

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES

(E.I.S.M.V)



Année : 2014

N° 09

APPRECIATION DU NIVEAU DE MISE EN ŒUVRE DE L'HYGIENE ET DE LA QUALITE DES LAITS FERMENTES DE TYPE « INDUSTRIEL » PRODUITS PAR UNE UNITE DE TRANSFORMATION LAITIERE LOCALE.

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 27 Juin 2014 à 10heures devant la
Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie de Dakar pour obtenir

Le Grade de:

DOCTEUR EN MEDECINE VETERINAIRE (DIPLOME D'ETAT)

Par

Ameth FALL

Né le 26 Juin 1987 à Tambacounda

MEMBRES DU JURY:

Président :

M. Emmanuel BASSENE

Professeur à la faculté de Médecine, de
Pharmacie et d'Odontologie de Dakar.

Rapporteur de thèse :

Mme Rianatou BADA ALAMBEDJI

Professeur à l'EISMV de Dakar

Membre:

M. Yalacé Yamba KABORET

Professeur à l'EISMV de Dakar

Directeur de thèse:

Dr Bellancille MUSABYEMARIYA

Maître Assistante à l'EISMV de Dakar



**ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES DE
DAKAR**

BP : 5077-DAKAR (Sénégal)

Tel : (00221) 33 865 10 08 Télécopie (221) 825 42 83

COMITE DE DIRECTION

LE DIRECTEUR GENERAL

Professeur Louis Joseph PANGUI

LES COORDONNATEURS

Professeur Germain Jérôme SAWADOGO

Coordonnateur des Stages et des Formations Post-Universitaires

Professeur Yalacé Yamba KABORET

Coordonnateur de la Coopération Internationale

Professeur Serge Niangoran BAKOU

Coordonnateur des Etudes et de la Vie Estudiantine

Professeur Yaghouba KANE

Coordonnateur de la Recherche/Développement

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PRODUCTIONS ANIMALES

Chef de département: Papa El Hassane DIOP, Professeur

<p>ANATOMIE–HISTOLOGIE–EMBRYOLOGIE M. Serge Niangaran BAKOU, Maître de Conférences Agrégé M. Gualbert Simon NTEME ELLA, Maître Assistant M. Jean Narcisse KOUAKOU, Vacataire Mlle Ghislaine MBEURONODJI, Monitrice</p> <p>CHIRURGIE-REPRODUCTION M. Papa El Hassane DIOP, Professeur M. Alain Richi Kamga WALADJO, Maître Assistant M. Salifou KABORE, Moniteur</p> <p>ECONOMIE RURALE ET GESTION M. Walter OSSEBI, Assistant Mlle Carole NKOUATCANG NYONSE, Monitrice</p>	<p>PHYSIOLOGIE-PHARMACODYNAMIE-THERAPEUTIQUE M. Moussa ASSANE, Professeur M. Rock Allister LAPO, Maître Assistant</p> <p>PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES M. Germain Jérôme SAWADOGO, Professeur M. Adama SOW, Maître Assistant M. Zounongo Marclin ZABRE, Vacataire</p> <p>ZOOTECHE – ALIMENTATION M. Ayao MISSOHO, Professeur M. Simplicite AYSSIWEDE, Maître Assistant M. Bekpable BANGUE LAMBONI, Moniteur</p>
---	--

