

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Biologie
Spécialité/Option : Qualité des produits et Sécurité Alimentaire

**Thème : Evaluation de la qualité du lait cru et transformé
au cours de la conservation**

Présenté par :

Ahmed behalil Amel

Barkache Noura

Ziadi Alima

Devant le jury composé de :

Président : Mr CHEMMAM Mabrouk	M.C.A	Université de Guelma
Examinatrice : Mme SLIMANI Atika	M.A.A	Université de Guelma
Encadreur : Mr BOUSBIA Aissam	M.A.A	Université de Guelma

Juin 2014

Remerciements

Louanges à Dieu pour ses miséricordes et sa générosité pour nous avoir accordé, la santé, la volonté pour pouvoir réaliser ce travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements à tous ceux qui nous ont aidé à la réalisation de ce travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier profondément :

***Notre encadreur Mr BOUSBIA A.** Maître assistant au Département de Science de la nature et de la vie, université 8 mai 1945 de Guelma, pour nous avoir accepté de diriger notre travail avec compétence. Pour sa disponibilité, son aide, sa patience, sa gentillesse, ainsi que ses conseils précieux.*

Notre sincères remerciements s'adressent également à :

***Mr. CHEMMAM M.** Maître de conférence avec habilitation universitaire au Département d'Ecologie et Génie de l'Environnement, université 8Mai1945 de Guelma, de nous avoir fait l'honneur de présider notre jury.*

***Mme. SLIMANI A.** Maître-assistante au Département de Science de la nature et de la vie, université 8 Mai 1945 de Guelma, qui a accepté de faire partie du jury de soutenance de ce travail.*

Notre remerciements vont également à :

*Tous nos enseignants, pour leurs aides et leurs encouragements, en particulier **Professeur BENYOUNES A.***

Notre remerciements vont aussi à :

***Mr. BELABIDI K.** PDG de la KAFEK EL Safia, qui a accepté notre présence dans la laiterie.*

***Mme BENKERAT N. et DJAWIDA :** Responsables de laboratoire de la laiterie, pour ses aides, ses informations précieuses.*

Enfin, ces remerciements ne seraient pas complets sans remercier nos familles pour leurs aides et leurs soutiens.

À tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin.

Merci infiniment

Dédicaces

*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire,
la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.*

Je dédie ce modeste travail

A Mes parents

*Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices
consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence
dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression
de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de
privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que
ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation
et le soutien permanent venu de toi.*

A mes frères et sœurs

*qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et
de générosité.*

*A toute ma famille, mes amies, mes collègues merci pour toute. Mes professeur
qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acqu.*

ALIMA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à toute ma famille : loin et près, petit et grand.

À la mémoire de ma chère mère

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu m'as donné depuis ma naissance, jusqu'à mon âge adulte. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour ses enfants. Tu me manques beaucoup.

À mon père

Tu as toujours cru en moi, tu as mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse dans mes études. Que Dieu vous préserve santé et longue vie.

À ma belle mère

Tu n'as jamais cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as fait ce qu'une mère doit faire à ses enfants. Merci beaucoup..

À la mémoire de mes grands-parents et ma tante Messaouda

Vos beaux souvenirs restent à jamais gravés dans ma mémoire. .

À mes frères :Rachid, Nacer, Ahcen et Abdelwaheb

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Je vous trouve toujours dans les moments les plus délicats de ma vie. Je vous dédie ce travail, avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

À ma seule sœur et ses enfants : Rafik , Radwan , Ramí et Racím

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tout l'amour que vous m'avez donné. Vous êtes toujours dans mon cœur.

À Mon oncle Abdelhamide

Tu n'as jamais distingué entre moi et tes filles. Merci profondément.

À Chère à mon cœur:Amani

Je dédie ce travail aussi en témoignage de mon profond amour à toutes petites familles de mes frères, en particulier : Aya ,Manel ,Malek, Hadil, Arwa ,Nada et Djana.

À tous mes oncles et tantes, cousins et cousines

EnParticulier Samira et Syhem. je vous aime tous.

À tous mes amies

*EnParticulier mes amies de l'enfance: warda et fatima zohra.
pour notre amitié et tous les beaux souvenirs.*

À ma chère amie:fouzía

Rien au monde, n'a pu ébranler notre amitié.

À tous mes collègues, mes enseignants et administrateurs de biologie

J'espère que vous trouvez à travers ce travail ma sincère dédicace.

Noura

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mon père et à ma mère

École de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. de tendresse et d'amour, Sont les moindres sentiments que je puisse vous témoigner. Quoi que je fasse, je ne pourrais jamais vous récompenser pour les grands sacrifices que vous avez faits et continuez de faire pour moi.

A mes frères et sœurs

Le Dr d'avenir Aboura, cher Bibou et la petite fleur Lina. C'est la plus belle chose qui nous est donnée naturellement. Notre force résidera toujours dans notre sincère entente et notre esprit de fraternité.

A mes grand-mères et pères

*Mamiya Biba mama fatima et baba said
Pour toutes les bénédictionsetl'amour, Ceux qui m'ont donné
une volenté d'acier pour travailler*

Aux médecins de ma famille

*Amtou Dr Hanouna et amou Dr walid
je dédie également ce modeste travail qui est le fruit de vos interminables conseils,
assistance et soutien moral, en témoignage de ma reconnaissance et
mon affection, dans l'espoir que vous en serez fiers*

A mon oncle

*L'exceptionnelle personne de ma famille Amou Saadoune
Merci pour votre assistance durant toute la période d'étude*

A tous mes oncles et tantes, cousins et cousines

*Amtou Nadia, Tata Saliha, Amti Atika, khaltou kouka, khaltou Fella, khaltou lbahia,
Khalou Kamel, Khalou Rafik, Khali Ibrahim, Lilia, Radia, Samira, Salima, Bessma*

A ma chère amie : Wafa

Rien au monde, n'a pu ébranler notre amitié.

A tous mes amis

*Pour notre amitié et tous les bons moments passés et à venir, Pour votre présence,
Vos précieux conseils. Un très grand merci à tous et à toutes.
A tous ceux qui m'ont aidé lors de la réalisation de ce travail, merci à tous.*

Amel

SOMMAIRE

Liste des abréviations	
Liste des figures et photos	
Liste des tableaux	
Résumé	
Introduction.....	1

Partie I : Etude bibliographique

Chapitre I : Situation de La filière lait en Algérie

1.1. Situation de la production laitière	3
1.1.1. Structure du cheptel national et leur contribution dans la production laitière	3
1.1.2. Évolution des effectifs bovins.....	4
1.1.3. Disponibilité des ressources fourragères.....	4
1.1.4. Évolution de la production, de collecte et de taux de collecte du lait cru.....	5
1.1.4.1. Évolution de la production locale	5
1.1.4. 2. La collecte du lait et l'évolution du taux de collecte.....	6
1.2. Situation de l'industrie laitière.....	7
1. 2.1. Évolution de la production industrielle et le taux d'intégration du lait cru	7
1. 2.2 Évolution des unités de transformations.....	9
1.3. Les mesures de soutien par les fonds de l'Etat à la filière lait.....	9
1. 4. Évolution de la consommation des produits laitiers	11
1. 5. Importations destinées à la filière lait.....	12
1.5.1. Importation alimentaires et laitières	12
1.5.2. Importations des génisses pleines et de vêles.....	13
1.5.3. Importations des matières premières laitières (poudres de lait et MGLA).....	14

Chapitre II : Maîtrise de la qualité du lait

2.1. Propriétés physicochimiques du lait.....	16
2.1.1. La masse volumique et la densité du lait.....	16
2.1.2. Point de congélation.....	16
2.1.3. Le point d'ébullition.....	16
2.1.4 .Acidité du lait.....	16
2.2. Caractéristiques organoleptiques du lait.....	17
2.2.1. La couleur.....	17

2.2.2. L'odeur.....	18
2.2.3. La saveur.....	18
2.2.4. La viscosité.....	18
2.3. Contrôle de la qualité du lait.....	18
2.3.1. Définition de la qualité (ISO 8402).....	18
2.3.2. Proportion des constituants à contrôler.....	19
2.3.2.1 Taux de matière grasse.....	19
2.3.2.2. Taux protéique.....	19
2.3.2.3. Densité.....	19
2.3.2.4. Acidité du lait cru.....	19
2.3.2.5. Qualité bactériologique.....	20
2.3.2.5.1. Méthode indirecte.....	20
2.3.2.5.2. Méthode Directe.....	21
2.3.2.6. Taux cellulaire.....	21
2.3.2.7. Contrôle du degré de chauffage (Pasteurisation)	22
2.3.2.8. Autres critères	22
2.4. Les Normes et règlement algériens	23
2.4.1. Classification et spécifications des laits de consommation	23
2.4.2. Conditions de collecte et de conservation avant le traitement du lait	23
2.4.3. Les critères microbiologiques du lait de vache	24
2.4.4. Laits pasteurisés.....	24

Chapitre III : Techniques de conservation du lait

3.1. Traitement du lait au cours de la conservation	27
3.1.1. Traitement du lait par le froid seul.....	27
3.1.1.1. Réfrigération	27
3.1.1.2. Congélation	27
3.1.1.3. Action du froid	28
3.1.2. Traitement du lait par la chaleur	28
3.1.2.1. La pasteurisation	29
3.1.2.1.1. Pasteurisation basse	30
3.1.2.1.2. Pasteurisation haute.....	30
3.1.2.1.3. Flash pasteurisation.....	30
3.1.2.2. La stérilisation.....	30

3.1.2.2.1. Lait stérilisés.....	31
3.1.2.2.2. Lait UHT.....	31
3.2. Appareils ou pasteurisateurs.....	32
3.2.1 Conditions auxquelles doit répondre un pasteurisateur.....	32
3.2. 2. Appareils de pasteurisation basse.....	32
3.2.2.1. La cuve à double paroi.....	32
3.2.2.1.1. Caractéristiques de la cuve.....	32
3.2.2.1.2. Procédé de thermisation	33
3. 2.3. Appareils de pasteurisation haute.....	33
3.2.3.1. Pasteurisateur tubulaires	33
3.2.3.2. Pasteurisation à plaques	34
3.3. Influence des traitements sur la valeur nutritionnelle du lait.....	34
3.3.1. Chauffage.....	34
3.3.1.1. Dénaturation de protéines	34
3.3.1.1.1. Les protéines du lactosérum.....	35
3.3.1.1.2. Les acides aminés.....	36
3.3.1.2. Vitamines.....	36
3.3.1.3. Les flores microbiennes et autres constituent du lait.....	37
3.3.1.4. Les lipides	38
3.3.1.5. L'acidité	39
3.3.1.6. Les enzymes	39
3.3.2. Rayonnements	40
3.3.3. Oxydation	40
3.4. Qualité de conservation et Post contamination	40

Partie II : Etude expérimentale

Chapitre IV : Matériels et méthodes

4.1. Justificatif et problématique du contexte d'étude	41
4.2. Objectif.....	41
4.3. Présentation de la région d'étude	42
4.3.1 Situation géographique.....	42
4.3.2 Les unités de transformations laitière existantes dans la wilaya de Guelma.....	42
4.4. Plan d'échantillonnage et rythme de prélèvement.....	43
4.5. Le procédé technologique	45

4.5.1. Le lait cru réceptionner.....	45
4.5.2. Le lait reconstitué.....	45
4.5.2.1. La matière première	45
4.5.2.2. Préparation du lait reconstitué	46
4.5.2.3. La pasteurisation.....	46
4.5.2.4. Conditionnement et stockage.....	47
4.6. Analyse de qualité.....	49
4.7. Traitement des données et analyses statistiques.....	52

Chapitre V : Résultats et discussion

5.1. Faisabilité technique de la pasteurisation du lait et contrôle de la qualité	54
5.1.1. Effet de la pasteurisation sur la teneur d'eau dans le lait : point de congélation de lait traité thermiquement.....	54
5.1.2. Effet de la pasteurisation sur la densité	57
5.1.3. Effet de la pasteurisation sur le taux butyreux	59
5.1.4. Effet de la pasteurisation sur le taux protéique	61
5.1.5. Effet de la pasteurisation sur la teneur en glucose	63
5.1.6. Effet de la pasteurisation sur la matière minérale	65
5.1.7. Effet de la pasteurisation sur l'extrait sec dégraissé	66
5.1.8. Effet de la pasteurisation sur l'extrait sec total	68
5.2. Effet global de la pasteurisation sur la variation de la qualité physico-chimique du lait Cru.....	69
5.3. Comparaison entre l'effet de la pasteurisation sur le lait reconstitué demi écrémé et le lait cru entier.....	71
5.4. Recommandations et perspectives.....	73
5.4.1.Recommandations.....	73
5.4.1.1. Au niveau de la production	73
5.4.1.2. Au niveau de l'état	73
5.4.1.3. Au niveau de l'unité de pasteurisation	74
5.4.2. Perspectives	75
Conclusion	76
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

ANOVA : ANalysis Of Variance (analyse de la variance)
AW: Activité de l'eau
Avant p : Avant pasteurisation
Après p : Après pasteurisation
BLA : Bovin laitier amélioré
BLM : Bovin laitier moderne
BLL : Bovin laitier local
°C : Degré Celsius
C. E. P : Coefficient d'Efficacité Protidique
cm³ : Centimètre cube
C.M.T: California Mastitis Test
CNIS : Centre National de l'Informatique et des Statistiques des douanes
CRY : Cryoscopie
CV : coefficient de variation
D : Densité
°D : Degré Dornic
DA : Dinard Algérien
DLC : Date Limite de Consommation
ESD : Extrait sec dégraissé
EST : Extrait sec total
°F : fahrenheit
FAO: Food and Agriculture Organization
FCE : Forum de Chefs d'Entreprises
FNRDA : Fond National de Régulation et de Développement Agricole
FIL :Fédération Internationale de Laiterie
Gi plait : groupe industriel des productions laitières
g: gramme
H : heure
H⁺: Ion hydrogène
ha: Hectare
H₂O₂ : l'eau oxygénée
HTST: High Temperature Short Time
HHP : Homogénéisation à haute pression

ISO: International Organization for Standardization
ITELV: Institut Technique d'élevages
J.O.R.A: Journal Officiel de la République Algérienne
Kg : kilogramme
l : Litre
LC : Lactose
LCP: Lait Cru Pasteuriser
LPC: Lait Pasteurisé Conditionné
LSD : Least Significant Difference
LTLT: Low Température, Long Time
MADR : Ministère d'agriculture et du développement rural
Max : maximum
MC : Ministère de Commerce
Mg : milligramme
MGLA : Matière grasse du lait anhydre
Min : minute
Min : minimum
ml : millilitre
mm : millimètre
MM : Matières minérales
N : Nombre
NS : Non Significative
O₂ : Oxygène
ONALAIT : Office National du Lait
ONIL : Office National Interprofessionnel du Lait
ORELAIT : Office Régional Est du lait
ORLAC : Office Régional du lait du Centre
OROLAIT : Office Régional Ouest du lait
P : protéine
P.A.L : Phosphatase Alcaline
PAM : Programme Alimentaire Mondial
PH : Potentiel Hydrométrique
PNDAR : Plan National de Développement Agricole et Rural
Sec : Seconde

STAT: statistiques

t : temps

TB : Taux butyreux

TP : Taux protéique

T.M.G : Taux de Matière Grasse

UE :Union Européenne

UHT : Ultra Haute Température

USD : United States of America

Vs :Versus

χ^2 :test de chi deux

* : significative

% : pourcentage

Liste des figures

Figure 1 :	Structure du cheptel national et leurs contributions dans la production laitière nationale durant l'année (2010-2011).....	3
Figure 2 :	Evolution des effectifs bovins par 10 ³ de tête	4
Figure 3 :	Répartition des ressources fourragères en Algérie.....	5
Figure 4 :	Evolution de la production laitière, les quantités de lait collectée et du taux de collecte en Algérie.....	7
Figure 5 :	Evolution des mesures de soutien à la filière lait par les fonds de l'Etat...	11
Figure 6 :	Evolution de la consommation de lait et produits laitiers entre 2000 et 2007	12
Figure 7 :	Les importations alimentaires et laitières de l'Algérie (2000- 2012).....	13
Figure 8 :	Importations de génisses en Milliards USD (2000-2012).....	14
Figure 9 :	Evolution des quantités du lait en poudre importées par valeurs en millions USD sur la période 2005- 2012.....	15
Figure 10 :	Effet létal sur les bactéries.....	37
Figure 11 :	Courbes de dénaturation des enzymes du lait et la courbe du traitement UHT	39
Figure 12 :	Présentation schématique du protocole expérimental.....	44
Figure 13 :	Diagramme de fabrication du lait cru et reconstitué.....	48
Figure 14 :	Taux moyen de la cryoscopie dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.....	55
Figure 15 :	Taux moyen de densité dans le lait cru entier avant et après pasteurisation	59
Figure 16 :	Taux moyen du taux butyreux dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.....	60
Figure 17 :	Taux butyreux avant et après pasteurisation pour l'ensemble des échantillons analysés.....	61
Figure 18 :	Taux moyen du taux protéique dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.....	63
Figure 19 :	Taux moyen du lactose dans le lait cru entier avant et après pasteurisation	64
Figure 20 :	Taux moyen de la matière minérale dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.....	66
Figure 21 :	Taux moyen de l'extrait sec dégraissé dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.....	67
Figure 22 :	Taux moyen de l'extrait sec total dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.....	69
Figure 23 :	Effet de la pasteurisation sur la qualité chimique du lait cru.....	70

Photo 1 : LACTOSCAN® vue de profile.....	50
Photo 2 : Pasteurisateur.....	50
Photo 3 : Flacons d'échantillons de lait analysé.....	50
Photo 4 : Prélèvement d'échantillon d'entrée.....	51
Photo 5 : Prélèvement d'échantillon de sorti	51
Photo 6 : Cuve de réception du lait cru.....	51
Photo 7 : Tank de stockage du lait.....	51
Photo 8 : Conditionneuse.....	51
Photo 9 : Homogénéisateur et dégazeur.....	51
Photo 10 : Mesure se la densité par lactodensimètre.....	52
Photo 11 : Test d'acidité par le bleu Méthylène.....	52
Photo 12 : Test d'ébullition.....	52
Photo 13 : Chambre froide de stockage.....	52

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Evolution de la production nationale du lait cru de 2000 à 2007.....	6
Tableau 2 :	Evolution de la production industrielle et du taux d'intégration du lait cru dans la transformation de 2000 à 2007.....	8
Tableau 3 :	Stabilité du lait à différentes température en fonction de l'acidité titrable et du Ph.....	20
Tableau 4 :	Classement des laits en fonction des temps de réduction.....	21
Tableau 5 :	Spécification microbiologique du lait cru.....	24
Tableau 6 :	Spécification microbiologique du lait pasteurisé.....	26
Tableau 7 :	les effets de dénaturation des protéines sur la valeur nutritionnelle.....	35
Tableau 8 :	Effets de divers traitements thermiques sur la perte vitaminique.....	36
Tableau 9 :	valeurs de D et Z de quelques constituants et micro-organismes.....	38
Tableau 10 :	les diverses facettes recherchées.....	49
Tableau 11 :	Abréviations et unités des paramètres physico-chimiques.....	53
Tableau 12 :	statistique de la cryoscopie (point de congélation) du lait avant et après pasteurisation.....	55
Tableau 13 :	Nombre d'échantillons des laits crus testés avant et après traitement thermique par rapport à la valeur limite maximale.....	56
Tableau 14 :	évaluation statistique de la densité du lait avant et après pasteurisation...	58
Tableau 15 :	évaluation statistique du taux butyreux de lait avant et après pasteurisation.....	60
Tableau 16 :	évaluation statistique du taux protéique de lait avant et après pasteurisation.....	62
Tableau 17 :	évaluation statistique de la teneur en lactose de lait avant et après pasteurisation.....	64
Tableau 18 :	évaluation statistique de la teneur en matière minérale de lait avant et après pasteurisation.....	65
Tableau 19 :	évaluation statistique de la teneur en ESD de lait avant et après pasteurisation.....	67
Tableau 20 :	évaluation statistique de la teneur en EST de lait avant et après pasteurisation.....	68
Tableau 21 :	Variation des paramètres physico-chimiques sous l'effet de la pasteurisation pour le lait cru entier et le lait reconstitué demi écrémé....	71
Tableau 22 :	Variation des paramètres physico-chimiques sous l'effet de la pasteurisation pour le lait reconstitué demi écrémé.....	72

Résumé

Pour arriver à cerner la faisabilité d'une technique de conservation du lait très courante dans l'industrie laitière en occurrence la pasteurisation. Nous avons analysé 78 échantillons de lait cru entier avant et après traitement thermique. Ainsi, sur le même principe, plus de cent prélèvements ont été analysés du lait reconstitué demi écrémé en mesurant différents paramètres physico-chimiques tels l'extrait sec total, l'extrait sec dégraissé, la matière grasse, les protéines, le lactose, la matière minérale, la densité et la cryoscopie. Les résultats obtenus malgré le fait qu'ils font état de bonne valeur nutritionnelle du lait avant traitement néanmoins ce traitement thermique a une influence négative sur qualité nutritive du lait. En effet, une diminution de la valeur nutritive du lait quelque soit leur origine cru entier ou reconstitué demi écrémé ($p > 0,05$). De plus, les paramètres de la qualité du lait après pasteurisation sont très variables et dans l'ensemble sont peu satisfaisants et surtout pour la cryoscopie. La fréquence de non conformité parmi les échantillons de lait pasteurisé était plus élevée par rapport aux échantillons non conformes de lait cru. En effet, ce traitement thermique augmente la teneur d'eau dans le lait ce qui affecte sa valeur nutritive et gustative. Seul le taux butyreux affiche des valeurs moyennes acceptables après la pasteurisation témoignant un effet minime du traitement thermique sur ce paramètre. La perte de la valeur nutritive qui a été enregistrée après le traitement thermique elle ne peut que renforcer la conviction de l'urgence d'un appui technique dans ce domaine de conservation.

Mots clés : conservation, pasteurisation, lait, qualité, physique, chimique

Abstract

In order to identify the feasibility of a very common technique for preserving milk in the dairy industry in this case pasteurization. We analyzed 78 samples of whole raw milk before and after heat treatment. Thus, on the same principle, more than one hundred samples of reconstituted semi-skimmed milk were analyzed by measuring various physico-chemical parameters such as dry matter, the dry defatted extract, fat, protein, lactose, mineral material, density and cryoscopy. Despite the obtained results showed good nutritional value of milk before treatment, however, this heat treatment has a negative effect on nutritional quality of milk. In fact, it is a decrease of the nutritional value whatever their origin raw whole milk or composition semi-skimmed. In contrast, the parameters of the quality of the milk after pasteurization are highly variable and are generally unsatisfactory and especially for cryoscopy. Indeed, a significant decrease ($p > 0.05$) in the nutritional value whatever their origin raw whole milk or composition semi-skimmed. In addition, the parameters of the quality of milk after pasteurization are highly variable and are generally unsatisfactory and especially for cryoscopy. The frequency of non-compliance among samples of pasteurized milk was higher compared to non-compliance in raw milk samples. Indeed, this heat treatment increases the water content in the milk which affects its nutritional and taste value. Only the fat content appears acceptable average values after pasteurization showing minimal effect of heat treatment on this parameter. The loss of nutritional value that was recorded after the heat treatment, it can only strengthen the emergency conviction of the technical support in the field of conservation.

Keywords: conservation, pasteurization, milk quality, physical, chemical.

من أجل تحديد فعالية تقنية معروفة لحفظ الحليب في مجال صناعة الألبان, على سبيل المثال البسترة . قمنا بتحليل 78 عينة من الحليب الخام كامل الدسم قبل و بعد المعالجة بالحرارة. كما قمنا بتحليل أكثر من مائة عينة من الحليب منزوع الدسم جزئيا المعاد تكوينه, وذلك عن طريق قياس مختلف المعايير الفيزيو كيميائية مثل المواد الجافة الكلية , المواد الجافة منزوعة الدسم , الدهون, البروتين, اللاكتوز, المواد المعدنية, الكثافة, و درجة التجمد. على الرغم من أن النتائج تظهر قيمة غذائية جيدة للحليب قبل العلاج بالحرارة, إلا أن هذه التقنية لها تأثير سلبي على جودته الغذائية . حيث لاحظنا انخفاض في القيمة الغذائية للحليب سواء كان خاما أو معاد تكوينه ($p>0,05$). بالإضافة إلى تغير في معايير نوعية الحليب بعد البسترة بدرجة كبيرة أغلبها غير مرضية خاصة بالنسبة لدرجة التجمد. كانت نسبة عدم التوافق للعينات المبسترة أعلى بالمقارنة مع عينات الحليب الخام. في الواقع هذه المعالجة تزيد من نسبة الماء في الحليب مما يؤثر على قيمته الغذائية و على مذاقه. أما محتوى الدهون فهو الوحيد الذي يظهر قيم متوسطة و مقبولة بعد البسترة مما يدل على أن المعالجة بالحرارة لها تأثير ضئيل على هذا المعيار. إذن فإن فقدان القيمة الغذائية التي تم تسجيلها بعد المعالجة يؤكد لنا أن هناك حاجة ماسة لتقديم الدعم التقني في مجال حفظ الحليب.

