculosis* ; *Salmonella*, *Brucella* et la majorité des bactéries responsables d'altération (Frédot, 2007).

La pasteurisation inactive en outre la phosphatase du lait cru ainsi que d'autres enzymes. Le lait pasteurisé peut être obtenu de plusieurs façons (Guiraud, 1998).

A- La pasteurisation basse: 62 à 65°C pendant 15 – 20 minutes (appelée thermisation) (Grospon, 1988).

B- La pasteurisation haute : 71 à 72°C pendant 15 – 40 secondes ou UHST (High Temperature Short Time).Elle est réservée au lait de bonne qualité hygiénique (Brulé et al., 2008).

La DLC (date limite de consommation) des laits ayant subi une pasteurisation haute est de 7 jours après conditionnement (Jeantat et al., 2008).

C- Flash pasteurisation: 85 – 90°C pendant 1- 2 secondes, elle est pratiquée sur les laits crus de qualité moyenne (Brulé et al., 2008).

La destruction des bacilles tuberculeux est souvent prise comme référence pour le choix du barème de pasteurisation (Jeantet et *al.*, 2008).

V.1.2.2. Laits de longue conservation :

Ces laits ont subi un traitement thermique de type "stérilisation" dont l'objectif est de détruire tous les micro-organismes qu'il s'agisse de formes végétatives ou sporulées (Brulé et *al.*, 2008).

Selon le procédé de stérilisation, on distingue le lait stérilisé et le lait stérilisé UHT (Lesseur et Melik, 1990).

A - Lait stérilisé :

La stérilisation consiste en la destruction de toutes les formes pathogènes ou toxigènes, mais également de toutes les formes révivifiables.

Le lait stérilisé est obtenu par 20 minutes de chauffage à 120°C dans un emballage étanche. Il peut se conserver très longtemps à température ambiante (Guiraud, 1998).

B - Lait UHT :

C'est un lait traité par la chaleur, la quelle doit détruire les enzymes, les micro-organismes pathogènes (Lesseur et Melik, 1990).

Le lait est traité à 135 – 150°C / 1- 6 secondes. La date limite d'utilisation optimale (DLUO) est de 120 jours (Jeantet et *al.*, 2008).

V.1.2.3. Lait concentré :

Après pasteurisation, le lait est soit évaporé, homogénéisé et stérilisé dans un emballage étanche, par exemple 2.5 secondes à 150°C (lait concentré non sucré), soit sucré pendant ou avant l'évaporation et emballé sans stérilisation (lait concentré sucré) (Guiraud, 1998).

V.1.2.4. Lait en poudre :

Produit obtenu par déshydratation du lait. Elle peut être obtenue de différentes façons (Bourdier et *al.*, 1981)

Le lait écrémé concentré à un extrait sec de 35 à 50% est séché par pulvérisation dans un courant d'air chaud à 140- 150°C ou par atomisation. La poudre contient 4% d'eau, elle est blanche et peu modifiée dans sa composition, en dehors de l'abaissement de quelques vitamines et enzymes. Le lait sec entier (non écrémé) est un produit assez fragile, le meilleur moyen de le conserver est le conditionnement sous vide; en récipient hermétiquement clos (Alais et *al.*, 2008).

V.1.2.5. Lait spéciaux :

Une large gamme de laits de consommation, différant par leur composition et leur qualité nutritionnelle, est apparue sur le marché afin de satisfaire la demande du consommateur. On peut ainsi trouver des laits infantiles, vitaminés; enrichies (calcium; phosphore, fibres, magnésium), laits biologiques ou encore des laits de croissances, laits aromatisés, délactosés, etc. (Brulé et *al.*, 2008).

Le tableau ci-dessous représente un diagramme général de la fabrication de quelques types de lait :

Tableau 10: tableau général de la fabrication du lait (Frédot, 2007).