DEPARTEMENT DE SANTE PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT

Chef de département: Rianatou BADA ALAMBEDJI, Professeur

<p>HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALES (HIDAOA) M. Serigne Khalifa Babacar SYLLA, Maître Assistant Mlle Bellancille MUSABYEMARIYA, Maître Assistante</p> <p>MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIE-PATHOLOGIE INFECTIEUSE Mme Rianatou BADA ALAMBEDJI, Professeur M. Philippe KONE, Maître Assistant</p> <p>PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES-ZOOLOGIE APPLIQUEE M. Louis Joseph PANGUI, Professeur M. Oubri Bassa GBATI, Maître Assistant M. Jean HAKIZIMANA, Moniteur</p>	<p>PATHOLOGIE MEDICALE-ANATOMIE PATHOLOGIQUE-CLINIQUE AMBULANTE M. Yalacé Yamba KABORET, Professeur M. Yaghouba KANE, Maître de Conférences Agrégé Mme Mireille KADJA WONOU, Maître Assistante M. Abdourahmane SECK, Moniteur M. Omar FALL, Docteur Vétérinaire Vacataire M. Alpha SOW, Docteur Vétérinaire Vacataire M. Abdoulaye SOW, Docteur Vétérinaire Vacataire M. Ibrahima WADE, Docteur Vétérinaire Vacataire M. Charles Benoît DIENG, Docteur Vétérinaire Vacataire</p> <p>PHARMACIE-TOXICOLOGIE M. Assiongbon TEKOU AGBO, Chargé de recherche M. Gilbert Komlan AKODA, Maître Assistant M. Abdou Moumouni ASSOUMY, Assistant</p>
--	--

DEPARTEMENT COMMUNICATION

Chef de département: Yalacé Yamba KABORET, Professeur

<p>BIBLIOTHEQUE Mme Mariam DIOUF, Ingénieur Documentaliste (Vacataire) Mlle Ndella FALL, Documentaliste</p> <p>SERVICE AUDIO-VISUEL M. Bouré SARR, Technicien</p>	<p>OBSERVATOIRE DES METIERS DE L'ELEVAGE (O.M.E.)</p>
---	--

SCOLARITE

<p>M. Théophraste LAFIA, Chef de Scolarité M. Mohamed Makhtar NDIAYE, Stagiaire Mlle Astou BATHILY, Stagiaire</p>

DEDICACE

A ALLAH Seigneur de l'Univers

A Son Messager et notre bien aimé Mohamed (PSL)

A mon père, Boubacar FALL

Tout comme le temps, notre relation est éternelle, tu resteras à jamais présent dans mon cœur et modèle dans ma vie. Que la terre te soit légère et le ciel agréable.

Ama mère Astou TRAORE

Toi qui m'as toujours soutenue pendant les moments les plus difficiles de ma vie, toi qui m'as éduquée avec tendresse et ton amour. Trouve ici ma reconnaissance éternelle et que Dieu vous donne longue vie afin que vous profitiez bien de notre richesse et celle de tous tes enfants.

A mes oncles

Pour votre soutien inestimable

A mes frères et sœurs

Djibril, Dieynaba, Haby, Fatoumata, Idrissa, Abdoulaye et Fatima

A mes amis

Pour le soutien moral et les moments agréables passés avec vous

A monsieur Abdoulaye DIOP ainsi qu'à toute sa famille

A mes grands-parents et à toute la famille

Au Sénégal : A qui je souhaite paix et prospérité

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos sincères remerciements :

- *Au Directeur Général de l'EISMV de Dakar, Professeur **Louis Joseph PANGUI** ;*
- *Au Dr **Bellancille MUSABYEMARIYA** pour avoir initié et encadré avec rigueur ce travail ;*
- *A tous nos maîtres de l'EISMV de Dakar, pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont si généreusement dispensé. Hommage respectueux ;*
- *A tout le personnel du laboratoire d'Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale (**HIDA OA**) de l'EISMV de Dakar ;*
- *A **Mme DIOUF**, documentaliste à l'EISMV*
- *A notre oncle **Issa FALL** qui a vivement participé à la réalisation de ce travail ;*
- *A mon oncle **Samba TRAORE** : vous n'avez pas hésité à vous sacrifier pour me soutenir pendant toutes ces années. Merci beaucoup, que DIEU vous bénisse ;*
- *A mes amis de l'AEVD, ainsi qu'à tous mes compatriotes de l'AEVS*
- *A mes amis de la 40eme promotion*
- *A tous ceux qui ont, de façon directe ou indirecte participé à la réalisation de ce travail.*

A NOS MAITRES ET JUGES

A notre Maître et Président de jury, **M. Emmanuel BASSENE** Professeur à la faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie de Dakar.