الكلمات المفتاحية

الحفظ, البسترة, الحليب, النوعية, الفيزيائي, الكيمائية

Introduction générale

Introduction

Le lait et les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens, ces produits apportent la plus grande part des protéines d'origine animale. En effet, l'Algérie est le premier pays maghrébin en matière de consommation du lait et ses dérivés soit une consommation annuelle de 120 litre par habitant (Sahli, 2013), et cela est dû aux traditions alimentaires, à la valeur nutritive du lait, à sa substitution aux viandes relativement chères et le soutien de l'Etat, qui sont autant de paramètres qui ont dopé la demande qui ne peut être satisfaite par la production laitière nationale.

Outre, l'Algérie est considéré comme le plus important consommateur de lait dans le Maghreb. Selon le Ministère du commerce, la consommation nationale s'élève à environ 3,5 milliards de litres de lait par an (Boukais, 2010). Cette augmentation donc demande une grande production industrielle du lait et ses dérivés.

Le lait peut faire l'objet de plusieurs traitements physiques, chimiques et/ou biologiques afin d'améliorer sa conservation, sa présentation, sa texture et/ou ses caractéristiques organoleptiques. Selon les traitements appliqués, on obtient plusieurs produits transformés tels que le lait pasteurisé, le lait stérilisé, le lait en poudre, le fromage, le yaourt, etc.

Pour obtenir un lait de consommation, le lait cru doit subir des traitements thermiques comme la pasteurisation et la stérilisation.

Pasteuriser le lait, c'est de détruire, par l'emploi convenable de la chaleur, la totalité de la flore banale, la totalité de la flore pathogène, tout en s'efforçant de ne toucher qu'au minimum à sa structure physique, à ses équilibres chimiques et à ses éléments biochimiques (Mathieu et coll, 1986).

Ce procédé à double objectif permet d'obtenir un lait sain et de prolonger sa conservation (Vignola, 2002).

Le contrôle d'hygiène du lait après la pasteurisation s'avère d'une très grande importance, contrairement au contrôle physique et chimique si la pasteurisation est faite dans les règles de l'art.

Plusieurs auteurs, ont déclaré qu'une meilleure technique de pasteurisation ne change pas les propriétés physico-chimiques du lait. Mais plusieurs études ont montré que les traitements thermiques peuvent provoquer une diminution de la valeur nutritionnelle du lait par altération des acides aminés, des vitamines et autres constituants. Cette dénaturation débute à des températures de 80°C c'est le cas de la pasteurisation qui dénature 10 à 20 % des protéines du lactosérum (Majdi, 2008).

Jusqu'à présent, peu d'étude qui s'intéresse à l'évaluation de la qualité du lait cru et transformé au cours de conservation.

Par conséquent, ce travail de Master se propose d'étudier, à l'extrême aval de la filière lait c'est-à-dire à la rentrée d'usine l'effet d'une technique très courante qui augmente la durée de conservation du lait en occurrence la pasteurisation sur la qualité physico-chimique du lait à travers un diagnostique de la faisabilité technique de cette méthode de conservation.

La présente étude, se compose de deux parties distinctes.

➤ La première partie présente une synthèse bibliographique traitant.

❖ la situation de la filière lait en Algérie : ce chapitre est consacré au contexte global de la filière lait en Algérie.

❖ la maîtrise de la qualité du lait.

❖ des généralités sur le lait et ses méthodes de conservation notamment la pasteurisation.

➤ La deuxième partie expérimentale intitulée : faisabilité technique de la pasteurisation.

❖ le matériel et les méthodes utilisés pour l'étude expérimentale.

❖ les résultats suivis de leur discussion.

Nous clôturons ce travail par des recommandations où nous faisons ressortir, dans leur globalité, les principaux résultats liés au succès de cette technique.

Etude bibliographique

Chapitre I.

Situation de la filière lait en Algérie

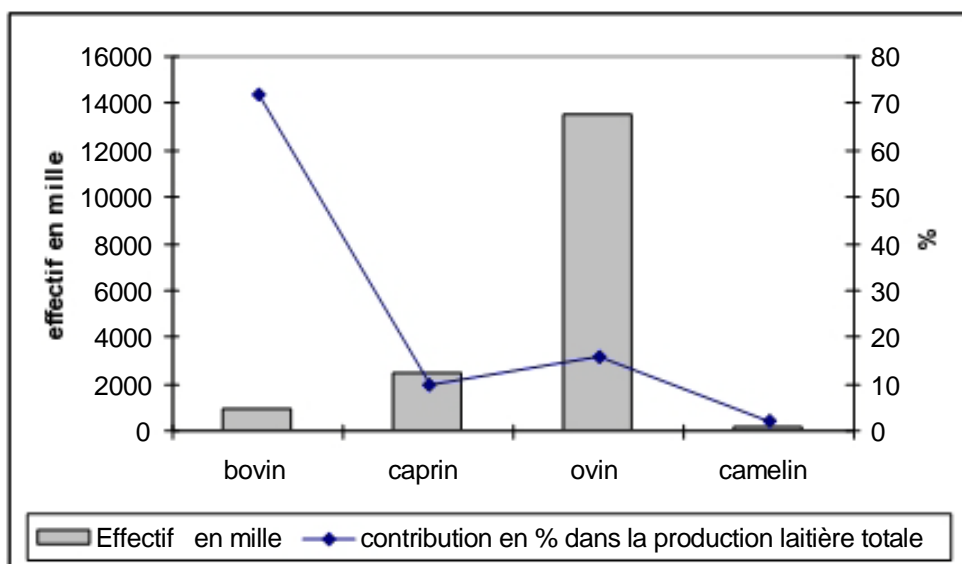
1.1. Situation de la production laitière

La production laitière nationale a connu ces dernières années une augmentation considérable, cela est dû à la place prépondérante qu'elle occupe dans la politique agricole des pouvoirs public. En effet, cette activité, détient la part la plus importante du programme d'investissement.

1.1.1. Structure du cheptel national et leur contribution dans la production laitière

En amont de la filière, la production laitière est assurée en grande partie (plus de 80 %) par le cheptel bovin, le reste est constitué par le lait de brebis et le lait de chèvre. La production laitière cameline est restée marginale. La production laitière caprine s'effectue dans le cadre de systèmes d'élevages extensifs localisés essentiellement dans les zones de montagnes steppiques (Bencharif, 2001).

Selon l'expert laitier international Soukehal (2013) le bovin est le premier contributeur dans la production laitière totale avec un pourcentage de 78 % suivi par l'ovin (16 %) et le caprin qui contribue à 10 % de la production totale malgré que cette espèce est bien adaptée à nos rudes conditions agro climatiques (figure 1).



Graphique tracé par nous même selon les données : (Soukehal,2013)

Figure.1. Structure du cheptel national et leur contribution dans la production laitière nationale durant l'année (2010-2011).

1.1.2. Évolution des effectifs bovins

Actuellement et d'après un rapport de l'institut technique d'élevage (ITELV, 2013) la production nationale de lait cru est estimée à 3,14 milliards de litre, fournie à 73% par le cheptel bovin (2,3 milliards de litre). La moitié de la production laitière bovine est assurée par un cheptel de races dites modernes BLM (bovin laitier moderne) composant moins de 30% des effectifs en vaches laitières qui totalisent 966 mille têtes, le reste de la production est assuré par le cheptel de races dites local BLL (bovin laitier local) et le cheptel de races BLA (bovin laitier amélioré) (figure 2). La quasi-totalité des productions cameline, caprine et ovine est autoconsommée. Seulement le tiers de la production laitière bovine est valorisé sur les circuits industriels (ITELV, 2013).

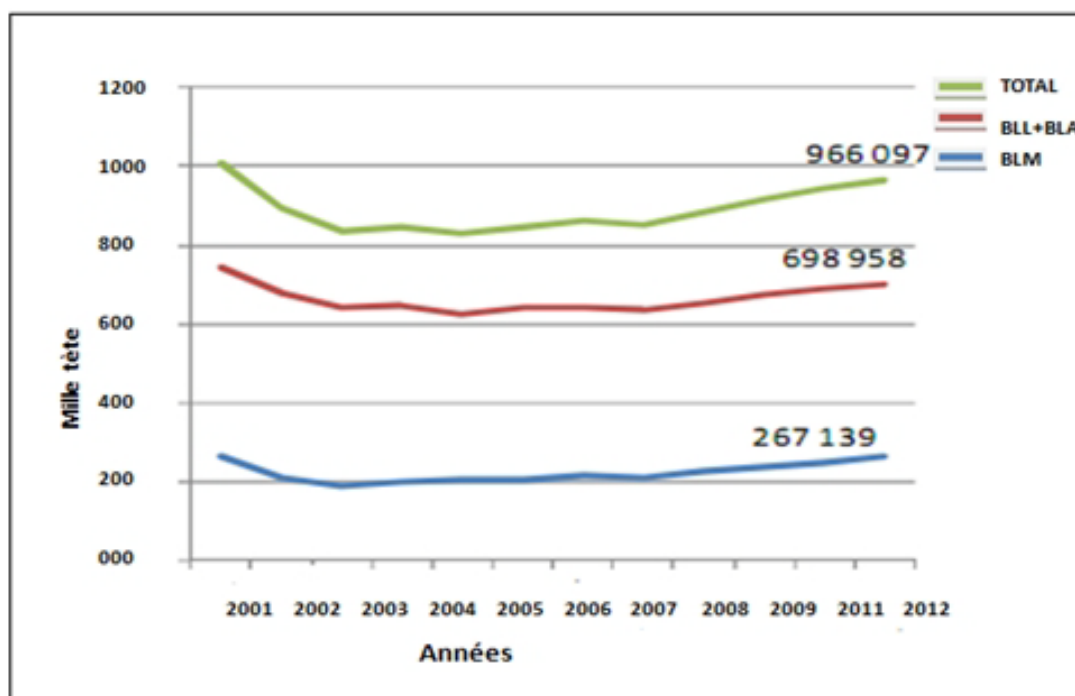


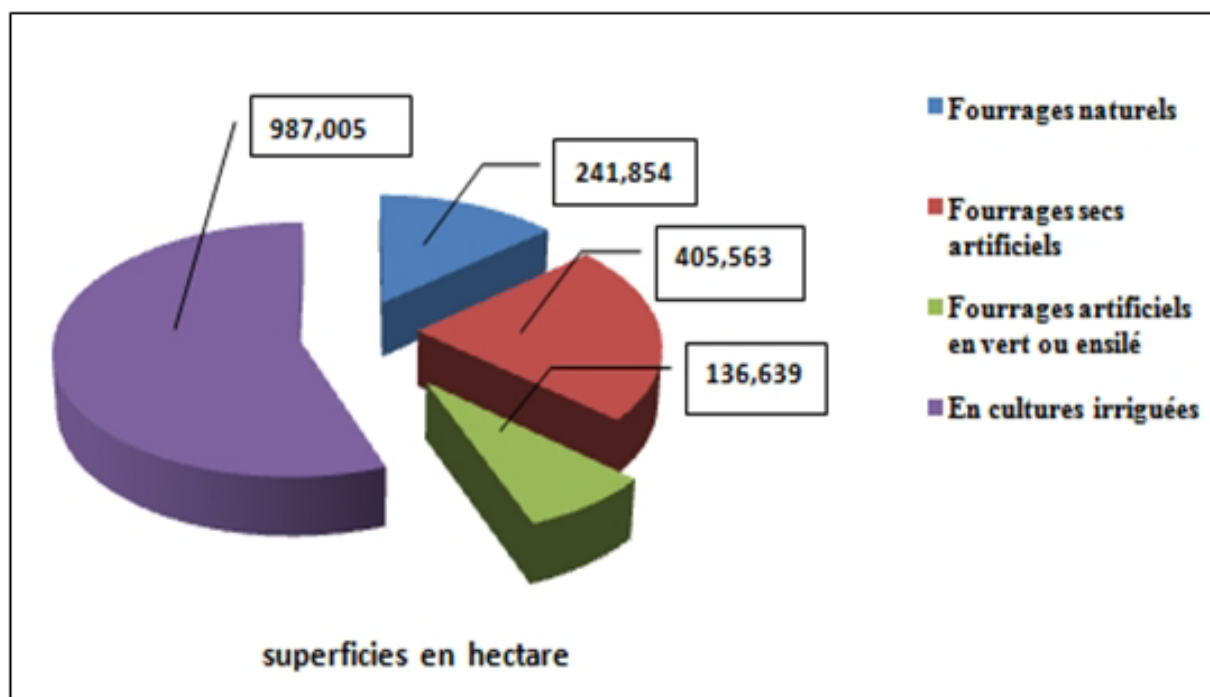
Figure.2. Evolution des effectifs bovins par 10³ de tête (ITELV, 2013).

1.1.3. Disponibilité des ressources fourragères

D'après ITELV (2013), ces dernières années les cultures fourragères en Algérie occupent une place marginale au niveau des productions végétales. Les ressources fourragères sont assurées par les terres de parcours (fourrages naturels) et les sous produits de la céréaliculture. Soukehal (2013) ajoute que les terres consacrées à la production fourragère

couvrent près de 1771,061 d'hectares réparties entre fourrages naturels (241,854ha), fourrages secs artificiels (405,563ha), fourrages artificiels en vert ou ensilés (136,636ha) et les cultures irriguées (987,005ha) (figure 3).

Le même auteur, observe que les superficies fourragères, ne couvrent que 9% de la superficie agricole utile qui est de 8.500.000 ha ; plus de la 1/2 des besoins énergétiques et plus des 2/3 des besoins protéiniques du cheptel sont couverts par des aliments concentrés.



Graphique tracé par nous même selon les données : (Soukehal 2013)

Figure.3. Répartition des ressources fourragères en Algérie

1.1.4.Évolution de la production, de collecte et de taux de collecte du lait cru

1.1.4.1.Évolution de la production locale

L'évolution de la production de lait cru n'a pas suivi celle des capacités de transformation dans l'industrie, malgré l'accroissement enregistré durant la période 2000-2007, la production laitière est passée de 1,5 milliards de litres en 2000 à 2,2 milliards de litres en 2007, soit une augmentation de presque 1/2 milliard de litres de lait (tableau 1)(Kali et al., 2011). Selon les auteurs cet accroissement dans la production peut s'expliquer par la mise en œuvre des mesures incitatives engagées à travers les instructions établies dans le cadre du PNDA (Plan National du

Développement Agricole), ainsi que l'augmentation de l'effectif bovin par l'importation de génisses pleines.

Tableau.1. Evolution de la production nationale du lait cru (MADR, 2007).

Désignation	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne 2000-2007
Production nationale (10 ⁶ litres)	1 550	1637	1544	1610	1915	2092	2244	2185	1 847,12

Toutefois, bien que la production laitière a enregistré cette progression positive entre 2000 et 2007, elle demeure faible eu égard aux potentialités génétiques notamment du bovin laitier moderne (BLM), qui peut développer en moyenne entre 5000 et 6000 kg par lactation dans son pays d'origine, compte tenu aussi du potentiel des bassins laitiers existants et de l'essor de la demande en lait et produits laitiers, qui ne cesse d'augmenter en relation avec le soutien de l'état aux prix à la consommation du lait industriel (Kali et al., 2011).

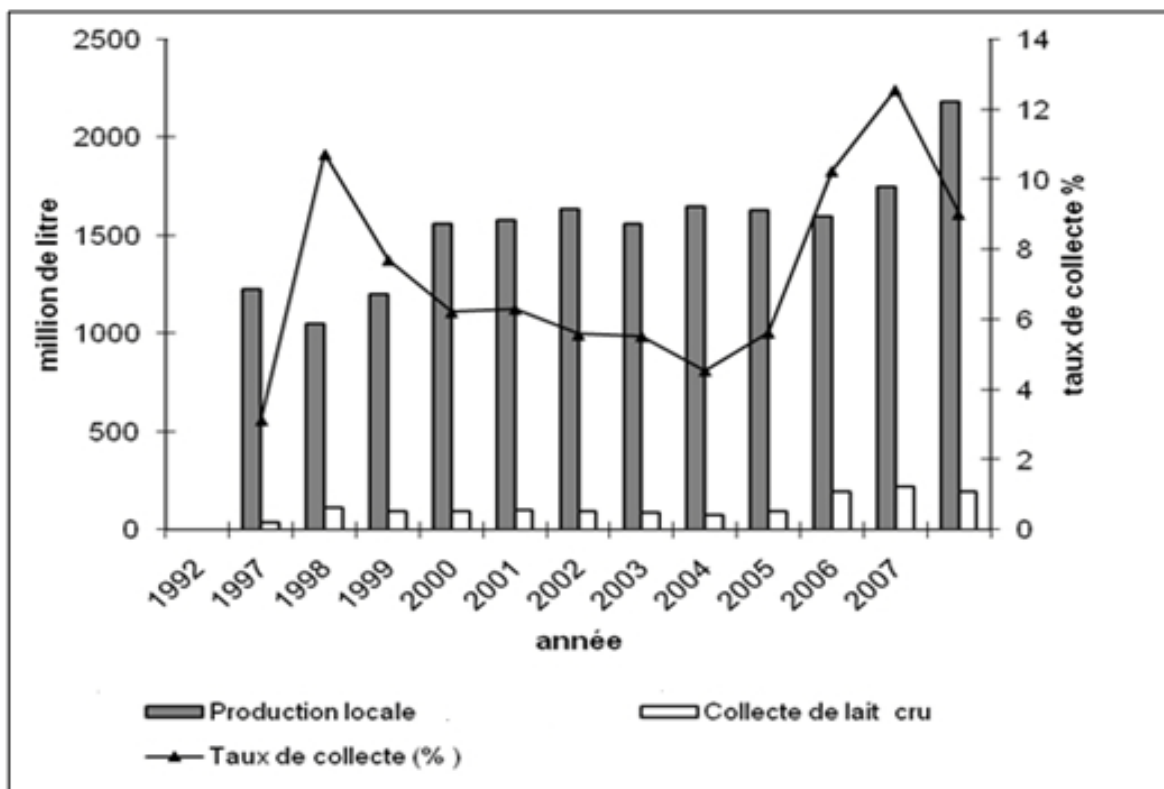
1.1.4.2. La collecte du lait et l'évolution du taux de collecte

Etant le deuxième maillon de la filière, la collecte constitue la principale articulation entre la production et l'industrie laitière. En effet, la collecte devrait avoir un rôle clé dans le cadre de la politique de développement de la production laitière nationale.

Kali et al. (2011) ont noté qu'une augmentation considérable du lait cru collecter est observée durant la période 1969/2010. Or, ils constatent que malgré l'augmentation de la production de lait cru, qui est passée de 1,5 milliards de litres en 2000 à 2,2 milliards de litres en 2007, le taux de collecte demeure très faible (soit un taux moyen de 9%). Selon les auteurs la collecte n'a pas pu progresser d'une manière durable et significative ; elle a subi des variations importantes d'une année à l'autre sur la période 2000 - 2007 (figure 4).

L'institut technique d'élevage (2013) déclare que la production laitière collectée est passé de 38,5 millions de litres avec un taux de collecte de 3,13% en 1992 à 100 millions de litres avec un taux de collecte de 6,31% en 2000 pour atteindre 197 millions de litres avec un taux de collecte de 9,02% en 2007 (figure 4). En effet, on constate une augmentation

considérable dans la quantité du lait collecté. Cependant, que le taux d'intégration du lait produit dans l'industrie de transformation est faible à cause d'un secteur informel très fréquent.



Graphique tracé par nous même selon les données: MADR (2007)

Figure.4. Évolution de la production laitière, les quantités de lait collecté et le taux de collecte en Algérie.

1.2. Situation de l'industrie laitière

L'industrie laitière, c'est le maillon le plus puissant de la chaîne laitière, constitue le centre de commande à partir duquel surgissent des boucles de rétroactions, permettant à la filière lait de s'adapter et d'évoluer.

1.2.1. Évolution de la production industrielle et le taux d'intégration du lait cru

Pendant la période de la 1^{ère} restructuration de l'office public industriel (1980-1989) le taux d'intégration du lait cru dans la production industrielle qui était de 73 % en 1969 a

connu une forte régression à 7,6 % en 1981. Pour remédier à cette situation il a été adopté un nouveau maillage du secteur de transformation à fin de cerner au mieux les contraintes techniques et financières en matière de collecte, par la décentralisation de l'office laitier l'ONALAIT qui a été divisé en trois offices régionaux OROLAIT (Ouest), ORLAC (Centre) et ORELAIT (Est), pour principale mission d'assurer une répartition rationnelle et équilibrée en lait et produits laitiers. Les acteurs en amont de la filière continuaient bénéficier de mesures de soutien, à savoir, une prime à l'intégration du lait cru de 2 DA et ce au titre de la nouvelle nomenclature des fonds dédiés à la régulation agricole (FNRDA) depuis 2006 (ITELV, 2013).

Par ailleurs et d'après Kali et al. (2011) la production industrielle a connu des fluctuations de 2000 à 2007, où elle est passée de 900 millions de litres en 2000 à 1 milliard de litres en 2005 pour régresser ensuite à 904 millions en 2006 (tableau 2), ainsi le taux d'intégration du lait cru collecter localement dans la transformation industrielle demeure d'un niveau dérisoire, oscillant autour de 10% à 11% et ne dépassant pas les 13% (tableau 2).

Tableau.2. Evolution de la production industrielle et du taux d'intégration du lait cru dans la transformation de 2000 à 2007 (MADR, 2008).

Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Production industrielle (10 ⁶ litres)	900	850	1302	1 230	1 280	1 344	904,610	917,420
Taux d'intégration du lait cru (%)	11,1	11	10	10	11	12	10	13

En effet, l'industrie laitière n'assure la collecte et la transformation qu'à titre d'activités accessoires par rapport à la transformation du lait en poudre importé. Ce secteur se base essentiellement sur les importations de poudre de lait pour sa production et il n'a été accordé qu'un intérêt mineur à la collecte.

Kali et al. (2011) ajoutent que l'industrie de transformation demeure fortement dépendante des importations. Ce constat est corroboré par l'analyse de la structure des approvisionnements des entreprises, qui se caractérise par l'importance relative du poids des matières premières importées, pour les différentes activités. Les taux de dépendance à l'égard

des approvisionnements extérieurs sont élevés pour toutes les activités du secteur de l'industrie laitière. Cette dépendance tient essentiellement à la faiblesse de la production nationale de lait cru, obligeant les fabricants à recourir à la poudre de lait importée.

1.2.2. Évolution des unités de transformations

Selon Kaci et Sassi (2007), l'évolution du tissu industriel laitier a connu trois phases de développement ainsi caractérisées par :

- ❖ Période 1970-1980 : investissements publics ayant engendré une grande capacité de transformation et un tissu de 19 usines réparties sur les régions Est (4 usines), Centre (6 usines), Ouest (8 usines) et Sud-ouest (1 usine).
- ❖ Période 1990-2004 : investissements privés ayant engendré plus de 120 entreprises de taille moyenne et une centaine de mini-laiteries.
- ❖ Période 2004-2006 : Début de privatisation des entreprises publiques et amorce d'un mouvement de concentration et d'implantation de firmes internationales.

Kaci et Sassi (2007) ont observé qu'un mouvement marqué de création d'entreprises sur la période d'avant 2002. La libéralisation de l'investissement industrielle dans les années 90 et les mesures d'encouragement public (Agence Nationale de Développement de l'Investissement, Plan National Développement Agricole) ont donné une forte impulsion à l'investissement privé.

Actuellement et grâce à la libéralisation de l'économie, une importante industrie laitière privée s'est développée, mais basée essentiellement sur l'importation de matières première (laits en poudre et MGLA). D'après Soukehal (2013) les laiteries conventionnées avec l'ONIL en 2012 sont au nombre de 153 dont 15 laiteries publiques (Giplait). La majorité des laiteries reçoit de l'ONIL du lait en poudre subventionné (159 DA/Kg) pour la fabrication du lait pasteurisé demi écrémé vendu au prix administré de 25 DA/Litre.

1.3. Les mesures de soutien par les fonds de l'Etat à la filière lait

Pour développer la filière lait et augmenter la production locale, les acteurs de la filière continuaient bénéficier de mesures de soutien, à savoir :

- ❖ Une prime d'encouragement et d'incitation à la production locale de lait livré à la transformation est passée de 5 DA pour un litre de lait cru produit et vendu aux unités de

transformation en 2000 à 7 DA le litre à partir de l'année 2005.

