

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
*Département des Sciences Alimentaires*

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Contrôle  
de Qualité et Analyse.

**Thème**

**Contrôle de qualité du lait U.H.T  
demi écrémé produit par  
Tchin-Lait Candia**

Réalisé par :  
AMGHAR Saliha  
ATTIL Soraya

Jury :  
promoteur : M<sup>r</sup> MADANI. K  
président : M<sup>r</sup> BOUAOUDIA  
Examinatrices :  
M<sup>me</sup> BEN ACHOUR  
M<sup>me</sup> SMAIL

Promotion 2012



# Remerciements

*Nous remercions le bon Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force nécessaire, la santé et la patience qui nous a permis de mener à bien ce modeste travail ;*

*Nous tenons également à présenter nos sincères remerciements à :*

- Mr MADANI KHODIR, d'avoir accepté de nous encadrer, pour sa générosité, son aide, ainsi que la confiance qu'il nous a donnée.*
- Mr BOUAOUDIA, de nous avoir fait l'honneur de présider l'ensemble de jury.*
- Mme BEN ACHOUR et Mme SMAIL, d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre simple travail.*
- Tout le personnel de l'unité Tchir-Lait CANDIA, en particulier Mr BARKATI FAOUZI d'avoir ouvert les portes de son unité afin de réaliser notre stage pratique.*
- Toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin.*

*Merci à tous*



*Saliha*

*et*

*sisso*



# Dédicaces

*Je dédie ce travail en premier lieu, à mes très chers parents qui m'ont soutenue;*

*À la mémoire de mon frère Yacine ;*

*À mon fiancé Bachir qui m'a toujours encouragée.*

*À mes grands parents ;*

*À mes sœurs Souad, Mina, Djidja et Nassima ;*

*À mes adorables neveux Mazigh et Karim ;*

*À mes beaux frères Samir et Azzedine ;*

*À toute ma famille ainsi que ma belle famille ;*

*À mes amies Siham, Nassira, Nini, Nassima, Babi, Mina, Souhila, Warda et toute la section 5<sup>eme</sup> année C.Q.A ;*

*À toi Salîha et toute ta famille ;*

*En fin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



*Soraya.*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont toujours encouragée*

*À mon fiancé Zahir qui m'a toujours soutenue.*

*À mes sœurs Malika et Djamila ainsi que son époux Ouali;*

*À mes frères Rachid, Rabah, Tahar et leurs femmes Ouarda, Nissa et Siham;*

*À mes aimables neveux et nièces Lounas, Rayane, Anaïs, Sofiane, Lina, Adel, Katia et Rima ;*

*À ma belle famille;*

*À mes très chères amies Siham, Nassira, Babi, Warda et Assia.*

*À mon ami Samir.*

*À toute la section 5<sup>ème</sup> année C.Q.A ;*

*À toi Sissa et toute ta famille ;*

*À tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail.*



*Saliha.*

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
--------------------------	----------

## *PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE*

<b>Chapitre I .Généralité sur le lait.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.Définition du lait .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Composition moyenne du lait de vache .....</b>	<b>2</b>
1.2.1. Eau.....	3
1.2.2. matière grasse.....	3
1.2.3. Lactose .....	3
1.2.4. Protéines.....	3
1.2.5. Minéraux.....	4
1.2.6. Vitamines.....	5
<b>1.3. Les propriétés physico-chimique et organoleptiques de lait.....</b>	<b>5</b>
1.3.1.Propriétés physicochimiques .....	5
1.3.1.1. pH.....	5
1.3.1.2. Acidité dornic .....	5
1.3.1.3. Densité.....	6
1.3.1.4. Point de congélation .....	6
1.3.2. Propriétés organoleptiques .....	6
1.3.2.1. Couleur .....	6
1.3.2.2. Odeur .....	6
1.3.2.3. Saveur.....	6
<b>1.4. Les différents types de lait de consommation .....</b>	<b>6</b>
1.4.1. Lait cru.....	7
1.4.2. Lait traité thermiquement.....	7
1.4.2.1. Lait pasteurisé.....	7
1.4.2.2. Lait stérilisé .....	7
1.4.2.2.1. Lait stérilisé en bouteille .....	7
1.4.2.2.2. Lait stérilisé U.H.T.....	7
1.4.3. Autres types de lait .....	8
1.4.3.1. Lait aromatisé et concentré.....	8
1.4.3.2. Lait reconstitué et recombinaé .....	8
<b>1.5. La qualité microbiologique de lait .....</b>	<b>8</b>

1.5.1. La flore originale .....	8
1.5.2. Origine de la contamination du lait.....	9
<b>Chapitre II. LAIT STERILISE U.H.T .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. La matière première du lait stérilisé U.H.Tdemi-écrémé .....</b>	<b>10</b>
2.1.1. L'eau.....	10
2.1.2. Poudre de lait .....	10
<b>2.2. L'ultra haute température .....</b>	<b>10</b>
2.2.1. Les différent système de l'ultra haute température .....	11
2.2.1.1. Système indirect .....	11
2.2.1.2. Système direct .....	12
2.2.1.2.1. Injection de vapeur.....	12
2.2.1.2.2. Infusion de vapeur.....	12
<b>2.3. Le couple temps température d'un traitement thermique .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4. L'effet du traitement thermique sur les composants du lait.....</b>	<b>14</b>
2.4.1. Effet sur les protéines .....	14
2.4.1.1. Dénaturation des protéines du lactosérum.....	14
2.4.1.2. Dénaturation des caséines.....	15
2.4.2. Effet sur les acides aminés.....	15
2.4.3. Effet sur les vitamines .....	16
2.4.4. Effet sur les enzymes .....	16
2.4.5. Effet sur la matière grasse.....	15
2.4.6. Effet sur le lactose .....	17
2.4.7. Effet sur les minéraux .....	17
<b>2.5. Caractéristiques de qualité exigées par la réglementation .....</b>	<b>18</b>

## *PARTIE EXPERIMENTALE*

<b>Chapitre I.présentation de l'unité(Tchinlait).....</b>	<b>19</b>
<b>I.1. les produits fabriqués par l'unité.....</b>	<b>19</b>
<b>I.2. réseaux de distribution de tchin-lait.....</b>	<b>19</b>
<b>I.3. les analyses effectuées par tchin-lait.....</b>	<b>20</b>

## **Chapitre II. technologie du lait**

<b>U.H.T.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. Préparation du lait reconstitué demi-écrémé.....</b>	<b>21</b>
2.1.1. Poudrage .....	21
2.1.2. Reconstitution .....	21

<b>2.2. Pasteurisation .....</b>	<b>21</b>
2.2.1. Préchauffage .....	21
2.2.2. Dégazage .....	22
2.2.3. Homogénéisation .....	22
2.2.4. Pasteurisation proprement dite.....	22
<b>2.3. Stérilisation.....</b>	<b>23</b>
2.3.1. Préchauffage .....	23
2.3.2. Homogénéisation .....	23
2.3.3. Stérilisation proprement dite.....	23
<b>2.4. Conditionnement aseptique.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5. Conservation du lait U.H.T .....</b>	<b>24</b>
<b>2.6. Nettoyage de l'équipement.....</b>	<b>25</b>
2.6.1. Pré rinçage .....	25
2.6.2. Nettoyage.....	25
2.6.3. Rinçage .....	25
2.6.4. Désinfection.....	25
2.6.5. Rinçage finale .....	26
<b>Chapitre III. MATERIELLE ET METHODE .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1. Echantillonnage.....</b>	<b>28</b>
3.1.1. Poudre de lait .....	28
3.1.2. Eau de process .....	28
3.1.3. Lait reconstitué et pasteurisé.....	28
3.1.4. Produit fini.....	28
<b>3.2. Méthodes d'analyses.....</b>	<b>29</b>
3.2.1. Analyses physico-chimiques.....	29
3.2.1.1. Mesure du pH .....	29
3.2.1.2. Détermination du titre hydrotimétrique (TH).....	30
3.2.1.3. Détermination de la densité par le lactodensimètre .....	31
3.2.1.4. Détermination du taux d'humidité.....	31
3.2.1.5. Détermination de l'acidité titrable .....	32
3.2.1.6. Détermination du taux de matière grasse par la méthode de GERBER.....	33
3.2.1.7. Détermination de l'extrait sec total.....	33
3.2.1.8. Mesure de la composition du lait.....	34
3.2.1.9. Test de stabilité.....	34
3.2.1.9.1. Test de stabilité à l'alcool .....	34
3.2.1.9.2. Test de stabilité Ramsdell .....	35
3.2.1.9.3. Test de stabilité à l'ébullition .....	35
3.2.1.10. Test de stabilité au traitement thermique (Bain d'huile) .....	36
3.2.1.11. Test de turbidité de la poudre de lait .....	37
3.2.2. Analyses microbiologiques .....	37
3.2.2.1. Eau de process .....	38
3.2.2.1.1. Recherche de la flore mésophile aérobie totale .....	38
3.2.2.1.2. Recherche des coliformes totaux et fécaux .....	39

3.2.2.2. Poudre de lait.....	40
3.2.2.2.1. Recherche de la flore mésophile aérobie total.....	41
3.2.2.2.2. Recherche des coliformes totaux.....	41
3.2.2.2.3. Recherche des clostidium sulfito-réducteur (CSR) .....	41
3.2.2.3. lait pasteurisé.....	42
3.2.2.3.1. Recherche de la flore mésophile aérobie total.....	42
3.2.2.3.2. Recherche des coliformes totaux.....	42
3.2.2.4. Produit fini.....	42
3.2.2.4.1. Recherche de la flore mésophile aérobie total.....	42
3.2.2.4.2. Test à la résazurine.....	42
<b>Chapitre IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1. Analyses physicochimiques .....</b>	<b>43</b>
4.1.1. Matière première.....	43
4.1.1.1. Eau de process .....	43
4.1.1.2. Poudre de lait.....	43
4.1.2. Produits intermédiaire.....	44
4.1.2.1. Lait reconstitué.....	44
4.1.2.2. Lait pasteurisé.....	44
4.1.3. Produit fini.....	45
<b>4.2. Étude de stabilité du process de fabrication du lait U.H.T demi-écrémé durant six mois .....</b>	<b>46</b>
<b>4.3. Analyses microbiologiques .....</b>	<b>47</b>
4.3.1. Eau de process à 15°F.....	47
4.3.2. Poudre de lait .....	48
4.3.3. Lait pasteurisé.....	48
4.3.4. Produit fini (Lait U.H.T demi- écrémé).....	49
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>50</b>

Références bibliographiques

ANNEXE

Résumé

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau I</b> : composition moyenne du lait de différentes espèces laitières.....	2
<b>Tableau II</b> : certaines propriétés physiques du lait de vache.....	5
<b>Tableau III</b> : paramètre physico-chimique étudiés pour chaque produit analysé.....	29
<b>Tableau IV</b> : les germes recherchés dans les différents stades de fabrication du lait U.H.T ainsi que sa matière première .....	38
<b>Tableau V</b> : résultats des analyses physico-chimiques de l'eau.....	43
<b>Tableau VI</b> : résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait (0%MG et 26%MG).....	43
<b>Tableau VII</b> : résultats des analyses physico-chimiques de lait reconstitué.....	44
<b>Tableau VIII</b> : résultats des analyses physico-chimiques de lait pasteurisé.....	45
<b>Tableau IX</b> : résultats des analyses physico-chimiques du produit fini (lait UHT demi-écrémé).....	46
<b>Tableau X</b> : résultats des analyses microbiologiques de l'eau.....	47
<b>Tableau XI</b> : résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait (0%MG et 26%MG).....	48
<b>Tableau XII</b> : résultats des analyses microbiologiques de lait pasteurisé.....	48
<b>Tableau XIII</b> : résultats des analyses microbiologiques de lait stérilisé U.H.T demi-écrémé.....	49

## Liste des figures

---

<b>Figure 1 :</b> Structure moléculaire du lactose.....	3
<b>Figure 2 :</b> Structure des micelles de caséine.....	4
<b>Figure 3 :</b> Influence de la température sur la durée du traitement thermique nécessaire pour un même taux de destruction.....	13
<b>Figure 4 :</b> La relation entre le logarithme du nombre de microorganismes survivants et la durée du traitement thermique.....	14
<b>Figure 5 :</b> Réaction d'isomérisation du lactose en lactulose sous l'effet du traitement thermique.....	17
<b>Figure 6 :</b> Précipitation des phosphocalciques sous l'effet de la chaleur.....	17
<b>Figure 7 :</b> Organigramme de l'entreprise Tchén-lait.....	20
<b>Figure 8 :</b> Diagramme de fabrication du lait stérilisé U.H.T.....	27

## Liste des annexes

---

**Annexe I :** Détermination du pourcentage de la MG par le Test NIZO

**Annexe II :** Détermination de la densité Par la méthode de référence

**Annexe III :** Cytométrie de flux (CMF)

**Annexe IV :** Les tables utilisées pour le dénombrement des microorganismes (table de Mac Grady et NPP utilisée pour la poudre)

**Annexe V :** Analyse de corrélation

**Annexe VI :** Comparaison des résultats du mois de mai avec celle des cinq derniers mois

**Annexe VII :** calcul du nombre de sacs de poudre de lait nécessaire pour 30m<sup>3</sup> de l'eau

## Liste des abréviations

---

**ABS:** Absence  
**AFNOR:** Agence Française de Normalisation  
**BCPL:** Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol  
**BLBVB:** Bouillon Lactosé Billié au VERT Brillant  
**CSR:** Clostridium Sulfitoréducteur  
**°D:** Degrés Dornic  
**DSI:** Direct Steam Injection  
**EDTA :** Éthylène Diamine Tétra Acétique  
**ESD:** Extrait Sec Dégraissé  
**EST:** Extrait Sec Total  
**°F:** Degrés Français  
**FAMT:** Flore Aérobie Mésophile Totale  
**J.O.R.A.D.P :** Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire  
**MG:** Matière Grasse  
**NEP:** Nettoyage En Place  
**NIA :** Nettoyage Intermédiaire Aseptique  
**NPP :** Nombre le Plus Probable  
**OMS :** Organisation Mondiale de la Santé  
**PCA:** Plate Count Agar  
**pH :** potentiel Hydrogène  
**Sp:** Speed  
**TBA:** Tétra Brik Aseptique  
**TH :** Titre hydrotimétrique  
**TR:** Tank de Reconstitution  
**TS:** Tank Sterile  
**TSC:** Tryptone Sulfite Cyclosérine  
**TT:** Tank Tampon  
**U.H.T :** Ultra Haute Température

# Introduction

---

Le lait est considéré comme l'un des aliments les plus anciens qui existent dans l'histoire de l'Homme et, vu l'importance et la grandeur des chiffres de production et de la consommation en lait dans le monde, il n'est pas étonnant que la science poursuive ses investigations quand à ses caractéristiques (physiques, chimiques, biologiques et surtout nutritives).

La technologie laitière, compte parmi les industries agroalimentaires les plus récentes en Algérie.

Sur le plan technologique, le procédé Ultra Haut Température « associé au conditionnement aseptique » a pris une importance industrielle considérable pour la fabrication de lait de longue conservation, un lait qui répond dans une très large mesure aux conditions de qualité exigées par le consommateur et la réglementation. Ce lait est dit lait stérilisé U.H.T.

D'un point de vue alimentaire et nutritif, le lait, est un aliment hautement nutritif par sa richesse en glucides, protéines, lipides, vitamines et sels minéraux. Mais peut, néanmoins, représenter un danger pour le consommateur, spécialement quand il véhicule des agents zoonotiques et des résidus de substances antimicrobiennes (**Aggadi et al. ,2009**). En plus, du fait qu'il se présente en un système physico-chimique sensible à la température, des problèmes peuvent surgir au cours d'un processus de stérilisation (**MOTTAR et MüERMAN, 1981**).

La réglementation prévoit que le lait U.H.T doit rester stable. Il doit donc avoir été débarrassé par le traitement thermique de tout microorganisme susceptible le déstabiliser sans affecter ces qualités organoleptiques, physicochimiques ainsi que nutritionnelles.

La transformation industrielle de la poudre de lait en un lait U.H.T demi écrémé, est un processus délicat dont le but est d'obtenir un produit de qualité demandé par le consommateur, et ce, à moindre coût.

Notre étude s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de la qualité du lait U.H.T reconstitué demi écrémé au cours de sa production.

Notre objectif est donc double :

- ✓ D'une part, faire une description sur la technologie du lait U.H.T.
- ✓ D'autre part, présenter les résultats des contrôles des paramètres physicochimiques et microbiologiques qui reflètent la qualité du lait U.H.T subissant un traitement effectué durant notre stage.

## I. Généralités sur le lait

### 1.1. Définition du lait

Le lait est un aliment biologique qui présente un intérêt nutritionnel évident (**Faye et al. 2002**), sécrété par les glandes mammaires des femelles des mammifères, destiné à l'alimentation des jeunes animaux (**Vignola, 2002**).

Il s'agit d'un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6.6 à 6.8) légèrement acide, proche de la neutralité (**Alais, 1984**).

Selon le Codex alimentarius CX/MMP 00/15 de Décembre 1999: « Le "lait" est la sécrétion mammaire normale d'animaux laitiers obtenue en une ou plusieurs traites sans aucune addition ou extraction, destinée à la consommation sous forme de lait liquide ou à un traitement ultérieur ».

Le lait, proche du plasma sanguin, est un complexe constitué d'une solution vraie comportant du lactose, des sels et minéraux, des protéines solubles et des traces d'éléments divers, une solution colloïdale qui est une suspension de matière protéique caséuse et enfin d'une émulsion de matière grasse (**Vignola, 2002**).