Vous avez spontanément accepté de présider ce jury de thèse malgré vos multiples sollicitations. Votre abord facile avec laquelle vous avez répondu à notre sollicitation nous a beaucoup marqué. Veuillez trouver ici l'assurance de notre sincère gratitude et de notre profond respect.

A notre Maître et Rapporteur de thèse, **Mme Rianatou BADA ALAMBEDJI**, Professeur à l'EISMV de Dakar.

Vous avez su guider d'une main rationnelle ce travail, malgré vos multiples occupations. Les moments passés ensemble nous ont permis de découvrir en vous l'exemple même de la simplicité, de la bienveillance et de l'amour pour un travail bien fait. Soyez rassuré, de notre sincère reconnaissance et de tout l'amour que nous vous portons. Hommage respectueux.

A notre Maître et Juge, **M. Yalacé Yamba KABORET**, Professeur à l'EISMV de Dakar.

La spontanéité avec laquelle vous avez accepté de juger ce travail ne nous surprend guère. Votre simplicité, votre humour paternel et surtout vos qualités d'homme de science suscitent autour de vous l'estime et le respect de tous.

Sincères remerciements.

A notre Directeur de Thèse, **Dr Bellancille MUSABYEMARIYA**, Maître Assistante à l'EISMV

Vous avez conduit ce travail avec compétence, dynamisme et rigueur. Nous avons pu apprécier votre simplicité; votre disponibilité partout et à tout moment et votre humanisme. Trouvez ici l'expression du grand respect que nous avons pour vous et toute notre reconnaissance pour cet insigne privilège que vous nous faites, en acceptant d'encadrer ce travail.

“Par délibération, la faculté et l’école ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leurs sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu’elles n’entendent leur donner aucune approbation ni improbation.”

LISTE DES ABREVIATIONS

°C: Degré Celsius

°D: Degré Dornic

AGS : Acide Gras Saturé

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

BL: Bactérie Lactique

CO₂ : Dioxyde de Carbone

E. coli : Escherichia coli

EISMV : Ecole Inter-états des Sciences et Médecine Vétérinaires

EPT : Eau Peptonnée Tamponnée

FAO: Food and Agriculture Organization

GRAS: Generally Regarded As Safe

**HIDAOA: Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine
Animale**

ISO: International Organization for Standardization

Lb. : Lactobacillus

Lc. : Lactococcus

Ln. : Leuconostoc

MG : Matière Grasse

MRS : Man Rogosa and Sharpe

NaOH: Hydroxyde de Sodium

OMS : Organisation Mondiale pour la Santé

pH: Potentiel d'hydrogène

PME: Petite et Moyenne Entreprise

PMI : Petite et Moyenne Industrie

Str.:Streptococcus

TBX: Tryptone-bile-glucuronide

U.V: Ultra-violet

UFC: Unité Formant Colonie

UHT: Ultra Haute Température

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Composition des laits de diverses espèces animales	6
Tableau II : Différents types de laits fermentés	18
Tableau III : Les entreprises de transformation de lait au Sénégal	27
Tableau IV : Programme de nettoyage et désinfection.....	32

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Diagramme des principales étapes de la fabrication du yoghourt	20
Figure 2 : Carte des systèmes de production de lait au Sénégal	24
Figure 3: Evolution des importations de produits laitiers.....	26
Figure 4: Préparation de la solution mère et des dilutions décimales	38
Figure 5: Diagramme de fabrication du lait caillé à l'entreprise X.....	44
Figure 6: Préparation du mélange.....	45
Figure 7: Pasteurisation du mélange à l'aide d'un pasteurisateur à plaques	46
Figure 8 : Préparation du ferment.....	47
Figure 9: Ensemencement des cuves par le ferment préparé.....	48
Figure 10: Conditionnement en sachet des laits caillés	49
Figure 11: Dispositif de conditionnement en pot	50
Figure 12 : Acidité Dornic des échantillons de lait caillé analysés.....	52
Figure 13 : Fréquence de l'acidité Dornic des échantillons analysés	53
Figure 14: Valeur de la flore lactique des échantillons analysés	54
Figure 15 : Corrélation entre les valeurs de la flore lactique et l'acidité Dornic...55	