Toutefois, il existe aussi d'autres subventions pour l'investissement à la ferme octroyées aux éleveurs qui disposent de plus de 6 vaches, ces derniers peuvent bénéficier d'un financement pour des équipements d'irrigation, des primes de 5000 DA/ha pour la production fourragère, ainsi que des primes pour la construction de silo et pour la production d'ensilage.

En plus des promotions de l'investissement à la ferme, la prise en charge globale de l'insémination artificielle au niveau des exploitations est appliquée depuis une décennie déjà (MADR, 2008).

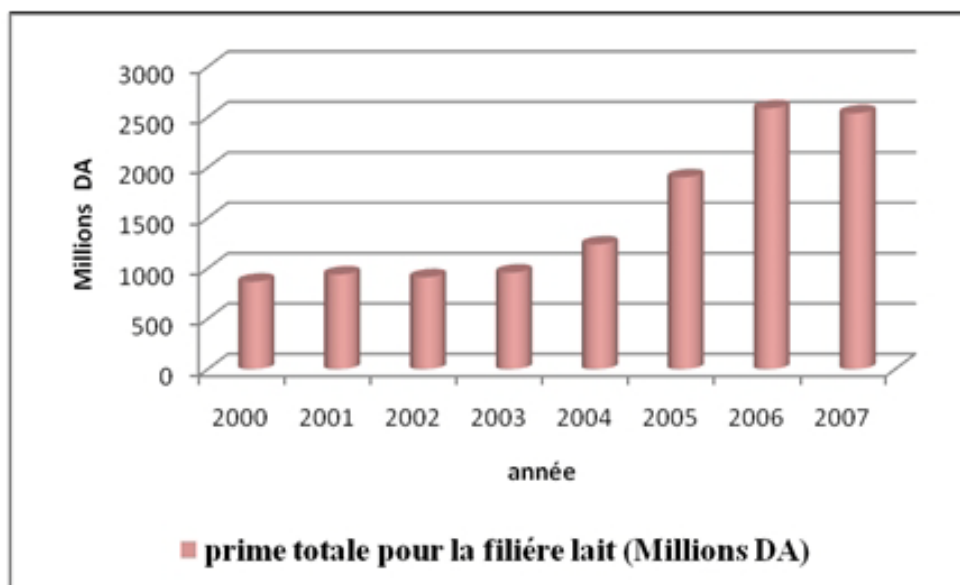
- ❖ Une prime de 4 DA par litre pour les collecteurs livré à l'usine ; l'éleveur qui livre son lait à la transformation est encouragé avec 7 DA par litre de lait cru livré (MADR, 2008).

- ❖ Une prime de 2 à 4 DA par litre de lait versé aux unités de transformation à la réception du lait cru local. Ces primes dépend des quantités achetées ; 2 DA pour 5 000 litres ; 2,5 DA pour une quantité de 5 000 à 10 000 litres et de 3 DA pour 10 000 à 15 000 litres et enfin à 4 DA pour l'achat de 15 000 à 20 000 litres de lait cru.

Pour inciter les producteurs à améliorer la qualité du lait livré aux usines de transformation, une réfaction ou bonification de 0,50 DA par gramme de matière grasse est appliquée au seuil de 34 grammes par litre. Pour encourager la mise en place des laiteries, un financement de 40 % de l'équipement des mini-laiteries de capacité de 5 000 à 10 000 litres est accordé par l'Etat et 60% lorsque les investissements sont réalisés par des producteurs organisés en coopératives.

Le montant global en Millions DA octroyé à la filière lait de 2000 à 2007 est représenté par la figure 5 (MADR, 2008).

Soukehal (2013) ajoute que ces primes sont augmentés en 2011 par des primes spéciales accordée à travers l'ONIL grâce à des conventions avec les laiteries à savoir : 12 DA par litre pour les producteurs de lait cru, 5 DA par litre pour les collecteurs et 4 DA par litre pour les laiteries intégrées du lait cru dans le lait pasteurisé. En même année les subventions versées par l'ONIL pour le lait cru ont concernées environ 557 millions de litres de lait pour un montant d'environ 11 milliards de DA.



Graphé tracé par nous même selon les données : MADR 2008

Figure.5. Évolution des mesures de soutien à la filière lait par les fonds de l'Etat.

1.4. Évolution de la consommation des produits laitiers

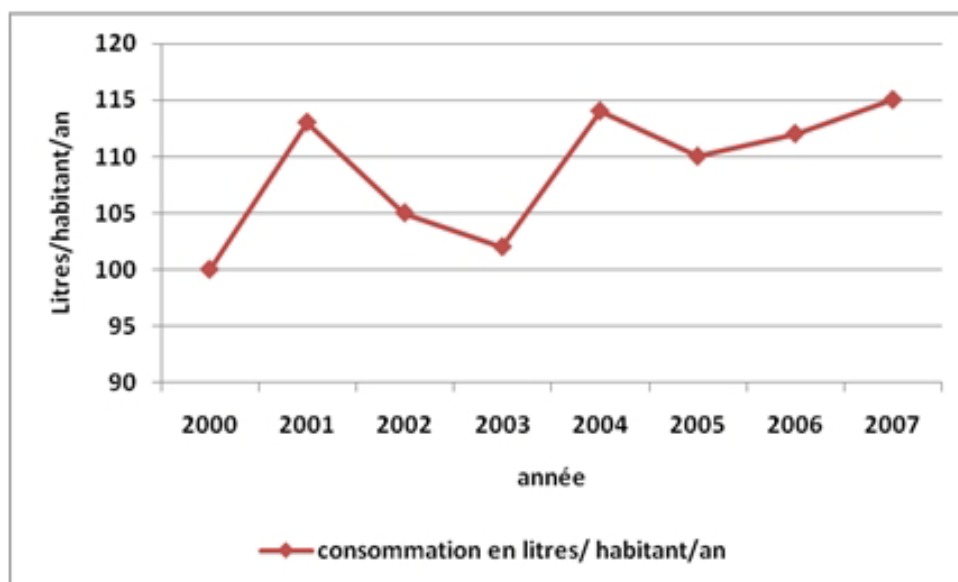
Depuis l'indépendance, les pouvoirs publics ont toujours favorisé une politique nutritionnelle qui intègre le plus possible des protéines animales dans la ration alimentaire des algériens. Cette politique a commencé par la distribution gratuite de lait dans les cantines scolaires grâce au soutien du programme alimentaire Mondial (PAM). Cette politique nutritionnelle a été poursuivie par la fixation administrée au prix du lait pasteurisé conditionné. Tout cela s'est traduit par une forte augmentation de la consommation par habitant en lait et produits laitiers (Soukehal, 2013).

D'après le ministère du commerce (2008), la consommation globale du lait et de ses dérivés en Algérie a atteint 3,4 milliards de litres, soit près de 115 litres/habitant/an en 2007. Cette consommation fluctue entre 100 et 115 litres par habitants et par an (figure 6).

Le FCE a déclaré que la consommation du lait et de produits laitiers par habitant a plus que doublé entre 1969 (54 litres/habitant) et 2011 (120 litres/habitant) (Sahli, 2013).

Afin de combler ce déficit dans la couverture des besoins de la population en lait, le secteur de l'industrie laitière en Algérie a toujours fonctionné avec de la poudre de lait

importée. Le développement des entreprises privées, après l'ouverture de l'économie dans le contexte de la mondialisation, a permis une diversification croissante de la gamme mise sur le marché à la grande satisfaction du consommateur (Kali et al., 2011).



Graphique tracé par nous même selon les données : Ministère du commerce 2008.

Figure.6. Evolution de la consommation de lait et produits laitiers (2000 et 2007).

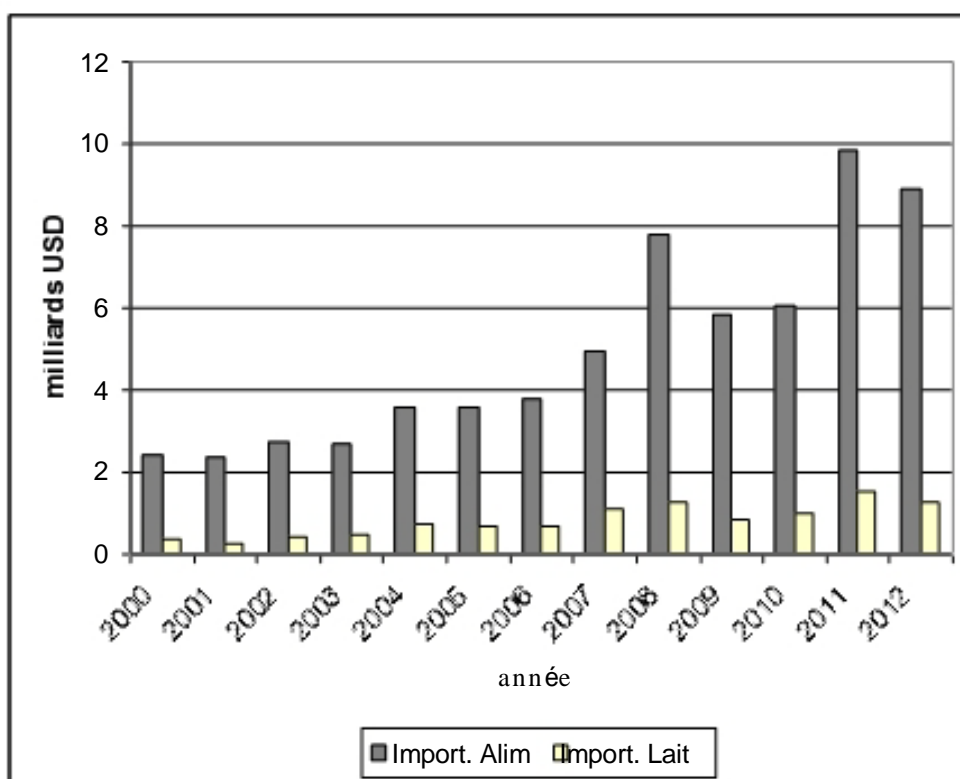
1.5. Importations destinées à la filière lait

1.5.1. Importation alimentaires et laitières

Selon Djermoun et Chehat (2012), l'importation a suivi une allure ascendante jusqu'à la période (1981-85) avec un plafond de 2,1 milliards de litres en équivalent lait. Cependant, l'importation laitière connaît des déclinés au cours de la période (1985-2005) notamment (1986-99). Ces déclinés sont en relation avec les mesures d'ajustement structurel ont ainsi impose la baisse des niveaux de subvention des produits laitiers.

Kaci et Sassi (2007) ont souligné qu'en 2000 le monopole de l'importation dans la filière est levé et reprise de la hausse des quantités importées. D'après les statistiques des douanes algériennes (2012), les biens alimentaires occupent le troisième rang dans la structure des importations algériennes au cours des dernières années, après les biens d'équipements

(40%) et les biens intermédiaires (29%). En ce qui concerne le lait, la facture des importations enregistre une évolution de 156 % entre 2002 et 2012, passant de 492 millions de dollars à 1,2 milliard de dollars ajoute Sahli (2013). La figure 7 représente l'évolution des montants des importations alimentaires et laitières dépensés par l'Algérie pour la période (2000- 2012). Il est remarqué que les importations laitières, représentent en moyenne 17% des importations des biens alimentaires durant la période étudiée, et suivent la même évolution des importations alimentaires (Kacimi, 2013).



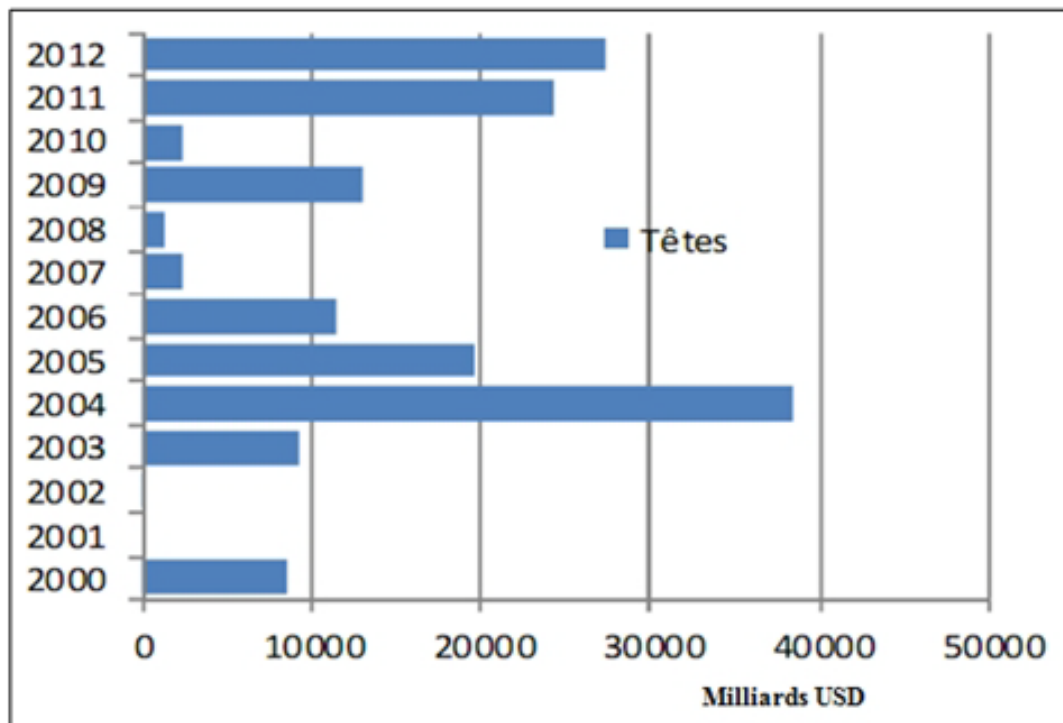
Graphé tracé par nous même selon les données : Kacimi 2013

Figure.7. Les importations alimentaires et les laitières de l'Algérie (2000- 2012).

1.5.2. Importations des génisses pleines et de vêles

Dans le but d'augmenter la production laitière avec la venue des nouvelles directives du PNDAR (plan national de développement agricole et rural), les importations de génisses et vêles ont repris à partir de 2004. Les importations des animaux vivants en 2007 ont atteint 1,5 milliards de DA dont 305 millions de DA pour les génisses et vêles (MADR, 2008).

De 2000 à 2003, le nombre de bovins laitiers importés est passé de 8 513 têtes à 9 147 têtes. En 2004, elles sont beaucoup plus importantes atteignant les 38 448 têtes. La figure 8 montre l'évolution de l'importation des génisses depuis 2000 jusqu'à 2012 (ITELV, 2013).



Source : Institut Technique d'Elevage 2013

Figure.8. Importations de génisses en Milliards USD (2000-2012).

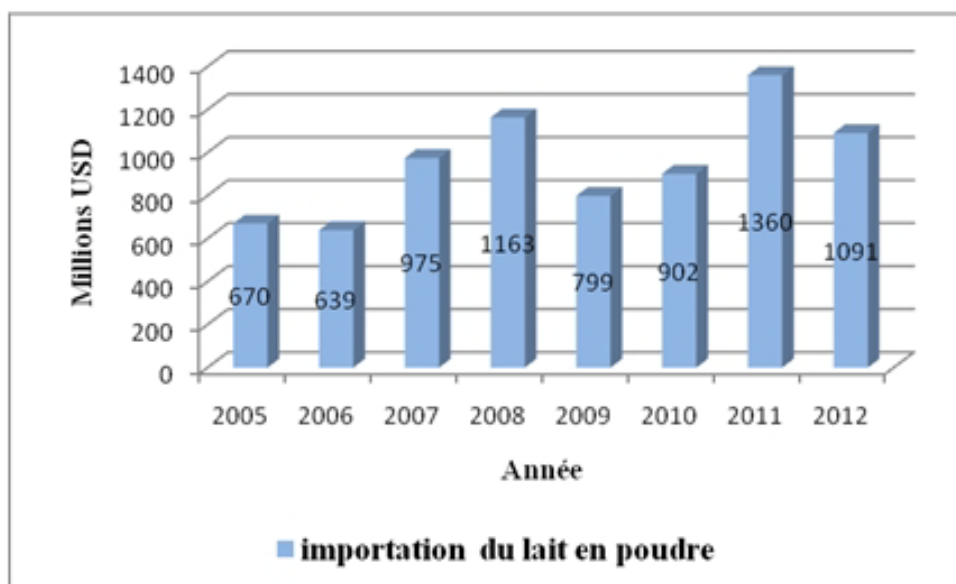
1.5.3. Importations des matières premières laitières (poudres de lait et MGLA)

Après l'indépendance et jusqu'à 1974, l'industrie a continué à fonctionner à partir de lait frais importé en vrac et mélangé au lait collecté localement (Bencharif, 2001).

◦ la création de l'office national du lait en 1969, l'Etat s'est engagé à prendre en charge son approvisionnement en matière première, qui jusque là reste le principal problème auquel fait face l'industrie laitière. Le prix de la tonne de la poudre de lait ne cesse d'augmenter ; ceci est dû principalement à la production laitière mondiale, qui n'augmente que de 1 à 2 % par an ces dernières années, ce qui n'est plus suffisant pour couvrir la demande des pays importateurs, ajoutent Kali et al. (2011). L'Algérie importe environ 300000 tonnes/an de poudre de lait, dont plus de la moitié est importée par l'ONIL et le reste par le secteur privé

(on peut estimer que 40000 tonnes sont revendues sous forme de poudre au consommateur) (UBIFRANCE, 2013).

D'après les Statistiques des Douanes algériennes, la valeur globale des poudres de lait importées est de l'ordre 7599 millions USD en 2012. La figure 9 indique que ces importations fluctuent entre 670 et 1091 millions USD sur la période 2005-2012. L'année 2011 est celle où la valeur enregistrée par CNIS est la plus élevée (CNIS, 2013). D'ailleurs l'Algérie est le deuxième importateur au monde de poudre de lait après la chine (kacimi, 2013).



Graphé tracé par nous même selon les données de CNIS(2013).

Figure.9. Evolution des quantités du lait en poudre importées par valeurs en millions USD sur la période 2005- 2012.

En effet, l'objectif du gouvernement algérien est de réduire la dépendance vis-à-vis de l'étranger en produits de base, en veillant à ce que le marché intérieur soit suffisamment approvisionné à des prix acceptables. Le programme quinquennal 2010-2014 prévoit de nombreuses subventions pour favoriser le développement du secteur laitier qui est considéré comme prioritaire (UBIFRANCE, 2013).

Chapitre II.

La maîtrise de qualité du lait

2.1. Propriétés physicochimiques du lait

Selon Vignola (2002), les principales propriétés physicochimiques utilisées sont :

2.1.1. La masse volumique et la densité du lait

La masse volumique, le plus souvent exprimée en gramme par millilitre ou en kilogrammes par litre, est une propriété physique qui varie selon la température puisque le volume d'une solution varie selon la température pour diminuer l'effet de la température on utilise souvent la densité relative (ou densité).

2.1.2. Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de $-0,530^{\circ}\text{C}$ à $-0,575^{\circ}\text{C}$ avec une moyenne de $-0,555^{\circ}\text{C}$. Un point de congélation supérieur à $-0,530^{\circ}\text{C}$ permet de soupçonner une addition d'eau au lait. On vérifie le point de congélation du lait à l'aide d'une cryoscopie.

2.1.3. Le point d'ébullition

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou la solution est égale à la pression appliquée.

Comme pour le point de congélation le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit $100,5^{\circ}\text{C}$.

2.1.4. Acidité du lait

D'après le même auteur on distingue deux types d'acidité :

➤ Acidité titrable

L'analyse de l'acidité titrable mesure tous les ions H^+ disponibles dans le milieu, qu'ils soient dissociés, c'est-à-dire ionisés, ou non. L'acidité titrable est une mesure des deux acidités définies précédemment : acidité titrable = acidité naturelle + acidité développée.

La mesure d'acidité titrable s'exprime couramment de deux façons :

Soit en pourcentage % d'équivalents d'acide lactique, soit en degrés Dornic (°D).

• la réception du lait on mesure l'acidité titrable pour vérifier la qualité du lait. Il faut prendre cette mesure avec une certaine mesure de risque, car une acidité titrable élevée n'est pas forcément une mesure de l'acidité développée. Pour s'assurer de la qualité du lait et pour valider le résultat du titrage, on recommande de mesurer le pH de l'échantillon.

➤ Le pH :

Vignola (2002) a noté que le pH d'un lait frais se situe entre 6,6 et 6,8. Contrairement à l'acidité titrable, le pH ne mesure pas la concentration des composés acides mais plutôt la concentration des ions H^+ en solution. Les valeurs de pH représentent l'état de fraîcheur du lait. Plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité, du fait que c'est le pH qui influence la solubilité des protéines, c'est-à-dire l'atteinte du point isoélectrique. Un lait ayant une acidité développée importante aura un pH plus bas que 6,6 car l'acide lactique est un acide suffisamment fort pour se dissocier et abaisser le pH d'une valeur mesurable.

2.2. Caractéristiques organoleptiques du lait

Les caractéristiques organoleptiques constituent la base de l'appréciation de la qualité du lait. Vierling (2003) a rapporté que l'aspect, l'odeur, la saveur, la texture ne peuvent être précisés qu'après une comparaison avec un lait frais.

2.2.1. La couleur

Le lait est de couleur blanche et mate, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait (Fredot, 2005).

Reumont (2009) a expliqué que dans le lait, les lipides sous forme de globules de matière grasse et les protéines sous forme de micelles de caséines diffractent la lumière. Ces agrégats dispersent les rayons lumineux sans les absorber et le rayonnement qu'ils renvoient, est identique en composition au rayonnement solaire, à savoir une lumière blanche.

2.2.2. L'odeur

Selon Vierling (2003), l'odeur caractérise la qualité du lait du fait que de la matière grasse elle est capable de fixer 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 à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette).

2.2.3. La saveur

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés, peut transmettre au lait, des saveurs anormales en particulier un goût amer. La saveur amère peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extra-mammaire (Thieulin et Vuillaume, 1967).

2.2.4. La viscosité

Rheotest (2010) a montré que la viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques.

La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur.

2.3. Contrôle de la qualité du lait

2.3.1. Définition de la qualité (ISO 8402)

C'est un ensemble de propriétés et de caractéristiques d'un produit ou services qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites (Larpent, 1997).

2.3.2. Proportion des constituants à contrôler

2.3.2.1. Taux de matière grasse

Le contrôle du taux de matière grasse a un intérêt technologique (écrémage et butyrication). Il permet aussi de détecter les fraudes. En fonction de cette teneur on distingue trois groupes de produits :

- Laits entiers (T.M.G > 35 g/L) ;
- Laits demi-écrémés (TMG = 18 à 15 g/L) ;
- Laits écrémés ou diététique (moins de 1 g/L)(Serigne,1997).

2.3.2.2. Taux protéique

Selon Serigne (1997) le rendement fromager est influencé par le taux protéique.

Lederer (1985) a déclaré que les protéines du lait présentent un énorme avantage du point de vue économique. En plus, les protéines du lait sont particulièrement importantes pour le transfert de certains minéraux et de certaines vitamines Ribardeau (1993).

2.3.2.3. Densité

Le contrôle de la densité permet de détecter la fraude la plus courante et la plus connue : le mouillage.

Dans ce cas précis le lait est rejeté et des sanctions sont prévues à l'encontre des auteurs.

Le contrôle de cette composante a aussi un intérêt hygiénique surtout en milieu rural du fait de l'insalubrité de l'eau (Serigne, 1997)

2.3.2.4. Acidité du lait cru

Lederer (1985) a noté que l'acidité du lait peut être un indicateur de la qualité du lait au moment de la livraison. En effet, un lait frais titre 16 à 17 degrés Dornic.

Selon la réglementation algérienne, un lait ne doit pas dépasser 1,8g d'acide lactique /L soit l'équivalent de 18°D. (J.O.R.A, 1993).

Le tableau 3 présente l'influence de l'acidité titrable sur la stabilité du lait à différentes températures.

Tableau .3. Stabilité du lait à différentes température en fonction de l'acidité titrable et du pH (Lubin, 1998).

PH	Acidité titrable (g/l)	Température	Etat du lait
6,6-6,8	1,6-1,8	0-150	Normal
6,4	2,0	110-120	Floculation
6,3	2,2	100	Floculation
6,1	2,4	75	Floculation
5,2	5,5-6,0	20	Floculation

2.3.2.5. Qualité bactériologique

L'appréciation de la qualité bactériologique s'effectue selon deux méthodes : indirecte et directe.

2.3.2.5.1. Méthode indirecte

➤ Activité de la catalase

C'est une enzyme capable de décomposer l'eau oxygénée (H_2O_2) avec libération d'oxygène (O_2) moléculaire qui se dégage à l'état gazeux. Son origine est double leucocytaire et microbienne. Une forte activité catalytique provient des laits acidifiés ou fermentés, du lait colostrale ou d'une suspicion de mammites. Cette activité est mesurée par un indice de catalase.