	Laits frais		Laits longue conservation	
	Lait cru	Lait frais pasteurisé	Lait stérilisé	
Traitement	Réfrigération à la ferme	Pasteurisation	stérilisation	Stérilisation UHT
Objectif	Le lait reste intact, avec sa flore d'origine	Destruction totale des germes pathogènes	Destruction de tous les germes qu'ils soient pathogènes ou non	
Mode de conservation (en emballage fermé)	Réfrigération	Réfrigération	A température ambiante	
Durée de conservation (en emballage fermé)	48h	7 jours	150 jours	90 jours
Durée de conservation (en emballage ouvert)	Au froid: 48h	Au froid: 2à 3 jours		
Conseil de consommation	Il faut le faire bouillir avant de le consommer	On le consomme directement sans le faire bouillir		

V.2.Influence des traitements sur la qualité nutritionnelle et bactériologique du lait :

Tous les constituants du lait (protéines, matière grasse, lactose, minéraux et vitamines) ne se retrouvent pas entièrement sous forme native selon les traitements appliqués. Les traitements mis en œuvre ne sont jamais inoffensifs, ils entraînent toujours une perte de la valeur nutritionnelle (Brulé et *al.*, 2008).

V.2.1. Pasteurisation :

La pasteurisation moins longue que la stérilisation aboutit à un maintien des qualités organoleptiques et nutritionnelles des produits traités (Clément, 1978).

Elle ne modifie pratiquement pas la saveur du lait, et ne change que très peu sa valeur nutritionnelle. La perte de Thiamine est de 0 à 10%, celle d'acide ascorbique plus élevée, mais sans importance nutritionnelle (Cheftel et Cheftel, 1992).

Elle assure une destruction partielle des germes pathogènes, mais de nombreuses bactéries résistent et au bout de quelques heures, leur croissance reprend (Guidicelli et Gounelle, 1993).

On a l'exemple de *Streptococcus* (dont *S.thermophilus*), les microcoques et l'ensemble des bactéries sporulées (telles que *Bacillus* et *Clostridium*) (Frédot, 2007).

La pasteurisation haute détruit la phosphatase alcaline par contre la peroxydase reste active tandis que la flash pasteurisation les détruit toutes les deux (Brulé et *al.*, 2008).

V.2.2. Stérilisation :

A côté des avantages dus à l'absence de micro-organismes, et à une plus facile digestibilité des protéines, la stérilisation comporte toutefois divers inconvénients, surtout lorsqu'elle n'est pas effectuée par une méthode "Haute Température- courte durée" (Cheftel et Cheftel, 1992).

Sur le plan nutritionnel, on observe des pertes en Thiamine, vitamines B₁₂ et B₆ (Jeantet et *al.*, 2008).

On observe d'autre part une libération partielle d'hydrogène sulfuré à partir des résidus de cystéine, une certaine déphosphorylation des résidus de la sérine, et une diminution de la disponibilité de la lysine (Cheftel et Cheftel, 1992).

Des interactions protéines-lactose produisent le brunissement, le goût de cuit apparaît, l'équilibre minéral Ca/P est déplacé vers la forme insoluble (Alais et *al.*, 2008).

Le traitement du lait par UHT permet de mieux préserver les qualités nutritionnelles et organoleptiques originelles du lait (Brulé et *al.*, 2008).

Le produit prend néanmoins parfois un goût de cuit au cours de sa conservation (Guidicelli et Gounelle, 1993).

Des problèmes de stabilité physico-chimique liés à des phénomènes de précipitation, floculation et gélification dus à une protéolyse ménagée des caséines par la plasmine résiduelle ou des protéases microbiennes très thermorésistantes (Jeantet et *al.*, 2008).

V.2.3. Séchage :

Le lait sec n'est pas stérile, il est stabilisé par déshydratation (obtention d'une faible activité d'eau a_w):les traitements subis laissent subsister les bactéries sporulées aérobies ou anaérobies mésophiles ou thermophiles (respectivement *Bacillus coagulans*, *Bacillus stearothermophilus*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium thermosaccharolyticum*; *Desulfotomaculum nigrificans*). Si l'humidité augmente, les laits secs peuvent être dégradés par ces bactéries ou par d'autres germes ayant contaminé au moment du conditionnement (levures et moisissures, entérobactéries dont *E. coli* microcoques et streptocoques).

Des problèmes sanitaires liés à la présence de certaines de ces bactéries, de *Staphylococcus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella*, *Clostridium perfringens*, ainsi qu'à celle de mycotoxines sont rares (Guiraud, 1998).