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE :SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
Chapitre 1 : Rôle alimentaire du lait.....	5
1.1. Composition du lait	5
1.1.1. Les protéines du lait.....	6
1.1.2. La matière grasse du lait	7
1.1.3. Les glucides.....	8
1.1.4. Les vitamines et minéraux	8
1.2. Du lait aux produits laitiers	9
1.2.1. Les produits laitiers frais.....	9
1.2.2. Les fromages	10
1.2.3. Le beurre	11
1.2.4. Les laits de conserve	12
Chapitre 2 : La fermentation du lait	14
2.1. Phénomène et mécanisme de la coagulation du lait.....	14
2.2. Rôles des bactéries lactiques dans la fermentation du lait	15
2.2.1. Production de l'acide lactique	15
2.2.2. Préservation de la qualité des produits laitiers fermentés.....	16
2.2.3. Production d'arômes par les bactéries lactiques.....	16
2.3. Intérêt nutritionnel des produits laitiers fermentés	17
2.4. Typologie des produits laitiers fermentés.....	18
2.5. Technologie de fabrication des laits fermentés type yaourt	19
Chapitre 3 : Le marché du lait et produits laitiers au Sénégal	22
3.1. La production locale du lait	22
3.2. Les importations du lait et produits laitiers au Sénégal.....	25

3.3. L'industrie du lait au Sénégal	27
3.4. Qualité et hygiène en industrie de transformation laitière.....	28
3.4.1. Conception et hygiène des locaux	29
3.4.2. Hygiène du matériel.....	30
3.4.3. Hygiène du personnel	30
3.4.4. Nettoyage et désinfection.....	31
DEUXIEME PARTIE: ETUDE EXPERIMENTALE.....	34
Chapitre 1 : Matériel et méthodes	35
1.1. Enquêtes de terrain.....	35
1.1.1. Présentation du cadre d'étude.....	35
1.1.2. Outils et méthode d'enquête.....	35
1.2. Analyse de laboratoire.....	36
1.2.1. Matériel biologique.....	36
1.2.2 Matériel d'analyse	36
1.2.3. Méthodes	37
1.3. Traitement et analyse des données.....	39
Chapitre 2 : Résultats.....	41
2.1. Résultats des enquêtes de terrain	41
2.1.1. Le personnel	41
2.1.2. Les locaux	42
2.1.3. Equipement et matériel	43
2.1.4. Procédé de transformation mis en œuvre.....	44
2.1.5. Système de nettoyage et désinfection du matériel et de l'équipement	51
2.2. Résultats d'analyses de laboratoire	52
2.2.1. Acidité Dornic	52
2.2.2. Dénombrement de la Flore lactique.....	54
2.2.3. Dénombrement de la flore présumée <i>Escherichia coli</i>	55

Chapitre 3 : Discussion.....	56
3.1. Enquêtes de terrain.....	56
3.1.1. Les locaux	56
3.1.2. Le matériel.....	56
3.1.3. Le personnel	57
3.1.4. Les procédés de fabrication.....	57
3.2. Résultats de laboratoire	59
3.2.1. Acidité Dornic	59
3.2.2. La flore lactique.....	59
3.2.3. <i>Escherichia coli</i>	60
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	61
CONCLUSION.....	66
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	69

INTRODUCTION

A l'instar des autres pays d'Afrique subsaharienne, le Sénégal reste tributaire des importations pour satisfaire la demande locale en lait et produits laitiers. Cette situation est due en partie au faible potentiel laitier des animaux exploités pour cette spéculation. De ce fait, le secteur laitier sénégalais est marqué par une forte complémentarité entre d'une part, une production locale majoritairement issue des systèmes extensifs et d'autre part un secteur industriel basé sur l'utilisation de la poudre de lait importée.

La poudre de lait importée va se retrouver dans 3 circuits différents : le circuit de micro-conditionnement du lait en poudre, le circuit des micro-entreprises artisanales qui proposent du lait fermenté reconstitué et le circuit semi-industriel qui offre des produits frais (**Duteurtre, 2006**). Ces entreprises devenues aujourd'hui très nombreuses sur le territoire national, produisent généralement du lait reconditionné pasteurisé et surtout du lait fermenté appelé communément « lait caillé » fortement consommé par la population.