➤ Réductase microbienne

Le principe est basé sur la réduction des colorants. La plupart des bactéries se multiplient dans le lait et qui sont capables grâce à leur réductase, d'abaisser le potentiel d'oxydoréduction jusqu'à la décoloration complète d'un indicateur redox. Le contrôle de l'activité réductrice est réalisé en utilisant le bleu de méthylène ou la résazurine.

En fonction de la vitesse de décoloration on attribue une note chiffrée. Le tableau 4 donne les notes attribuées en fonction des temps de réduction (Serigne , 1997).

Tableau.4. Classement des laits en fonction des temps de réduction (Serigne, 1997).

Temps de réduction du bleu Méthylène	Teinte après 1 heure à larésaurine	Appréciation	Note
$t < 2 \text{ H } (< 1 \text{ H } 30)$	0-1-2 (0-1)	Appréciation	1
$2 \text{ H } < t < 4 \text{ H }$	3-4- (2-3)	Lait peut contaminée	2
$t > 4 \text{ H } (t > 3 \text{ H })$	5-6 (4-5-6)	Lait de bonne qualité	3

2.3.2.5.2. Méthode Directe

Il s'agit de l'analyse microbiologique classique:

- Coloration Gram ;
- Recherche du bacille tuberculeux ;
- Dénombrement de la flore totale ;
- Dénombrement des flores particulières (Serigne , 1997).

2.3.2.6. Taux cellulaire

Les cellules du lait jouent un rôle important dans sa qualité hygiénique. En effet, celles ci ne présentent par elles mêmes aucun pouvoir pathogène mais elles sont le signe d'un désordre dans la sécrétion lactée.

Parmi les méthodes de contrôle utilisées nous pouvons distinguer :

- La numération (même procédé que dans le sang) ;
- Le compactage électronique ;
- California Mastitis Test (C.M.T) utilisant le réactif au Teepol ;
- Méthode à la soude.

Ces tests ont une importance sanitaire et réglementaire en permettant de mettre en évidence les laits anormaux (lait de mammite) (Serigne, 1997).

2.3.2.7. Contrôle du degré de chauffage (Pasteurisation)

La pasteurisation entraîne la destruction des germes pathogènes du lait. Il est donc intéressant de savoir si ce traitement thermique a eu lieu dans de bonnes conditions.

Les méthodes utilisées sont :

➤ Recherche de la Phosphatase Alcaline (PAL)

Cette enzyme est constamment présente dans le lait. Elle est inactivée par la pasteurisation et la température de destruction est légèrement supérieure à celle des germes pathogènes non sporulés les plus thermorésistants.

Le lait correctement pasteurisé, ne contient plus de PAL. Le contrôle de la PAL est une méthode rapide et indirecte dans l'appréciation de la salubrité du lait et de l'efficacité du traitement de pasteurisation (Serigne, 1997).

➤ Autres Enzymes

Il s'agit de la peroxydase, de la xanthine oxydase, de la ribonucléase, de la phosphatase acide. Griffiths (1986) a évalué les niveaux de destruction de ces enzymes dans le but d'établir des gradients de sensibilité et ainsi mieux détecter les fraudes sur le chauffage.

2.3.2.8. Autres critères

Ils sont variables en fonction des pays, nous pouvons citer:

- Les apports énergétiques (glucides, lipides, protéides, vitamines...);
- Résidus de médicaments vétérinaires : Les résidus sont des substances redoutables qui peuvent exister dans le lait (Harding, 1982). L'origine de ces substances peut être à la fois, le traitement des maladies et l'alimentation. Les résidus regroupent les bactériostatiques, anti-fongiques, antibiotiques et des pesticides qui sont présents à des proportions variables (Bernet, 1996).

L'usage des antibiotiques contre les infections des bovins laitiers au cours de la période de lactation se traduit par la présence des résidus dans le lait qui présentent un danger potentiel pour le consommateur (Hillerton *et al.*, 1998).

Les antibiotiques résistent bien à la chaleur, les ferments lactiques sont sensibles à de très faibles doses d'antibiotiques. Les laits contenant des résidus d'antibiotiques sont sanctionnés par la réglementation (Serigne, 1997).

2.4. Les Normes et règlement algériens

Selon la réglementation algérienne, le lait doit être sain, pur et de bonne qualité, quelque soit bactériologique ou hygiénique.

Selon l'arrêté interministériel du 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation (page 16) (J.O.R.A N° 69,1993).

2.4.1. Classification et spécifications des laits de consommation

Article 07 :

- Les laits sont classés en fonction du nombre de germes totaux en trois catégories:
- Catégorie A: moins de 100.000 germes totaux par millilitre.
- Catégorie B: de 100.000 à 500.000 germes totaux par millilitre.
- Catégorie C: plus de 500.000 à 2.000.000 de germes totaux par millilitre.

Article 08 :

- Le lait doit répondre aux spécifications suivantes : -
Germes totaux : maximum 2 millions.
- Salmonelle : absence.
- Stabilité à l'ébullition : stable.
- Acidité en grammes d'acide lactique par litre maximum 1,8 g.
- Densité : 1030 - 1034.
- Matière grasse : 34 grammes par litre au minimum.

2.4.2. Conditions de collecte et de conservation avant le traitement du lait

Article 09:

- Le lait doit être conservé immédiatement après la traite à une température inférieure ou égale à 6°C.

Article 10 :

- Le lait doit être mis à la disposition des entreprises laitières dans les conditions suivantes:

- Le délai entre la traite et la délivrance du lait aux entreprises laitières est fixé à 48 heures au maximum.

- Le délai entre la traite et le premier traitement thermique est fixé à 72 heures au maximum (J.O.R.A N° 35 ,1998).

2.4.3. Les critères microbiologiques du lait de vache

D'après l'arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires (tableau 5).

Tableau.5. Spécification microbiologique du lait cru (J.O.R.A N° 035 ,1998).

Lait cru	M
Germe s aérobies à 30°C	10 ⁵
Coliformes fécaux	10 ³
Streptocoques fécaux	Absence/0,1ml
Staphylococcus aureus	Absence
C. sulfite-réducteurs	50
Antibiotiques	Absence

2.4.4. Laits pasteurisés

Article 16:

Le lait pasteurisé est le lait soumis à un traitement thermique aboutissant à la destruction de la presque totalité de la microflore banale et de la totalité de la microflore pathogène en s'efforçant de ne pas affecter notamment la structure physique du lait, sa constitution, son équilibre chimique, ses enzymes et ses vitamines.

Article 17 :

Pour que le lait soit pasteurisé, il doit être soumis:

- soit à une température de 63° C pendant une durée de 30 minutes;
- soit à une température de 85° C pendant une durée de 15 à 20 secondes;
- soit encore instantanément à une température de 95° C.

Le lait pasteurisé ainsi traité doit être refroidi dans les soixante (60) minutes qui suivent son traitement thermique, à une température n'excédant pas les six (06) degrés Celsius.

Pendant toute la durée de l'opération de pasteurisation, la température ne doit pas s'abaisser au-dessous du minimum requis par le procédé utilisé, en quelque point que ce soit de la masse du lait à traiter (J.O.R.A N°69, 1993).

On a trois classes de contamination, à savoir:

- celle inférieure ou égale au critère "m";
- celle comprise entre le critère "m" et le seuil "M";
- celle supérieure au seuil "M".

Les critères qualitatifs "m" et "M", sauf autre indication, expriment le nombre de germes présents dans un gramme (g) ou un millilitre (ml) d'aliment (tableau 5).

m: seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante.

Tous les résultats égaux ou inférieurs à ce critère sont considérés comme satisfaisants;

M: seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique;

M = 10 m lors du dénombrement effectué en milieu solide

M =30 m lors du dénombrement effectué en milieu liquide (J.O.R.A N° 35 ,1998).

Tableau.6. Spécification microbiologique du lait pasteurisé (J.O.R.A N° 35 ,1998).

Lait pasteurisé		M
Germe aérobie à 30°C		3.10 ⁴
Coliformes	à la sortie d'usine	1
	à la vente	10
Coliformes fécaux	sortie d'usine	Absence
	à la vente	Absence
Staphylococcus aureus		1
Phosphatase		Absence

Chapitre III.

Techniques de conservation du lait

3.1. Traitement du lait au cours de la conservation

Depuis des millénaires l'homme a su prolonger la durée de la conservation du lait par divers procédés de traitement et transformation.

Ces méthodes de conservation sont basées sur des procédés physiques, chimiques et biologiques. Il est à noter que les procédés chimiques sont interdits par la réglementation en vigueur, les méthodes physiques visent l'arrêt de la multiplication des germes et la limitation des modifications biochimiques de la composition du lait. Les procédés biologiques visent à transformer le lait en un produit stable en utilisant des bactéries lactiques, des levures et moisissures.

Le froid et la chaleur sont les bases technologiques élémentaires de l'industrie laitière. Ils ont une importance exceptionnelle et interviennent dans la transformation du lait, la préparation de certains sous produits ainsi que le contrôle de l'activité microbienne. (Mahjoub et Boudabous, 1993).

3.1.1. Traitement du lait par le froid seul

3.1.1.1. Réfrigération

Selon Rozier (1982), C'est un procédé de conservation à court terme faisant appel à des températures situées au dessus du point cryoscopique de la phase aqueuse de denrées alimentaires généralement voisines de 0°C.

3.1.1.2. Congélation

La congélation est une technique de conservation des aliments qui maintient la température au cœur de la denrée jusqu'à -18°C. Ce procédé provoque la cristallisation en glace de l'eau contenue dans les aliments. On assiste alors à une diminution importante de l'eau disponible, soit à une baisse de l'activité de l'eau (A_w), ce qui ralentit ou stoppe l'activité microbienne et enzymatique (Darinmoub, 2009).

D'après Darinmoub (2009) la congélation permet donc la conservation des aliments à plus long terme que la réfrigération.

3.1.1.3. Action du froid

Un lait réfrigéré à base température présente quelques caractéristiques qui le distingue du lait frais :

- Accroissement de la stabilité du lait par ralentissement des réactions biochimiques
- ralentissement du développement microbien (flore de contamination) et inhibition de la flore pathogène;
- modification de la nature des espèces microbiennes qui se développent (sélection des psychotrophes et psychrophiles aux dépens de la flore mésophiles) ce qui peut entraîner l'apparition d'altérations particulières aux basses températures. L'action bactéricide du froid est discrète ou nulle.

Mahjoub et Boudabous (1993) ont noté que les Gram- sont plus sensibles que les Gram+ dont certaines sont pratiquement insensibles telle *Staphylococcus aureus*. Selon les auteurs la congélation a un effet bactéricide ou létal, il n'est jamais total et varie selon des germes et les conditions de sa réalisation:

- total pour les parasites ;
- variable pour les Gram-, plus sensibles que les Gram+ ;
- les virus sont conservés par la congélation.

3.1.2. Traitement du lait par la chaleur

La stabilisation des aliments par la chaleur est un moyen largement répandu dans le secteur alimentaire et répond à plusieurs objectifs :

- Elle vise à détruire partiellement ou totalement les flores d'altération (*micro-coccus*, *bacillus*, flore psychotrope, flore lactique, etc) et les flores pathogènes ou toxigènes (*salmonella*, *staphylococcus*, *clostridium perfringens* *osbotulinium*) pour améliorer la qualité hygiénique des produits.
- Elle permet d'inactiver certaines enzymes (plasmine, lipoxygénase, polyphénoloxydas) des produits au cours de leurs stockage.

De façon générale, le raisonnement d'un traitement thermique peut se situer dans un espace à trois dimensions :

- réduction des activités biologiques (que l'on cherche à maximiser) ;
- influence sur les qualités organoleptiques et nutritionnelles des produits et ;
- coût du traitement (que l'on cherche à minimiser).

On distingue fondamentalement deux catégories de traitement : la pasteurisation et la stérilisation (Jeantet et al, 2006).

Ces procédés ont un objectif commun, à savoir la destruction des germes pathogènes. Ils se différencient par la durée de conservation qu'ils donnent au lait, conséquence d'une destruction plus ou moins complète des autres microorganismes. Indépendamment de l'ébullition, dont l'intérêt est incontestable, mais limité au niveau domestique (FAO, 2010).

3.1.2.1. La pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique modéré et suffisant permettant la destruction des microorganismes pathogènes et d'un grand nombre de microorganismes d'altération. Ce traitement permet d'une part, d'assurer la salubrité du produit et d'autre part, d'améliorer sa conservation. Cette étape est utilisée pour produire plusieurs produits comme le lait pasteurisé.

La conception des lignes de traitement du lait pasteurisé du commerce varie beaucoup d'un pays à l'autre, et même d'une laiterie à l'autre, en fonction de la législation et de la réglementation locale. Ainsi, par exemple, la standardisation éventuelle de la matière grasse peut se faire avant, après ou pendant la pasteurisation. L'homogénéisation peut être totale ou partielle etc. D'autre part, la rapidité de ce traitement (quelques secondes) permet de conserver intactes les qualités organoleptiques et nutritionnelles du lait (Guiraud, 2003).

Les barèmes de pasteurisation sont définis par des couples température/temps, donc l'importance des changements provoqués augmente avec la durée et la température du traitement thermique, mais dépend également de la sensibilité spécifique à la chaleur de chacune des composantes du lait (Vignola, 2002).

D'après Jeantet et *al.* (2008) on distingue trois types de traitements :

3.1.2.1.1. Pasteurisation basse (62-65°C /30min)

Ce type de traitement thermique était un procédé discontinu consistant à chauffer le lait à 63°C en cuves ouvertes et à le maintenir à cette température pendant 30 minutes. Cette méthode est appelée aussi “Holder Process” ou méthode LTLT (Low Température, Long Time) (Gosta, 1995).

3.1.2.1.2. Pasteurisation haute (71-72°C /15-40s)

Elle est réservée aux laits crus de bonne qualité hygiénique. Au plan organoleptique et nutritionnel, la pasteurisation haute n'a que peu d'effets. Au niveau biochimique, la phosphatase alcaline est détruite par contre la peroxydase reste active, la DLC (date limite de consommation) des laits ayant subi une pasteurisation haute est de 7 jours après le conditionnement (bouteille en verre ou en carton, polyéthylène ou aluminium). Cette méthode est appelée aussi “HTST” (High Température, Short Time).

3.1.2.1.3. Flash pasteurisation (85-90°C /1-2s)

Le lait est chauffé à une température comprise entre 85°C et 95°C pendant 1-2 secondes soit directement par contact direct avec la vapeur soit le plus souvent, pour des raisons énergétiques, indirectement en flux continu (transmission de la chaleur entre les liquides chauffants et le lait) par des échangeurs de chaleur tubulaires ou à plaques. Elle est pratiquée sur les laits crus de mauvaise qualité. La phosphatase et la peroxydase sont détruites.

3.1.2.2. La stérilisation

Laits ont subi un traitement thermique de type stérilisation dont l'objectif est de détruire tous les micro-organismes. Les barèmes sont définis sur la base de 12 réactions décimales de *clostridium botulinum*. Ce sont des laits de moins bonne qualité organoleptique et nutritionnelle que les laits pasteurisés. Leur durée de conservation est limitée par l'évolution physicochimique plus ou moins lente du produit susceptible d'altérer sa stabilité (Jeantet et al, 2008).

Selon les mêmes auteurs, on distingue deux types de laits :

3.1.2.2.1. Laits stérilisés

Le lait est tout d'abord pri-stérilisé (130-140 ° C /3 à 4s) après homogénéisation dans le cas des laits contenant de la matière grasse. Puis, il est refroidi à 70-80 ° C et mis en bouteille (polyéthylène haute densité) pour subir une 2^e stérilisation (115 ° C/15-20 min) suivi d'un refroidissement rapide. Ces laits présentent des défauts de couleur et de goût dus aux réactions de Maillard. La DLC est de 150 jours. Afin d'éviter l'oxydation des lipides, ces laits sont stockés à l'abri de la lumière ou dans des récipients opaques. Sur le plan nutritionnel, on observe des pertes en thiamine, vitavineB₁₂ et B₆.

3.1.2.2.2. Laits UHT (**ultra haute température**)

Selon Jeantet et *al.* (2008) le lait est traité à 135-150 ° C/1-6s. Ce traitement permet de mieux préserver les qualités nutritionnelles et organoleptiques originelles du lait car le Z de la réaction de Maillard est plus élevé que celui de la destruction microbienne. La DLC est de 90 jours. Cette limite de la durée de conservation est imposée pour des problèmes de stabilité physicochimique liés à des phénomènes de précipitation, floculation et gélification dus à une protéolyse ménagée des caséines par la plasmine résiduelle ou des protéases microbiennes très thermorésistantes.

Les mêmes auteurs, ajoutent que le traitement UHT est direct ou indirect :

Dans le cas du traitement direct (upérisation), la vapeur est injectée dans le lait préchauffé à 80°C, où elle se condense en libérant sa chaleur latente d'évaporation (de l'ordre de 2200kj/kg vapeur). La dilution engendrée est corrigée lors du refroidissement par détente du mélange dans une chambre sous vide partiel, où les condensats sont évaporés.

Dans le cas du traitement indirect, il n'ya aucun contact entre le lait et la vapeur. Le traitement s'effectue avec des échangeurs à plaques ou tubulaires. Le facteur limitant du procédé concerne l'encrassement progressif du matériel par précipitation de complexes protéines/ minéraux sur les parois de l'échangeur, en particulier en phase montante.

- Le traitement d'homogénéisation est réalisé soit en phase montante soit en phase descendante ; dans le dernier cas il faut s'assurer de la qualité de l'homogénéisateur.

- L'intensité des traitements thermiques du lait peut être caractérisée par le dosage du lactulose (galactose-fructose) ajoutent Jeantet et *al.*(2008).

3.2. Appareils ou pasteurisateurs

3.2.1. Conditions auxquelles doit répondre un pasteurisateur

Selon Jacquinot (1986), Un pasteurisateur doit:

- assurer l'homogénéité du chauffage à la température choisie ;
- permettre le nettoyage complet et rapide de toutes les surfaces au contact du lait afin d'éviter les recontaminations après chauffage ;
- être économique ;
- être peu encombrant pour faciliter le nettoyage ;
- respecter la structure et la composition du lait (il faut travailler à l'abri de l'air pour éviter le dégagement de CO₂)
- une installation de pasteurisation doit toujours comporter un appareil de réfrigération.

3.2.2. Appareils de pasteurisation basse

3.2.2.1. La cuve à double paroi

Ces pasteurisateurs sont essentiellement constitués par une cuve à double paroi conditionnée.

Dans cette cuve le lait est chauffé à 63° C puis maintenu à cette température pendant 30 mn avant d'être refroidi. Un agitateur mélange le lait au cours de l'opération afin d'accélérer les échanges thermiques. La production de mousses de surface doit être évitée pour ne pas soustraire de germes à l'action thermique.

3.2.2.1.1. Caractéristiques de la cuve

Ces appareils fonctionnent le plus souvent en discontinu. La cuve est un matériel largement utilisé en laiterie. (Jacquinot, 1986).

D'après Jacquinot (1986), La cuve peut être:

- ouverte sans possibilité de fermeture (c'est une bassine) ;
- ouverte mais avec possibilité de mettre un couvercle ;
- fermée avec juste des ouvertures d'entrée du produit et de sortie: matériel généralement trop sophistiqué pour une mini laiterie.

La cuve est ovale, ronde, à fond plat ou à fond conique (le fond conique favorise le soutirage par gravité).

Elle peut être aussi:

- non isolée: elle peut servir à des stockages intermédiaires, à des préparations fromagères (chauffage externe possible)
- isolée par de la laine de verre : c'est à dire qu'elle pourra maintenir certaine température (temps relativement court, différence de température pas trop élevée entre le produit contenu dans la cuve et le milieu extérieur), utilisable pour des opérations de stockage et de mélange.
- Thermisée: il s'agit d'une cuve de traitement thermique pour la pasteurisation, le traitement des fromages, la maturation des crèmes et yaourt.

3.2.2.1.2. Procédé de thermisation

Selon (Jacquinot, 1986) le réchauffement peut se faire selon plusieurs façons :

- soit on chauffe simplement la cuve sur un brûleur externe (cuve à paroi simple non isolée). La paroi transmet la chaleur au produit, c'est un réchauffement direct. Le principal problème est la mauvaise homogénéité de chauffage ;
- soit on chauffe la cuve plus ou moins directement par des résistances électriques qui en réchauffent la paroi ou bien par des rampes hélicoïdales soudées à la face externe de la cuve et à l'intérieur desquelles on fait circuler l'eau chaude ou la vapeur ;
- soit on chauffe indirectement par un bain-marie d'eau chaude ou de la vapeur. C'est le chauffage le plus homogène.

3.2.3. Appareils de pasteurisation haute

Jacquinot (1986) a signalé que le fonctionnement est toujours continu. Le lait s'écoule en couche mince le long d'une ou de deux parois chauffantes. D'après l'auteur nous pouvons distinguer.

3.2.3.1. Pasteurisateurs tubulaires

Le lait traverse le faisceau dans lequel il est chauffé sur une ou deux faces selon le cas par l'action de l'eau chaude circulant à contre courant.

3.2.3.2. Pasteurisation à plaques

Ils comportent principalement une série de plaques ondulées ou nervurées en nombre variable, serrées les unes contre les autres.

L'espace qui sépare deux plaques consécutives (3 à 4 mm) est parcouru par le lait alors que l'élément chauffant (eau ou vapeur à basse pression) circule à contre courant dans les espaces qui précèdent et qui suivent immédiatement.

3.3. Influence des traitements sur la valeur nutritionnelle du lait

Tous Les constituants du lait (protéines, matières grasses, lactose, minéraux et les vitamines) ne se retrouvent pas entièrement sous forme native selon les traitements appliqués. Aucun des traitements mis en œuvre n'est réellement inoffensif, et entraîne toujours quelques pertes de valeur nutritionnelle (Jeantet et *al.*, 2008).

3.3.1. Chauffage

Selon Jeantet et *al.* (2006), l'évaluation de la température d'un milieu la rupture de liaison de faible énergie (liaisons hydrogènes ou ioniques) ce qui provoque des changements de conformation d'un certain nombre de macromolécule.

D'après l'auteur les effets de la température de chauffage multiplient en proportion ceux de la durée et sont visibles surtout sur le constituant protéique du lait, mais peu sur la matière grasse. Le chauffage peut provoquer une diminution de la valeur nutritionnelle du lait par altération des acides aminés, des vitamines et autres constituants.

3.3.1.1. Dénaturation de protéines

D'après Jean (1975), la digestibilité des protéines est dénaturée à la chaleur elle est supérieure à celle des protéines natives. Les protéines chauffées précipitent dans le milieu acide à l'estomac en particules plus fines et donc plus dispersées. Elles sont ainsi plus accessibles aux enzymes hydrolytiques qui agissent plus facilement sur une protéine ouverte.

L'auteur ajoute que les premières répercussions d'un traitement thermique même modéré concernent la structure et les propriétés physiques des protéines du lactosérum et de

la caséine. On assiste à une dénaturation des protéines solubles tandis que la caséine tend à se déstructurer si le tracement est suffisamment intense.

De tels phénomènes sont susceptibles de se produire durant des chauffages industriels variés: pasteurisation classique, stérilisation par la technique UHT, etc.

Dans tous les cas, la dénaturation des protéines du sérum survient beaucoup plus facilement et avec une intensité beaucoup plus forte que la précipitation de la caséine.

3.3.1.1.1. Dénaturation des protéines du lactosérum

Jean (1975) a signalé que, la dénaturation des protéines solubles consiste en une modification de leur structure qui leur fait perdre leurs propriétés électrophorétiques. En ce qui concerne la α -Macroglobuline, la dénaturation se déroule en deux étapes: la molécule initialement sous forme de dimère se dissocie et se présente à l'état de monomère puis, dans un deuxième temps, on assiste à un déploiement de la chaîne moléculaire. Ce dernier phénomène est dû à des modifications chimiques concernant particulièrement les ponts sulfurés.

Selon le même auteur le degré de dénaturation des protéines dépend à la fois de la durée et de l'intensité du traitement thermique. Le couple durée-intensité du traitement ne constitue pas une donnée suffisante pour prévoir avec précision le comportement des protéines solubles.

Dans l'état actuel des connaissances, on peut considérer que la dénaturation n'affecte pas l'efficacité nutritionnelle globale (digestibilité, valeur biologique) des protéines du lait (tableau7).

Tableau.7. les effets de dénaturation des protéines sur la valeur nutritionnelle (Jean 1975)

	Lait cru	Lait pasteurisé	Lait stérilisé	Lait upérisé
Dénaturation (p.100)	0	13	53	40
C. E. P. (*)	3.30	3.32	3.28	3.38
(*) coefficient d'efficacité protidique = gain de poids / protéines ingérées				

3.3.1.1.2. 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'amidori qui se décompose en acides lévulique et formique. Ces molécules ont la propriété d'activer la croissance des bactéries lactiques (cas du yaourt et du fromage frais). Parallèlement, il y a apparition d'un goût de cuit et de brunissements.