### 1.2. Composition moyenne du lait

Il y a autant de laits différents qu'il existe de mammifères au monde (**Alais, 1984**) ce qui fait varier la constitution du lait; elle varie également en fonction de la période de lactation et de l'alimentation chez une même laitière. C'est pour cette raison qu'on ne peut parler que de compositions moyennes.

**Tableau I** : composition moyenne du lait des différentes espèces laitières (**Park et al., 2007**).

Composants	Vache (%)	Chèvre (%)	Femme (%)	Brebis (%)
eau	87.5	90	87	81
Lactose	4.7	4.1	6.9	4.9
MG	3.6	3.8	4	7.9
Matière sec non grasse	9	8.9	8.9	12
Caséines	3.2	3.4	1.2	6.2
Albumines	2.6	2.4	0.4	4.2
globulines	0.6	0.6	0.7	1
Protéines non azotées	0.2	0.4	0.5	0.8

<b>Cendre</b>	0.7	0.8	0.3	0.7
<b>Calorie/100</b>	69	70	68	105

### 1.2.1. L'eau

L'eau est le constituant le plus majeur du lait, son caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que le lactose, minéraux et solution colloïdale avec les caséines du lait. Puisque les matières grasses possèdent un caractère hydrophobe, elles ne pourront pas se dissoudre dans l'eau, forment une émulsion de type l'huile dans l'eau(Vignola, 2002).

### 1.2.2. Matière grasse

Le lait de vache comme celui de la femme contient environ 35g de MG/l de lait. Les lipides du lait sont constitués d'un mélange d'acides gras en suspension dans le lait sous forme de gouttelettes, ils forment une émulsion. Ils constituent la partie la plus variable du lait; la concentration varie de 10 à 500 g/l suivant les espèces. Ils sont constitués à 99 % de triglycérides(Vilain, 2010), le reste se compose surtout des phospholipides et des stérols (Cheftel et al., 1977)qui se rassemblent sous forme de globules gras à la surface du lait de vache laissé au repos (Eck, 1975).

### 1.2.3. Le lactose

Les glucides du lait sont essentiellement représentés par le lactose, cependant la proportion des autres glucides étant toujours très faible(Debry, 2001).

Le lactose est un disaccharide constitué d'une molécule de galactose et d'une molécule de glucose liées entre elles par une liaison osidique  $\beta(1-4)$ .Son pouvoir sucrant est 6 fois plus faible que celui du saccharose(Vilain, 2010).

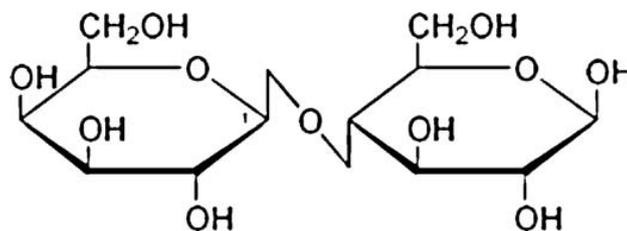


Figure 1 : Structure moléculaire du lactose (Vilain, 2010).

### 1.2.4. Les protéines

Tous les laits de mammifères ont la même composition protéique de base et il y a de fortes homologues de structure entre les protéines de lait des différentes espèces : 85 % entre lait de vache et lait de brebis ou le lait de chèvre, 97 % entre le lait de brebis et le lait de

chèvre. Plus les espèces sont proches, plus les homologies sont importantes, ce qui explique les réactivités croisées entre les laits de différentes espèces(Vilain, 2010).

Les protéines du lait constituent avec les sels la partie la plus complexe du lait. Il existe deux types de protéines laitières :(Mathieu, 1998)

#### 1.2.4.1. Les caséines

Elles constituent la proportion majeure des protéines du lait bovin, les caséines sont assemblées en totalité dans une supermolécule appelée micelle de caséine qui sont représentées par  $\alpha$  et  $\beta$  caséines, ces dernières peuvent être dégradées en k-caséine. Le C-Terminale hydrophile du k-caséine se déborde dans le sérum du lait.

L'augmentation de la stabilité des micelles de caséine est un avantage pour la technologie laitière(Alexander et al., 2012).

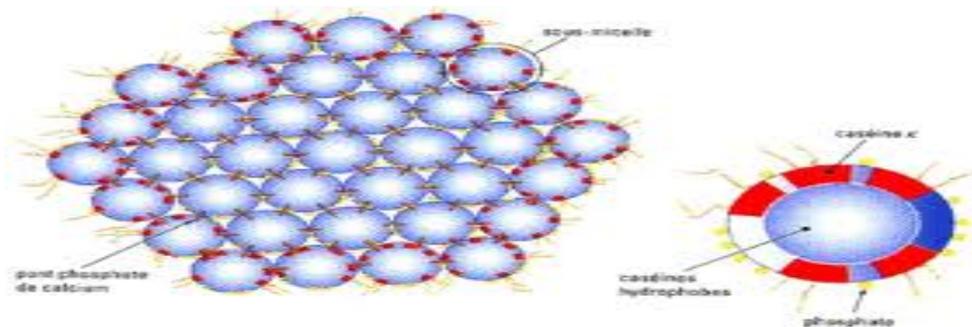


Figure 2 : structure des micelles de caséine(Alexander et al., 2012).

#### 1.2.4.2. Les protéines sériques

Elles représentent 15 à 28% des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées. On les distingue des caséines par leur richesse en lysine, tryptophane et cystéine et autres acides aminés soufrés leur conférant une très bonne valeur nutritionnelle. Elles sont plus sensibles à la chaleur car elles sont dénaturées par chauffage à 100°C. Ces protéines fixent peu les ions et résistent à l'action des protéases en ayant une structure plus compacte.(Debry, 2001).

#### 1.2.5. Les minéraux

Les laits des mammifères sont d'excellentes sources de minéraux, mais sont relativement pauvres en fer(Van et al., 2008 ).

La matière minérale et saline du lait est d'environ 9g/l, répartie de manière complexe est fondamentale d'un point de vue nutritionnel et technologiques. En effet, le lait contient tous les éléments minéraux indispensables à l'organisme et notamment, le calcium et le phosphore (Debry, 2001).

### 1.2.6. Les vitamines

Les laits des mammifères constituent des sources intéressantes de vitamines, c'est le cas notamment pour la vitamine A dans le lait des ruminants surtout lorsque la ration contient beaucoup de fourrages verts, ainsi que pour les vitamines de groupe B, notamment les vitamines B<sub>2</sub> et B<sub>12</sub> par contre la teneur en vitamine C est très faible par rapport à celle des fruits et légumes (Van et al., 2002).

## 1.3. Les propriétés physico-chimiques et organoleptiques du lait

### 1.3.1. Les propriétés physicochimiques

Quelques valeurs essentielles des constantes physiques les plus usuelles pour la détermination de la qualité du lait sont illustrées dans le tableau II

**Tableau II** : certaines propriétés physique du lait de vache ( Park et al., 2007).

Constantes	Valeurs
pH à 20°C	6.65-6.71
Acidité (%)	0.15-0.18
densité	1.0231-1.0398
Point de congélation (-°C)	0.530-0.570
Viscosité (C <sub>p</sub> )	2
Conductivité ( $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ )	0.0040-0.0055
Tension superficiel (Dyne/cm)	42.3-52.1

#### 1.3.1.1. Le pH

Sa mesure nous renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. Un lait frais normal est neutre ou à tendance légèrement acide vis-à-vis de l'eau pure (pH 7 à 20°C). en présence de bactéries lactiques actives, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique ce qui augmente la concentration du lait en ions hydronium (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) et puis une diminution du pH ;

#### 1.3.1.2. L'acidité titrable

Elle est exprimée conventionnellement en degrés dornic (°D)  
1°D = 0.1g d'acide lactique par litre de lait. L'acidité naturelle du lait frais, est liée à sa richesse en matière sèche ;

### 1.3.1.3. La densité du lait

Elle est surtout liée à sa richesse en matière sèche.

Un lait pauvre aura une densité faible, il faut cependant nuancer cette remarque, car le lait contient de la MG de densité inférieure à 1 (0.93 à 20°C). Il en résulte qu'un lait enrichi en MG a une densité qui diminue ; à l'opposé, un lait écrémé à une densité élevée ;

### 1.3.1.4. La T° de congélation du lait

Elle est variable dans une plage limitée, en fonction des conditions zootechniques. Sa mesure permet une approche de l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait ; **(Luquet, 1985)**.

## 1.3.2. Les propriétés organoleptiques

L'aspect, l'odeur, la saveur et la texture ne peuvent être précisés qu'en comparaison avec un lait frais

### 1.3.2.1. La couleur

Le lait est un liquide blanc opaque, mat, et cette couleur est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène, à la caséine et à la vitamine B<sub>2</sub> pour la phase hydrique ;

### 1.3.2.2. L'odeur

Elle est caractéristique. Le lait, du fait de la matière grasse qu'il contient, fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait par l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette) ;

### 1.3.2.3. La saveur

Cette caractéristique évalue en fonction de la température de dégustation et de l'alimentation de l'animal. Les laits industriels font en général l'objet d'une désaération antérieure aux traitements thermiques ; de ce fait les odeurs et les saveurs sont diminuées et homogènes ; **(Vierling, 2008)**.

## 1.4. Les différents types de laits de consommation

Les laits de consommation humaine qui existent actuellement sont classés en deux catégories, selon leur mode de traitement **(Luquet, 1990)**.

### 1.4.1. Lait cru

Le lait cru est un lait qui est dans son état naturel (impasteurisé). Il peut être une source de contamination par des bactéries pathogènes, telles que celles qui sont à l'origine d'une fièvre excessive, dysenterie, salmonellose et tuberculose.

En effet, afin de certifier que le lait est de bonne qualité, il doit être obtenu à partir des vaches déclarées saines, il est impasteurisé qu'aux bactéries dénombrées au dessous de la normale, mais il peut toujours contenir un nombre significatif d'agents de maladies.

Différents traitements thermiques ont été offerts au lait cru dans l'ordre d'éliminer les organismes pathologiques, d'augmenter la durée de conservation, de faciliter le processus ultérieur (Ammara et al., 2009).

### 1.4.2. Lait traité thermiquement

#### 4.2.1. Lait pasteurisé

C'est un lait ayant subi un traitement thermique approprié, permettant la destruction totale des germes pathogènes et la presque totalité de la flore banale qu'il contient tout en préservant au maximum ses caractéristiques physico-chimiques, organoleptiques et sa valeur nutritive (Ammara et al., 2009).

#### 1.4.2.2. Lait stérilisé

Suivant le procédé de stérilisation, on différencie le lait stérilisé et le lait stérilisé U.H.T. Ces deux types de lait doivent être stables jusqu'à la date limite de conservation.

##### 1.4.2.2.1. Lait stérilisé

C'est un lait conditionné – stérilisé après conditionnement dans un récipient hermétiquement clos, étanche aux liquides et aux microorganismes par la chaleur, laquelle doit détruire les enzymes, les microorganismes pathogènes. La stérilisation est réalisée à une température de 100°C -120°C pendant une vingtaine de minutes (Luquet, 1990).

##### 1.4.2.2.2. Lait stérilisé UHT

C'est un lait traité par la chaleur, laquelle doit détruire les enzymes, les microorganismes pathogènes, conditionné ensuite aseptiquement dans un récipient stérile, hermétiquement clos, étanche aux liquides et aux microorganismes.

Le process U.H.T peut être soit direct par injection de vapeur d'eau, soit indirect en utilisant des échangeurs de chaleur (Luquet, 1990). Ce procédé U.H.T consiste à prendre le lait à une T° de 138°C en fraction de seconde (Ammara et al., 2009).

### 1.4.3. Autres types de lait

#### 1.4.3.1. Laits aromatisés

Ce sont tous des laits stérilisés, qu'ils soient écrémés ou non, sucrés ou non auxquels on ajoute des arômes autorisés(Luquet, 1990).

#### 1.4.3.2. Laits concentrés

Ce sont des produits laitiers obtenus par élimination partielle de l'eau contenue dans le lait par chauffage ou tout autres procédés qui aboutissent à un produit ayant la même composition et caractéristiques (leur teneur en MG et/ou en protéines) (Alimentarius, 2007).

#### 1.4.3.3. Lait recombinaé et lait reconstitué

Selon le codex alimentarius, le lait recombinaé correspond à un mélange de lait écrémé en poudre et d'eau auxquels on ajoute de la MGLA ou du beurre ou de la crème pour obtenir un produit ayant la composition d'un lait frais, alors que le lait reconstitué correspond a un mélange de lait entier en poudre et d'eau afin d'obtenir le même produit.

## 1.5. La qualité microbiologique du lait

La composition du lait et ses propriétés physico-chimiques ont fait de lui un aliment de choix et contient tout les nutriments essentiels et un pH d'environ 6.7 en le rendant un milieu très favorable à la multiplication des micro-organismes. Néanmoins, la multiplication des micro-organismes naturellement présents dans le lait ne débute pas immédiatement après la traite en raison des propriétés bactériostatiques naturelles du lait( Faye et al., 2002).

### 1.5.1. La flore originelle

Dans les bonnes conditions de traite et à partir d'un animal sain, le lait contient peu de microorganismes (moins de 5000 germes/ml et moins de 1 coliforme/ml). Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores : *microcoques*, *streptocoques lactiques* et *lactobacilles*(Bourgeois et al., 1998).

Le lait cru est protégé contre les bactéries par des substances inhibitrices appelées « lacténines » mais leur action est de très courte durée (1h environ) (Guiraud, 2003).

D'autres microorganismes peuvent se trouver dans le lait, lorsqu'ils sont généralement pathogènes et dangereux au point de vue sanitaire. Il peut s'agir d'agents de mammites (infection du pis par *staphylococcus aureus*, *streptococcus agalactiae*, *streptococcus uberis*, *streptococcus dysgalactiae*, etc (Bourgeois et al., 1998).

### 1.5.2. Origine de contamination du lait

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

- Fèces et téguments de l'animal : on nomme les coliformes, enterobacteries pathogènes (*salmonella*, *shigella*, *yersinia*), etc.
  - Sol : on distingue, *streptomyces*, *listeria*, bactéries sporulées, spore fongiques, etc.
  - Laitière et aliments : flore banale variée, en particulier *lactobacilles*, *clostridium butyriques*
  - Air et eau : flores diverses dont *pseudomonas*, bactéries sporulées, Etc.
  - Equipement de traite et de stockage du lait : *microcoques*, levures et flore lactique avec *lactobacilles*, *streptocoque*, *leuconostoc*, Etc.
  - Manipulateur : dans le cas de la traite manuelle on cite les *staphylocoques*.
- (Guiraud, 2003)**

### II. Lait stérilisé U.H.T

#### 2.1. Matière première du lait stérilisé U.H.T demi-écrémé

La qualité du lait reconstitué est en fonction de celles des matières premières mises en œuvre.

##### 2.1.1. L'eau

Elle doit être potable et notamment répondre aux normes standards fixées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) ; sur le plan microbiologique, elle ne doit contenir aucun germe pathogène (leur recherche nécessitant des techniques spéciales, on choisit comme indicateur de pollution des germes de contamination fécale qui sont plus faciles à identifier). Sur le plan physicochimique, elle ne doit contenir ni pesticides, ni nitrates, avoir une dureté totale comprise entre 0 et 15°F et un pH voisin de la neutralité (FAO, 1995).

##### 2.1.2 .La poudre de lait

Selon le codex alimentarius, les poudres du lait sont des produits résultant de l'élimination de l'eau contenus dans le lait.

La poudre de lait industriel contient au maximum 5% d'eau et 0.15% d'acide lactique(J.O.R.A.D.P, 2008). La poudre de lait se présente sous l'aspect d'une poudre de couleur blanche ou légèrement crème, homogène ne contenant pas d'impureté, de grumeaux ni de parcelles colorées. Il est franc d'odeur et de saveur. On distingue 3 types de poudre de lait :

- Poudre de lait entier qui correspond à un lait dont la teneur en matières grasses laitières est égale au minimum 26% en poids.
- Poudre de lait partiellement écrémé a son tour correspond à un lait dont la teneur en matières grasses laitières est supérieure à 1.5% et inférieure à 26%en poids.
- Poudre de lait écrémé qui est un lait dont la teneur en matières grasses laitières ne doit pas excéder 1.5% en poids(J.O.R.A.D.P, 1998).

#### 2.2. L'Ultra Haute Température

Le traitement à ultra-haute température (UHT) est un procédé de plus en plus répandu dans l'industrie agro-alimentaire, spécialement pour la stérilisation du lait (Esnaut et al., 1990), mis au point en 1953, développé par une société suédoise Tétra Pack.

C'est un traitement par la chaleur pendant un temps très bref, à une température élevée, qui permet de détruire ou d'inhiber les enzymes, les microorganismes et leurs toxines. Le succès de ce procédé est lié au fait que le lait U.H.T peut se conserver à une température ambiante pendant plus de trois mois (**Fanica, 2008**).

Le traitement à ultra haute température a été conçu pour donner des produits stériles commerciaux qui sont exempts d'éléments pathogènes et avec lesquels il devrait y avoir peu de chance de détérioration pendant le transport et le stockage dans des conditions recommandées. Contrairement aux laits pasteurisés dont certains ne sont pas homogénéisés, tous les laits U.H.T sont ainsi homogénéisés afin de prévenir la floculation des crèmes durant la période de stockage (**Early, 1998**).

La technique U.H.T est basée sur le traitement du lait à des températures supérieures à 130°C, c'est la chaleur nécessaire à la stérilisation complète du lait et qui réduit la formation de couleur et la détérioration de saveur que dans le cas de stérilisation classique à 110°C pendant 30 min ;

La plupart des réglementations exigent que le lait U.H.T doit être obtenu à partir d'un traitement à la chaleur d'au moins 132°C pendant au moins 1s. En effet le traitement U.H.T tombe habituellement dans la gamme 135 à 150°C avec des temps de maintien de 2 à 5 secondes (**Ranken et al., 1997**).