V.2.4. Concentration :

Les progrès réalisés dans la technologie industrielle de l'évaporation permettent de limiter notablement l'action thermique sur le lait. La valeur nutritionnelle des laits concentrés est très proche de celle du lait frais (Trémolière et *al.*, 1980).

D'après Guiraud (1998) ;

- ❖ Lait concentré non sucré: il s'agit d'une stérilisation ayant détruit les micro-organismes.
- ❖ Lait concentré sucré: il s'agit d'une stabilisation par le sucre: il n'y a qu'inhibition du développement. Ce lait peut être altéré par des moisissures, des levures (*zygosaccharomyces rouxii*) ou des microcoques, en particulier lorsqu'il est en vrac.

CONCLUSION

Conclusion :

Le lait cru désigne un lait animal brut, qui n'a pas subi de pasteurisation, de stérilisation, de thermisation, de microfiltration. Un lait cru n'a jamais excédé la température de 40 degrés Celsius, c'est-à-dire proche de la température du corps de l'animal.

Le lait de vache est un aliment périssable qui est très vite colonisé par de multiples bactéries qui en modifient les caractéristiques chimiques et en dégradent les composants. La résultante la plus classique est l'acidification du milieu (dégradation du lactose en acide lactique) conduisant à une coagulation des protéines : le lait « tourne ».

La consommation de lait cru a cessé principalement dans les milieux urbains occidentaux, après la découverte de la pasteurisation en 1864, mais elle s'est maintenue dans les milieux ruraux et particulièrement dans les régions où des fermes laitières sont présentes.

Chez les animaux sains, le lait sort de la mamelle sous forme quasi-stérile, mais les infections de la mamelle (mammites) sont nombreuses¹ et cela en résulte souvent par des contaminations avec les staphylocoques, streptocoques ou *Escherichia Coli*.

Le lait peut ensuite être contaminé par la terre, la paille, les déjections, sources riches en micro-organismes sporulés (*Bacillus*, *Clostridium*), *Micrococcus*, salmonelle et listeria.

Les autres sources de contamination sont les machines à traire et les cuves de stockage, dont le but est, grâce au refroidissement, de limiter la croissance des germes en général, mais qui ne pourront empêcher l'augmentation des germes psychrophiles comme *Pseudomonas*.

Les pays interdisant la commercialisation de lait cru fondent leur jugement sur un historique de TIAC mettant essentiellement en cause les salmonelles, *Escherichia Coli* et la listeria.

Tout comme le lait maternel destiné aux nourrissons doit être consommé cru, le lait cru des animaux présentes des avantages nutritionnels par rapport au lait dénaturé par pasteurisation. Des études montrent que le lait cru agit, entre autres, comme un anti-bactérien, un anti-oxydant et qu'il prévient des allergies et de l'asthme.

Tout aliment cru offre généralement davantage de vitamines, de minéraux et d'enzymes qui peuvent servir à la digestion que ce même aliment cuit. C'est un des arguments en faveur du crudivorisme. Cependant sur un plan général, il n'existe pas de différence significative entre le lait cru et le lait pasteurisé.

Le lait cru renforcerait aussi le système immunitaire .

Lait cru de vache commercialisé dans certains supermarchés du Massif central.

Le lait cru ne sera pas exempt des bactéries infectieuses qui viennent de l'animal qui l'a fabriqué ou des conditions d'entreposage ou de transport insalubres. Cela justifie donc les efforts des éleveurs et des laiteries pour améliorer sans cesse l'hygiène dans leur mode de production.

En termes de santé publique, comme la listériose est la troisième infection néonatale après les infections à *Escherichia coli* et streptococcus, il convient de respecter scrupuleusement les normes européennes de commercialisation du lait, ceci étant possible grâce aux techniques de réfrigération, et aux pratiques de suivi sanitaire des troupeaux.

Le lait cru mal conservé, porteur des germes ci-dessus (en particulier de *listeria* et aussi de germes de zoonoses) était une grande cause de mortalité infantile dans les villes au XIX^e siècle. La pasteurisation a permis le transport et la conservation du lait dans des conditions sanitaires acceptables.