En pratique, la baisse de la valeur nutritionnelle n'est importante que dans les poudres de lait écrémé mal conservées ou obtenues par séchage sur rouleaux, ou dans des laits stérilisés en bouteille (Jeantet et *al.*, 2008).

3.3.1.2. Vitamines

D'après Jeantet et *al.* (2008), Seule la thiamine (vitamine B1), cobalamine (vitamine B12) et l'acide ascorbique (vitamine c) sont réellement thermosensible. La pyridoxine et les folates subissent l'effet de la chaleur (tableau 8). Les autres vitamines sont peu ou ne sont même pas détruites lorsque l'exposition à la chaleur survient à l'abri de l'air (oxygène) et de la lumière.

Jeantet et *al.* (2008) ont noté que Les procédés modernes de pasteurisation et de stérilisation en continu (procédé UHT) ou de séchage (par atomisation) modifient peu les teneurs en vitamines du lait (<20 %). La destruction des vitamines peut être réduite par dégazage du lait c'est-à-dire en diminuant fortement la teneur en oxygène ambiant.

Tableau.8. Effets de divers traitements thermiques sur la perte vitaminique

(Jeantet et *al.*, 2008)

Procédés	Pertes (%)				
	Thiamine	Pyridoxine	Cobalamine	Acide folique	Acide ascorbique
Pasteurisation	10	0 à 8	10	10	10 à 25
UHT	0 à 20	10	5 à 20	5 à 20	5 à 30
Ebullition	10 à 20	10	20	15	15 à 30
Stérilisation	20-50	20-50	20-100	30-50	3-100

3.3.1.3. Les flores microbiennes et autres constituent du lait

La combinaison de température et de temps de chambrage est très importante, car elle détermine l'intensité du traitement thermique. La figure 10, illustre les courbes d'effet létal pour les bactéries coliformes et typhoïdes et les bacilles tuberculeux. D'après la figure, les coliformes sont tués si le lait est chauffé à 70°C et maintenu à cette température pendant environ une seconde. A une température de 65°C, il faut un temps de chambrage de 10 secondes pour tuer les coliformes. Ces deux combinaisons 70°C/1 seconde et 65°C/10 secondes ont donc le même effet létal.

Par ailleurs, les bacilles tuberculeux sont plus résistants au traitement thermique que les coliformes. Un temps de chambrage de 20 secondes à 70°C ou d'environ 2 minutes à 65°C s'impose pour assurer leur destruction intégrale. Le lait peut également contenir des microcoques résistants à la chaleur. En règle générale, ils sont totalement inoffensifs (Gosta, 1995).

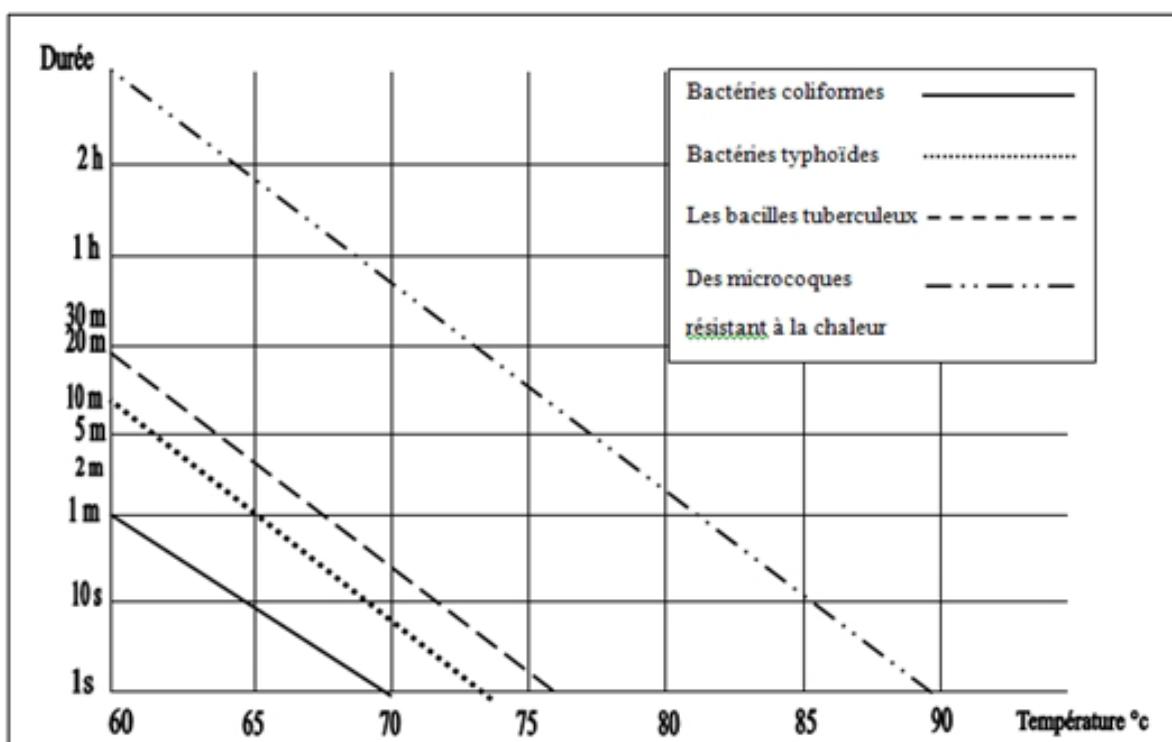


Figure.10. Effet létal sur les bactéries (Gosta, 1995)

Jeantet et al. (2008) ont noté qu'une nouvelle technique d'épuration bactérienne à froid par microfiltration s'est développée et permet de doubler le DLC (la date limite de Consommation).

3.3.1.4. Les lipides

Le chauffage ne semble pas modifier la qualité des graisses quand la technique appliquée au lait est la pasteurisation courte, instantanée, stérilisation ou le processus UHT. 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. Tous les laits chauffés contiennent de tels dérivés carboxydes, mais à des degrés divers et parfois en quantités insuffisantes pour altérer sensiblement le goût et l'arôme, le lait UHT en contenant plus qu'un lait pasteurisé (FAO, 2010).

Selon FAO (2010), la pasteurisation n'altère pas les graisses polyinsaturées et donc les acides gras essentiels, l'acide linoléique est stable à haute température et sa décomposition ne survient qu'après un chauffage d'une heure à 180°C. Par contre, les laits stérilisés et UHT subiraient au cours du traitement thermique une réduction légère de leur teneur en acide gras essentiels.

Surel (1999) a signalé que, les traitements thermiques (pasteurisation, traitement UHT) ont une action sur la membrane du globule gras et en particulier sur certaines lipoprotéines.

La β -lactoglobuline s'associe également au globule gras par la formation de ponts disulfures ce qui augmente la teneur en protéines de la membrane du globule gras sans que la taille de ce dernier en soit augmentée (Surel, 1999).

3.3.1.5. L'acidité

En technologie laitière, on s'intéresse particulièrement aux changements de l'acidité au cours des traitements. En effet, ces changements peuvent influencer la stabilité des constituants du lait. Le chauffage du lait cause la perte de gaz carbonique, peut décomposer le lactose en acides organiques divers ou causer le blocage des groupements aminés des protéines et provoque alors une augmentation de l'acidité. De même, aux températures élevées, le phosphate tricalcique peut précipiter et causer une augmentation de l'acidité déclenchée par la dissociation des radicaux phosphates (Aboutayeb, 2011).

3.3.1.6. Les enzymes

Généralement, les enzymes sont très actifs dans une plage de températures optimales entre 25 et 50°C. Leur activité baisse dès que cette plage optimale est dépassée, elle cesse entre 50 et 120°C (figure 11). A ces températures, les enzymes sont plus ou moins dénaturées.

La température d'inactivation varie d'un type d'enzyme à un autre un fait qui a été largement utilisé pour déterminer le degré de pasteurisation du lait (phosphatase alcaline) (Kabchaoui, 2012).

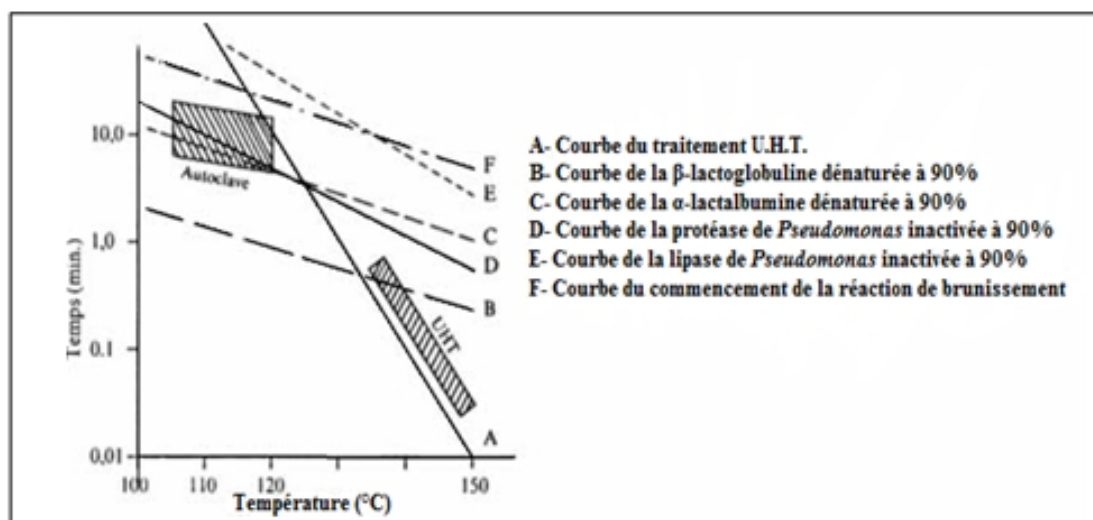


Figure.11. Courbes de dénaturation des enzymes du lait et la courbe du traitement UHT (Aboutayeb, 2011).

3.3.2. Rayonnements

D'après Jeantet *et al.* (2008), la lumière solaire et le rayonnement ultraviolet provoquent la destruction des vitamines A, B2, B6 et C. Les autres vitamines n'y sont peu ou pas sensibles. Les radiations ionisantes ont des effets comparables à ceux des rayonnements UV et entraînent des saveurs désagréables, consécutives aux oxydations induites.

3.3.3. Oxydation

L'oxygène dissout dans le lait provoque l'oxydation de vitamine C sous l'effet de la lumière, elle est transformée en acide déshydroascorbique qui reste biologiquement actif mais très instable (Jeantet *et al.*, 2008).

3.4. Qualité de conservation et Post contamination

Selon Serigne (1997) la qualité de conservation du lait frais pasteurisé dépend:

- du contenu en germes thermorésistants et/ou psychrophiles (pouvant donc se développer dans les enceintes refroidies) ;
- d'une éventuelle post contamination ou recontamination.

La durée de conservation du lait frais pasteurisé doit être au moins 7 jours avant qu'apparaisse un défaut.

Le conditionnement aseptique en empêchant la post contamination améliore la qualité de conservation.

Etude Expérimentale

Chapitre IV.

Matériels et méthodes

4.1. Justificatif et problématique du contexte d'étude

Le lait est un aliment indispensable pour l'être humain de l'enfance à la vieillesse. Il contient tous les nutriments nécessaires pour l'être humain. Il est considéré comme un aliment simple et complet. (O'Mahony, 1988).

Au point de vue physico-chimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa structure est indispensable à la compréhension des transformations qui s'opèrent en lui et en ses dérivés au cours des divers traitements industriels.

Le lait contient tous les nutriments, mais au cours du chauffage, certaines enzymes sont détruites qui sont essentielles pour l'absorption du calcium et de la vitamine D. La pasteurisation est un procédé de chauffage fréquemment utilisé pour empêcher l'altération du lait et par conséquent, une augmentation de la durée de conservation du lait.

La pasteurisation a été utilisée depuis le début des années 1900 (le chauffage du lait cru à 161 °F pendant 15 minutes (Imele et *al.*, 2002).

La qualité du lait pasteurisé quelle que soit leur origine cru ou demi écrémé présente une qualité moindre par rapport au lait en poudre et surtout sa couleur et son goût après l'ébullition domestique.

Le contrôle du lait pasteurisé doit se fonder non seulement sur sa qualité bactériologique mais aussi sur sa qualité physico-chimique qui s'avère largement négligée dans la pratique.

Peu d'étude menée sur le lait pasteurisé commercialisé dans la région de Guelma. Cependant, une telle étude serait utile de formuler des mesures suggestives pour améliorer la qualité du lait pasteurisé.

4.2. Objectif

Comme nous avons déjà indiqué précédemment, la pasteurisation du lait est une technique qui consiste à le faire chauffer à une température suffisante pendant un temps suffisant pour détruire les micro-organismes pathogènes qu'il contient. Ce procédé à double objectif permet d'obtenir un lait sain et de prolonger sa conservation. La pasteurisation est la

technique la plus utilisée dans le monde comme moyen de conserver le lait quelque soit leur origine (Vignola, 2002).

De ce fait, nous nous sommes proposés de réaliser ce travail qui vise essentiellement l'étude de l'effet de la pasteurisation sur les qualités physiques et chimiques du lait des vaches.

Pour cela nous avons essayé de répondre aux questions suivantes :

- La pasteurisation a-t-elle des conséquences sur les caractéristiques physicochimiques du lait ?
- Quelle est la réponse quantitative de la valeur nutritive vis-à-vis cette technique thermique ?
- Quel est le type du lait le plus affecté par cette technique de conservation ?
- Quelle est la faisabilité technique de la pasteurisation dans cette région d'étude ?
- Quelle sont les recommandations et perspectives quand peuvent les proposer pour améliorer le succès de cette technique ?

4.3. Présentation de la région d'étude

4.3.1. Situation géographique

La wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue du point de vue géographique, un point de rencontre, voir un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum el Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les hauts plateaux et le Sud.

Elle est limitrophe aux Wilayas suivantes : Annaba au Nord, El-Tarf au Nord-est, Souk Ahras à l'Est, Oum El-Bouaghi au Sud, Constantine à l'Ouest et la wilaya de Skikda au Nord-ouest.

4.3.2. Les unités de transformations laitières existantes dans la wilaya de Guelma

Il existe au niveau de cette wilaya trois mini laiteries privées qui sont :

- Béni Foughal (EURL) (Entreprise à responsabilité limitée) à El Fedjoudj : Cette unité est la première unité de transformation de la wilaya de Guelma. Elle a démarré son activité à partir de 2002. Sa capacité actuelle de production est de 21000 litres/jour.

➤ Deux mini laiteries de Ouled Sidi Adid:

- EL -SAFIA (SARL) (Société à Responsabilité Limitée) à El Fedjoudj : Elle a démarré son activité à partir de 2009.

- EL -SAFIA (KAFEK) : localisée à la zone industrielle (Rue Ben Smih , Guelma) : Elle a démarré son activité à partir 2012. Elle produit plus de 16000 litres/jour, dont 1000 litres seulement est de lait cru pasteurisé.

Ces unités de transformation fonctionnent à 80 % les importations destinées au fabrication du lait reconstitué demi-écrémé et combinées avec le lait collecté pour la fabrication du lait fermenté (leben). Toutefois le taux d'intégration du lait cru collecté est resté faible et ne dépasse guère 20%.

4.4. Plan d'échantillonnage et rythme de prélèvement

Dans le centre de collecte de la laiterie El Safia (zone industrielle, Guelma), deux prélèvements ont été effectués sur chaque lieu d'échantillonnage : un échantillon « entré », prélevé 10 à 24 h après le début du refroidissement.

Ce prélèvement devait permettre d'apprécier la qualité du lait cru avant traitement. Sur le même principe, la qualité a été évaluée après le traitement thermique dans l'unité de pasteurisation. A ce niveau, un échantillon d'entrée et un échantillon de sortie ont donc été prélevés chaque jour sur une durée qui s'étale sur 90 jours. Le nombre total d'échantillons s'est ainsi élevé à 78, réparti sur une durée de 3 mois d'études (figure 12).

Sur le même principe, plus de cent prélèvements ont été analysés du lait reconstitué demi écrémé avant et après pasteurisation (deux échantillons d'entrée et deux échantillons de sortie chaque jour).

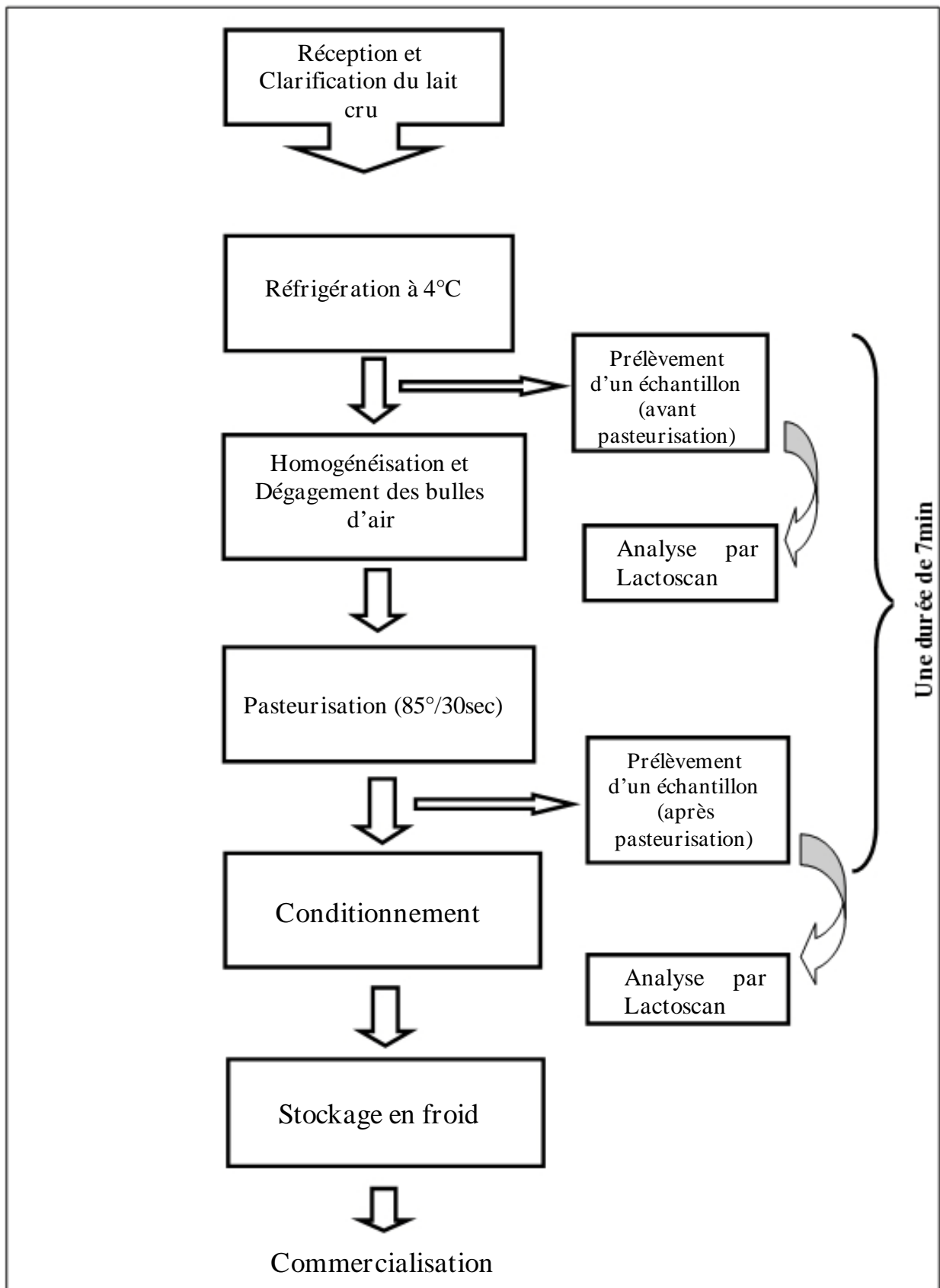


Figure.12. présentation schématique du protocole expérimental

4.5. Le procédé technologique

4.5.1. Le lait cru réceptionné

❖ La collecte

Le lait est collecté dans des camions à citernes isothermes réfrigérantes en provenance des différentes fermes.

❖ La réception

A l'arrivée au quai de la laiterie, le lait est sélectionné au frais, et subit un contrôle immédiat de l'acidité, la densité, la température et un test d'ébullition avant d'être accepté. Après l'accord il passe par des filtres afin d'éliminer les grosses impuretés physique vers une cuve réfrigérante à une température entre 4 et 6°C ce qui empêche la multiplication de plusieurs germes qui se trouvent dans le lait cru.

❖ Le traitement

Le lait est acheminé vers les tanks pour le stockage avant d'être pasteurisé à 85°C durant un temps de 30 secondes, puis stocké dans un tank après pasteurisation et conditionné dans des sachets.

Les sachets sont placés dans des casiers et stockés dans une chambre froide de 4 à 6°C jusqu'à le transport par des camions frigorifique pour la consommation.

4.5.2. Le lait reconstitué

Le lait reconstitué est un mélange d'eau, et deux types de poudre, l'eau doit être potable et exempte de germe pathogène, elle doit contenir au moins de fer, de cuivre et de manganèse possible, ceux-ci catalysent les réactions d'oxydation de la matière grasse du lait.

4.5.2.1. La matière première

La matière première est importée à partir des différents pays d'Amérique, ou d'Europe tels que Canada, Belgique et Brésil.

• l'arrivée de la poudre un contrôle rapide est fait tel que le test de l'amidon, le test de l'odeur.

4.5.2.2. Préparation du lait reconstitué

Cette préparation nécessite des précautions spéciales face aux risques de contamination par les germes pathogènes surtout en période chaude.

Pour la préparation du lait, on utilise 2 types de poudres : la poudre de lait à 26% de matière grasse (entier) et la poudre de lait à 0 % de matière grasse (écrémé) pour obtenir un taux de matière grasse compris entre 1,5 à 1,8%.

La poudre est versée dans un silo surmonté d'un vibreur pour faciliter sa descente dans le Tri-Blender®.

Un volume d'eau de 2000 L avec une température de 23°C pour faciliter la dissolution de la poudre.

Le mélange eau-poudre se fera au Tri-Blender, et le lait est stocké dans un tank isotherme avec une agitation par un agitateur mécanique pour créer une homogénéisation du lait, puis le lait se dirige vers la pasteurisation.

4.5.2.3. La pasteurisation

❖ principe

La pasteurisation du lait destiné à la production de fromage, lait de consommation et du lait destiné à la production de yaourt se diffère par la température de pasteurisation et par le temps de pause.

Le lait destiné à la production de fromage est pasteurisé à 75°C avec une pause de 25 secondes, le lait destiné à la production de yaourt est pasteurisé à 90°C avec une pause de 180 secondes, le lait de consommation est pasteurisé à une température de 85°C avec une pause de 30 secondes.

❖ Déroulement de l'opération

Le chauffage du lait se fait à la vapeur sous une pression de 3 bars par une pasteurisation à plaque, la température de la vapeur est maintenue à un ou deux degrés au dessus de celle du lait. Le principe de base de la pasteurisation est le suivant :

Une pompe à vide est branchée sur le côté vapeur de la section de chauffage de l'échangeur. Cette pompe crée un vide convenable dans la section de chauffage et sert également à éliminer les condensats.

La vapeur est contrôlée par une soupape qui entre dans la section de chauffage et se détend en fonction du vide qui y règne. Une pulvérisation d'eau empêche le surchauffe de la vapeur détendue.

Pour la pasteurisation du lait, on fait d'abord circuler de l'eau dans le pasteurisateur jusqu'à atteindre la température de 85°C, le lait passe dans le dispositif de chauffage, sa température est de 85°C, il traverse les plaques de chambrage pendant 30 secondes puis repasse dans l'échangeur-récupérateur.

Le lait venant de l'échangeur-récupérateur subit un refroidissement (35 °C) par échange avec le lait cru froid entrant

Le lait traité est ramené à une température de 15°C dans le réfrigérant à eau normale et à 4°C dans le réfrigérant à eau glacée.

Le pasteurisateur comporte un enregistreur de température qui indique les différentes températures des fluides :

- La température de pasteurisation ;
- La température de la vapeur ;
- La température du lait à la sortie de pasteurisation.

Ces thermomètres composent un mécanisme automatique une vanne destinée à dévier la circulation normal du lait lorsque le chauffage est insuffisant, le lait est envoyé alors dans l'appareil (bac de lancement) jusqu'à ce que sa température permette son admission à l'échangeur -récupérateur.