### 2.2.1. Les différents systèmes du traitement U.H.T

Il y a deux systèmes de base pour atteindre la température nécessaire : un système indirect en utilisant des échangeurs de chaleur, ou le système direct en utilisant une injection de vapeur ou infusion (**Newstead et al., 2006**).

#### 2.2.1.1. Système indirect

La caractéristique principale de la méthode de chauffage indirect c'est qu'il n'y ait aucun contact entre le lait et le fluide de chauffage qui est généralement l'eau (**Ranken et al., 1997**). Le chauffage indirect se fait par des échangeurs de chaleur semblables à ceux utilisés pour la pasteurisation, mais adaptés aux conditions du traitement (**FAO, 1995**). Les échangeurs de chaleurs utilisés pour le traitement U.H.T indirect sont de type plaque ou tubulaire, où le moyen de chauffage se fait généralement sous pression de la vapeur d'eau chaude (**Ranken et al., 1997**). Alors le lait passe dans des tubulaires ou des plaques qui sont de très faible diamètre ou épaisseur, favorisant un échange rapide de chaleur entre le lait et la

paroi chauffée par le circuit d'eau qui est porté à haute température limitée à 145°C pendant 3 à 4 secondes (Pouyat-Leclère et al., 2005).

### 2.2.1.2. Système direct

Le chauffage direct se fait par mélange intime de lait et de vapeur, ce qui assure une élévation quasi instantanée de la température du lait vers 140 à 150°C pendant 2 secondes (FAO, 1995).

Ce processus direct est basé sur l'une des deux méthodes suivantes :

#### 2.2.1.2.1. Injection de la vapeur

Souvent appelée injection direct de vapeur (DSI), dans lequel la vapeur est injectée sous pression dans un flux de lait pour élever sa température ;

#### 2.2.1.2.2. Perfusion de vapeur

Dans lequel le lait est pulvérisé dans un infuseur (répartition de gouttelettes). La température du chauffage s'élève dans les deux types de chauffage direct à environ 150°C, le lait séjourne dans un chambreur tubulaire pendant environ 2 secondes (Straham et al., 2009).

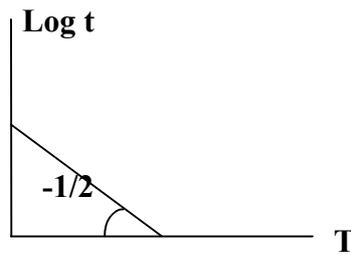
**NB :** les deux types de traitement direct peuvent comporter soit des échangeurs de chaleur à plaques ou des échangeurs de chaleurs tubulaires pour le préchauffage du lait UHT avant traitement (Early, 1998).

## 2.3. Le couple temps température d'un traitement thermique

Le rapport entre le temps et la température est en fonction non seulement de sa valeur létale, mais aussi en fonction de la valeur d'inactivation des enzymes thermostables (Vignola, 2002).

Il existe une infinité du couple temps-température entraînant le même degré de destruction thermique, où on a montré expérimentalement, un taux de destruction donné, la durée de traitement et la température étaient liées par une loi de type :

$$\text{Log } t = a T + b \dots \dots \dots (1)$$



**Figure 3 :** Influence de la température sur la durée du traitement thermique nécessaire pour un même taux de destruction.

Tout couple temps-température appartenant à la droite représentée correspond donc a un traitement équivalent.

Soit un couple temps-température standard (T', t') appartenant à cette droite, l'équation (1) devient :

$$\text{Log } t' = a T' + b \dots \dots \dots (2)$$

En combinant les équations (1) et (2) on aura :

$$\text{Log } (t/t') = a (T - T') \dots \dots \dots (3) \text{ (Mafart, 1991).}$$

On peut mesurer l'efficacité de la stérilisation du procédé de différentes façons, mais on l'exprime souvent par une valeur stérilisatrice, qui est selon ISO, une unité exprimée en temps, permettant de quantifier l'effet d'un traitement thermique. Cette méthode de calcul permet de mesurer l'effet stérilisant à une température de référence, reliant proportionnellement la réduction de la contamination biologique au temps d'exposition de celle-ci à une énergie thermique. Cette valeur (F<sub>0</sub>) est définie comme la somme des effets stérilisants par unité de temps surtout la durée de la phase déclarée comme stérilisante dans un cycle de stérilisation. Ce qui implique :

$$F_0 = \sum_{0 \rightarrow 10} (T - T_{ref}) / Z \times \Delta t.$$

Z : variation de température modifiant la résistance de microorganisme d'un facteur de 10 soit log (Z<sub>ref</sub> = 10°C pour T<sub>ref</sub> = 121°C et D = 1.

Pratiquement, l'intérêt consiste aussi à permettre la comparaison de différents traitements à la chaleur. (WEILL, 2011)

Puisque la stérilisation est une réaction chimique biomoléculaire entre la structure microbienne et l'agent stérilisant (vapeur), de nombreux auteurs ont montré expérimentalement une relation linéaire entre le logarithme de nombre de cellules végétatives ou de spores survivants, et la durée du traitement thermique (t). Etant donné que N est le nombre de cellules survivantes, cette relation linéaire s'écrit comme suit :

$$\text{Log } N = a * t + b \dots \dots \dots (a)$$

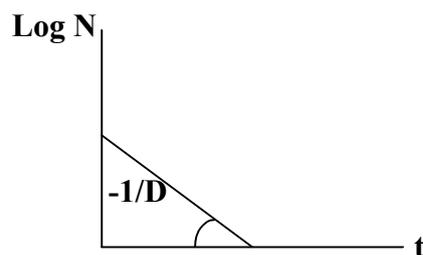
En posant  $N_0$  l'effectif de la population initiale, l'équation (a) devient :

$$\text{Log } N = a \cdot t + \text{log } N_0 \dots\dots\dots(b)$$

À partir de l'équation (b), le calcul de la durée du traitement D pour laquelle la population de cellules vivantes est divisée par 10 (ou pour laquelle la proportion de cellules détruite est de 90%) est devenu facile.

On obtient alors,  $D = 1 / a$ . Et l'équation (b) devient :

$$\text{Log } N = t/D + \text{log } N_0 \dots\dots\dots(c)$$



**Figure 4 :** La relation entre le logarithme du nombre de microorganismes survivants et la durée du traitement thermique.

Cette dernière équation devient plus facile et plus comptable sous forme exponentielle :

$$N = N_0 * 10^{(-t/D)}$$

D est dit duré de réduction décimale, caractérise la thermorésistance d'une espèce microbienne à une certaine température(Mafart, 1991).

## 2.4. Effets du traitement thermique sur les composants du lait

Dès la traite et jusqu'à son utilisation en industrie, le lait subit de nombreuses manipulations, au cours de son transport, de sa conservation, de son stockage et de sa charge thermique suffisamment élevée pour détruire les micro-organismes et les enzymes. Mais au cours de ce traitement certains composants peuvent subir des modifications indésirables, nuisibles à la qualité organoleptiques et nutritionnelles du lait(Mottar, 1981).

### 2.4.1. Effet sur les protéines

Les premières répercussions d'un traitement thermique concernent la structure et les propriétés physiques des protéines du lactosérum et de la caséine :

#### 2.4.1.1. Dénaturation des protéines du lactosérum

Elle consiste en une modification de leur structure qui leur fait perdre leurs propriétés électrophorétiques(ADRIAN, 1975).

En ce qui concerne la dénaturation thermique de la  $\beta$ -lactoglobuline, elle est assez complexe et dépend très largement des conditions du milieu (**Cayot & Lorient, 1998**).

La dénaturation se déroule en deux étapes, d'abord la molécule initialement sous forme de dimère se dissocie et se présente à l'état de monomère puis, dans un deuxième temps, on assiste au déploiement de la chaîne moléculaire. Ce dernier phénomène est dû à des modifications chimiques concernant particulièrement les ponts sulfurés(**ADRIAN, 1975**).

### 2.4.1.2. Modification de la caséine

Les caséines sont plus stables thermiquement que les protéines du sérum, ainsi un chauffage de 10 min à 88°C ne modifie ni la taille, ni la composition des micelles de caséine (**ADRIAN, 1975**).

En revanche, un chauffage à 135-140°C durant 75 s conduit à des ruptures dans les interactions entre caséines et phosphate de calcium à l'intérieur de la micelle(**Cayot & Lorient, 1998**). Ainsi les protéines du sérum se complexent sélectivement avec la caséine  $\alpha$ , le poids de cette fraction augmente de 20% après stérilisation tandis que celui de la caséine  $\beta$  demeure inchangé. C'est la raison pour laquelle le rapport « caséine  $\alpha$  / caséine  $\beta$  » augmente avec l'intensité du traitement thermique, la stérilisation accroît cette valeur de 42% (**ADRIAN, 1975**). De ce fait, on aura une formation d'un sédiment dans le lait stérilisé qui est constitué majoritairement de protéines sériques (54%) et une fraction minérale qui est constituée essentiellement du calcium et du phosphate (8%) probablement des protéines précipitées avec lesquelles ils forment des complexes, comme on trouve aussi de la matière grasse (28% du résidu de dessiccation des sédiments) qui se peut être parvenue dans le sédiment conjointement avec la fraction des protéines macromoléculaires dans lesquelles les globules gras se trouvent en suspension(**MOTTAR & MOERMANS, 1981**).

### 2.4.2. Effet sur les acides aminés

Le chauffage accélère la réaction de Maillard, il se forme un complexe entre la lysine et le lactose (sucre réducteur) appelé composé d'amadori qui se compose en acide lévulique et formique. Ces molécules ont les propriétés d'activer la croissance des bactéries lactiques. Parallèlement il ya apparition d'un goût de cuit et de brunissement (**Jeantet et al., 2001**).

Egalement, la réaction de Maillard se traduit sur le plan chimique par les faits suivants :

-Un blocage et une destruction d'acide aminés qui entraînent une diminution de la qualité protidique.

-La formation de substances bouées de propriétés antinutritionnelles et même toxiques.

-Apparition de molécules, volatiles ou non, exerçant une action psycho-sensorielle contribuant à la création d'arômes appréciés ou, au contraire, défavorables à la qualité commerciale(ADRIAN, 1975).

-Diminution de la disponibilité d'acides aminés essentiels et, par conséquent, la valeur nutritive(Mottar & Naudts, 1979).

**NB :** Dans le groupe des laits UHT on a relevé une différence entre le procédé direct et le procédé indirect ; La disponibilité en lysine a diminué en moyenne de 6,5 % sous l'effet du mode de chauffage indirect, contre 4,3 % du fait du procédé direct. On a toutefois noté dans certains cas, pour le traitement indirect, des pertes qui approchent celles résultant d'une stérilisation en bouteille(Mottar & Naudts, 1979).

### 2.4.3. Effet sur les vitamines

Les vitamines liposolubles A, D et E sont relativement thermostables la riboflavine hydrosolubles (B<sub>2</sub>) l'est aussi(Mottar & Naudts, 1979). Seules les thiamines (B<sub>1</sub>), cobalamines (B<sub>12</sub>) et l'acide ascorbique (vit C) sont réellement thermosensibles. Les autres vitamines sont peu ou pas détruites à l'abri de l'air ou de la lumière. Les procédés actuels de pasteurisation, de stérilisation en continu (procédé UHT) ou de séchage par atomisation ne modifient pas les teneurs en vitamines du lait (Jeantet *et al.*, 2001).

En plus, la vitamine C est réactive avec les protéines et les vitamines du groupe B avec les composés formés au cours de la réaction de Maillard ce qui fait diminuer la biodisponibilité de ces vitamines dans le lait traité thermiquement(Debry, 2001).

### 2.4.4. Effet sur les enzymes

Les enzymes endogènes (phosphatase alcaline, peroxydase) sont très thermosensibles. Leur disparition sert d'indice d'efficacité de la méthode thermique utilisée.

La xanthine- oxydase n'est détruite qu'à des températures supérieures à 85°C et les phosphatases acides supportent la pasteurisation, mais pas le traitement UHT. Le chauffage long et à des températures élevées nécessaire à la destruction de ces enzymes exogènes, abîme aussi le lait. Leur persistance favorise l'apparition dans le lait UHT d'acide gras, cause d'acidité et de rancissement (FAO, 1995).

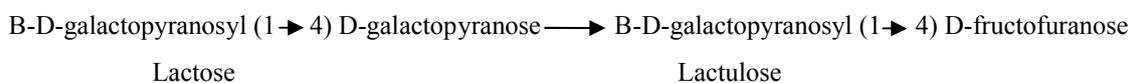
### 2.4.5. Effet sur la matière grasse

La matière grasse est sensiblement atteinte par la chaleur surtout au-dessus de 100°C ; la couche visqueuse qui entoure les globules gras est nettement attaquée. Pratiquement cet

inconvenient n'est pas considérable (PELLET, 1928) . Cependant, lors du chauffage du lait, les acides cétoniques et hydroxylés naturels sont convertis respectivement en méthyl-cétones et en lactones, qui modifient les propriétés organoleptiques du lait (FAO, 1995).

#### 2.4.6. Effet sur le lactose

En plus des pertes causées par la réaction de Maillard (Jeantet et al., 2001), le lactose subit une isomérisation en lactulose qui se produit très facilement au cours d'un traitement thermique. Après ouverture du cycle, l'unité D-glucopyranose du lactose s'isomère en une unité D-fructofuranose selon la réaction de Lobry de Bruyn-Alberda van Ekenstein :



**Figure 5 :** Réaction d'isomérisation du lactose en lactulose sous l'effet du traitement thermique

Ce disaccharide est présent dans tous les produits laitiers chauffés (2 à 25 mg /l pour le lait UHT et plus de 75mg/l dans les laits stérilisés. Et son dosage est utilisé comme test de traitement thermique.

Le lactulose peut être considéré comme une fibre puisqu'il n'est pas digéré car la galactosidase et l'invertase ne sont pas capables d'hydrolyser la liaison osidique, de ce fait, il ne sera pas absorbé dans l'intestin grêle, ce qui diminue sa biodisponibilité.

Enfin le lactulose comme le lactose, est très réactif avec les résidus N-lysyle et conduit à la formation de composés de Maillard tel que le lactulosyllysine (Debry, 2001). Toutes ces réactions modifient la teneur du lactose dans le lait ce qui signifie sa perte nutritionnelle.

#### 2.4.7. Effet sur les minéraux

La composition en minéraux ne subit que peu de modifications notables sous l'influence d'un processus thermique (Mottar & Naudts, 1979).

Les modifications portent à la fois sur les teneurs en minéraux, particulièrement le phosphore et le calcium, et sur les formes liées aux protéines (Debry, 2001).

La conséquence majeure au niveau minéral d'un traitement thermique de lait est une diminution de la solubilité de phosphate de calcium(GAUCHERON, 2003). Comme la réaction suivante l'indique :



**Figure 6 :** Précipitation des phosphocalciques sous l'effet de la chaleur.

Lors du traitement thermique de lait de faible intensité (température < 90°C pendant quelques secondes ou minutes), la fraction minérale n'est pas fortement modifiée et se caractérise par des transferts de calcium, de phosphate inorganique et probablement de magnésium et du citrate, de la phase aqueuse vers la phase micellaire. Ce mode de chauffage ne semble pas avoir d'incident puisque ces effets sont réversibles et un retour à un état initial est observé, après un refroidissement, en moins d'une heure. Au cours du traitement thermique plus intense (température > 90°C pendant plusieurs secondes ou minutes), les équilibres minéraux sont fortement perturbés, avec également un transfert de phosphate et de calcium de la phase soluble vers la phase micellaire. D'après Gaucheron, Pauliot et ces collaborateurs montrent en 1989 qu'un traitement thermique du lait à 93°C pendant 11 minutes induit des diminutions respectives de 50 et 18% de calcium et de phosphore (GAUCHERON, 2003).

### 2.5. Caractéristiques de qualité exigées par la réglementation

Selon la réglementation nationale, le lait stérilisé et le lait stérilisé UHT demi-écrémé doivent répondre aux caractéristiques suivantes :

- Leurs teneurs en matière grasses sont comprises entre 0.15% et 2% (15 g/l à 20g/l de matières grasses).
- les laits stérilisés et stérilisé UHT, doivent rester stables jusqu'à leur date limite de consommation, Ils ne doivent pas :
- Présenter des défauts organoleptiques tels que la protéolyse et les anomalies du goût ou d'odeur, coaguler, précipiter ou flocculer à l'ébullition.
- Présenter une acidité titrable supérieure à 1,8 g/l d'acide lactique,
- Avoir une variation de pH supérieure à 0,2 unités du fait de l'incubation,
- Contenir un nombre de microorganismes aérobies à 30 °C supérieur à 10 par 0,1ml,

Les dates limites de consommation des laits stérilisés et les laits stérilisés UHT sont fixés respectivement à cent cinquante (150) jours et quatre-vingt-dix (90) jours à compter de leur date de fabrication (J.O.R.A.D.P, 1993).

# Chapitre I

---

## I. Présentation de l'entreprise Tchín-Lait/ Candia

Tchin-lait est une entreprise privée de droit algérien, constituée juridiquement en SARL. Elle est conçue en un régime de travail continu (24 h/24 h) avec un effectif avoisinant les 200 employés dont 150 à l'usine et 50 répartis dans trois centres de distribution, l'un à Bejaia et les deux autres à Alger (Zéralda et Dar El Beida). Tchín-Lait est dotée d'un capital social de 153700000 DA.

Le partenaire de Tchín-Lait/ CANDIA bénéficie de l'expérience et du savoir faire d'une marque européenne connue et reconnue. Elle apporte l'assurance d'un Label de qualité.