Les zoonoses comme la brucellose, la tuberculose, le typhus et la listériose étaient des maladies présentes de manière endémique dans les cheptels jusqu'au milieu du XX^e siècle.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques :

- **Adrian, J.** Valeur alimentaire du lait, la maison rustique, paris, 1992, 75,-95.
- **Adrian, J.** Les vitamines. In : CEPIL. Le lait matière première de l'industrie laitière.
- **Adrian J., Potus J. et Frangue R., 1995.** La science alimentaire de A à Z .2^{ème} édition Tec et Doc. Paris. P246.
- **Akako (J.A.)** .Cours magistral de pathologie Infectieuse : Maladies virales. 3e Année, EISMV de Dakar, 1983-84.
- **Alais.C ; 1983** .Sciences de lait, principe de techniques laitières 4^{ème} édition Sépaic – pp.327, 502.
- **Alais C., Linden G. et Miclo L., 2008.** Biochimie alimentaire. 6^{ème} édition de l'abrégé Dunod. Paris. p 192.
- CEPIL –INRA, paris, 1987, 113-119.
- **Alais, C.** Science du lait. Sépaic, Paris, 1984.
- **Amiot, J. Lapointe-Vignola, C.** Science et technologie du lait : transformation du lait, 2002. Presses intl polytechnique, quebec. 600.
- **Amiot J., Fournier SL., Lebeufy, Paquin P., Simpson R. et Turgeon H., 2002.** composition, propriétés physico-chimique, Valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait *in* Science et technologie du lait. Édition ISBN. Canada. P28.
- **Apfelbaum M., Forrat C. et Nillus P., 2001.** Diététique et nutrition .5^{ème} édition Masson. Paris. P312.
- **Audigie Cl., Figarella J. et Zonszain F., 1978.** Manipulation d'analyse biochimique. Soin éditeur. Paris. P233-237.
- **Baron F., Jeantet R., Schuck P. 2006.** Évaluation des caractéristiques physico-chimiques et de la qualité des aliments *in* Science des aliments. Édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P 354-355.
- **Billaudelle (D.)** .Moisissures et mycotoxines dans les denrées alimentaires animales d'origine animale Th : Méd. Vét. : Toulouse, 1977, n 81.
- **Boivert (C.D.C.)** : Contribution à l'étude de la contamination du lait : mise en évidence de virus dans le lait cru par la microscopie électronique Th d. vêt: Toulouse, 1980, n 66.
- **Boudier J.F et Luquet F.M 1981** . Dictionnaire laitier, édition Lavoisier pp. 13-97.
- **Bouix (M.) et Leveau** .Les microflores responsables des transformations : les levures, p 130 ~ 145, *in* Techniques d'analyses et de Contra le dans les IAA : Le contrôle microbiologique .Vol. III, Paris: Techniques et Doc., 1980, 331 p.

- **Brulé G., Jeantet R., Groguennec T., Mahaut M. et Schuck P., 2008** .Les produits laitiers. 2^{ème} édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P1-19.
- **Banks, W.** Milk lipids. International dairy federation , bull, 1991, 260, 3-6.
- **Barbesier, J.** les champignons levuriformes dans les mammites des vaches laitières. Archives de l'institut pasteur d'alger. 1960, 38(2), 213-239.
- **Barillet, F ; Boichard, D.** Studies on dairy production of milked ewes. I. estimates of genetic parameters for total milk composition and yield, 1987. Genet. Sel Evol., 19, 459-474.
- **Blanc.** Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. Lait, 62 : 1982, 350 -395. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 104.
- **Blanc, B.** biochemical aspects of human milk- comparison with bovine milk. WORLD Rev Nutr Diet, 1981. 36: 1-89.
- **Bragere, H.** Le lait, cours d'HIDAOA, ecole nationale vétérinaire de Toulouse
- **Brule, G** .les mineraux. In CEPIL. Le lait matiere première de l'industrie laitière CEPIL-INRA, paris, 1987,87-98.
- **Brunner, J.** Cow milk proteins : twenty five years of progress. J dairy Sci, 1981, 64 : 1038-1054.
- **Belghali N., 2008.** Contrôle et évaluation de la qualité hygiénique du lait fermenté industriel "Leben" commercialisé. Thèse d'ingénieur d'état INATAA. Tiaret.
- **Bourdier J-F. et Luquet F-M., 1981.** Dictionnaire laitier. 2^{ème} édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P 108.
- **Brulé G., Jeantet R., Groguennec T., Mahaut M. et Schuck P., 2008.** Les produits laitiers. 2^{ème} édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P1-19.
- **Cartier, P ; Chilliard, Y.** Dosage de l'activité lipasique et des acides gras libres du lait par titration automatique calorimétrique, 1984. Lait 64. 340-355.
- **Claude Laurent** . Conservation des produits d'origine animale en pays chauds. (Techniques vivantes) Presses Universitaires de Paris, 1974,154 p.
- **Cayot, P ; Lorient, D.** Structures et technofonctions des protéines du lait. Arilait. Recherche, Lavoisier, paris, 1998 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 105.
- **Collomb, M.** Analyse de la composition en acides gras de la graisse de lait.Optimisation et validation d'une méthode générale à haute résolution, 2000.Trav. Chim. Alimentat. Hyg, 306-332.
- **Coubronne, C.** variation de quelques parameters biochimiques du lait en relation avec l'alimentation des vaches laitières etude dans deux élevages, 1980, ecole vet alfort, paris.