4.5.2.4. Conditionnement et stockage

Le lait pasteurisé est refroidi à 4°C puis passé dans un tank (après pasteurisation). Grâce à une conditionneuse électronique ce dernier est emballé dans des sachets stériles en plastique avec un volume de 1 litre.

Les sachets du lait sont placés dans des casiers puis stockés dans une chambre froide à 4°C pour être pris à la commercialisation (figure 13).

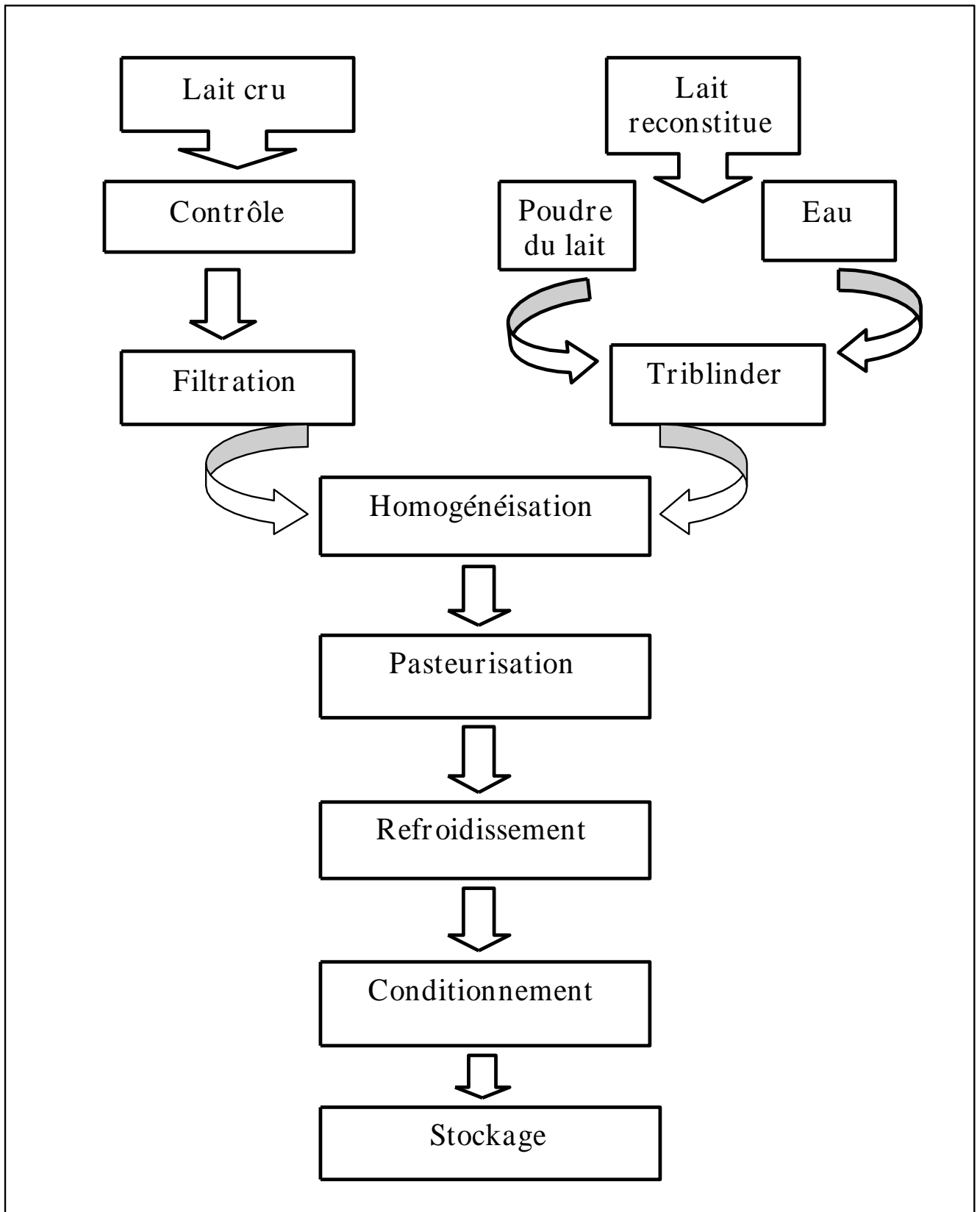


Figure.13.Diagramme de fabrication du lait cru et reconstitué

4.6. Analyse de qualité

Les analyses pratiquées étaient celles généralement utilisées pour évaluer la qualité physico-chimique du lait. Nous avons recouru à une analyse sur plusieurs angles (tableau 10).

Tableau.10. les diverses facettes recherchées

Aspects physiques	Point de congélation (cryoscopie) Masse volumique (densité)
Aspects chimiques	Composition en protéine, matières grasses, lactose et minéraux.

Pour l'analyse physico-chimique, les techniciens de la laiterie utilisent un analyseur LACTOSCAN[®] (photo 1). Ce dernier est un appareil automatique formé d'un microprocesseur à contrôle infrarouge pour une détermination directe et rapide.

Cet appareil permet la mesure à plusieurs avantages :

- Résultats affichés en moins de 60 sec pour plusieurs paramètres à savoir TP ; TB; EST ; ESD ; MM ; lactose ; cryoscopie, densité et la température.
- Il ne nécessite pas une préparation d'homogénéisation ou de chauffage des échantillons - Permet de faire un grand nombre de mesures.
- Nécessite de petites quantités de lait requises.
- Mesure de précision d'ajustement peut être effectué par l'utilisateur.



Photo.1. LACTOSCAN® vue de profile

La précision de l'appareil a été testée par des équations classiques de détermination de la qualité physicochimique du lait (formules mathématiques ou le calcul par différence comme celles de FLEISCMANN et RICHMOND) (Alais, 1984) à savoir :

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{TB}$$

$$\text{EST} = 6 \times \text{TB} / 5 + \text{D} / 4 + 0.26$$

$$\text{Lactose} = \text{MS} - (\text{TP} + \text{TB} + \text{MM})$$



Photo.2. Pasteurisateur



Photo.3. Flacons d'échantillons de lait analysé



Photo.4. Prélèvement d'échantillon d'entrée



Photo.5. Prélèvement d'échantillon de sorti



Photo.6. Cuve de réception du lait cru



Photo.7. Tank de stockage du lait



Photo.8. Conditionneuse



Photo.9. Homogénéisateur et dégazeur



Photo.10. Mesure de la densité
par lactodensimètre



Photo.11. Test d'acidité par
le bleu Méthylène



Photo.12. Test d'ébullition



Photo.13. Chambre froide de stockage

4.7. Traitement des données et analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel EXCEL STAT selon les étapes suivantes :

- Une analyse descriptive pour le calcul des moyennes, des écarts types, le coefficient de la variation, des maxima et minima des paramètres étudiés. Pour l'exposé des résultats, les unités et les abréviations utilisées sont celles répertoriées dans le tableau 11.

Tableau.11. Abréviations et unités des paramètres physico-chimiques.

Paramètres	Unités	Noms des variables
taux butyreux	g/1000g	TB
Taux protéique	g/1000g	TP
extrait sec total	g/1000g	EST
extrait sec dégraissé	g/1000g	ESD
Lactose	g/1000g	LAC
Matières minérales	g/1000g	MM
Densité	mg/cm ³	D
Cryoscopie	°C	CRY

- Pour comparer les moyennes des paramètres étudiés avant et après traitement, le test le plus approprié est l'ANOVA à un facteur. En revanche, le but de cette analyse est de savoir l'effet de la pasteurisation sur les paramètres physico-chimique du lait de vache, L'ANOVA est complétée par le test LSD.

- La fréquence des échantillons dont le point de congélation est en dehors des limites a été testé en utilisant un test de chi deux (χ^2).

Chapitre V.

Résultats et discussion

5.1. Faisabilité technique de la pasteurisation du lait et contrôle de la qualité

5.1.1. Effet de la pasteurisation sur la teneur d'eau dans le lait : point de congélation de lait traité thermiquement

Le point de congélation du lait est déterminé principalement pour prouver la falsification de lait avec de l'eau ou à déterminer la quantité d'eau ajoutée (Bhandari et Singh, 2003).

Le lait avec une cryoscopie $\leq -0,525$ ° C est considéré comme indemne d'eau ajoutée (Fox et Mcsweeney, 1998).

Le mouillage du lait peut être soit volontaire, ou il peut être provoqué par la technologie de la production de lait en premier niveau durant sa conservation et les opérations de lavages du matériel.

Le point de congélation n'a pas été encore introduit en Algérie comme un indice de la qualité de lait. Un certain nombre des études ont démontré que 29 % à 80 % de des échantillons de lait de consommation traité thermiquement ne parviennent pas à respecter la limite du point de congélation de $\leq -0,520$ ° C prévue par la législation de l'UE (Coni et *al.*, 1997).

Le point de congélation moyenne, écart écart-type, et les valeurs minimales et maximales ainsi le coefficient de variation du lait cru avant et après pasteurisation sont présentés dans le tableau 12.

La moyenne du point de congélation des laits crus analysés était de $-0,524$ ° C soit $0,004$ ° C en dessous de la norme avec un CV très faible, alors que la plupart des valeurs concordent avec les normes conseillées soit 90% de l'échantillon total. En effet, l'absence de mouillage volontaire ou accidentel. Le coefficient de variation de ce paramètre nous permet de déduire que l'échantillon analysé était stable et homogène de point de vue teneur en eau.

Cependant, la moyenne de la cryoscopie était de $-0,426$ °C pour le lait cru après pasteurisation elle varie de $-0,472$ °C à $-0,379$ °C soit $0,05$ °C en dessus de la norme.

L'analyse de la variance montre un effet du traitement thermique puisque une différence significative ($P < 0,01$) est marquée avec des moyennes élevées pour le lait après

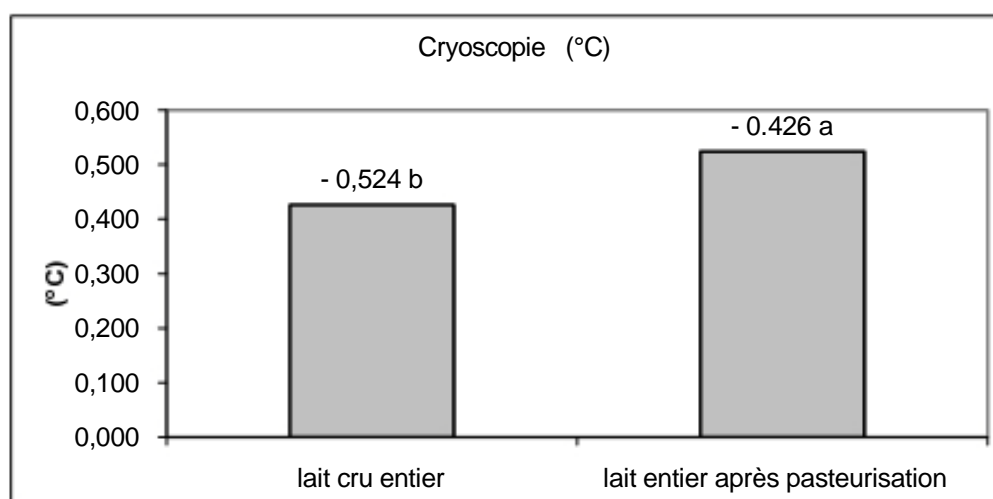
pasteurisation soit une augmentation de 0,098 °C (figure 14). Ce résultat nous permet de constater une élévation de la teneur de l'eau dans le lait après la pasteurisation.

L'augmentation de la teneur de l'eau attribuable au traitement thermique est liée aux résidus d'eau sous forme de condensât d'eau sur les surfaces de machine de traitement où chaque mètre carré de surface d'équipement que le lait vient en contact au cours de traitement contribue à 40 ml d'eau (Rohm et *al.*, 1991; Palo et *al.*, 1992).

Tableau.12. Évaluation statistique de la cryoscopie (point de congélation) du lait avant et après pasteurisation.

Cryoscopie (°C)	Lait cru	Lait après pasteurisation à 85°C/30 secondes
N	78	78
μ	- 0,524	- 0,426
σ	0,000	0,000
Min	- 0,578	- 0,472
Max	- 0,421	- 0,379
CV (%)	0	0

N : nombre d'échantillons analysés ; μ : Moyenne ; $\pm\sigma$: écart-type ; CV : coefficient de variation ; Max : maximum ; Min : minimum



Les différences sont significatives lorsque toutes les lettres (indiquées sur les figures) qui leurs correspondent sont différentes.

Figure.14. Taux moyen de la cryoscopie dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.

La fréquence de non conformité parmi les échantillons de lait pasteurisé était plus élevée par rapport aux échantillons non conformes de lait cru où la totalité des échantillons de lait pasteurisé se trouvent en dehors de la norme. En effet, le test de χ^2 montré que la différence était hautement significative, le fait que le nombre d'échantillons non conformes du lait pasteurisé était largement plus élevé que celle du lait non traité (Tableau 13).

Tableau.13. Nombre d'échantillons des laits crus testés avant et après traitement thermique par rapport à la valeur limite maximale.

	Lait analysé	Lait cru	Lait après pasteurisation à 85°C/30 secondes
N	156	78	78
Nombre d'échantillons non conformes (n ₁)	85	7*	78*
% d'échantillon non conforme (% n ₁)	55	10	100

* le nombre d'échantillons non conformes était plus élevée chez les laits pasteurisés, et la différence était statistiquement très significative (P <0,05, test χ^2)

Il n'est pas facile de déterminer la raison de l'élévation du point de congélation dans les traités thermiquement. Cette augmentation de la cryoscopie est discutée en s'inspirant de la littérature scientifique actuelle.

La valeur du point de congélation dépend principalement sur la qualité du lait cru. Si certains facteurs négatifs de mouillage sont entrés en jeu pendant la production.

Cependant, ce paramètre est susceptible d'être trouvé supérieur par rapport à la norme au cours du traitement thermique du lait (Navartiliva et al., 2006).

Les principales causes de dilutions de lait avec l'eau comprennent les défauts de la construction des machines à traite ou dans le nettoyage de différents appareils où l'eau de condensation peut trouver son chemin au lait (Zee et al., 1982; Buchberger, 1996).

Selon les données de la littérature sur les effets du traitement à la chaleur sur la variation du point de congélation de lait. Kessler (1984) a constaté que le point de congélation de lait après pasteurisation à 74 °C pendant 30 secondes était inchangé, mais la pasteurisation à

85°C pendant 28 secondes augmente le point de congélation de 0,002 °C, la pasteurisation prolongée à 95 °C pendant 30 secondes augmente le point de congélation de 0,001 °C.

L'effet du traitement UHT (UHT direct ou indirect). Le UHT directe provoque une augmentation du point de congélation de 0,009 °C, tandis que le chauffage indirect provoque une augmentation de 0,003 °C par rapport du lait cru. D'autres auteurs comme (Singhal *et al.*, 1997) ont signalé une plus grande augmentation de point de congélation du lait après la pasteurisation et le traitement UHT (de 0,006 à 0,009 °C et 0,023 °C, respectivement).

5.1.2. Effet de la pasteurisation sur la densité

La densité d'une substance, est définie par le rapport de la masse volumique avec celle de l'eau. Pour le lait, elle est la résultante de la densité de chacun de ses constituants, et elle est influencée par la température (Aboutayeb, 2011).

Contrairement à ce qui était attendu en rapport au résultat de la cryoscopie pour le lait cru, les valeurs de la densité apparaissent plutôt faibles : en moyenne $1028 \pm 1,04 \text{ mg/cm}^3$, avec une variation de 1024 à 1032 mg/cm^3 où la densité varie très peu avec un coefficient de variation qui ne dépasse pas 0,1% (tableau 14). Cela ne peut être relié qu'au TB élevé observé au niveau de ces échantillons soit 35,02 g/kg.

Selon Mathieu (1998) la masse volumique du lait est fonction de sa composition, elle varie selon la teneur en matière sèche dégraissée, certains laits riches en matières grasses ont une masse volumique égale ou inférieure à 1027 mg/cm^3 . La densité du lait varie selon la proportion d'éléments dissous ou en suspension, et elle est inversement proportionnelle au taux de matière grasse (Pirisi, 1994). Cela montre que la densité est un paramètre insuffisant pour contrôler le taux de mouillage du lait.

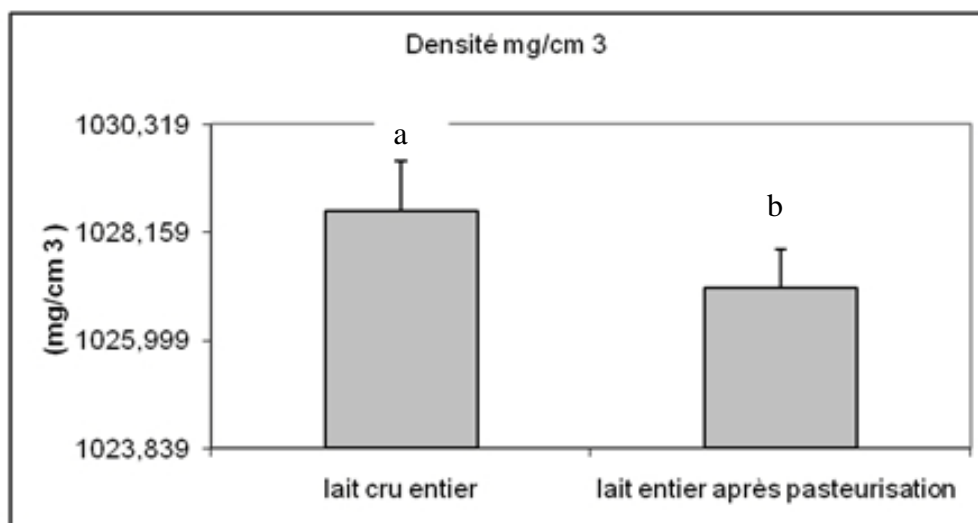
Tableau.14. Évaluation statistique de la densité du lait avant et après pasteurisation.

Densité mg/cm ³	Lait cru	Lait après pasteurisation à 85°C/30 secondes
N	78	78
μ	1028,57	1027,05
σ	1,01	0,76
Min	1024,05	1024
Max	1032,40	1031,01
CV (%)	0,09	0,07

N : nombre d'échantillons analysés ; μ : Moyenne ; $\pm\sigma$: écart-type ; CV : coefficient de variation ; Max : maximum ; Min : minimum

Par ailleurs, les échantillons de lait cru pasteurisé présente des valeurs légèrement inférieures que celle de lait cru. Une différence significative ($P < 0,05$) est observée entre les deux groupes d'échantillons avec des moyennes élevées pour le lait cru par rapport aux moyennes obtenues après la pasteurisation (figure 15). Ce résultat corrobore avec ce qui a été rapporté par certains auteurs comme (Asaad et *al.*, 2013) en Iraq.

La densité et la viscosité dépendent de la teneur en matière sèche. L'effet négatif de la pasteurisation sur la densité et la viscosité du lait est lié à la diminution de la teneur en protéine et en matière grasse, tandis que, le lactose a un très faible rôle dans l'explication de cette différence entre le lait cru et le lait pasteurisé (Al-Belaty SCS, 1988).



Les différences sont significatives lorsque toutes les lettres (indiquées sur les figures) qui leurs correspondent sont différentes.

Figure.15. Taux moyen de densité dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.

5.1.3. Effet de la pasteurisation sur le taux butyreux

La teneur en matière grasse des 78 échantillons de lait cru analysés avant la pasteurisation varie de 30,10 à 39 g/kg avec une moyenne générale de $35,02 \pm 1,91$ g/kg. Il est légèrement supérieur aux normes où l'éleveur est payé en fonction de la teneur en matière grasse. La moyenne du taux butyreux trouvée est supérieure par rapport à celle rapportée par (Belhadia et Yassa, 2004 ; Boukir, 2007) qui est de 32,3 et 38,6 respectivement (tableau 15).

La teneur moyenne de la matière grasse après la pasteurisation a été évaluée à $34,56 \pm 2,31$ et a varié de 24,10 à 39,50 kg (tableau 15). Elle est légèrement inférieure à la moyenne enregistrée avant la pasteurisation. Elle était aussi légèrement inférieure à celle trouvée par (Saha et Ara, 2012) pour le lait pasteurisé.

L'effet de la pasteurisation était non significatif sur la moyenne de la matière grasse ($p > 0,05$). Le taux butyreux est plus faible dans le lait après pasteurisation (figure 16) soit une chute moyenne légère de 0,46 g/kg. La même observation a été faite par plusieurs auteurs à savoir (Santos et Fonseca, 2000).

D'après les données de la littérature et selon les résultats trouvés par certains auteurs à savoir (Winarso et *al.*, 2011) la pasteurisation n'affecte pas la teneur de la matière grasse.

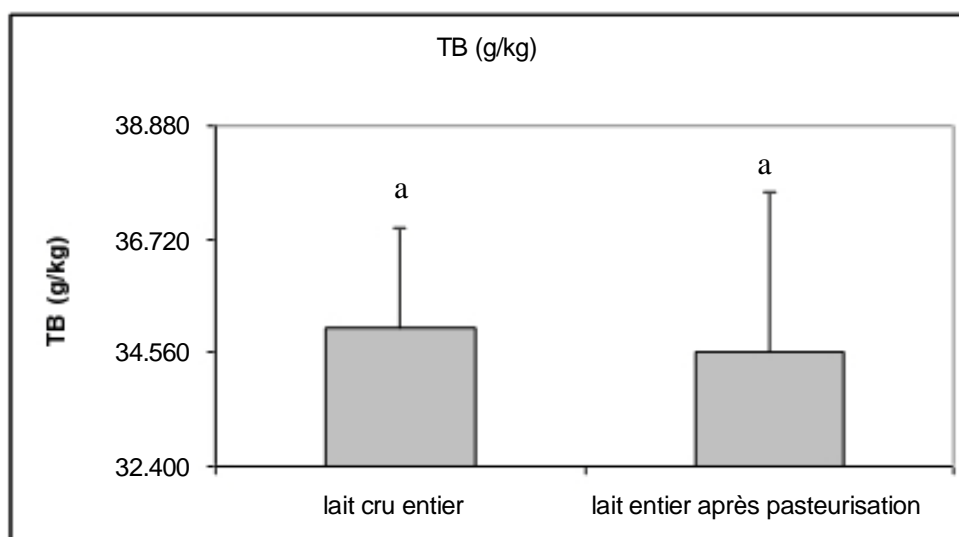
Toutefois, cette légère différence peut être attribuée à des différences dans homogénéité de chaque échantillon de lait avant l'examen. Ceci peut être aussi démontré par un coefficient de variation plus élevé pour l'ensemble des échantillons après pasteurisation soit 8,85 % (tableau 15).

Cependant, la composition de la matière grasse du lait ne changera que lorsqu'il est chauffé à la température d'ébullition ou à une haute température (Ketaren et *al.*, 1986).

Tableau.15.Évaluation statistique du taux butyreux de lait avant et après pasteurisation

TB (g/kg)	Lait cru	Lait après pasteurisation à 85°C/30 secondes
N	78	78
μ	35,02	34,56
σ	1,91	3,06
Min	30,10	24,10
Max	39,00	39,50
CV (%)	0,09	8,85

N : nombre d'échantillons analysés ; μ : Moyenne ; $\pm\sigma$: écart-type ; CV : coefficient de variation ; Max : maximum ; Min : minimum



Les différences sont significatives lorsque toutes les lettres (indiquées sur les figures) qui leurs correspondent sont différentes.

Figure.16. Taux moyen du taux butyreux dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.

Ainsi, 43 % des échantillons du lait pasteurisé présentent des valeurs semble légèrement supérieure par rapport au celle de lait cru avant le traitement (figure 17). Ce résultat s'explique aussi par l'évaporation de l'eau qui se produit pendant le processus de pasteurisation où les globules gras se trouvent en suspension. Cette observation était déjà rapportée par (Saha et Ara, 2012).