Implanté sur le site de la limonaderie Tchín-Tchín à l'entrée de la ville de Bejaia du côté West, Tchín-Lait s'étend sur une superficie totale de 4000 m<sup>2</sup> avec une surface couverte de 3300 m<sup>2</sup>, comprend :

- ❖ Un atelier de production, conditionnement.
- ❖ Un laboratoire pour les analyses microbiologiques et physico-chimiques du lait
- ❖ Une administration générale (direction générale et administration, direction commerciale, marketing, services achats et approvisionnements).

### I.1. Les produits fabriqués par l'unité

- Lait UHT entier.
- Lait UHT demi écrémé.
- Lait UHT écrémé « silhouette ».
- Lait UHT chocolaté « caddy choco »
- Lait UHT additionné en vitamines »Viva ».
- Jus lacté.

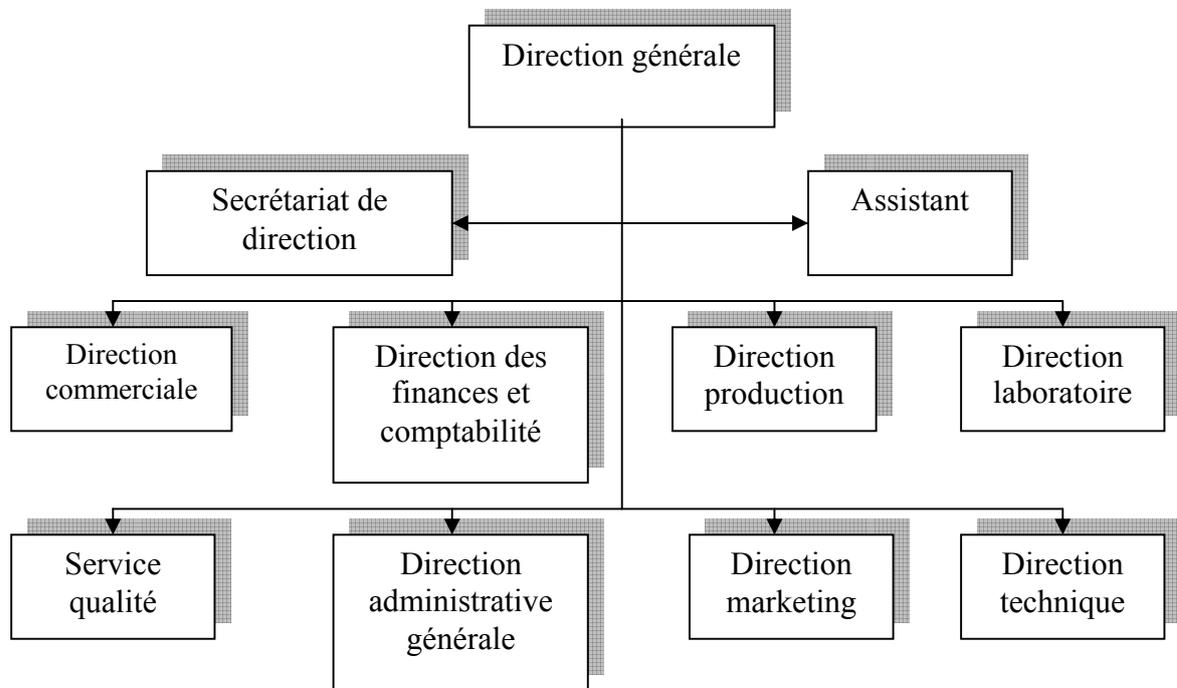
### I.2. Réseaux de distribution de Tchín-lait

Les produits Tchín-lait sont distribués sur tout le territoire algérien. Tchín-lait dispose de trois centres de distributions, l'un à Bejaia et les deux autres à Alger. Elle assure en partie une distribution directe et dispose des clients grossistes et dépositaires dans les autres villes. Ces derniers sont des distributeurs de produit Tchín-lait bénéficiant d'avantages en matière de prix par rapport aux grossistes. Ils sont 13 dépositaires répartis sur les wilayas suivantes : Alger, Oran, Ouargla, Blida, Batna, El Oued, Annaba, Sétif, Bechar, Constantine, Laghouat, Biskra, Djelfa.

## I.3. Les analyses effectuées au niveau de l'unité

L'unité est munie d'un laboratoire d'autocontrôle afin de suivre, surveiller et corriger la qualité des produits. L'unité veille à assurer le bon déroulement des processus de fabrication et leur conformité aux normes préétablies :

- Pour les analyses physico-chimiques, l'unité se réfère aux normes de CANDIA France, la F.I.L. (Fédération Internationale du Lait), et la F.A.O. (Food and Agriculture Organisation).
- Pour les analyses microbiologiques, elle se réfère aux normes dictées par le journal officiel de la république algérienne n°35 du 27 mai 1998.



**Figure7** : Organigramme de l'entreprise Tchén-lait.

## II. Technologie du lait U.H.T

### 2.1. Préparation du lait reconstitué

#### 2.1.1. Poudrage

Pour avoir un lait demi écrémé à teneur en matière grasse de 16%, les poudres de lait à 0% et à 26% de matière grasse sont incluses progressivement et manuellement en quantité mesurée dans un triblender dans lequel elles sont soutirées par une pompe vers l'équivertaire (mélangeur) au même temps que l'eau provenant du tank de reconstitution.

#### 2.1.2. Reconstitution

La reconstitution consiste à dissoudre de la poudre de lait dans un volume prédéterminé d'eau. La dispersion de la poudre dans l'eau se fait de préférence à une température de 35°C à 45°C, pour une meilleure solubilité et dispersibilité, en plus, la teneur en gaz dans le lait est minimale.

Le mélange de poudre de lait et de l'eau est acheminé de l'équivertaire au tank de reconstitution, doté d'un agitateur assurant une bonne dispersion. Il ya une recirculation entre le tank de reconstitution et l'équivertaire jusqu'à la dissolution complète de la poudre. Une fois que toute la poudre est bien mélangée, l'agitateur et la pompe de circulation s'arrêtent et le compteur du tank est laissé au repos jusqu' à une dissolution complète qui correspond à un temps de réhydratation (environ 60 minutes). Après, le lait est soutiré à travers des filtres pour éliminer tout corps étrangers, le lait reconstitué filtré est ensuite acheminé vers un échangeur de chaleur à plaques où il est refroidi à 6°C environ par l'eau glacée. A ce moment là, le lait reconstitué est prêt au traitement thermique, alors, il passe au pasteurisateur.

### 2.2. Pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique modéré effectué dans le but de la destruction des bactéries pathogènes présentes sous forme végétatives(Vignola, 2002).Au niveau de la laiterie Tchín- lait Candia, la pasteurisation se déroule en quatre étapes :

#### 2.2.1. Préchauffage

Dans cette étape, le lait reconstitué auparavant prend le chemin vers le bac de lancement (BDL) afin de réguler le débit et assurer le dégazage partiel. Ensuite, aux échangeurs de chaleur à plaque, dans lesquels il subira un préchauffage de 68°C pendant 30 secondes pour la désinfection et la préparation du lait au dégazage.

### 2.2.2. Dégazage

Cette opération a pour but de retirer particulièrement au moins certaines odeurs désagréables et d'éliminer l'oxygène dissout en évitant ainsi l'oxydation. En plus, il assure une meilleure protection des vitamines et élimine la mousse formée.

Après avoir chauffé le lait à 68°C, il gagne le dégazeur où il entre tangentiellement dans la chambre à vide par un orifice de grandes dimensions, ce qui entraîne la formation d'un mince film du lait sur la paroi. A ce niveau, la température tombera immédiatement à 60°C. Les gaz emprisonnés dans le lait sont expulsés par la chute de pression et sont charriés avec la vapeur d'ébullition et montent vers le haut de la chambre à vide pour être aspirés avec les gaz incondensables, porteurs d'odeurs indésirables, par la pompe sous vides placée en haut. Les vapeurs se condensent dans le condenseur en spirales et retombent dans le produit liquide.

### 2.2.3. Homogénéisation

L'homogénéisation est principalement réalisée pour diminuer le diamètre des gouttelettes de la phase dispersée en fractionnant par cisaillement les globules gras en plus petits globules. Par conséquent, l'amélioration du goût et la blancheur du lait ainsi que la digestion de la matière grasse et des protéines, En plus, évite le crémage du lait et la formation de bouchon en réduisant l'agglutination.

Le lait est forcé dans un étroit orifice annulaire à une température de 60°C (dans le but de dilater le produit et faciliter l'amorçage de la matière grasse). Une vitesse élevée et une pression de 60 bars donnent des microturbulences causant le bris des globules gras et leur division en petits globules de 1 micron (la dimension de ces globules diminue de 1/5).

On a observé également, que les micelles de caséines sont également partiellement détruites par l'homogénéisation et que leur sous unités s'adhèrent à la surface des globules gras fragmentés induisant la formation d'un complexe matière grasse-protéines qui stabilise l'émulsion.

Il est montré que la caséine constituait la moitié protéique du complexe et qu'elle était vraisemblablement liée à la fraction grasse par des forces de liaisons polaires. En outre, on a avancé que la micelle de la caséine était activée au moment où elle traversait le clapet de l'homogénéisateur, ce qui la prédisposait à une interaction avec la phase lipidique.

### 2.2.4. Pasteurisation proprement dite

Elle est effectuée dans le but de détruire les formes végétatives de certaines bactéries pathogènes et d'autres bactéries thermosensibles. Elle détruit aussi certaines enzymes surtout la phosphatase alcaline et les lipases indésirables.

En effet, le lait demi écrémé sort de l'homogénéisateur à 60°C et est conduit vers l'échangeur à plaque, exactement, au compartiment de pasteurisation pour subir un traitement thermique à 90°C, ensuite, passe dans le chambreur où il séjournera 30 secondes à cette température. Une fois pasteurisé, ce lait subira un refroidissement à 4°C en passant par le compartiment du froid dans l'échangeur.

Puisque le lait pasteurisé n'est pas stérile, il doit être stocké au froid dans un tank tampon, équipé d'un isolement thermique (laine minérale) et d'un agitateur. La température de conservation du lait ne doit pas dépasser 10°C et son temps maximal est de 7 jours.

## **2.3. Stérilisation**

### **2.3.1. Préchauffage**

Le lait pasteurisé stocké au niveau du tank tampon est pompé vers le steritherm, précisément au bac de lancement, puis, vers la section du chauffage de l'échangeur à plaque où il est chauffé à 78°C afin de le préparer à la deuxième homogénéisation et au traitement U.H.T.

### **2.3.2. Homogénéisation**

Le lait préchauffé subit une deuxième homogénéisation à une forte pression (200 bars) et à une température de 78°C pour l'améliorer de la stabilité et la consistance du produit au cours de sa longue conservation.

### **2.3.3. Stérilisation proprement dite**

Le lait homogénéisé gagne le compartiment U.H.T. dans l'échangeur à plaque et subira un traitement thermique de 140°C. Ensuite, passera au chambreur pour séjourner 2 à 4 secondes, puis, refroidi à une température de 20°C dans le compartiment froid de l'échangeur. Ce refroidissement se fait d'abord par échange thermique entre une eau froide et le lait chauffé, ensuite, par échange calorique entre l'arrivée du lait froid et la sortie du lait chaud (par récupération d'énergie).

Le traitement U.H.T. est un procédé continu qui s'effectue dans un circuit fermé empêchant toute contamination du produit par les micro-organismes en suspension dans l'air ; avant que le lait arrive à l'échangeur, ce dernier était rempli d'eau chaude. Et à l'arrivée du lait, l'eau sort, et le lait prend sa place. Le contraire est effectué au moment de la sortie de lait. Ce procédé empêche la contamination des circuits.

Le lait stérilisé refroidi est acheminé vers un tank stérile pour la longue conservation. Ce tank est équipé d'un agitateur et d'une barrière vapeur d'une température stérilisatrice (115°C-130°C) évitant toute recontamination du produit (garder le produit stérile).

#### **2.4. Conditionnement aseptique**

Le conditionnement aseptique est effectué pour permettre de réaliser le remplissage d'un récipient préalablement stérilisé. Pour cela, on met en œuvre des techniques de remplissage interdisant toute contamination.

Dans la mesure où le lait stérilisé U.H.T. est un produit de longue conservation, les récipients doivent être opaques, impérissables et étanches aux gaz, à l'eau, à la lumière, sans saveur ni odeur et d'utilisation facile, ce qui nécessite l'utilisation d'un emballage Tetra pack formé par des multicouches de polyéthylène permettant l'étanchéité aux gaz et aux liquides, d'aluminium pour isoler le produit de la lumière et du carton qui donne la forme à la brique.

Le conditionnement se fait à l'aide des conditionneuses aseptiques appelées Tétra Brick Aseptique (TBA). Les récipients sont formés par ces conditionneuses à partir des bobines de cartons doublés Tétra Brick en faisant une soudure entre les extrémités du préemballage. L'emballage formé est ensuite stérilisé par une vapeur chaude de peroxyde d'hydrogène suivi d'un séchage par un air stérile, et enfin, le remplissage des bricks à 60% puis complété à 100% pour éviter tout débordement.

Après remplissage, les briques sont fermées aseptiquement par des mâchoires mécaniques suivies d'un poste-bouchage. Elles sont ensuite étiquetées et mises en barquettes qui seront surfilmées. Ces dernières seront mises en palettes et surfilmées. L'étiquette comprend la date et l'heure de fabrication, le numéro de lot, le nom de la conditionneuse (TBA) et la date d'expiration.

#### **2.5. Conservation du lait UHT**

Il faut entreposer les briques à 20°C, ou réduire les dates limites de consommation quand ce n'est pas possible. En début de gélification, l'augmentation de la viscosité, la sédimentation et le crémage constituent les facteurs restrictifs physiques et chimiques de la durée de conservation. La détérioration du goût, de l'odeur et de la couleur en constitue les facteurs restrictifs organoleptiques.

## 2.6. Nettoyage de l'équipement

La conception du nettoyage du matériel entrant en contact avec les produits est un des éléments essentiels d'une installation alimentaire.

L'objectif des opérations de nettoyage en laiterie, est toujours l'élimination à la fois des souillures chimiques (phosphate de calcium), organiques (protéines) et bactériologiques qui causent l'encrassement.

L'encrassement est le dépôt collé sur les surfaces et sa composition dépend en l'occurrence des constituants du lait, du temps et de la température du chauffage. L'encrassement peut réduire considérablement la capacité du transfert de chaleur et d'augmenter la chute de pression. C'est pour cette raison qu'un nettoyage et un entretien périodiques sont requis par la réglementation.

Pour assurer un nettoyage approprié et des résultats hygiéniques, on a mis au point des systèmes de nettoyage en place (N.E.P) par circulation, réalisée toutes les 72 heures et les nettoyages intermédiaires aseptiques (N.I.A) exécuté après chaque trois lots et adaptés aux différentes parties des unités de traitement.

Les étapes du nettoyage sont :

### 2.6.1. Pré rinçage

Il consiste à éliminer les impuretés collées aux surfaces, avec de l'eau chaude qui a une dureté de 5°F.

### 2.6.2. Nettoyage

Selon la nature des souillures (organiques, minérales), on utilise deux types de solution (acide et alcaline) :

-les souillures organiques sont éliminées par l'action d'un détergent de nature alcalin (NaOH) à concentration de 3%

-les souillures minérales sont éliminées par l'utilisation de détergents de nature acide (HNO<sub>3</sub>)

### 2.6.3. Rinçage

Il s'effectue avec de l'eau stérile et chaude d'une dureté de 5°F (pour éviter les corrosions) pour l'élimination des traces des produits utilisés pour désinfecter le matériel.

### 2.6.4. Désinfection

Cette étape a pour intérêt d'éliminer le reste des infectants et des impuretés laissées par la soude et l'acide. Elle est accomplie à l'aide de détergents.

### **2.6.5. Rinçage final**

Cette dernière étape est dans le but d'éliminer les traces de désinfectant. Elle est réalisée avec de l'eau stérile pour éviter toute recontamination.

### III. Matériels et méthodes

#### 3.1.. Echantillonnage

Les échantillons doivent être représentatifs du produit à analyser. Ils doivent être prélevés et conservés de manière à éviter toute détérioration ou modification susceptibles de fausser les résultats.

##### 3.1.1. Poudre de lait

À chaque arrivage, on fait un prélèvement d'un sac par lot pour chaque type de poudre (0% et 26% de MG). Le prélèvement est effectué au niveau du laboratoire bactériologique à l'aide des ciseaux stériles et à côté du bec bunsen. On ouvre le sac, on plonge une louche ou une spatule à un endroit un peu plus profond et on prélève 50g qui correspond à un échantillon homogène qui servira pour toutes les analyses.

##### 3.1.2. Eau de process

Il s'agit d'une analyse de surveillance de l'eau destinée au processus de fabrication dans l'industrie. Les échantillons sont prélevés au niveau du tank de reconstitution (TR) avant la reconstitution du lait, dans des flacons stériles avec toutes les précautions d'asepsie nécessaires. Avant le prélèvement, l'orifice de sortie de l'eau est flambé à l'aide d'un flambeau pendant 1 à 2 minutes, puis, l'eau est laissée couler durant quelques minutes avant de remplir les flacons en verre de 250ml.

##### 3.1.3. Lait reconstitué et pasteurisé

Le prélèvement du lait reconstitué et du lait pasteurisé se fait au niveau des tanks de reconstitution(TR) et du tank tampon(TT) respectivement, et ce, dans les meilleures conditions d'asepsie possibles. Au niveau du tank de reconstitution, on fait deux prélèvements (haut et le bas). Les prélèvements au niveau du bas du TR et du TT sont réalisés à l'aide d'une seringue stérile et les échantillons prélevés seront introduits dans des récipients en inox également stériles, tandis qu'au haut de TR, les échantillons sont prélevés à l'aide d'un récipient en inox propre. Concernant l'échantillonnage au niveau du bas du TR et du TT, l'endroit du prélèvement doit être flambé avant et après chaque prélèvement destiné aux analyses microbiologiques.