- **Coulon, JB.** Effet du stade physiologique et de la saison sur la composition du lait de vache et ses caractéristiques technologiques . rec. Med.vet.,1994,170 (6/7) : 367-374.
- **Cheftel J.C. et Cheftel H., 1992.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments volume 1. Édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P 49-50.
- **Cheftel J.C., Cuq J.L. et Lorient D., 1992.** Protéines alimentaires, biochimie, propriétés fonctionnelle, valeur nutritionnelle, modifications chimiques. Édition Tec et Doc. Paris. P157.
- **Clement J.M., 1978.** Dictionnaire des industries alimentaires. Édition Masson. Paris. P216.
- **Danish T., 1987.** Technologie laitière. édition Pasilac. P2.
- **Dilimi-bourasA., 2004.** Biochimie alimentaire. Office des publications universitaires. Alger. P97.
- **Danish T., 1987 .** Technologie laitière. Édition Pasilac. P2.
- **De Buyser (M.L.) .** Les micro-organismes des -toxi-infections : Staphylococcus aureus, p. 211-220 in Techniques d'analyses et contrôle dans les IAA : Le contrôle microbiologique Vol. III, Paris : Techniq. et Doc., 1980, 331 p.
- **Dilimi-bourasA., 2004 .** Biochimie alimentaire. Office des publications universitaires. Alger. P97.
- **Destouet, JL.** Les protéines du lait : variations de leurs concentrations et applications , thèse de doctorat vétérinaire, toulouse, 1989
- **Enjalbert, F.** Alimentation et composition du lait de vache . point vet, 1993, 25 (156) : 769-778
- **Filipovetch, DJ.** Etude sur les variations de la densité du lait de mélange,1954. Le lait 34 (333-334) 129-132
- **Frédot E, 2007.** Connaissance des aliments, bases alimentaires et nutritionnelles de la diétiques. Édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P9-22.
- **Gaucher,I.** Cararctéristiques dela micelle de caséines et stabilité des laits : de la collecte des laits crus au stockage des laits UHT, 2007, thèse INRA / Agrocampus Sci. Tech. Lait et oeuf .agrocampus Rennes.
- **Got, R** les enzymes du lait , ann nutr alim, 1997, 25 : A291- A311.
- **Goursoud, 1985 .** Composition et propriétés physico-chimique, dans Luquet F.M. 1985 lait et produit laitiers (vache, brebis, chèvre) Tome 1 : les laits de la mamelle à la laiterie. Technique et documentation Lavoisier pp. 1-95.