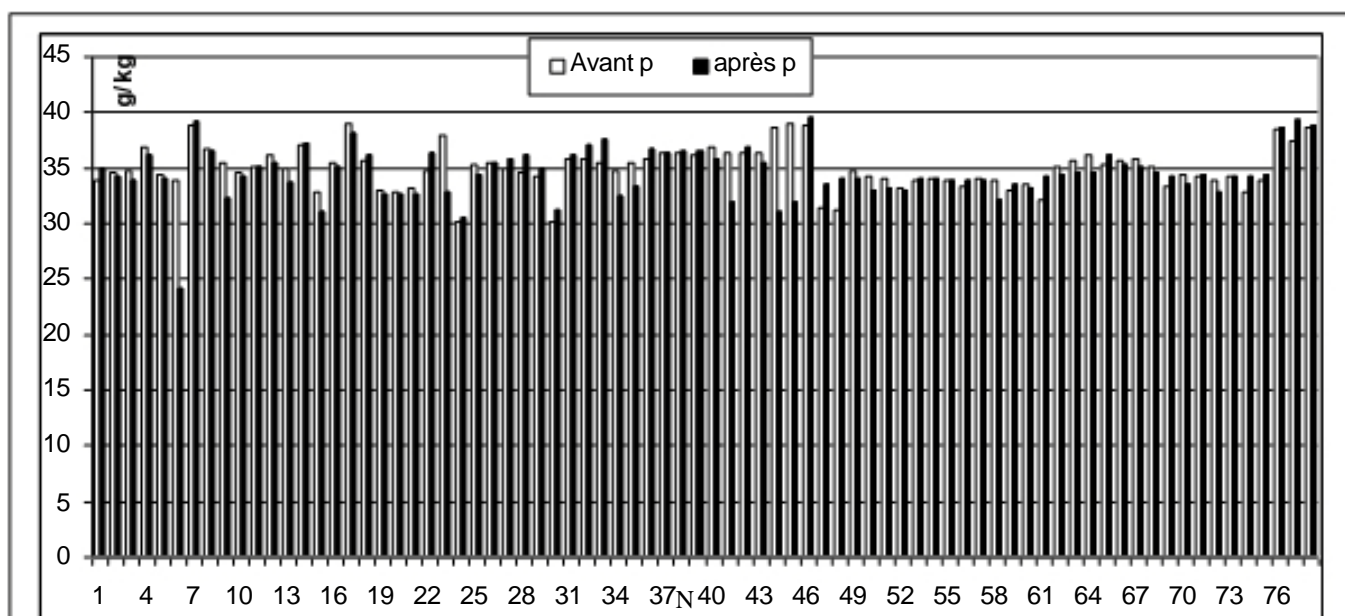


Figure.17. Taux butyreux avant et après pasteurisation pour l'ensemble des échantillons analysés.

5.1.4. Effet de la pasteurisation sur le taux protéique

Pour le lait cru, le TP est moins variable par rapport le TB avec une moyenne de $29,33 \pm 0,86$ g/kg très proche aux normes avec un CV de 2,93 %, il est comparable aux valeurs cités par Hamdi (2013).

Les échantillons de lait pasteurisé présentent des valeurs moyenne semble légèrement inférieure par rapport au celle de lait cru 28,67 vs 29,33 g/kg soit une diminution moyenne de 0,88 g/kg.

La comparaison du coefficient de variation des échantillons avant et après pasteurisation nous permet de déduire que l'échantillon du lait cru analysé était plus stable et homogène avant qu'après la pasteurisation (tableau 16).

En revanche, le processus de pasteurisation présente un effet significatif sur la variation de la teneur en protéine avant et après pasteurisation ($p > 0,05$) (figure 18).

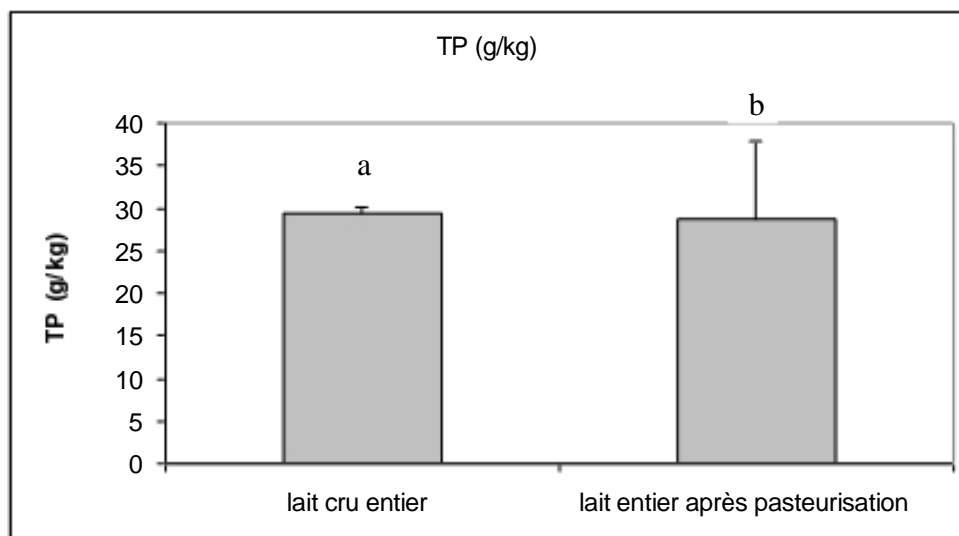
D'après la bibliographie, le lait possède deux protéines principales : la caséine (environ 80 %) et la protéine de lactosérum. En présence de la chaleur, la caséine est assez stable alors que le lactosérum est instable et commence à se dénaturer, en formant de minuscules particules qui se rassemblent ensuite et forment une précipitation.

Le degré de dénaturation dépend de la température et de la durée. Le procédé habituel de pasteurisation chauffe le lait à 70-75°C pendant 15 secondes et ne cause qu'une dénaturation minimale et vu que les particules minuscules de lactosérum ne sont présentes qu'en très petites quantités, aucune précipitation ne se produit (Goff et Hill, 1993). Ceci s'explique le résultat obtenu dans cette étude sachant que la durée et la température de la pasteurisation sont plus élevées où les protéines lactosériques bovines sont trop sensibles à la chaleur (Farah, 1993).

Tableau.16. Évaluation statistique du taux protéique de lait avant et après pasteurisation.

TP (g/kg)	Lait cru	Lait après pasteurisation à 85°C/30 secondes
N	78	78
μ	29,33	28,67
σ	0,86	2,65
Min	27,60	26,10
Max	31,80	30,40
CV (%)	2,91	9,3

N : nombre d'échantillons analysés ; μ : Moyenne ; $\pm\sigma$: écart-type ; CV : coefficient de variation ; Max : maximum ; Min : minimum



Les différences sont significatives lorsque toutes les lettres (indiquées sur les figures) qui leurs correspondent sont différentes.

Figure.18. Taux moyen du taux protéique dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.

5.1.5. Effet de la pasteurisation sur la teneur en lactose

Le lactose est l'élément responsable de la saveur sucrée du lait. En présence des bactéries lactiques, le lactose se transforme en acide lactique responsable de l'acidité développée et de la coagulation du lait. La teneur moyenne en lactose a été de 46,26 g/kg. Il varie de 36,00 à 50,10 g/kg. Cette teneur est située dans la fourchette des normes conseillées (40 à 50 g/kg) (tableau 17).

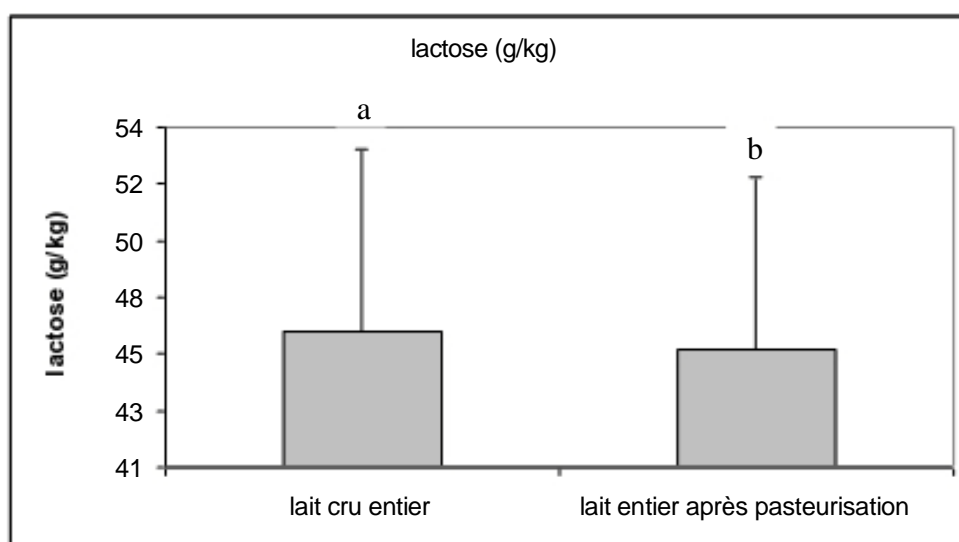
Les résultats montrent que la teneur en lactose diminue après la pasteurisation en passant par $46,26 \pm 3,21$ g/kg dans le lait cru à $45,55 \pm 2,97$ g/kg. Pour une température de 80°C/30 secondes soit une diminution de 1,53 %. De son côté, une différence significative au seuil de 5% a été observée entre les moyennes de ce paramètre avant et après pasteurisation (figure 19).

Cela peut être attribuée à la modification des qualités organoleptiques du produit par des réactions physico-chimiques (de type Maillard par exemple) (Montel et al., 2003) et par le mouillage qui a été déjà expliqué. En effet, les consommateurs de lait cru ne retrouvent pas dans ce produit le goût qu'ils recherchent.

Tableau.17. Évaluation statistique de la teneur en lactose de lait avant et après pasteurisation.

Lactose (g/kg)	Lait cru	Lait après pasteurisation à 85°C/30 secondes
N	78	78
μ	46,26	45,55
σ	3,21	2,97
Min	36,00	35,50
Max	50,10	48,50
CV (%)	6,93	6,52

N : nombre d'échantillons analysés ; μ : Moyenne ; $\pm\sigma$: écart-type ; CV : coefficient de variation ; Max : maximum ; Min : minimum



Les différences sont significatives lorsque toutes les lettres (indiquées sur les figures) qui leurs correspondent sont différentes.

Figure.19. Taux moyen du lactose dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.

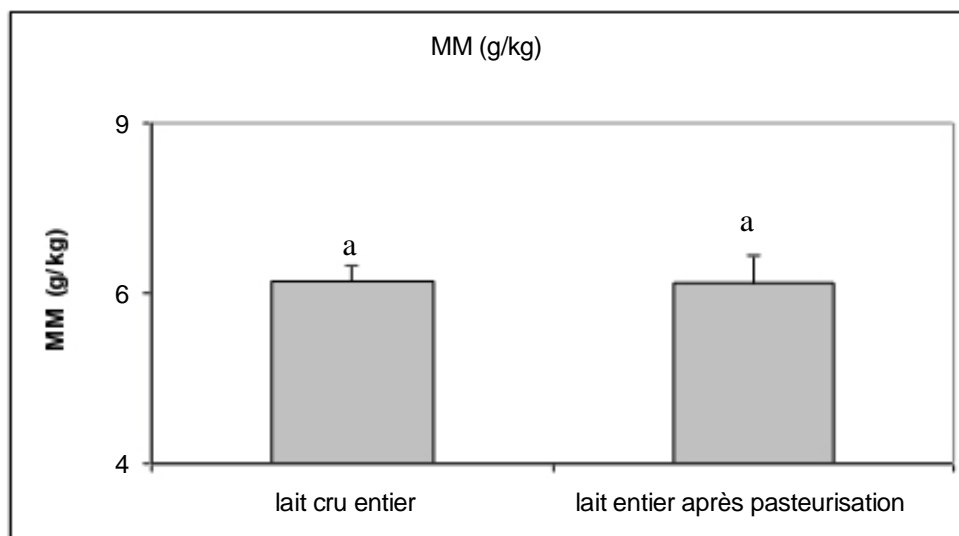
5.1.6. Effet de la pasteurisation sur la matière minérale

La matière minérale est un autre indicateur de la qualité du lait. Elle est constituée essentiellement des sels minéraux. La valeur moyenne du MM du lait cru analysé est de $6,62 \pm 0,22$ g/kg pour 78 échantillons, avec une variabilité de 6,20 à 7,30 g/kg. Une moyenne faible par rapport aux normes acceptées. Contrairement, aux autres paramètres analysés, les échantillons de lait pasteurisés présentent des valeurs semblables par rapport au lait cru soit une moyenne de 6,60 g/kg (tableau 18 et figure 20). De ce fait, La pasteurisation n'affecte pas la teneur minérale.

Tableau.18.Évaluation statistique de la teneur en matière minérale de lait avant et après pasteurisation.

MM (g/kg)	Lait cru	Lait après pasteurisation à 85°C/30 secondes
N	78	78
μ	6,62	6,60
σ	0,22	0,37
Min	6,20	6,10
Max	7,30	7,40
CV (%)	3,32	5,60

N : nombre d'échantillons analysés ; μ : Moyenne ; $\pm\sigma$: écart-type ; CV : coefficient de variation ; Max : maximum ; Min : minimum



Les différences sont significatives lorsque toutes les lettres (indiquées sur les figures) qui leurs correspondent sont différentes.

Figure.20. Taux moyen de la matière minérale dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.

5.1.7. Effet de la pasteurisation sur l'extrait sec dégraissé

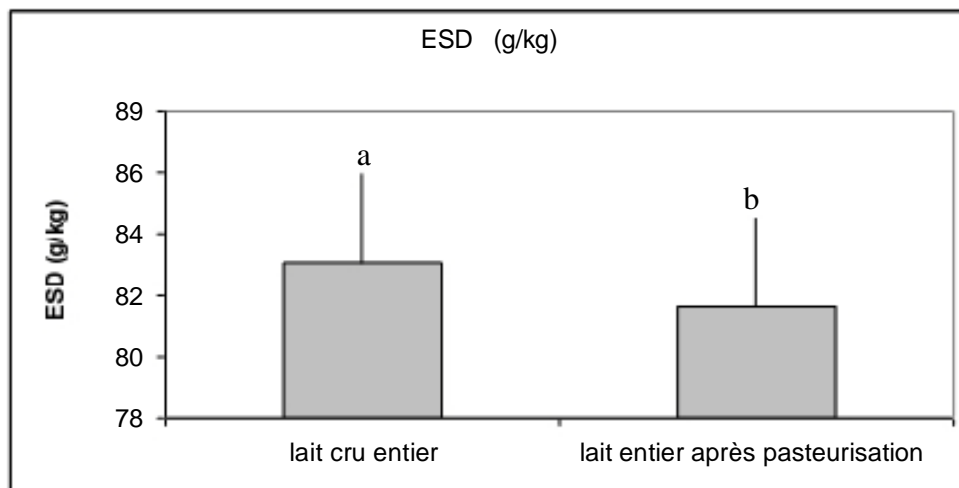
L'extrait sec dégraissé est représenté par la sommation des teneurs en matières protéique et minérale et celle du lactose. La moyenne de l'ensemble des échantillons des laits crus a été de $83,22 \pm 3,60$ g/kg avec une fourchette allant de 71,50 à 89,4 (tableau 19). Ces résultats ont été un peu faibles comparativement aux teneurs moyenne précisées par certains auteurs, indiquant des valeurs en ESD comprises entre 85 et 92,2 g (charfaoui, 2003 ; Alves et Olivera, 2006), comme ceux de 84,5 et 89 g signalés dans les régions de Boumerdes et de Tizi Ouzou (Kadi et *al.*, 2011). L'effet de la pasteurisation sur la teneur en ESD n'est autre que la résultante de l'évolution de ses composantes, en occurrence, les teneurs en protéine, en lactose et en minéraux, qui ont subi une diminution après le processus de pasteurisation.

Par conséquent, la teneur en ESD de lait pasteurisé semble légèrement inférieure par rapport au lait cru (tableau 19). De plus, une différence significative ($P < 0,05$) s'observe entre le lait avant et après pasteurisation avec des moyennes plus faibles pour le lait pasteurisé en comparaison avec le lait cru entier (figure 21).

Tableau.19. Évaluation statistique de la teneur en ESD de lait avant et après pasteurisation.

ESD (g/kg)	Lait cru	Lait après pasteurisation à 85°C/30 secondes
N	78	78
μ	83,22	81,72
σ	3,60	3,33
Min	71,50	70,70
Max	89,40	86,30
CV (%)	4,32	4,04

N : nombre d'échantillons analysés ; μ : Moyenne ; $\pm\sigma$: écart-type ; CV : coefficient de variation ; Max : maximum ; Min : minimum



Les différences sont significatives lorsque toutes les lettres (indiquées sur les figures) qui leurs correspondent sont différentes.

Figure.21. Taux moyen de l'extrait sec dégraissé dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.

5.1.8. Effet de la pasteurisation sur l'extrait sec total

Il est représenté par l'extrait sec dégraissé (ESD) ajouté à la matière grasse. Il constitue la matière sèche totale, qui avec l'eau forme le poids total d'un litre de lait.

Dans le lait cru, la teneur moyenne enregistrée en EST est de $121,24 \pm 4,51$ g/kg avec un champ de variation allant de 108,70 à 130,90 g/kg, soit un coefficient de variation de 5,78 % (tableau 20).

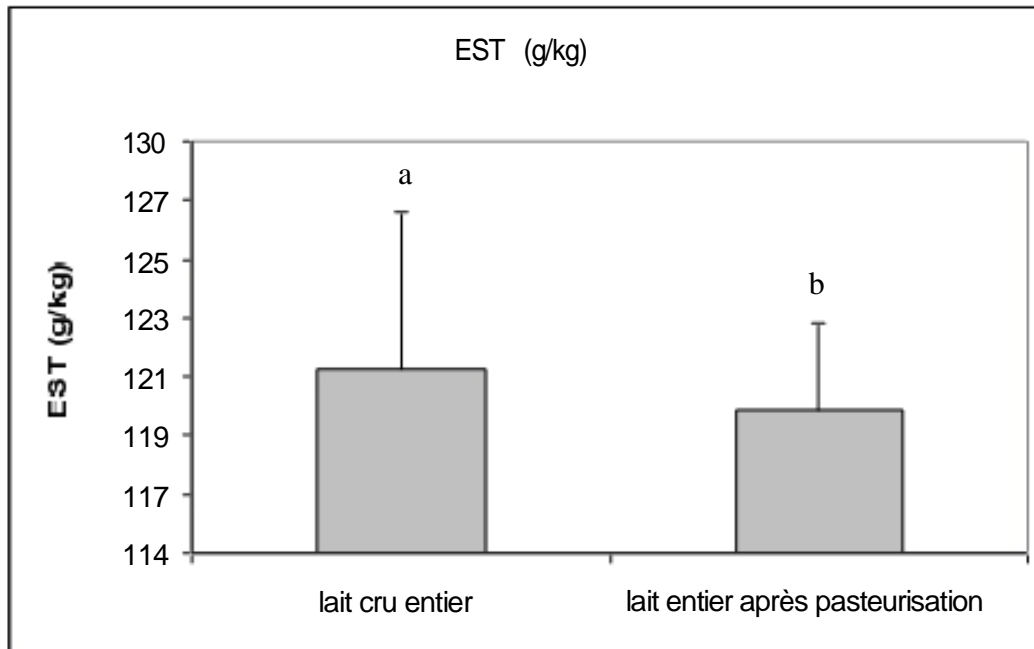
En effet, nos résultats pour la teneur en EST ont été un peu faibles par rapport à ceux indiqués par certains auteurs qui sont de l'ordre de 125 à 130,2 g (Alves de Olivera, 2006), bien que très proches à ceux signalés par (charfaoui, 2003), qui sont compris entre 122,3 et 130 g. Ceci ne peut être expliqué que par la faiblesse des teneurs en protéines, lactose, et en minéraux.

Les échantillons de lait pasteurisé semblent présenter des teneurs en EST, légèrement inférieures à celle du lait cru (tableau 20). Une différence significative au seuil de 5% est observée avant et après pasteurisation avec des moyennes faibles pour les échantillons (figure 22). Ceci s'explique par l'effet de la pasteurisation sur chaque composante de l'extrait sec total discuté auparavant.

Tableau.20.Évaluation statistique de la teneur en EST de lait avant et après pasteurisation.

EST (g/kg)	Lait cru	Lait après pasteurisation à 85°C/30 secondes
N	78	78
μ	121,24	119,72
σ	4,51	3,81
Min	108,70	108,70
Max	130,90	128,40
CV (%)	5,78	3,18

N : nombre d'échantillons analysés ; μ : Moyenne ; $\pm\sigma$: écart-type ; CV : coefficient de variation ; Max : maximum ; Min : minimum



Les différences sont significatives lorsque toutes les lettres (indiquées sur les figures) qui leurs
Correspondent sont différentes.

Figure.22. Taux moyen de l'extrait sec total dans le lait cru entier avant et après pasteurisation.

5.2. Effet global de la pasteurisation sur la variation de la qualité physico-chimique du lait cru

D'après les résultats obtenus, on constate que la technique de pasteurisation a présenté des limites qui sont liés à des pertes dans la valeur nutritive qui sont observées à la fin de la pasteurisation.

Ces pertes représentent 4 % en moyenne pour l'ensemble des paramètres étudiés et atteignent parfois 19 % (figure 23). Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées pour les échantillons de contrôle, alors que les valeurs minimales ont été observées pour le lait soumis à des traitements thermiques.

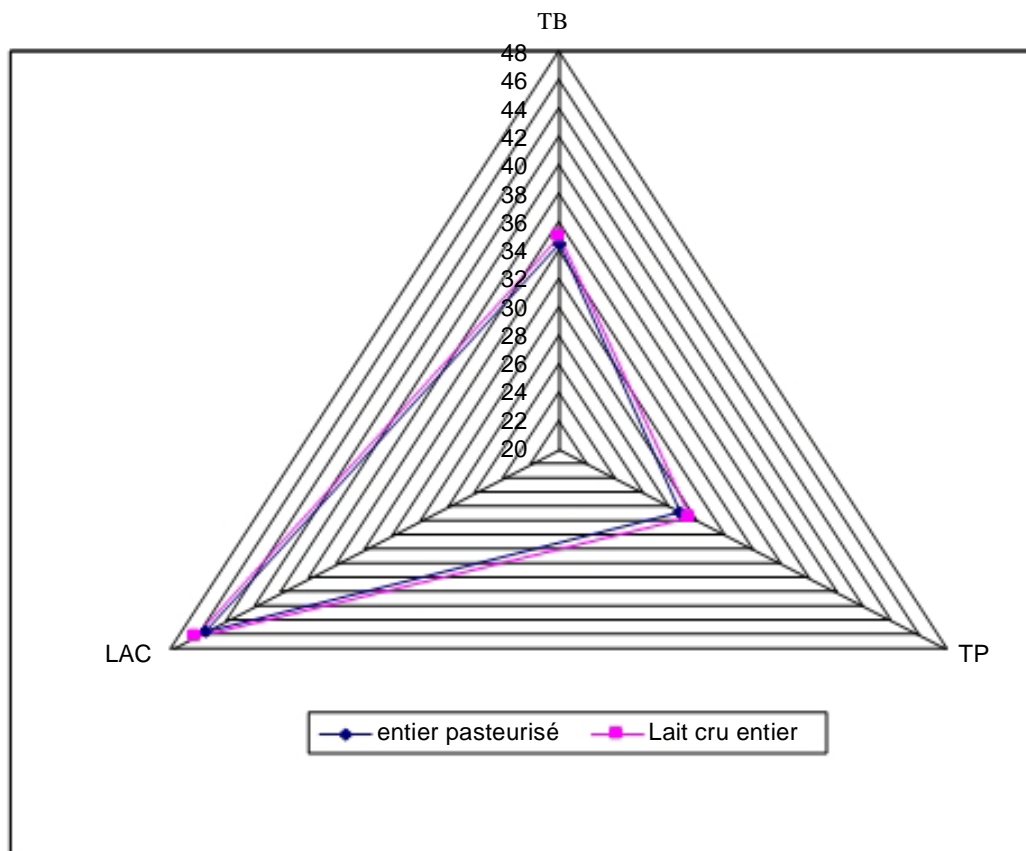


Figure.23. Effet de la pasteurisation sur la qualité chimique du lait cru

La pasteurisation détruit les bactéries pathogènes, mais elle améliore également les qualités de conservation du lait (Vignola, 2002). Il a été avancé par plusieurs auteurs quand l'usage de la pasteurisation devenait le plus utilisé comme moyen de prolonger la durée de conservation du lait (Saha et Ara, 2012). Cependant, ce procédé privait le lait de quantités nutritives importantes. Outre, il a été prouvé d'une manière décisive que la suggestion, faite au début, que la pasteurisation diminuait sérieusement la valeur nutritive du lait était mal fondée. Dans une longue série d'expériences soigneusement contrôlées il a été démontré, que les effets de la pasteurisation, convenablement conduite selon un meilleur compromis durée/température de chauffage ainsi une meilleure technicité du personnel, une meilleure conduite des appareils, une thermisation correcte avant la pasteurisation pour éviter le chauffage direct et agitation régulière pour faciliter la répartition de la chaleur ont un effet très légers.

Le seul effet, de la pasteurisation qui puisse être autrement que comme négligeable est la perte d'une proportion allant jusqu'à 20 % de la teneur en vitamine C du lait cru frais (Winarso et al., 2011).

5.3. Comparaison entre l'effet de la pasteurisation sur le lait reconstitué demi écrémé et le lait cru entier

Le lait pasteurisé est fabriqué à partir de lait cru ou de lait reconstitué écrémé, demi écrémé ou non. La production de la plupart des produits laitiers nécessite une maîtrise de l'opération de pasteurisation, nécessaire avant l'ensemencement pour éliminer les germes pathogènes et les microorganismes dont le développement n'est pas souhaité et qui pourraient modifier le goût des produits.