##### 3.1.4. Produit fini (Brick)

Pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques, on fait un prélèvement de cinq bricks pour chaque production :

- première brick au début de la production.
- Deuxième brick lorsque la production atteint ses 25%.

- Troisième brick lorsqu'elle atteint ses 50%.
- Quatrième brick lorsque la production atteint 75%.
- Cinquième brick à la fin de la production.

### 3.2. Méthodes d'analyses

Les différentes analyses réalisées pour les différents stades de fabrication du lait stérilisé U.H.T demi-écrémé sont : pH, densité(D), acidité titrable (AT), extrait sec total(EST), matière grasse (MG), Humidité (H), Titre Hydrotimétrique(TH), test de stabilité(TS), turbidité et composition.

#### 3.2.1 .analyses physico-chimiques

**Tableau III:** Paramètres physico- chimiques étudiés pour Chaque produit analysé.

Produits	pH	D	AT	EST	MG	H	TH	TS	turbidité	composition
Poudre de lait	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
L'eau de process	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Lait reconstitué	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+
Lait pasteurisé	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+
Lait stérilisé (produit fini)	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+

- (-) paramètre non étudié
- (+) paramètre étudié

#### **NB. Reconstitution de la poudre de lait**

Verser doucement 100g de poudre dans un Becher contenant un certain volume d'eau (250ml) avec agitation jusqu'à dissolution complète de la poudre. Puis, verser le lait reconstitué dans une fiole, ajuster avec l'eau distillée jusqu'à 1L. Cette reconstitution est utilisée pour la détermination des paramètres suivants : la densité, la stabilité à la chaleur, l'acidité titrable, le PH, le taux de matière grasse.

##### 3.2.1.1. Mesure du pH

###### ➤ Principe

Le potentiel hydrogène (pH) est, par définition, une mesure de l'activité des ions  $H^+$  contenus dans une solution. Cette notion a été introduite dans le but de pouvoir mesurer

quantitativement l'acidité d'une solution. Le pH est déterminé par la méthode potentiométrique ou électrométrique, à l'aide d'un pH-mètre muni d'une électrode en verre. Cette méthode est basée sur une réaction mettant en jeu les ions  $H^+$  libres d'un lait.

#### ➤ Mode opératoire

En premier lieu, étalonner l'appareil (pH-mètre) à l'aide de deux solutions tampons (pH=4, pH=7). Introduire un volume de l'échantillon à analyser dans un bécher et ajuster sa température à 20°C (+/- 0.2) pour le lait et 25°C (+/- 0.2) pour l'eau. Ensuite, plonger l'électrode du pH dans le bécher et lire la valeur affichée sur l'écran du pH-mètre.

### 3.2.1.2. Détermination du titre hydrotimétrique (TH)

#### ➤ Définition

Le titre hydrotimétrique (TH) ou dureté totale est mesuré par la somme des concentrations en degrés français des ions  $Ca^{+2}$  et  $Mg^{+2}$ .

Le TH peut se subdiviser en :

- titre hydrotimétrique calcique (TCa) ou dureté calcique.
- titre hydrotimétrique magnésien (TM) ou dureté magnésienne.

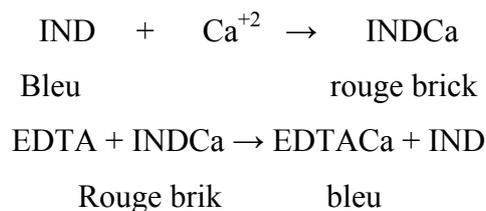
$$TH = TCa + TM$$

(Berné & Cordonnier, 1991)

Le TH est exprimé en degré français (°F) correspondant à 10mg/l de  $CaCO_3$  soit encore  $10^{-4}$  d'ions  $Ca^{+2}$  ou  $Mg^{+2}$  par litre.

#### ➤ Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau ( $Ca^{+2}$  et  $Mg^{+2}$ ) sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique (EDTA) à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique du rouge bordeaux au bleu franc, le noir eriochrome T (NET). En milieu convenablement tamponné permettant d'empêcher la précipitation du magnésium, la méthode agréée de doser la somme des ions calcium et magnésium (Rodier, 1996).



-S'il y a une coloration bleue, on ne titre pas et **TH= 0(°F)**.

-S'il y a une coloration rouge brique, on titre avec l'EDTA jusqu'à coloration bleue franche et donc :

**TH =V (°F).**

**V** : volume d'EDTA utilisé pour le titrage.

➤ **Mode opératoire**

Prélever 100ml de l'eau de process à l'aide d'une fiole jaugée, puis, les verser dans un erlenmeyer où ils sont additionnés de 4ml de solution tampon ammoniacal à pH=10 et quelques grammes d'indicateur coloré noir Eriochrome T (NET). Le mélange est titré avec une solution d'EDTA à 0,02 N jusqu'à l'apparition d'une couleur bleue franche.

### 3.2.1.3. Détermination de la densité par le lactodensimètre

➤ **principe**

L'analyse consiste à immerger dans un volume du lait, un lactodensimètre qui donne directement la densité du lait à 20°C. Cette méthode permet d'estimer le rapport entre la masse d'une quantité du lait et le volume occupé par la même masse par rapport à la masse volumique de l'eau.

➤ **Mode opératoire**

Premièrement, rincer l'éprouvette avec du lait à analyser et verser ce dernier dans celle-ci jusqu'au débordement ultérieur et d'une manière à éviter la formation de mousse ou de bulles d'air. Le lactodensimètre est ensuite plongé précocement dans le lait jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre au centre de l'éprouvette. Dès qu'il s'immobilise, lire la graduation apparente au niveau supérieur du ménisque.

➤ **Expression des résultats**

Le calcul de la densité est donné par la formule suivante :

$$d = 1 + ( 10^{-3} * X )$$

**d** : densité du produit.

**X** : valeur lue sur le lactodensimètre.

**1** : densité de l'eau.

### 3.2.1.4. Détermination du taux d'humidité

➤ **Principe**

C'est la quantité d'eau présente dans la poudre de lait. Elle est résolue par séchage de la poudre de lait par un dessiccateur muni d'un système électronique Infrarouge.

➤ **Mode opératoire**

Prendre une coupelle, la peser à l'aide d'un dessiccateur, puis tarer.

Introduire 5g de la poudre de lait dans cette coupelle et l'étaler le long de la surface de celle-ci jusqu'à l'obtention d'une surface plane et homogène. Remettre la coupelle au dessiccateur. La fin de l'évaporation se manifeste par une sonnerie de l'appareil (lorsque la perte du poids reste constante).

➤ **Expression des résultats**

Le dessiccateur indique directement en pourcentage massique le taux d'humidité sur l'écran. L'humidité doit être comprise entre 1 et 4%.

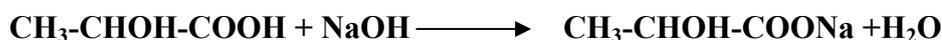
### 3.2.1.5. Détermination de l'acidité titrable

➤ **Définition**

Elle correspond à la quantité d'acide lactique contenue dans un litre du lait. Elle est exprimée en °D, équivalant à une teneur de 0.1g d'acide lactique dans un litre du lait.

➤ **Principe**

Le dosage se base sur le titrage de l'acidité d'un lait par l'hydroxyde de sodium (N/9) en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré.



Cette équation montre qu'une molécule gramme de CH<sub>3</sub>-CHOH-COOH sera neutralisée par une molécule gramme de NaOH, donc, 0.1g d'acide lactique sera neutralisée par 40/900 gramme de NaOH.

➤ **Mode opératoire**

10ml du lait à analyser sont introduites dans un bécher auxquelles sont ajoutées 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré (phénolphtaléine). Mais du fait que le lait est de couleur blanche opaque, l'apparition de la couleur rose qui correspond au virage de la phénolphtaléine est difficile, donc, l'ajout de phénolphtaléine est écarté. Alors, le titrage par l'hydroxyde de sodium (NaOH) est contrôlé avec le pH-mètre jusqu'à la valeur du pH comprise entre 8.30 et 8.40 qui correspond au point de virage de la phénolphtaléine.

➤ **Expression des résultats**

La valeur de l'acidité est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Acidité (D}^\circ\text{)} = V * 10$$

V : chute de la burette (volume de la soude utilisé pour le titrage).

### 3.2.1.6. Détermination du taux de la matière grasse (MG) par la méthode de GERBER

#### ➤ Principe

Les constituants du lait autre que la matière grasse sont dissous par l'acide sulfurique formant une réaction exothermique. Grâce à la force centrifuge et à l'ajout d'une petite quantité de l'alcool iso-amylique (C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>OH) qui dissout la matière grasse, cette dernière se sépare et monte au sommet du butyromètre.

#### ➤ Mode opératoire

Dans un butyromètre, mettre 10ml de l'acide sulfurique (91%), 11 ml du lait à analyser (dans le cas de la poudre de lait, mettre 10ml d'eau et 2.5g de la poudre) et 1ml d'alcool iso-amylique. Faire agiter soigneusement jusqu'à la dissolution des constituants du lait sous l'action de l'acide sulfurique à l'exception de la matière grasse, puis, tourner le butyromètre du haut en bas cinq à six fois pour obtenir une bonne homogénéisation. Enfin, porter le butyromètre dans la centrifugeuse et centrifuger pendant 5minutes.

#### ➤ Expression des résultats

La teneur en MG est déterminée à partir de la lecture de la graduation sur le butyromètre.

$$MG \text{ (g/l)} = (B - A) * 100$$

**B** : la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse

**A** : la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse.

### 3.2.1.7. Détermination de l'extrait sec total

#### ➤ But

Ce protocole permet de contrôler le taux d'extrait sec dans les laits et dérivés, des produits au cours de fabrication et finis.

#### ➤ Définition

L'extrait sec est une quantité de matière sèche contenue dans un litre de produit (lait).

#### ➤ Principe

Un échantillon est pesé, évaporé au moyen d'un dessiccateur à infrarouge muni d'une balance de précision.

#### ➤ Mode opératoire

Soulever le couvercle du dessiccateur à infrarouge, mettre une coupelle en aluminium sur la balance du dessiccateur et tarer.

Peser 16g à 18 g de sable de fontaine bleue dans la coupelle, rajouter le bâtonnet et tarer.

Peser à 0.1g près, 3g de l'échantillon dans la coupelle puis mélanger à l'aide du bâtonnet. Rabattre le couvercle du dessiccateur à infrarouge et attendre la fin de la dessiccation signalée par un bip sonore du dessiccateur.

➤ **Expression des résultats**

Le taux d'extrait sec correspond à la valeur lue sur le cadran du dessiccateur exprimée en pourcentage massique.

**3.2.1.8. Mesure de la composition (MG, MP, Lac, ES, ESD et FPD)**

➤ **But**

Il permet une analyse rapide par Milkoscan (spectrophotomètre infrarouge).

➤ **Principe**

L'échantillon à analyser est bombardé par un rayon infrarouge, celui-ci est réfléchi par les molécules de matière grasse, protéines et lactose. Le rayon réfléchi est détecté, amplifié puis converti en signal digital grâce à un micro processeur.

➤ **Mode opératoire**

Mettre l'échantillon sous la pipette de milkoscan préalablement rincée et séchée, appuyer sur la touche « démarrer ». Après 2 minutes, un bip sonore indique la fin de l'analyse. Lire directement les résultats obtenus sur le cadran de l'appareil.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats lus sur le cadran de milkoscan sont exprimés en pourcentage volumique (g /100ml), alors, on multiplie ces derniers par 10 pour les exprimer en g/l.

**3.2.1.9. Tests de stabilité**

**3.2.1.9.1. Test de stabilité à l'alcool**

➤ **Principe**

Si un lait est en phase d'acidification, un ajout d'alcool (éthanol 85%) entraîne une déstabilisation des protéines du lait qui coagulent proportionnellement à l'acidité.

➤ **Mode opératoire**

Prélever 2ml de l'échantillon du lait et le verser dans un tube à essai. Ajouter 2ml d'éthanol à 85%. Homogénéiser le mélange par deux retournements successifs sans agiter.

➤ **Expression des résultats**

Après avoir observé l'aspect du mélange, il peut être :

- Homogène, lorsque le lait s'écoule le long des parois sans laisser de traces de coagulation ou de floculation. Là le lait est stable.

- Flocculé, lorsque le lait présente des flocons ou grumeaux de protéines précipitées. Dans ce cas, le lait est dit instable.

#### 3.2.1.9.2. Test de Ramsdell (stabilité au phosphate)

##### ➤ Définition

Il permet d'apprécier la stabilité du lait par rapport au traitement thermique subi, en fonction de son équilibre minéral et protéique.

##### ➤ Principe

La stabilité au phosphate est déterminée depuis la méthode de Ramsdell. Les échantillons du lait (10ml) sont placés dans des tubes à essai et des volumes de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  sont graduellement additionnés. Après avoir été mélangé, les tubes sont portés au bain marie à une température de  $100 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant 5min. A la fin du chauffage, la déstabilisation visuelle et le volume de la solution de phosphate  $\text{KH}_2\text{PO}_3$  induisant la déstabilisation sont notés (**Isabelle et al., 2008**).

**NB :** Plus la quantité du phosphore nécessaire pour provoquer la déstabilisation est élevée, plus le lait est stable et inversement.

##### ➤ Mode opératoire

Pour le produit fini, préparer une série de tubes contenant des quantités croissantes (2.3ml ; 2.5ml ; 2.6ml) et pour la poudre (1.8ml ; 2ml ; 2.2ml) de solution de dihydrogène-phosphate mono-potassique ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ). Ajouter à chacun des tubes 10ml de lait à tester, homogénéiser le mélange par retournements successifs et placer les au bain marie bouillante pendant 5min. A la fin, examiner l'aspect des tubes :

-tube coagulé correspond à un test positif.

-tube non coagulé correspond à un test négatif.

##### ➤ Expression des résultats

On relève la quantité de dihydrogène-phosphate mono-potassique ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) exprimée en ml de solution contenue dans le premier tube de la série étant coagulé.

#### 3.2.1.9.3. Test de stabilité à l'ébullition

##### ➤ Définition

La stabilité à l'ébullition est l'aptitude du lait à subir un traitement thermique sans coagulation ni floculation.

##### ➤ Principe

Lorsqu'un lait est en phase d'acidification, un traitement thermique entraîne une déstabilisation des protéines du lait qui se manifeste par une coagulation ou floculation.

➤ **Mode opératoire**

Prélever à l'aide d'une pipette 5ml du lait à analyser et les mettre dans un tube à essai. Fermer le tube et placer le dans l'eau bouillante pendant 10min.

➤ **Expression des résultats**

Un lait est dit normal (ne coagule pas à l'ébullition), lorsqu'il s'écoule le long des parois du tube sans laisser de traces. Dans ce cas, le lait est stable (supporte le traitement thermique). Cependant, il est dit anormal, lorsqu'il laisse des grumeaux ou il se forme un coagulum avec exsudation du sérum. Ici, le lait est non stable à l'ébullition (ne supporte pas le traitement thermique).

**NB :** lorsque l'acidité dépasse 21°D, la coagulation débute. Lorsque l'acidité dépasse 28°D, le lait se prend en masse.

**3.2.1.9.4. Test de stabilité au traitement thermique (bain d'huile)**

Ce test est effectué juste pour la poudre du lait.

➤ **Définition**

Un bain d'huile est un bain marie contenant une huile, thermostaté à 140°C et la stabilité thermique correspond à l'aptitude du lait reconstitué à supporter un traitement thermique élevé pendant un certain temps sans coagulation.

➤ **Principe**

Le test consiste à mesurer le temps de chauffage à haute température, nécessaire à la coagulation du lait.

➤ **Mode opératoire**

Préparer 5 tubes à essai et introduire dans chacun, 4ml du lait reconstitué à 10%, les boucher et les mettre dans un portoir en aluminium intégré dans le bain d'huile thermostaté à 140°C. Agiter les tubes pendant toute la durée de chauffage. Faire des observations à 5, 10, 12 et 15 minutes du chauffage.

-Si le lait n'a pas coagulé, faire une observation à 20minutes de chauffage.

-Si le lait a coagulé avant 15 minutes de chauffage, recommencer l'opération en diminuant le temps de celui-ci jusqu'à la détermination du temps de chauffage minimal, nécessaire pour faire coaguler le lait.

➤ **Expression des résultats**

La stabilité à la chaleur de la poudre de lait, mesurée par la méthode de bain d'huile, s'exprime en temps minimum de chauffage nécessaire à la coagulation du lait.

### 3.2.1.10. Test de turbidité de la poudre de lait

#### ➤ Objectif

Ce protocole décrit la méthode de contrôle de la stérilisation par le biais du test de turbidité du lait reconstitué (à 10%) avant son traitement thermique pour éviter des encrassements des échangeurs de chaleur et la sédimentation au cours du stockage.

#### ➤ Principe

Il s'agit d'une méthode physico-chimique permettant de déterminer si un lait a été chauffé au-dessus de 100°C. Elle est basée sur la mise en évidence de la coagulation des lactoglobulines T du sérum sur les laits non chauffés à cette T°.

#### ➤ Mode opératoire

Prendre un échantillon de 20ml du lait reconstitué dans un bécher de 100ml, ajouter 4g de sulfate d'ammonium à l'échantillon, agiter l'échantillon jusqu'à coagulation du lait et filtrer l'échantillon du lait coagulé avec du papier filtre de 150mm. Recueillir le filtrat (sérum) dans un tube à essai. Prendre 5ml de ce dernier dans un tube à essai et le porter à ébullition pendant 5min.