- **Groguennec T., Jeantet R. et Brulé G., 2008** .Fondements physico-chimiques de la technologie laitière. Édition Tec et Doc. Lavoisier.P158.
- **Guiraud J.P, 1998** .Microbiologie alimentaire, microbiologie des principaux produits alimentaires. Edition Dunod, PARIS, 1998, pp.136-139.
- **Goursaud, J.** Le contrôle de la qualité du lait, matière première de l'industrie, in : CEPIL. Le lait matière première de l'industrie laitière. CEPIL-INRA, Paris, 1987, 385-394
- **Gounelle de potonel H. et Guidicilli C.P., 1993.** Protection de la santé "hygiène et l'environnement"14^{ème} édition .Frison-Roche. Paris. P105.
- **Guiraud J.P., 1998.** Microbiologie alimentaire. Édition Dunod. Paris. P652.
- **Guiraud J.P. et Rosec J.P., 2004.** Pratiques des normes en microbiologie alimentaire. Edition AFNOR. France.P165.
- **Groguennec T., Jeantet R. et Brulé G., 2008.** Fondements physico-chimiques de la technologie laitière. Édition Tec et Doc. Lavoisier.P158.
- **Grospiron P. 1988.** Les industries laitières in Les industries agricoles et alimentaires progrès des sciences et techniques. Édition Tec et Doc. Lavoisier. P343.
- **Hermier J. et al.1992** . Les groupes microbiens d'intérêt laitier. C.E.P.I.L (centre de formation permanente et de perfectionnement des cadres des industries du lait). 3^{ème} trimestre.pp.298-386.
- **Houssel (J.P.)** .Les produits laitiers en Afrique Rev. Le tech. du lait, 25, Août-Septembre. 1984.
- **Harding, F ; Marschall, KR.** Terminology for milk protein fractions. International dairy federation bull., 1998 ; 329 ; 30-31
- **Jacotot B. et Compillo B., 2003.** Nutrition humaine. Édition Masson Paris. P165.
- **Jeantet R., Groguennec T. et Schuck P., 2008.** Science des aliments-biochimie, microbiologie procédés, produits- technologie des produits alimentaires. Édition Tec et Doc. Lavoisier. P8-29.
- **Joffin C. et Joffin T-N., 2000.** Microbiologie alimentaire. 5^{ème} édition. France Centre régional de documentation pédologique d'aquitaine. P208.
- **Journal Officiel de la République Algérienne N°35 du 27 Mai 1998** .l'arrêté interministériel du 25 Ramadhan 1419 correspond au 24/01/1998 modifiant et complétant l'arrêté du 14 Safar 1415 correspond 23/07/1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certains denrées alimentaires. P07 .
- **Kamoun P., 1977.** Appareils et méthodes en biochimie. 2^{ème} édition Flammarion, Médecine, Science. Paris. P50.

- **Khiati M., 2007.**Alimentation en Islam. Edition Forem, Alger. P257.
- **Larpent, 1996.** Laits et produits laitiers non fermentés *in* microbiologie alimentaire .Tome 2 Aspect microbiologique de la sécurité et de qualité des aliments. Tec et Doc. Lavoisier. P 272-289.
- **Larpent.** Influence de l'alimentation et de la saison sur la composition du lait, In la vache laitière. 231- 246, ed INRA publications, 1990, route de St- cyr, 78000, versailles.
- **Le Berre? N.** Le lait .Edition Charles corlet, 1999, p113-114.
- **Lenoir, J.** les caseines du lait. Rev lait franç, 1985, 440 : 17-23.
- **Linden, G.** les enzymes in CEPIL. LE lait matiere premiere de l'industrie laitiere, CEPIL-INRA, paris, 1987, 121-127.
- **Lesueur R. et Melik N., 1990.** Lait de consommation *in* laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre 2 les produits laitiers "transformation et technologie " 2^{eme} édition Tec et doc. Lavoisier. Paris. 3-5.
- **Lausanne.P. 1969** . Le lait.9-40, cité par Tahar.K et Sid Ahmed.B, 1998 : hygiène et qualité microbiologique et physico-chimique du lait cru de différents points de collecte de la région de Mascara.Thèse d'ingénieur d'état.
- **Ledrer.J.1978** .Encyclopédie moderne de l'hygiène alimentaire tome IV : les intoxications alimentaires.pp.213.
- **Luquet F.M. 1985** . Lait et produit laitiers (vache, brebis, chèvre) Tome 1 : les laits de la mamelle à la laiterie. Technique et documentation Lavoisier pp. 1-261.
- **Leyral G. et Vierling E., 2001.** Microbiologie et technologie des aliments hygiène et sécurité alimentaire 3^{eme} édition. Doin éditeurs Centre régional de documentation pédologique d'aquitaine. France. P87.
- **Leyral G., Vierling E., 2008.** Science des aliments. Doin éditeur. France. P71.
- **Mackenzie (PKI) et Norval (RAI)** .Transmission de Cowdria rurninantium par Amblyoma tholloni Rev. Elev. Méd. Vêt. Pays Trop. 1; (3), 1980.
- **Mahieu, 1985** . Modification du lait après récolte. Dans Luquet.F.M.1985 : Lait et produit laitiers (vache, brebis, chèvre) Tome 1 : les laits de la mamelle à la laiterie. Technique et documentation Lavoisier.
- **Mathieu J., 1998.** Initiation à la physico-chimie du lait. Édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P220.
- **Mehaia,K ; Richard, O ; Gerard, F.** Composition, yield and organoleptic evaluation of the fresh domiati cheese made from a mixture of camel and cow milk, 1989, austj. Dairy tchn., 48, 74-77.