L'analyse du tableau 21 et 22 fait ressortir les observations suivantes :

Tableau.21. Variation des paramètres physico-chimiques sous l'effet de la pasteurisation pour le lait cru entier et le lait reconstitué demi écrémé

Paramètres		Taux de variation en % des taux moyens après pasteurisation	
		lait cru entier	lait reconstitué demi écrémé
Physique	$^{\circ}\text{C}$	+ 18,70	+ 3,24
	D	- 0,14	- 0,06
Chimique	TB	- 1,31	0,00
	TP	- 2,25	- 2,89
	LAC	- 1,6	- 2,08
	MM	- 0,3	- 0,3
	ESD	- 1,8	- 3,48
	EST	- 1,25	- 2,51

+ : augmentation ; - : diminution.

Tableau.22. Variation des paramètres physico-chimiques sous l'effet de la pasteurisation pour le lait reconstitué demi écrémé.

Critères d'analyses	Avant p.	après p.	P
Cryoscopie (°C)	- 0,432 ± 0,00 ^a	- 0,418 ± 0,00 ^b	**
EST (g/kg)	85,98 ± 3,05 ^a	83,52 ± 3,04 ^b	*
ESD (g/kg)	70,89 ± 3,01 ^a	68,42 ± 3,02 ^b	**
Densité mg/cm ³	1028,16 ± 1,13 ^a	1027,46 ± 0,80 ^b	*
TB (g/kg)	15,09 ± 0,00 ^a	15,10 ± 0,00 ^a	NS
TP (g/kg)	26,23 ± 1,31 ^a	25,47 ± 1,03 ^b	***
Lactose (g/kg)	47,48 ± 2,00 ^a	46,49 ± 1,43 ^b	*
MM (g/kg)	6,50 ± 0,29 ^a	6,48 ± 0,20 ^a	NS

p : pasteurisation, * : P < 0,05 ** : P < 0,01 ; *** : P < 0,001. Pour chaque paramètre, les valeurs portant les mêmes lettres sont statistiquement égales. NS : non significative.

Le mouillage est moins marqué après le processus de pasteurisation du lait reconstitué par rapport au lait cru. Cependant, nous constatons toujours un mouillage après cette opération mais moins importants (de l'ordre de 3,4%). Donc quelque soit l'origine du lait, la pasteurisation était toujours s'accompagner d'un mouillage.

Pour les autres paramètres étudiés, les analyses physico-chimiques des échantillons du lait reconstitué pasteurisé ont montre une chute très marquée dans l'extrait sec dégraissé du lait qui diminue après la pasteurisation. Par contre, la teneur en matière minérale reste globalement constante après la pasteurisation. Celle de protéines et celle de lactose diminue aussi. L'absence d'effet sur la matière grasse après la pasteurisation cela peut être expliqué par la qualité du lait qui a été amenée à 15 g/kg de matière grasse.

Le lait cru entier est le plus mouillé alors que le lait reconstitué demi écrémé est le plus altéré après la pasteurisation. Donc le type du lait le plus affecté par cette technique de conservation est le lait reconstitué. Ceci peut être expliqué par plusieurs raisons surtout celles relatives à la technique de mélange de la poudre et l'eau (homogénéité du mélange le temps requis pour dissoudre la poudre).

5.4. Recommandations et perspectives

5.4.1. Recommandations

Au terme de cette étude, et compte tenu d'une part des résultats obtenus et d'autre part de l'environnement socio-économique, il nous est apparu judicieux de recommander un certain nombre de mesure.

Les mesures s'appliqueront aux différentes étapes de la filière lait et viseront essentiellement à conférer une bonne qualité aux produits de l'unité de pasteurisation.

5.4.1.1. Au niveau de la production

- Veiller sur une alimentation bien équilibrée en azote et en énergie afin d'obtenir un lait de bonne qualité nutritive.

- Après la collecte, le transport du lait doit s'effectuer rapidement sur l'unité de pasteurisation pour prévenir le lait d'endommagé.

5.4.1.2. Au niveau de l'état

La filière lait contient des vides juridiques à cause de la production insuffisante pour couvrir les besoins de consommateurs en lait et ces dérivés. Les pouvoirs publics ont adopté par ses politiques dans l'essentiel intérêt à augmenter la production.

Afin d'améliorer la qualité du lait cru et transformé les administrateurs doivent :

- Prendre le point de congélation comme un paramètre de qualité car il est considéré comme un paramètre discriminant dans la détection de la fraude de lait.

- Augmenter le nombre des opérations d'inspection. On entretient le contrôle de procédé de transformation surtout pour éliminer les résidus de l'eau accumulés dans les appareils après le nettoyage. Ainsi, de chercher le meilleur compromis temps/température afin d'obtenir un lait sain tout en gardant une qualité physique, chimique et organoleptique acceptable.

- Donner une importance à la qualité physico-chimique du lait pasteurisé comme celle attribuée à la qualité microbiologique. De ce fait, chaque unité de transformation doit veiller sur l'analyse physico-chimique après le traitement afin de détecter les failles du procédé.

5.4.1.3. Au niveau de l'unité de pasteurisation

Les mesures porteront essentiellement sur, le procédé de traitement, le matériel, ainsi que sur le personnel.

❖ Procédé

- Les barèmes de chauffage doivent être revus à la basse température (pasteurisation basse), le respect d'une pasteurisation basse (63°C/20min ou 73°C/16secondes) suffirait, a pour avantage de ne pas détruire les protéines du lait qui contient des acides aminés essentiels comme lysine.

- Cependant, dans le but d'obtenir une conservation prolongée des laits pasteurisés, on applique généralement un traitement plus sévère en température et/ou en temps de retenue, en évitant toutefois d'excéder des zones limites au-delà desquelles le lait aurait le goût de cuit ou subirait une diminution excessive de sa valeur nutritive.

- Application de procédé de thermisation : préchauffer le lait à 63-65°C pendant environ 15 secondes, une température et de durée qui n'inactive pas l'enzyme phosphatase. Le lait doit être refroidi rapidement à 4°C ou moins et ne doit pas être mélangé à du lait non traité. Cette technique est appliquée pour faciliter la répartition de la chaleur au cours de la pasteurisation.

❖ Le matériel

- Le matériel doit être conçu de façon à faciliter le nettoyage et la désinfection après chaque journée de travail pour éviter les résidus des constitués du lait.

- Pour améliorer la saveur du lait, on peut intégrer au pasteurisateur une chambre à vide qui permettrait d'extraire certains composés volatils. Cependant, l'équipement pour ce traitement exige plus de surveillance et augmente les pertes lors des changements de produits.

❖ Le personnel

Par ses manipulations, il constitue le maillon le plus important de la chaîne de production, parce qu'il est toujours en surveillance.

- une meilleure technicité du personnel et une meilleure conduite des appareils obtenir une meilleure qualité du lait.

5.4.2. Perspectives

De nombreux chercheurs développent des traitements thermiques, cependant, ces méthodes présentent de nombreux inconvénients en termes de la durée du stockage par le rancissement, saveur et la croissance de microbes. Par ailleurs, des études ont montré l'efficacité d'autres méthodes de transformation non thermiques. Parmi ces méthodes :

❖ La transformation à haute pression

Utilisée dans la fabrication des produits laitiers et des jus . Cette méthode permet de maintenir la bioactivité des probiotiques, des molécules du lait, du colostrum et du lactosérum.

❖ Le champ électrique pulsé

Par rapport à la pasteurisation thermique, cette traitement a montré une capacité de réduire la teneur microbienne de lait, tout en évitant l'exposition prolongée à la chaleur à des températures telles que celles utilisées au cours de la pasteurisation thermique. Elle permet de diminuer la température de pasteurisation tout en améliorant la durée de vie des liquides pasteurisés. L'activité et l'efficacité des molécules bioactives du lait (lactoferrine, lactoperoxidase, immunoglobuline) sont ainsi préservées et la stabilité au chauffage de certaines protéines s'en trouve améliorée.

❖ Homogénéisation à haute pression

Une nouvelle technique pour améliorer la sécurité sanitaire et les qualités fonctionnelles du lait et des produits laitiers. La capacité du procédé d'homogénéisation à haute pression (HHP) à d'inactiver les pathogènes (*Listeria monocytogenes* et *Salmonella enteritidis*) dans le lait cru et de promouvoir la prolifération et la viabilité de bactéries probiotiques (FIL,2008).

Conclusion

Conclusion

La pasteurisation rationnelle du lait, soit pour les usages alimentaires soit pour la transformation technologique, est celle qui arrive à garantir en même temps une salubrité parfaite et une conservation satisfaisante du lait, tout en sauvegardant le plus possible ses propriétés organoleptiques, et nutritive.

Le contrôle du lait pasteurisé doit se fonder non seulement sur sa qualité bactériologique mais aussi sur sa qualité physico-chimique qui s'avère largement négligée dans la pratique.

A travers cette étude, nous avons tenté d'apporter une modeste contribution en étudiant l'effet de la pasteurisation sur la qualité du lait bovin et en recherchant le résultat de cette technique de conservation. Pour ce fait nous avons procédé à l'analyse physico-chimique avant et après la pasteurisation.

L'analyse physico-chimique a montré que les laits crus, collectés dans cette région d'étude, présentent globalement une composition comparable à celle rapportée par d'autres auteurs. En revanche, Il est important de signaler que malgré la mauvaise conduite de l'alimentation des vaches, ces dernières produisent de laits crus qui présentent une qualité physico-chimique relativement bonne et sont acceptables du point de vue nutritionnel.

La conclusion principale de cette étude est la diminution de la valeur nutritive du lait quelque soit leur origine cru entier ou reconstitué demi écrémé. En revanche, les paramètres de la qualité du lait après pasteurisation sont très variables et dans l'ensemble sont peu satisfaisants et surtout pour la cryoscopie. En effet, ce traitement thermique augmente la teneur d'eau dans le lait ce qui affecte sa valeur nutritive et gustative. La fréquence de non conformité parmi les échantillons de lait pasteurisé était plus élevée par rapport aux échantillons non conformes de lait cru où la totalité des échantillons de lait pasteurisé se trouvent en dehors de la norme. En effet, le test de χ^2 a montré que la différence était hautement significative, le fait que le nombre d'échantillons non conformes du lait pasteurisé était largement plus élevé que celle du lait non traité

Seul le taux butyreux affiche des valeurs moyennes acceptables après la pasteurisation témoignant un effet minime du traitement thermique sur ce paramètre.

La comparaison de l'effet de pasteurisation sur les deux types de lait entier et demi-écrémé, a permis de déduire que le lait reconstitué demi-écrémé est plus affecté par le processus de pasteurisation.

Tous ces résultats montrent que dans cette région d'étude, la pratique de la pasteurisation adoptée est loin de correspondre aux exigences de l'industrie laitière, témoignant des failles dont les plus flagrantes sont celles liées au mouillage.

La perte de la valeur nutritive qui a été enregistrée après le traitement thermique ne peut que renforcer la conviction de l'urgence d'un appui technique dans ce domaine de conservation.

En perspective, Les résultats auxquels nous avons abouti devraient permettre de flécher un chemin vers un début d'intervention technique au niveau des unités de conservation et de transformation.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

ABOUTAYEB R, 2011. Composition physico-chimie et microbiologie du lait. En ligne : <http://www.azaquar.com>. Consulter le 24/02/2014.

ALAIS C, 1984. Science du lait. Principe des techniques laitière. 3^{ème} édition. (edit.). publicité, France. 807 P.

AI-BELATY SCS, 1988. Quality control and food standard specifications. Press and publishing Dar Alhekma. Ministry of higher education and scientific research. Musol univ. Iraq.

ALVES, OLIVEIRA L, 2006. Composition chimique du lait. (En ligne) cours de l'école nationale vétérinaire de Lyon. Alimentation des animaux. Consulter en ligne le 25/04/2014.

ASAAD R, SAEED A.H, HAIDER I.A, 2013. Milk Flash Pasteurization by the Microwave and Study its Chemical, Microbiological and Thermo Physical Characteristics J Food Process Technol . P 4-7

BELHADI N, YASSA N, 2004. Etude de quelques facteurs de variation de la production et des qualités physicochimiques du lait de vache. Mémoire d'ingénieur Agronome. Université Mouloud MAMMERI Tizi-ouzou. 123 P.

BENCHARIF A, 2001. Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie. État des lieux et problématiques «option Méditerranéenne». Série B, N° 32. P 25-45.

BERNET, 1996. Application d'une variante turbidimétrie du test limules à l'évolution de la flore du lait cru. INRA. Paris. P 565-574.

BHANDARI V, SINGH H, 2003. Physical Methods. In: ROGINSKI H. (ed.). Encyclopaedia of Dairy Sciences. Vol. I. Academic Press. London. P 93–101.

BOUKAIS M, 2010. Communication relative à l'approvisionnement du marché national en produits alimentaires de large consommation. Rapport de Ministère du commerce. Consulter en ligne le 02/04/2014.

BOUKIR M, 2007. Relation entre les modalités de production bovines et les caractéristiques du lait. Cas des exploitations laitières de la wilaya de Tizi-ouzou. Mémoire de Magister. ENSA. El Harrach. Alger. 116 P.

BUCHBERGER J, 1996.Some notes on the freezing point of milk. Research on a Cattle Farm. P 23-25.

CHAERFAOUI A, 2003. Essai de diagnostic stratégique d'une entreprise publique en phase de transition. Cas de la LFB. Algérie. Thèse of Master of science du CIHEAM-n° 62. 111 P.

CNIS (CENTRE NATIONAL de l'Informatique et des Statistiques des douanes) ,2013. Bilan du commerce extérieur : Principaux produits importés par l'Algérie (2005- 2012).

CONI E, DI PASQUALE M, FAVA L, BOCCA A, 1997.A pilot survey on the freezing point of raw and heattreated Italian milk. Italian. Journal of Food Science. P 239–248.

DARINMOUB, Laboratoire de contrôle la qualité et de conformité, 2009. Conseils pour le consommateur. Atakor pub.En line :<http://www.darinmoub.com/>

DJERMOUN A, CHEHAT F, 2012. Le développement de la filière lait en Algérie :de l'autosuffisance a la dépendance.(INRAA). Livestock Research for Rural Développement. N° 24.

DOUANES ALGERIENNES, 2012. Statistiques du commerce extérieur de l'Algérie (2000-2012). Minister des finances.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations),2010. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine : Lait de consommation. Bibliothèque David Lubin FAO, Rome (Italie). N° 28.

FARAH Z, 1993. Composition and Characteristics of Camel Milk. Review. J. Dairy Res. P 60-603-626.

FIL (Fédération Internationale de Laiterie), 2008.Méthodes de transformation autres que thermiques :Impact sur la qualité du produit. Semaine en science et technologie laitières – Québec. Université LAVAL. Session 4.

FOX P.F, MCSWEENEY P.L.H, 1998. Dairy Chemistry and Biochemistry. Blackie Academic & Professional. London. P 443-447.

FREDOT E, 2005. Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Tec et Doc. Lavoisier. 397 P (10-14).

GOFF H.D, HILL A. R, 1993. Chemistry and Physics. In : Hui, Y. H. (eds).Dairy Science and

Technology. Third Edition. Handbook : Principles Properties. VCH Publisher Inc. P 231-237.

GOSTA, 1995. Les composants de traitement du lait. In : Manuel de transformation du lait. Sweden. edition Tétrapak processing system A. B. P 73-90.

GRIFFITS M.V, 1986. Use of milk enzymes as indices of heat treatment. Journal of Food Protection. P 696-705.

GRIFFON M, 1989. Economie des filières en régions chaudes. formation des prix d'échanges agricoles. Actes du Xème séminaire d'économie et de sociologie. Montpellier. France. P 11-15.

GUIRAUD J.P, 2003. Méthode d'analyse en microbiologie alimentaire. In: Microbiologie Alimentaire. Edition DUNOD . Paris. P 651 (213-257)

HAMDI H, 2013. Effet de la saison sur la qualité physico-chimique du lait cru des vaches. Mémoire de Master. Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'Univers. Université 08 mai 1945-Guelma. 60 P.

HARDIN, 1982. Prévention de la pollution de lait par les substances étrangères. ed . INRA. Paris. 77 P.

HILLERTON J.E, HALLEY B.I, NEAVES P, Martin D.R, 1998. Detection of Antimicrobial Substances in Individual Cow and Quarter Milk Samples Using Delvotest Microbial Inhibitor Tests. Institute for Animal Health. Compton. Newbury. P 704-711.

IMELE H, KAMAGE A, MENDI S, 2002. Effect of pasteurization temperature on the total milk flora. Animal Health and Production in Africa. P 177-181.

ITELV (INSTITUT TECHNIQUE D'ELEVAGES), 2013. Dynamiques de développement de la filière lait en Algérie : repères chronologiques des politiques laitières en Algérie. Bulletin infos élevage (avril 2013). N°6.

JACQUINOT M, 1986. Les mini laiteries: petites unités industrielles de transformation du lait. Paris. GRET. 133 P.

JEAN A, 1975. Les traitements thermiques appliqués aux produits laitiers et leurs conséquences dans le domaine azoté. Le lait. N° 541-542. janvier-février. CNRS. Suisse. 40 P (25-26P).

JEANTET R, CROGUENNEC T, MAHAUT M, SCHUCK P, BRULE G, 2008. Les produits

laitiers. 2ème édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 200 P (11-15 P).

JEANTET R, CROGUENNEC T, SCHUCK P, BRULE G, 2006. Science des aliments. Tome 1. Stabilisation biologique et physico-chimique. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 381P.

J.O.R.A N°69, 1993. Le journal officiel de la république algérienne .Arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation. P 16 (N° J.O.R.A : 069 du 27-10-1993).

J.O.R.A N°35, 1998. Le journal officiel de la république algérienne. Arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologique de certaines denrées alimentaires . P 7.

KACI M, SASSI Y, 2007. Industrie laitière et des corps gras. Rapport publié par l'agence nationale de développement de la PME. Algérie.44 P (9-15p).

KACIMI EL HASSANI S, 2013.La dépendance alimentaire en Algérie : importation de lait en poudre versus production locale. quelle évolution ?.Mediterranean journal of social science.MCSER publishing. Rome-Italy. vol.4. N°11. 158 P (152 – 155).

KADI S.A, SID S, DELLAL F, 2011.Qualité physico-chimique de lait de vache au niveau des régions de Boumerdes et Tizi Ouzou. Le premier séminaire national : le lait et ses dérivés. Université de 8 mai 1945 de Guelma, 4 et 5 octobre 2011.

KALI S, BENIDIR M, AIT KACI K, BELKHEIR B, BENYOUCEF, M.T, 2011.Situation de la filière lait en Algérie: Approche analytique d'amont en aval. Livestock Research for Rural Development. N°8. Vol 23.21 P (6-18 p).

KEBCHAOUI J, 2012. Le lait compositions et propriétés. ENIL. France. 37 P.

KESSLER H.G, 1984.Effects of the technological processes on the freezing point of milk. Milchwissenschaft. P 339-341.

KETAREN S, 1986. Minyak dan Lemak Pangan. Hal. Penerbit Universitas Indonesia. P 104-107.

LARPENT J. P, 1997. Microbiologie alimentaire. Techniques de laboratoire . Paris. Tec et Doc. 1073 P. (3-37).

LEDRERE J, 1985. Encyclopédie modern de l'hygiène alimentaire VI édition. nouolait .

- MADR (Ministère de l'Agriculture et du développement rural), 2008.** Revue du secteur agricole en Algérie. Analyse de l'évolution des politiques du secteur. Notes de conjoncture. Alger .
- MAHJOUB R, BOUDABOUS A, 1993.** Méthodes de conservation et rôle des micro-organismes dans les produits laitiers. Microb. Hyg. Alim. P 3-12.
- MAJDI, A.(2008).**rapport de stage d'été dans la société lait et dérivés SLD. Institut national agronomique de Tunisie. mémoire en line : (Consulté le 12/05/2014).
- MATHIEU A. M, et Coll. 1986.** Lait et produits laitiers. Notes de cours. Université Lubumbashi. Fac. Médecine vétérinaire.
- MATHIEU J.** 1998.Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Paris : Edition Lavoisier Tec et Doc. 220 P.
- MC (Ministère du Commerce) ,2008 .**Rapport statistiques du commerce extérieur des produits agricoles 2007. Algérie.
- MONTEL M.C, BEUVIER E, HAUWUY A, 2003.** Pratiques d'élevage. Microflore du lait et qualités des produits laitiers. Prod. Anim. P 279-282.
- NAVRATILOVA P, JANSTOVA B, GLOSSOVA P, VORLOVA L 2006.** Freezing point of heat-treated milk in the Czech Republic. Czech J Food Sci . P 156-163.
- O'MAHONY F, 1988.** Rural dairy technology. Experiences in Ethiopia. International Livestock Centre for Africa. Addis Ababa. Ethiopia. ILCA Manual No 4. Dairy Technology Unit, P 3-8 .
- PAEO V, FÁBRY I, HOSTIN S, 1992.** Kryoskopické štúdium akosti mlieka. II. Bilancia teploty tuhnutia mlieka pri mliekárenskom spracovaní. Poľnohospodárstvo. P 38(11-12).
- PIRISI, 1994.** Composition et coagulation du lait de brebis. Lait. 425 P (74-44).
- REUMONT P, 2009.** Licencié Kinésithérapie. Disponible en line :<http://www.medisport.be>. Consulterle 15/04/2014.
- RHEOTEST M, 2010.** Rhéomètre RHEOTEST®RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST ® LK – Produits alimentaires et aromatisants.

RIBARDAU B.D, 1993. Les protéines du lait matière première de l'industrie laitière .CIPIL. Paris.

ROHM H, PLESCHBERGER C, FOISSY H, 1991. Der Gefrierpunkt österreichischer Rohmilch.1. Einflussfaktoren auf den originären Gefrierpunkt. Ernährung. P 333-337.

ROZIER J, 1982. La qualité hygiénique des aliments. RTVA. 214 P (33-35).

SAHA S, ARA A, 2012.Chemical and Microbiological Evaluation of Pasteurized Milk Available in Sylhet City of Bangladesh. Scientific Journal of Krishi Foundation. Dept. of Dairy and Poultry Science. Sylhet Agricultural University. Bangladesh. 108p (105-107).

SAHLI A,2013. La sécurité alimentaire : quels programmes pour réduire la dépendance en céréales et lait ?.Colloque : avril 2013 du Forum des chefs d'entreprisesà Algérie Consulter en line le 25/05/2014.

SEIGNE A.C, 1997. Contribution a l'étude de la pasteurisation du lait : faisabilité technique et contrôle de la qualité dans la région de Kolda. Thèse de doctorat. Université Cheikh Anta Diop-DAKAR Ecole Inter. Etats Des Sciences et Medecine Vétérinaire E.I.S.M.V. 143 P (23-41).

SINGHAL R.S, KULKARNI P.R, REGE D.V, 1997. Handbook of Indices of Food Quality and Authenticity. Woodhead Publ. Ltd. Cambridge. P 168–174.

SNTOS M. V, Fonseca L. F. L, 2000.Qualidade do Leite e Controle de Mastite. Sao Paulo. Lemos Editorial. 175 P.

SOUKEHAL A, 2013. La sécurité alimentaire: quels programmes pour réduire la dépendance en céréales et lait ?.Colloque 08 avril 2013 du Forum des chefs d'entreprises à Alger. 20 P. Consulter en line le 18/02/2014.

SUREL O, ALI-HAIMOUD-LEKHAL D,1999. Composition de la matière grasse du lait de vache et influence des traitements technologiques. Revue Médecine Vétérinaire. Vol 8-9. P 681-690.En line :<http://www.revmedvet.com/artdes-fr.php?id=28>.

THIEULIN G, VUILLAUME R, 1967. Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait ,de produits laitiers et des œufs. Revue générale des questions laitières 48 avenue. Président Wilson. Paris. 388 P (71-73).

UBIFRANCE D'ALGER (Agence française pour le développement international des entreprises), 2013. Le marché de la filière laitière en Algérie 2013. Publication.UBIFRANCE.49 p.

VIERLING E, 2003. Aliment et boisson-Filière et produit. 2ème édition. doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine. P 270.

VIGNOLA C. L, 2002.Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed. Ecole polytechnique de Montréal. ISBN. 600 P (28-30).

WINARSO D, HERAWATI, BENYAMIN F, 2011. The study of temperature effect and length of pasteurization heating on milk quality. Agric. Food. Tech. 1(8) P 137-144.

ZEE B, DROGT J, GIESSEN T.J.J, 1982.The freezing point of authentic farm tank milk in the Netherlands. Netherlands Milk and Dairy Journal. P 291-303.