#### ➤ Expression des résultats

La turbidité est exprimée visuellement. Lorsque le sérum reste limpide (turbidité négative), le lait dont il provient a été chauffé au dessus de 100°C. Lorsque le sérum est trouble (turbidité positive), le lait dont il provient n'a été pas chauffé au dessus de 100°C.

### 3.2.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques du lait sont réalisées dans le but :

- D'assurer une bonne conservation du lait.
- D'apprécier les conditions hygiéniques de fabrication, donc, assurer la sécurité des consommateurs.

Ces analyses microbiologiques sont réalisées à différents stades de fabrication du lait U.H.T demi écrémé et sont basées sur le dénombrement de la flore mésophile totale, des coliformes totaux et fécaux, recherche des clostridiiums sulfito-réducteurs et le test à la résazurine.

Les différentes analyses microbiologiques sont illustrées dans le tableau suivant :

**Tableau IV** : Les germes recherchés dans les différents stades de fabrication du lait U.H.T ainsi que sa matière première.

germes produit	Flore aérobie mésophile totale	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Clostridium sulfito réducteur	Test à la résazurine
Eau de reconstitution	+	+	+	-	-
Poudre du lait	+	+	-	+	-
Lait pasteurisé	+	+	+	-	-
Produit fini (lait U.H.T)	+	-	-	-	+

### 3.2.2.1. Eau de process

#### 3.2.2.1.1. Recherche de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)

Cette flore, appelée également FAMR (flore aérobie mésophile revivable), est un bon indicateur de la qualité générale, de la stabilité, de la salubrité des produits et de la qualité (propreté) des installations (J. P. Guiraud, 2003).

##### ➤ Principe

La gélose PCA est la plus utilisée pour le dénombrement de la flore aérobie mésophile présente dans des échantillons de l'eau, lait reconstitué et pasteurisé ainsi que dans les échantillons du lait U.H.T. L'incubation des boîtes de pétries se fait à 22° C pendant 72h et à 37°C pendant 48h (Ammara et al., 2009). En effet, ce milieu (PCA) contient des peptones comme sources d'azotes, du glucose comme source de carbone et des extraits de levures apportant tout les facteurs de croissance nécessaire aux microorganismes.

##### ➤ Mode opératoire

Dans quatre boîtes pétries contenant la gélose PCA, faire un ensemencement en masse de 1ml de l'eau à analyser.

Après agitation, deux boîtes sont incubées à 22°C/72h, les deux autres à 37°C/48h. Faire un témoin.

##### ➤ Lecture

Le développement se traduit par apparition des colonies blanchâtres à la surface de la gélose PCA, et le comptage de ces colonies se fait dans les boîtes qui ont un nombre compris entre 20 et 300 colonies.

### 3.2.2.1.2. Recherche des coliformes totaux et fécaux (colimétrie)

#### ➤ Principe

La colimétrie en milieu liquide consiste en une numération. Cette technique permet la caractérisation et le dénombrement des coliformes. Il ne s'agit souvent que d'un test préemptif qui demande confirmation. (J. Guiraud & Galzy, 1980) En utilisant le milieu BCPL qui est utilisé pour la détection et l'isolement des entérobactéries dans l'eau et les produits alimentaires. Ce milieu facilite la différenciation des colonies par le caractère lactose, c'est-à-dire des colonies bleues correspondant aux bactéries lactose- (bactéries autres que les entérobactéries) et des colonies jaunes qui correspondent aux bactéries lactose+ (entérobactéries qui fermentent le lactose et dégagent des gaz).

#### 3.2.2.1.2.1. Recherche des coliformes totaux (test préemptif)

##### ➤ Mode opératoire

Ensemencer une série de 9 tubes de BCPL contenant une cloche de Durham, dont 3 en double concentration avec 10ml de l'échantillon à analyser, 3 en simple concentration avec 1ml de l'échantillon et 3 tubes en simple concentration avec 0.1ml de l'échantillon. Incuber le tout à 37°C /48h.

##### ➤ Lecture

Le résultat positif se traduit par un trouble avec virage de l'indicateur du pH et un dégagement de gaz dans la cloche. Le dénombrement des coliformes totaux se fait par la table MAC GRADY. (Annexe IV)

#### 3.2.2.1.2.2. Recherche des coliformes fécaux (test confirmatif)

##### ➤ Mode opératoire

À partir de chaque tube positif de BCPL, prélever deux gouttes pour ensemencer un tube de 10ml de boillon indole mannitol (milieu Schubert) muni d'une cloche de Durham et incubé à 44°C /48h.

##### ➤ Lecture

Après l'incubation et l'addition de quelques gouttes de réactif de KOVACS, la réaction se manifeste par l'apparition d'un anneau rouge à la surface du tube. Cela caractérise la présence d'*Escherichia coli* et puis les coliformes fécaux (test de Mac kenzie).

**NB.** Le dénombrement des coliformes par 100ml d'eau analysée est effectué suivant la méthode du nombre le plus probable NPP, en se référant à la table de MAC GRADY (Annexe IV).

**3.2.2.2. Poudre de lait**

100 g de poudre sont prélevés, d'une manière aseptique, à partir d'un même lot de sacs de poudre pris au hasard.

La solution mère est préparée aseptiquement avec une prise d'essai de 10 g de poudre de lait dans 90 ml de diluant (solution Ringer) pour obtenir une solution de  $10^{-1}$ . Cette dernière est laissée reposer pendant 5 minutes à 45°C. Les dilutions décimales sont réalisées en introduisant à l'aide d'une pipette stérile, 1ml de la solution mère ( $10^{-1}$ ) dans un tube contenant au préalable 9ml de la solution Ringer. On obtient ainsi, une solution de  $10^{-2}$ . À partir de cette solution, 1ml est prélevé, on l'introduit dans un autre tube contenant 9ml de diluant afin d'obtenir une solution de  $10^{-3}$ . Faire la même chose jusqu'à une solution de  $10^{-5}$ . Pour la poudre de lait on effectue les analyses suivantes :

**3.2.2.2.1. Recherche de la flore aérobie mésophile totale (FMAT)****➤ Mode opératoire**

Introduire dans deux boîtes pétries 1ml de chaque dilutions préparées au préalable, faire couler la gélose PCA et mélanger. Incuber à 30°C/72h.

**➤ Lecture**

Après incubation, compter les colonies. Le nombre des microorganismes est calculé à partir de la formule suivante :

$$N = \frac{\sum C}{(n_1 + 0.1n_2 + 0.01n_3 + \dots + n_x) d}$$

$\sum C$  : somme des colonies de toutes les boîtes

D : la première dilution positive.

$N_1$  : Nombre de boîtes positives de la première dilution positive.

$N_2$  : Nombre de boîtes positives de la deuxième dilution positive.

**3.2.2.2.2. Recherche des coliformes totaux****➤ Mode opératoire**

Ensemencer trois tubes du milieu BLBVB muni d'une cloche de Durham avec 1ml de la solution mère. Incuber à 30°C pendant 48h.

Après incubation, repiquer chaque tube du premier ensemencement dans des tubes contenant le milieu BLBVB avec cloche de Durham, et incuber à 30°C pendant 24h.

**➤ Lecture**

L'apparition d'un trouble et du gaz dans les cloches signifie la présence des coliformes totaux. Pour calculer le nombre de coliformes par gramme de produit, il faudrait se rapporter à la table de MAC GRADY (**Annexe IV**).

### 3.2.2.2.3. Recherche des Clostridium sulfito-réducteurs(CSR)

#### ➤ Principe

La recherche des CSR se fait sur un milieu dit TSC qui est constitué du glucose utilisé comme source énergétique du développement, du tryptone assurant la croissance des germes anaérobies et l'amidon qui favorise la germination des spores. Les microorganismes sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium présent dans le milieu en sulfure, provoquant avec le citrate ferrique un précipité noir de sulfure de fer autour des colonies. La flore de contamination est inhibée par D-Cyclosérine qui diminue également la taille des halots noirs développés autour des colonies.

#### ➤ Mode opératoire

Au premier lieu, chauffer 20ml de la solution mère dans un bain marie à 80°C pendant 10 minutes pour détruire la forme végétative et activée la forme sporulée. Après un refroidissement rapide, ensemercer la gélose Tryptone-Sulfite-Cyclosérine (TSC) avec 1ml de la solution mère chauffée. Homogénéiser par retournement complet du tube. Ne pas agiter afin d'éviter l'oxygénation du milieu, laisser refroidir jusqu'à solidification complète, puis, incubé à 46°C pendant 18h à 22h voir 48h.

#### ➤ Lecture

Après l'incubation, les Clostridium sulfito-réducteurs apparaissent sous forme de colonies, entourées d' halo noir.

### 3.2.2.3. Lait pasteurisé

#### 3.2.2.3.1. Recherche de la flore aérobique mésophile

Les méthodes de recherche et du dénombrement des FAMT pour le lait pasteurisé, sont identiques à celles effectuées pour les eaux de process.

#### 3.2.2.3.2. Recherche des coliformes totaux et fécaux

##### ➤ Mode opératoire

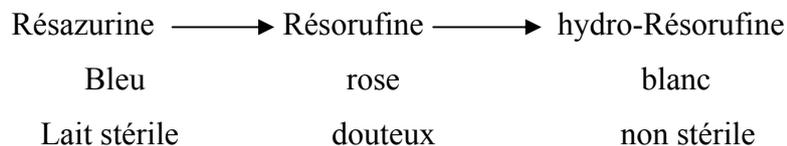
Cette recherche s'effectue sur le milieu VRBL. Les boîtes sontensemencées par 1ml du produit à analyser (lait reconstitué ou pasteurisé). Le milieu (12ml) en surfusion est ajouté et mélangé. Après solidification, une deuxième couche (4ml) du milieu est rajoutée. Incuber à 37°C pendant 24h pour les coliformes totaux et 44°C pendant 48h (J. P. Guiraud, 2003) .

**3.2.2.4. Lait stérilisé (produit fini)****3.2.2.4.1. Recherche de FMAT**

La même méthode utilisée pour les produits précédents (produit intermédiaires et l'eau) est adoptée pour le produit fini.

**3.2.2.4.2. Test à la résazurine****➤ Principe**

Le test à la résazurine permet d'estimer l'activité microbienne du lait, donc, sa contamination en bactéries du fait que la plupart des bactéries, se multipliant dans le lait, sont capables grâce à l'action de leur réductases, d'abaisser le potentiel d'oxydo-réduction jusqu'à décoloration d'un indicateur rédox. On utilise généralement la résazurine dont la forme réduite est du couleur varie du bleu au blanc en passant par le rose, alors que le potentiel rédox varie de +0.2 à +0.05V(**J. Guiraud & Galzy, 1980**).

**➤ Mode opératoire**

Distribuer 20 microlitre de la solution de résazurine à l'aide d'une micropipette munie des embouts de 50microlitre stériles dans des microplaques et dans des conditions les plus proches possibles de la stérilité. Rajouter 200 microlitres de lait à tester dans les puits de la microplaque en utilisant une micropipette munie d'un embout de 100microlitre stérile, incuber les microplaques de mélange (lait+Résazurine) pendant 4heures à l'étuve à une température de 37°C +/- 2°C. Les résultats sont révélés par contrôle de la couleur du lait dans les puits de la microplaque.

## IV. Résultats et discussions

### 4.1. Analyses physico-chimiques

#### 4.1.1. Matières premières

##### 4.1.1.1. Eau

Les résultats physicochimiques de l'eau sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau V** : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process à 15°F.

paramètres	N° de lot	Résultats	moyennes	NE
pH	Lot N° 1;2;3	7,52	7,53	7,5-8
	Lot N° 4;5	7,54		
TH (°F)	Lot N° 1;2;3	14	13	10-20
	Lot N° 4;5	12		

**NE : normes entreprise.**

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process à 15°F (TH, pH) sont conformes aux normes adoptées par la laiterie Candia tchin-lait, cela est dû aux traitements d'adoucissement réalisé au niveau de l'entreprise pour l'eau de ville. Ce qui permet d'une part une bonne reconstitution du lait et d'autre part d'éviter l'entartrage des canalisations et la corrosion de ses métaux.

##### 4.1.1.2. Poudre de lait (0% MG et 26%MG)

Le tableau ci après montre les Résultats des analyses physico-chimique de la poudre du lait.

**Tableau VI** : Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait (0%et 26% MG)

paramètres	26%MG	NE	0%MG	NE
pH	6,84	6,6-6,9	6,74	6,6-6,9
Humidité (%)	2,09	<5	2,53	<5
Acidité (°D)	9	<15	13	<15
MG (g/l)	26	≥26	0,4	≤4
MP (g/l)	31,7	≥26	34,2	≥26
Ramsdell (ml)	2,1	≥1,6	2,2	≥1,6
bain d'huile (min)	20	≥12	5	≥5

En comparant les résultats obtenus avec les normes internes de l'entreprise, on constate qu'ils sont conformes. Ceci confirme que la poudre de lait utilisée est de bonne qualité, du fait que le lait utilisé avant le séchage était stable et frais ainsi que le bon conditionnement de la poudre dans des sacs en polyéthylène doublés de sac en papier à l'extérieur, et aux bonnes conditions de transport et de stockage.

On remarque que la teneur de la poudre de lait utilisé au niveau de la laiterie tchin-lait en eau est inférieure à 4%, ce qui empêche la prolifération des microorganismes, et augmente l'aptitude de la poudre à la conservation.

#### 4.1.2. Produits intermédiaires

##### 4.1.2.1. Lait reconstitué

Les résultats des analyses physico-chimiques du lait reconstitué sont illustrés dans le tableau ci-après.

**Tableau VII** : Résultats des analyses physico-chimiques de lait reconstitué.

Paramètres	Lot N°1	Lot N°2	Lot N°3	Lot N°4	Lot N°5	Moyenne	Ecart type	NE
<b>pH</b>	6,76	6,76	6,77	6,78	6,77	6,768	0,0083666	6,6-6,9
<b>Acidité titrable (°D)</b>	13,31	13,31	13,31	13,31	13,31	13,31	0	12-14
<b>MG (g/l)</b>	16,1	16,6	16,3	16,3	16,4	16,34	0,181659021	16-16.5
<b>EST (g/l)</b>	107,8	107,8	107,7	107,8	107,7	107,76	0,054772256	107.5-108.5
<b>Densité (g/l)</b>	1,032	1,032	1,032	1,032	1,032	1,032	0	1.032-1.033

Les résultats obtenus sont compris dans la gamme de conformité ce qui montre que l'étape de la reconstitution est bien maîtrisée, et cela est dû à l'utilisation d'une poudre et d'une eau de bonne qualité, ainsi qu'au bon mélange de ces dernières. La conformité du lait reconstitué est due au nettoyage permanent des installations de la production.

##### 4.1.2.2 .Lait pasteurisé

Les résultats des analyses physico-chimiques de lait pasteurisé sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau VIII:** Résultats des analyses physico-chimiques de lait pasteurisé.

Paramètres	Lot N°1	Lot N°2	Lot N°3	Lot N°4	Lot N°5	Moyenne	Ecart type	Norme
Température (°C)	5	5	5	5	5	5	0	≤6
pH	6,78	6,781	6,83	6,83	6,81	6,8062	0,02484351	6,6-6,9
Acidité titrable (°D)	13,31	12,8	12,8	13,31	13,31	13,106	0	12-14
MG (g/l)	16,1	16,3	16,3	16,3	16,1	16,22	0,109544512	16 - 16,3
EST (g/l)	107,6	107	107,4	107,4	107,1	107,3	0,244948974	107 - 108
Ramsdell (ml)	1,8	1,9	1,9	1,8	1,8	1,84	0,054772256	≥1.8
Alcool	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	/	/	Négatif
Ébullition	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	/	/	Négatif
Densité (g/l)	1,032	1,032	1,032	1,032	1,032	1,032	0	1.032-1.033

L'ensemble des résultats concernant le lait pasteurisé répond aux normes requises par l'entreprise Candia tchin-lait.

On sait bien que le pH est un paramètre qui nous renseigne sur la fraîcheur et la stabilité du lait et d'après les résultats obtenus on remarque que le pH du lait pasteurisé est voisin de la neutralité ce qui signifie que le lait pasteurisé préparé est frais et stable.

Pour l'acidité, paramètre qui nous renseigne sur la fraîcheur du lait, et sur sa richesse en diverses substances (protéines, phosphate, citrate, glucides), est également conforme aux normes de l'entreprise

En ce qui concerne la conformité de la densité du lait, elle signifie que le traitement thermique subi par le lait n'a pas affecté le taux de matière sèche totale initiale.

La conformité de ces paramètres indique que le lait pasteurisé est stable ; donc il peut suivre le procédé UHT.

#### 4.1.3. Produit fini

Les résultats des analyses physico-chimiques du produit fini sont montrés dans le tableau ci-après.

**Tableau IX:** Résultats des analyses physico-chimiques du produit fini (lait U.H.T demi écrémé).

Paramètres	lot 1	lot 2	lot 3	lot 4	lot 5	Moyenne	Ecart type	NE
<b>pH</b>	6,74	6,74	6,74	6,74	6,73	6,7392	0,0057619	6,6 - 6,9
<b>Acidité titrable (°D)</b>	13,31	13,31	13,31	13,31	13,31	13,31	0	12-14
<b>Densité (g/l)</b>	1,032	1,032	1,032	1,032	1,032	1,032	0	1,032- 1,033
<b>MG (g/l)</b>	15,9	16,1	16	16,1	16,2	16,06	0,1140175	15-16,3
<b>MP (g/l)</b>	31,5	31,8	31,1	31,2	31	31,32	0,3271085	/
<b>Lac (g/l)</b>	49,7	49,7	49,8	50	50	49,84	0,1516575	/
<b>EST (g/l)</b>	106,6	106,1	106,3	106,7	106,6	106,46	0,250998	106- 107,5
<b>ESD (g/l)</b>	90,5	90	90,1	90,6	90,3	90,3	0,254951	90 - 91,2
<b>Ramsdell (ml)</b>	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	0	≥2,5
<b>Ebullition</b>	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	/	/	Négatif
<b>Alcool</b>	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	/	/	Négatif

D'après les résultats obtenus, on remarque qu'ils sont dans l'intervalle des normes fixés par Candia tchin-lait, et cela quelque soit le niveau de la production, ce qui explique la stabilité et le bon suivi de la production.