- **Morand-Fehr, P ; Tran G.** La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale, 2001. INRA prod, anim. 14(5): 285-302.
- **Morel, I WYSS, U ; Collomb, M.** Influence de la composition botanique de l'herbe ou du foin sur la composition du lait, 2006. Revue suisse agric. 38 (1) : 9-15
- **Merck E., 1986.** Manuel de microbiologie. Darmstadt.
- **Otang-guangK., 1984.** Introduction à la microbiologie alimentaire dans les pays chauds. Édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris .P177.
- **Paccalin J., Galantier M. 1986 :** Qualité-énergie et table de composition *in* Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre, qualité-énergie et table de composition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P97.
- **Pernod S.,Schneid –citrain N., Agnetti V., Breton S., Faurie J-m., Marchal L., Olus D., Quot E., Paquet D., Robinson T. 2005.** Application des bactéries lactiques dans les produits laitiers frais et effets probiotiques *in* bactéries lactiques et probiotiques. Édition Tec et Doc. Paris. P39.
- **Petransxiene D.et Lapied L. 1981.** Qualité bactériologique du lait et des produits laitiers (analyse et test). 2eme édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P177.
- **Pointurier , H ; Adda, J.** beurrerie industrielle. La maison rustique, paris, 1969
- **Ragot M., Favé M., Masserot D., Pavie. 2001.** Conservation à l'agriculture biologique "le cas de la production laitier ". Édition Educagri. P161.
- **Ray.G.1951 .** Contrôle du lait cru. Technologie laitière.pp.106-692. Cité par Tahar.K et Sid Ahmed.B, 1998. Hygiène et qualité microbiologique et physico-chimique du lait cru de
- **Remons, B ; Journet, M.** Effet de l'alimentation et de la saison sur la composition du lait *In* : le lait, matière première de l'industrie laitière. INRA publications, versailles. 1987, 171-185
- **Roux J-L. 1994.** Conserver les aliments, comparaison des méthodes et de technologies. Édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P189.
- **Ruasse J-P. 1990.** L'indispensable en nutrition. Édition Ipredis. France. P18.
- **Trémolière J., Serville Y., Jacquot R. et Dupin. 1980.** Manuel alimentaire humaine "Les aliments" Tome 2. 18^{ème} édition. ESF. Paris. P182.
- **Tapernoux, A ; Vuillaume, R.** Viscosité du lait de vache, 1934. Le lait 14 (135) 449-456.
- **Veisseyre R. 1975.** Technologie du lait, constitution, récolte traitement et transformation du lait. 3^{ème} édition La maison rustique. Paris. P02-42-48.
- **Veisseyre R. 1979.** Technologie du lait. 3^{ème} édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris.

- **Walstra, P.** The milk fat globule natural and synthetic, XX international dairy congress paris, international dairy federation, Brussels, 75 5 T, 1978, 1-18
- **Wolter R. 1997.** Alimentation de la vache laitière. 3^{eme} édition. France Agricole. P189.