En ce qui concerne le pH, sa conformité nous renseigne sur l'absence de défaut au niveau des différents stades de production notamment l'encrassement des installations et le développement microbien. Ainsi pour les tests de stabilité au traitement thermique et à l'alcool, on remarque l'absence de coagulation ce qui explique une acidité adéquate du lait (13°D). Sachant que la coagulation du lait se manifeste à une acidité Dornic supérieure à 21°D. En plus de l'acidité du lait l'absence de la coagulation dans le test à l'alcool peut s'expliquer par le non développement microbien qui provoque l'altération du lait. Egalement le test de Ramsdell, caractérisé par le volume de la solution de phosphate mono potassique nécessaire pour provoquer une déstabilisation des micelles du lait, il est dit conforme à la

norme de l'entreprise, attestant que les micelles de caséines du lait résistent à des volumes de solution de phosphate mono potassique allant de 2.5ml à 2.7ml.

Une analyse de corrélation entre les jours de la première semaine du mois de mai, montre une corrélation positive. Ce qui explique une bonne répétabilité et stabilité du process (**Annexes V**).

## 4.2. Etudes de la stabilité du process de production du lait U.H.T demi-écrémé durant six mois

En comparant les résultats du mois de mai 2012 (période de stage) avec les cinq mois en arrière, on observe une très grande stabilité des paramètres mesurés durant les six mois, dû à la stabilité du process et au suivi permanent et rigoureux assuré par tout le personnel au niveau de l'entreprise Candia tchin-lait (**Annexe IV**).

## 4.3. Analyses microbiologiques

### 4.3.1. Eau de process à 15°F

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process sont illustrés dans le tableau suivant.

**Tableau X** : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau

Echantillons Germes	ech 1	ech 2	ech 3	Normes
Germes Totaux à 37°C/48h	ABS	ABS	ABS	20 germes
Germes Totaux à 22°C/72h	ABS	ABS	ABS	<100 germes
Coliformes Totaux	ABS	ABS	ABS	<10 germes
Coliformes Fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS

Ech : échantillon

Les analyses microbiologiques effectuées pour l'eau de process ont révélés l'absence de tous les germes recherchés (germes totaux et coliformes). Ces résultats sont conformes aux normes décrites par le journal officiel (**J.O.R.A.D.P, 1998**), ce qui explique que l'eau utilisée pour la reconstitution du lait est de bonne qualité microbiologique de fait de son traitement de stérilisation par les UV au niveau de la station de traitement des eaux de la laiterie Candia Tchin-lait.

### 4.3.2. Poudre de lait

Les résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait 0% et 26% de MG sont montrés dans le tableau ci-après.

**Tableau XI :** Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait 0% et 26% MG.

Echantillons Germe	0% MG		26% MG		Normes
	ech 1	ech 2	ech 1	ech 2	
Germe totaux	$3,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	$10^3$	$2 \cdot 10^5$ germes
coliformes totaux	<10	<10	<10	<10	<10 germes
CSR	<10	<10	<10	<10	<10 germes

CSR : Clostridium Sulfito-Réducteur

Le nombre des germes totaux présents dans les poudres de lait utilisées au niveau de la laiterie Candia Tchén-lait est inférieur à la norme fixée par la réglementation algérienne.

En revanche, les résultats obtenus pour les coliformes totaux et les clostridiums sulfito-réducteurs (forme sporulée) sont conformes, ce qui atteste que ces poudres sont de bonne qualité hygiénique expliquée par la non contamination fécale des poudres et leurs faibles taux d'humidité confirmés par les analyses physicochimiques (<4%).

### 4.3.3. Lait pasteurisé

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées pour le lait pasteurisé sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XII:** Résultats des analyses microbiologiques de lait pasteurisé.

Echantillon Germe	ech 1	ech 2	ech 3
Germe totaux (germes)	79	41	59
Coliformes totaux (germes)	ABS	ABS	ABS
Coliformes fécaux (germes)	ABS	ABS	ABS

Comparant les résultats des analyses bactériologiques du lait pasteurisé obtenus avec celle de la poudre de lait (matière première), une diminution remarquable du nombre de germes recherchés a été observée, cela est dû à l'efficacité du traitement thermique et du nettoyage effectué. Les mêmes analyses sont réalisées au niveau de l'université de Tiaret et celle d'Oran ont révélées des résultats plus élevés ( $3,1 \cdot 10^4$  germes/ml) que ceux obtenus durant le stage, ce qui prouve la grande efficacité du traitement de pasteurisation effectué au niveau de Candia ( **Aggadi et al.,2009**).

#### 4.3.4. Produit fini (lait U.H.T demi-écrémé)

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses microbiologiques du produit fini.

**Tableau XIII** : Résultats des analyses microbiologiques de lait U.H.T demi-écrémé.

Echantillons Test	ech 1	ech 2	ech 3	Normes
Germes totaux (germes)	<10	<10	<10	<10/0,1ml
résazurine	bleu	bleu	bleu	bleu

Le produit fini obtenu après stérilisation est exempt de microorganismes, ce qui suggère que le procédé de stérilisation U.H.T détruit la totalité des microorganismes présents dans le lait avec un taux de 100%. En comparant ces résultats avec ceux obtenus pour le lait pasteurisé, il en ressort que le nombre de germes totaux diminue au fur et à mesure des traitements thermique appliquées, ce qui prouve ainsi l'efficacité des traitements thermiques. Par conséquent, le produit est conforme à la norme limitée par l'arrêté interministériel N°35 du 27mai 1998.

En effet, un tel traitement U.H.T précédé par une pasteurisation à pour but non seulement d'éliminer les germes présents dans le lait mais également un intérêt d'ordre technologique. En effet, la pasteurisation à 90°C pendant 30 s stabilise thermiquement le lait par l'association de  $\beta$ - lactoglobuline aux micelles de caséine en établissant des ponts disulfure entre les groupements thiols(Mathieu, 1998).

Concernant le test à la résazurine, tous les échantillons ont révélés une coloration bleu violet du lait après incubation, ce qui signifie que le lait est stérile. Une chose qui est en accord avec les résultats des analyses microbiologiques classiques.

## Conclusion

---

Afin d'assurer une qualité satisfaisante d'un lait traité thermiquement, aussi bien du point de vue hygiénique que physicochimique, l'industrie a développé, sous la pression de la législation, des plans de contrôle de leur production. L'industrie laitière est l'une des plus organisée et des plus réglementée en termes de contrôle de qualité.

Afin de remédier à cette situation, les industriels laitiers ont considéré tout ce qui peut affecter la qualité du lait. Cette dernière dépend de nombreux facteurs dont les plus importants sont le nettoyage des installations et le couple temps-température du traitement agissant sur la stabilité physicochimique et microbiologique.

En effet, le traitement U.H.T du lait est un process très délicat nécessitant un contrôle continu aboutissant à un lait U.H.T de qualité.

Cependant, à la lumière des résultats obtenus, on peut constater que l'ensemble des paramètres étudiés (que ce soit physicochimiques ou microbiologiques) au cours du processus ; à partir des matières premières (eau, poudre de lait) jusqu'au produit fini (lait stérilisé U.H.T.) en passant par les produits intermédiaires (lait reconstitué et lait pasteurisé) répondent aux normes fixées par l'entreprise ainsi que par la réglementation algérienne. Ces résultats sont dus à :

- L'utilisation d'une technologie moderne pour le traitement des eaux.
- Le contrôle quotidien des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, considéré comme facteur principal contribuant à l'obtention d'un produit de haute qualité.
- La mise en place d'un équipement adéquat pour la fabrication et l'utilisation des techniques du prélèvement, du contrôle et de manipulation.
- Aux laboratoires équipés d'un matériel moderne et une équipe entraînée et qualifiée.

Enfin, l'évaluation de la qualité du lait traité (lait stérilisé U.H.T) peut être accentuée en étudiant les modifications ainsi que les pertes nutritionnelles causées par le traitement et cela, par le contrôle de dosage des nutriments laitiers thermosensibles (vitamines, protéines..., etc.).

## Références

---

### A

**ADRIAN, J. (1975).** Les traitements thermiques appliqués aux produits laitiers et leurs conséquences dans le domaine azoté. *Le Lait*, 55(541-542), 24-40.

**ALAIS, C. (1984).** *Science du lait: principes des techniques laitières*: Sepaic Paris, France.

**ALEXANDER HEBER , SILVIA PAASCH , CLAUDIA PARTSCHEFELD , THOMAS HENLE , & EIKE BRUNNER. ((2012)).** 31P NMR spectroscopic investigations of caseins treated with microbial transglutaminase. *Food Hydrocolloids*, 28, 36-45.

**ALIMENTARIUS, C. D. U. C. (2007).** Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. *PROJET*, 120, 129.

**AMMARA HASSAN, IMRAN AMJAD, & SHAHID MAHMOOD. (2009).** Microbiological and physicochemical analysis of different UHT milks available in market. *African Journal of Food Science*, 3(4), 100-106.

### B

**B. FAYE1, & G. LOISEAU2. (2002).** Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches qualité.

**BERNE, F., & CORDONNIER, J. (1991).** *Traitement des eaux*: Editions Technip.

**BOURGEOIS, C. M., & LEVEAU, J. Y. (1998).** Microbiologie alimentaire tome1: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaires. *Recherche*, 67.

### C

**C ESNAUT, & MANSOUR, E. A. (1990).** Un nouveau procédé d'injection de vapeur : application à la mise au point d'un nouveau traitement thermique du lait. *Lait*, 70, 233-254.

**CAYOT, P., & LORIENT, D. (1998).** *Structure and technical properties of milk proteins*: Technique et Documentation Lavoisier.

**CHEFTEL, J., CHEFTEL, H., & BESANCON, P. (1977).** Introduction à la Biochimie et la Technologie des aliments. 1977, vol. 2. *Technique et documentation (Paris)*, 144.

### D

**D.F. NEWSTEAD, G. PATERSON, S.G. ANEMA, C.J. COKER, & A.R. WEWALA. ((2006)).** Plasmin activity in direct-steam-injection UHT-processed reconstituted milk: Effects of preheat treatment. *International dairy journal*, 16, 573–579.

**DEBRY, G. (2001).** Lait, nutrition et santé. *Recherche*, 21-89.

## Références

---

### *E*

**EARLY, R. (1998).** *The technology of dairy products*: ed, Springer, 32-34

**ECK, A. (1975).** *Le lait et l'industrie laitière* (Vol. 377): Presses universitaires de France.

### *F*

**FANICA, P. O. (2008).** *Le lait, la vache et le citadin: du XVIIe au XXe siècle*: Quae éditions,400.

**FAO. (1995).** *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine* (Vol. 28): Food & Agriculture Org, 135-145.

### *G*

**GAUCHERON, F. (2003).** Minéraux et produits laitiers. *Tec & Doc: Paris, France*, 81-112.

**GUIRAUD, J., & GALZY, P. (1980).** *L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires*: Editions de l'Usine nouvelle,136-137.

**GUIRAUD, J. P. (2003).** La microbiologie alimentaire (2 Éd.). *Recherche*, 67.

### *H*

**H. AGGADI, F. MAHOUZ, Y. AHMED AMMAR, & KIHAL, M. (2009).** Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. *Revue Méd. Vét*, 12, 590-595.

### *I*

**ISABELLE GAUCHERA, B., DANIEL MOLLE' A, VALE' RIE GAGNAIREA, & FRE'DE' RIC GAUCHERONA. ((2008)).** Effects of storage temperature on physico-chemical characteristics of semi-skimmed UHT milk. *Food Hydrocolloids*, 22, 130–143.

### *J*

**JEANTET, R., ROIGNANT, M., & BRULE, G. (2001).** *Process engineering applied to the food industry*: Editions Tec & Doc, 80-81 .

## Références

---

### L

**LUQUET, F. (1985).** Milks and milk products (cow, ewe, she-goat). 1. Milks: from mammary gland to milk industry. *Collection Sciences et Techniques Agro-Alimentaires*, 3-4.

**LUQUET, F. (1990).** Lait et produit laitier, vache-brebis-chèvre. *Les produits laitiers transformation et technologie, Tome 2*, 3-6.

### M

**MAFART, P. (1991).** Food industry engineering. 1. Physical processes involved in conservation. *Genie industriel alimentaire. 1. Les procedes physiques de conservation*.

**MATHIEU, J. (1998).** Introduction to the physicochemical composition of milk. *Initiation à la physicochimie du lait*, 75.

**MOTTAR, J. (1981).** Considérations sur la cinétique chimique de réchauffement du lait à ultra-haute température. *Le Lait*, 61(608), 503-516.

**MOTTAR, J., & MOERMANS, R. (1981).** Formation d'un sédiment dans le lait stérilisé en deux étapes. Influence de quelques caractéristiques de la matière première et de variables technologiques. *Le Lait*, 61(607), 393-406.

**MOTTAR, J., & NAUDTS, M. (1979).** La qualité du lait chauffé à ultra-haute température comparée à celle du lait pasteurisé et stérilisé dans la bouteille. *Le Lait*, 59(588), 476-488.

### P

**PELLET, M. (1928).** Contribution à l'étude du lait stérilisé. *Le Lait*, 8(71), 13-20.

**POUYAT-LECLERE, J., & BIRLOUEZ-ARAGON, I. (2005).** *Cuisson et santé: la cuisson, c'est capital pour la santé!* : Alpen Editions, 85-89.

### R

**RANKEN, M. D., KILL, R. C., & BAKER, C. (1997).** *Food industries manual*: Springer.

**RODIER, J. (1996).** «l'analyse de l'eau naturelle, eau résiduaires, eau de mer», 8ème Edition, Dénod. Paris, 1383p.

### V

**VAN, C. D., DESWYSEN, D., FOCANT, M., & LARONDELLE, 2008.** Le lait, un terme générique qui recouvre une grande diversité d'aliments avec des propriétés nutritives variées, 30-33

**VIERLING, E. (2008).** *Aliments et boissons: filières et produits*: Editions Doin, 15.

## Références

---

**VIGNOLA, C. L. (2002).** *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Presses inter Polytechnique.

**VILAIN, A.-C. (2010).** What's milk? . *Revue française d'allergologie*, 50, 124–127.

### W

**W. STRAHAM, & EBERHARD, P. (2009).** technologies du lait prêt à la consommation. *agroscope liebefeld-posieux*, 3-35.

weill, d. (2011). la stérilisation. *sterigene*, 11-17.

### Y

**Y.W. PARK A, M. JU´AREZ B, M. RAMOSC, & G.F.W. HAENLEIN D. ((2007)).** Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, 88–113.

### Réglementations :

**J.O.R.A.D.P. (2008).** Spécifications du lait en poudre industriel, conditions et modalités de sa présentation, sa détention, son utilisation et sa commercialisation 49, 10.

**J.O.R.A.D.P. (1998).** Spécification microbiologiques de certaines denrées alimentaires. N°35, 3-26.

**J.O.R.A.D.P. (1998).** Spécifications techniques des laits en poudre et aux conditions et modalités de leur présentation. 94, 23

**J.O.R.A.D.P. (1993).** les critères de qualité exigés pour les laits stérilisés. 96, 19.

## **Résumé**

Le traitement thermique appliqué au lait à ultra haute température (140°C pendant 2 secondes) est pour l'élimination des microorganismes qui y sont présents, par ailleurs, peut provoquer des modifications indésirables sur les propriétés organoleptiques et physicochimiques.

De ce fait, l'importance du contrôle effectué peut être énorme, cependant, des analyses tout au long du procédé de fabrication et sur le produit fini sont nécessaires afin de s'assurer qu'il est de bonne qualité avant sa commercialisation.

Sur ce concept, l'étude a porté aussi bien sur le processus de fabrication que sur les différentes méthodes de contrôle physicochimiques et microbiologiques des matières premières utilisées, des produits intermédiaires et du lait U.H.T partiellement écrémé (produit fini) produit au sein de la laiterie Tchén-Lait Candia.

En se référant aux normes fixées par la réglementation algérienne et par l'entreprise, il a été constaté que le lait U.H.T reconstitué demi écrémé produit par l'unité est de bonne qualité microbiologique et physicochimique, due essentiellement à la bonne qualité des matières premières (poudre de lait et eau de process), au suivi minutieux du process de fabrication et surtout au nettoyage rigoureux des installations.

### **Mots clés**

Lait U.H.T, Process de fabrication du lait U.H.T, Analyses physicochimiques, Analyses microbiologiques, qualité du lait U.H.T.

## **Abstract**

The heat treatment applied to milk at high temperature (140 ° C for 2 seconds) is to eliminate microorganisms that are present in it. However; this can provoke unwanted changes to the organoleptic and physicochemical properties.

Therefore, the importance of the control made can be huge. Analyses throughout the manufacturing process and the finished product are necessary to ensure that it is of good quality before its marketing.

On this concept, the study concerned the manufacturing process as the various physico-chemical and microbiological checking procedures of the used raw materials, intermediate products and the U.H.T partially skimmed milk (finished product) produced within the dairy Tchén-Lait Candia.

By referring to the standards fixed by the Algerian regulations and by the company, it was noticed that the reconstituted UHT half-skimmed milk produced by the unit is of high microbiological and physicochemical quality, owed essentially to the good quality of raw materials (milk powder and process water), to the meticulous monitoring of the manufacturing process and mainly through the rigorous cleaning of the installations.

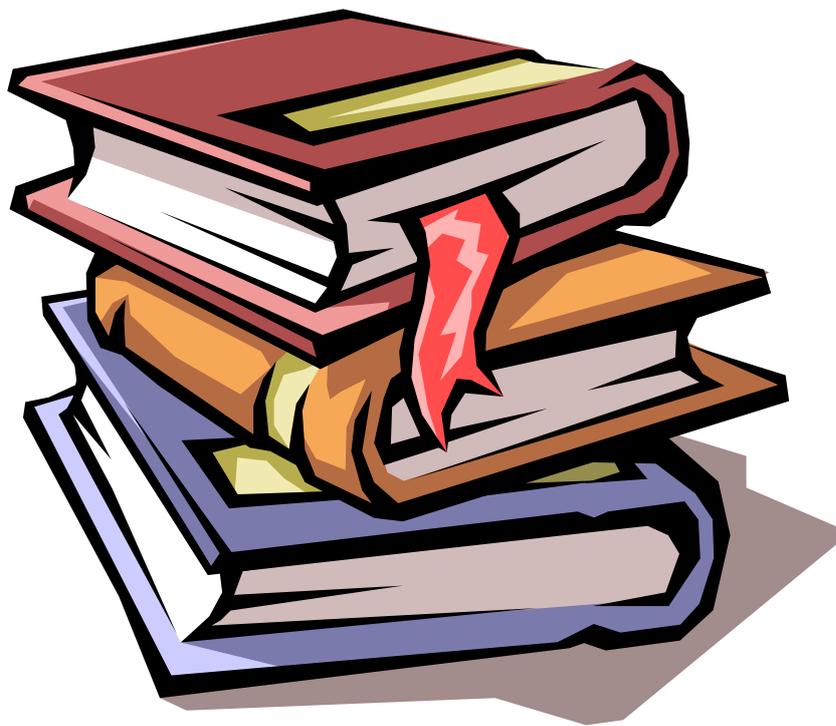
### **Keywords**

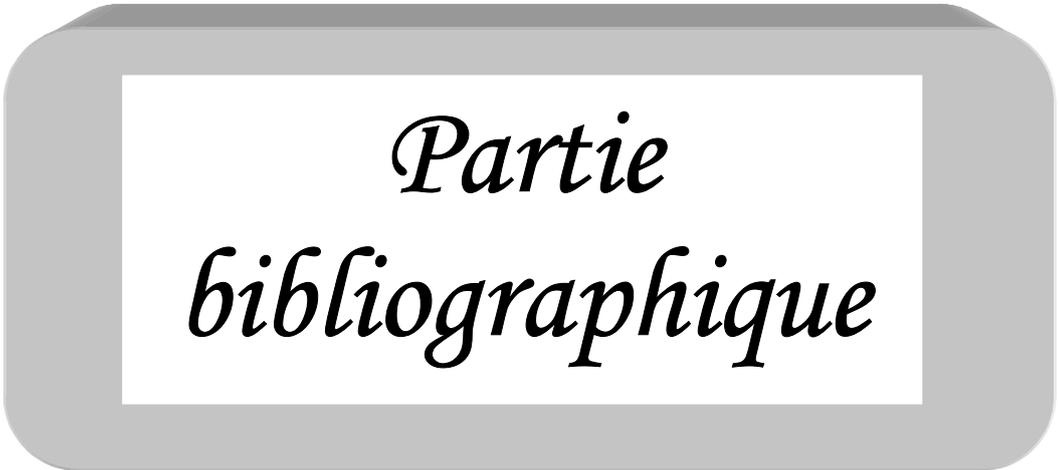
UHT milk, Manufacturing process of UHT milk, physicochemical analysis, microbiological analysis, quality of UHT milk.



*Annexes*

*Références  
bibliographiques*





*Partie  
bibliographique*



*Partie  
expérimentale*



*Introduction*



*Conclusion*



*Technologie  
du lait U.H.T*



*Matériels et  
méthodes*



*Résultats et  
discussions*



*Généralités  
sur le lait*



*Lait stérilisé*  
*U.H.T*



*Présentation  
de l'unité*

## Annexe I

---

### Détermination du pourcentage de la MG par le Test NIZO

#### ➤ Principe

Ce protocole décrit la méthode de mesure de la qualité d'homogénéisation des laits pasteurisés et stérilisés UHT en utilisant la pipette NIZO et la méthode acido-butyrométrique dite de GERBER.

#### ➤ Mode opératoire

Premièrement, déterminer le taux de la matière grasse du lait homogénéisé  $MG_0$  par la méthode de GERBER ou la méthode à Milkoscan. Ensuite, faire une centrifugation de 23 ml du lait homogénéisé dans la pipette NIZO pendant 30 minutes à température ambiante. puis, recueillir la partie inférieure de la pipette NIZO en faisant descendre le lait du niveau 23ml au niveau 5ml. A la fin, déterminer la teneur la matière grasse de cette partie recueillie par la méthode butyrométrique ou par Milkoscan  $MG_1$ .

#### ➤ Expression des résultats

Le pourcentage de la matière grasse est déterminé par la formule suivante :

$$(\%) = \left( \frac{MG_1}{MG_0} \right) * 100$$

**NB :** pour une bonne homogénéisation, ce taux doit être compris entre 88% et 92%. (Il n'ya pas de limite maximale).

## Annexe II

---

### Détermination de la densité Par la méthode de référence

#### ➤ Principe

Cette méthode consiste à la détermination de la densité à partir de la mesure de masse sachant que la densité est le rapport de la masse sur le volume.

#### ➤ Mode opératoire

Prendre une fiole de 25ml bien séchée et la mettre sur la balance de précision et tarrer. la remplir soigneusement avec du lait à analyser à l'aide d'une pipette afin de ne pas toucher les parois de la fiole. A la fin, peser la fiole remplie.

#### ➤ Expression des résultats

la densité est mesurée par la formule suivante :

$$d = \frac{m}{v}$$

**d** : densité du lait.

**v** : volume du lait.

**m** : masse du lait mesurée par une balance de précision correspondant au volume prélevé.

## Annexe III

### Cytométrie de flux (CMF) :

#### ➤ Définition :

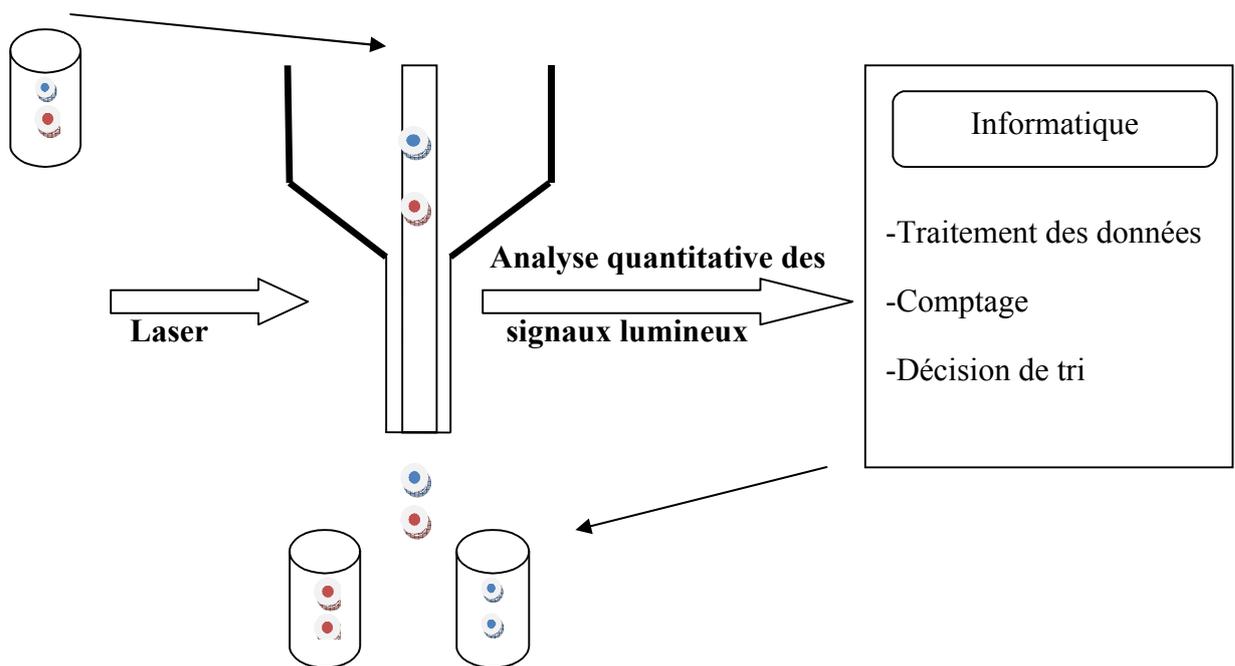
La CMF est une étude précise de cellules isolées entrainées par un flux liquide. C'est une technique qualitative et quantitative des particules en suspension dans un liquide.

#### ➤ Principe :

Elle consiste à une analyse des signaux optiques ou physiques émis par une particule. Les particules coupent le faisceau lumineux d'un laser, ensuite, les faisceaux optiques ou physiques émis sont séparés par des filtres optiques collectés par des photomultiplicateurs ; amplifiés, numérisés, analysés et stockés par un ordinateur qui les présente sous forme d'histogramme ou cytogramme.

Cette méthode nécessite une combinaison :

- fluidique : introduire et canaliser les cellules,
- optique : source d'excitation et de récupération des signaux,
- électronique : convertir les signaux optiques en signaux électronique proportionnels et les numériser afin des les analyser par ordinateur.



#### ➤ Mode opératoire :

##### 1. Préparation des marqueurs :

Préparer dans deux tubes de 5ml en polyéthylène deux mélanges réactionnels A et B (les marqueurs se trouvent sous forme solides à 4°C donc on doit les liquéfier on les mettant à 37°C pendant 10 min).

## Annexe III

---

**1.1. Mélange réactionnel A :** 1ml de solution de marquage en mélangeant, et en agitant entre chaque étape :

- 960 ul d'eau stérile ;
- 10 ul de la solution reconstituée de marqueur1 ;
- 30 ul de la solution reconstitué de marqueur 2.

**1.2. Mélange réactionnel B :** 1ml de solution de marquage, préparé en mélangeant uniquement par des aspiration-refoulement à l'aide de la micropipette :

- 890 ul d'eau stérile ;
- 50 ul de la solution reconstitué de marqueur3 ;
- 60 ul de la solution d'inducteur.

### **2. Préparation des échantillons :**

- prélever 175 ul de lait à analyser et transférer dans un tube ;
- ajouter 50 ul du mélange réactionnel A et agiter ;
- incuber à 37°C pendant 20min.
- ajouter 350 ul de la solution DPCC et agiter ;
- ajouter 50 ul du mélange réactionnel B et agiter ;
- incuber à 37°C pendant 20 min ;

Après avoir préparé les échantillons à analyser, transférer les dans un carosel pour le cytomètre et sélectionner le protocole convenant au produit (lait demi écrémé) dans la liste des protocoles et lancer l'analyse automatiquement.

#### **➤ Expression des résultats :**

Les résultats s'affiche sur l'écran de l'ordinateur relié au cytomètre sous forme d'une courbe cryométrique (en nuage de point) séparant les particules existantes naturellement dans le lait (protéines, sucre,...etc.) et celle qui sont étrangères (microorganismes, toxines...etc.)

**NB :**

**L'utilisation des du cytomètre nécessite deux types de nettoyage :**

1. Un nettoyage du matin : réalisé avant l'utilisation ;
2. Un nettoyage le soir réalisé a la fin des manipulations ;

## Annexe IV

**Tableau I** : table de Mac Grady pour une série de trois tubes (indice NPP)

Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0,0	222	3,5
001	0,3	223	4,0
010	0,3	230	3,0
011	0,6	231	3,5
020	0,6	232	4,0
100	0,4	300	3,0
101	0,7	301	3,5
102	1,1	302	4,0
110	0,7	310	2,5
111	1,1	311	4,0
120	1,1	312	11,5
121	1,5	313	16,0
130	1,6	320	9,5
200	0,9	321	15,0
201	1,4	322	20,0
202	2,0	323	30,0
210	1,5	330	25,0
211	2,0	331	45,0
212	3,0	332	110
220	2,0	333	140
221	3,0		

**Tableau II** : table du nombre le plus probable (NPP) pour la poudre du lait.

Nombre de tubes positifs	NPP par gramme	Limite de confiance	
		99 %	95 %
0	< 4	< 1	1
1	4	32	24
2	11	2	3
3	>11	64	48

## Annexe V

### Analyse de corrélation

**Tableau I :** Analyse de corrélation pour le lait reconstitué

	1 <sup>er</sup> mai	2 mai	3 mai	4 mai	5 mai
1 <sup>er</sup> mai	1				
2 mai	0,99998765	1			
3 mai	0,99999789	0,99999573	1		
4 mai	0,99999813	0,99999535	0,99999998	1	
5 mai	0,99999536	0,99999814	0,99999951	0,99999937	1

**Tableau II :** Analyse de corrélation pour le produit pasteurisé

	1 <sup>er</sup> mai	2 mai	3 mai	4 mai	5 mai
1 <sup>er</sup> mai	1				
2 mai	0,99998247	1			
3 mai	0,99998176	0,99999971	1		
4 mai	0,99999772	0,99998707	0,99998548	1	
5 mai	0,99999977	0,99998188	0,99998094	0,99999855	1

**Tableau III :** Analyse de corrélation pour Produit fini

	1 <sup>er</sup> mai	2 mai	3 mai	4 mai	5 mai
1 <sup>er</sup> mai	1				
2 mai	0,99999088	1			
3 mai	0,99999207	0,99997999	1		
4 mai	0,99999164	0,99997853	0,99999916	1	
5 mai	0,99998123	0,99996769	0,99999729	0,99999705	1

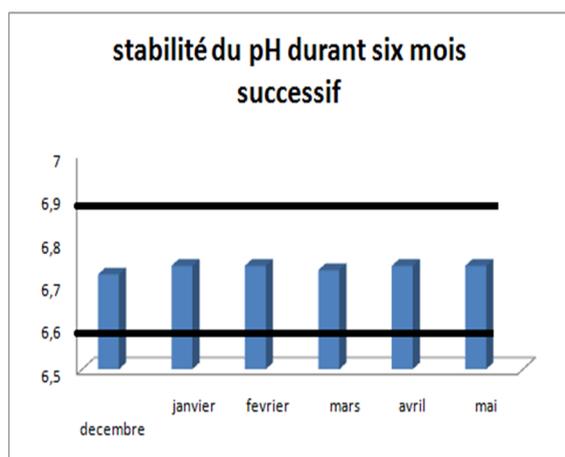
## Annexe VI

### Comparaison des résultats du mois de mai avec celle des derniers cinq mois

#### 1 : pH

**Tableau I** : étude de stabilité du pH durant six mois

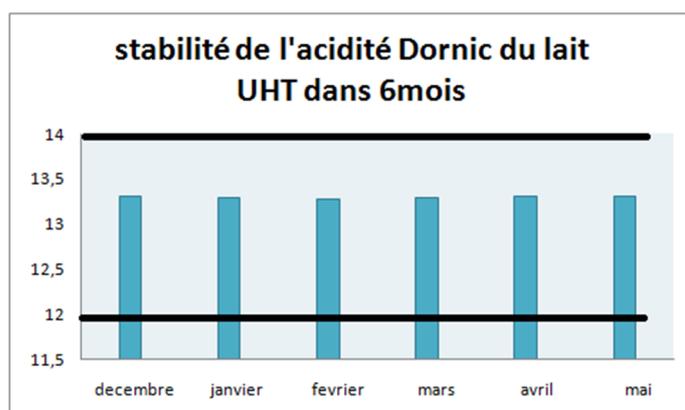
mois	décembre	janvier	février	mars	avril	mai
PH	6,72	6,74	6,74	6,73	6,74	6,74



#### 2 : acidité dornic

**Tableau II** : étude de stabilité de l'acidité dornic de lait UHT en six mois successifs.

mois	décembre	janvier	février	mars	avril	mai
acidité dornic	13,31	13,29	13,28	13,29	13,31	13,31

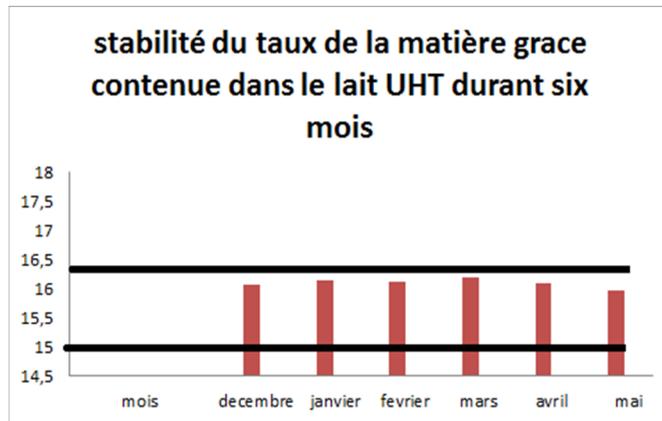


#### 3 : MG

**Tableau III** : étude de stabilité de la teneur du lait U.H.T en matière grasse dans les derniers six mois.

## Annexe VI

mois	décembre	janvier	février	mars	avril	mai
taux de MG	16,06	16,14	16,12	16,2	16,08	15,96



### 4 : extrait sec total

**Tableau IV** : étude de la stabilité de l'extrait sec total présent dans le lait U.H.T demi-écrémé fabriqué dans les derniers six mois.

mois	décembre	janvier	février	mars	avril	mai
EST	106,62	106,74	106,72	106,7	106,48	106,62