La fermentation du lait est un phénomène essentiellement microbien. Lors de la fabrication industrielle des produits laitiers fermentés, la matière première subit au préalable un traitement d'assainissement pour détruire la flore indigène du lait, avant d'êtreensemencée par un cocktail de bactéries appelé communément « ferment » ou levain. Ce traitement technologique confère également aux laits fermentés des caractéristiques nutritionnelles et hygiéniques bien meilleures que celles des laits pasteurisés.

Le lait étant un excellent milieu pour la multiplication des germes, les manipulations qui doivent se faire au cours de sa préparation nécessitent une attention particulière. Ainsi, selon le ministère de l'élevage du Sénégal (**2011**), sont fixées des normes afin de mettre en place une politique de qualité dans les entreprises, même les plus petites, en termes de protection du consommateur

C'est dans ce contexte qu'a été effectuée la présente étude dont l'objectif général était d'apprécier le niveau de mise en œuvre de l'hygiène et de la qualité dans une unité locale de production de lait fermenté à partir de la poudre de lait importée. De façon, spécifique, il s'est agi de :

- 1) apprécier le niveau de mise en œuvre des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication au sein de l'entreprise ;
- 2) apprécier le niveau d'acidification des produits fabriqués par l'entreprise ;
- 3) apprécier la qualité microbiologique des produits fabriqués à travers le dénombrement de la flore lactique et *d'E. coli*.

Ce travail se présente en deux parties. La première partie qui porte sur une synthèse bibliographique, donne des éléments sur la filière laitière du Sénégal, le lait fermenté en général et les bonnes pratiques d'hygiène dans l'industrie de transformation laitière. La deuxième partie de nature expérimentale, décrit le matériel et les méthodes utilisés lesquels ont permis d'obtenir les résultats qui seront présentés et discutés avant de tirer quelques recommandations.

PREMIERE PARTIE :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : ROLE ALIMENTAIRE DU LAIT

Le *Codex Alimentarius* (**CODEX STAN 206-1999**) définit le lait comme étant « la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou de plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destinée à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur ». Plusieurs espèces animales ; vache, brebis, chèvre, chamelle, bufflesse, fournissent du lait destiné à la consommation humaine, mais le lait de vache est le plus commun. Sur le plan légal, le terme "lait" sans indication d'espèce de provenance est réservé au lait de vache. Tout lait provenant d'une autre femelle autre que la vache doit être désigné par la dénomination «lait» suivie de l'indication de l'espèce dont il provient.

1.1 Composition du lait

Au moment de la traite, le lait contient en moyenne 87% d'eau, 4,8% de glucides, 4,2% de lipides, 3,5% de protéines, 0,5% de minéraux et oligo-éléments (dont 120 mg de calcium) et des vitamines (A, D, B...). Ces composants sont les mêmes chez toutes les femelles laitières même si leur concentration varie essentiellement selon les races et l'alimentation (tableau I).

Tableau I : Composition des laits de diverses espèces animales (g/litre)

Constituants	Vache	Bufflonne	Chamelle	Jument	Chèvre	Brebis
Extrait sec total	128	166	136	109	134	183
Protéines	34	41	35	25	33	57
Caséine	26	35	28	14	24	46
Lactose	48	49	50	60	48	46
Matières salines	9	8	8	4	7,7	9
Matières grasses	37	68	45	20	41	71

Source : Compilation de diverses sources.

1.1.1. Les protéines du lait

Le lait entier contient 30 à 35g de protéines par litre. Les protéines se répartissent en deux grandes classes : les caséines (α_1 , α_2 , β et κ) et les protéines du sérum ou protéines solubles constituées essentiellement de β -lactoglobuline, l' α -lactalbumine, de protéoses-peptones et de globulines immunes. La valeur nutritionnelle des protéines laitières est excellente. Elle repose sur leur forte digestibilité (> 95%) et sur une composition en acides aminés essentiels particulièrement bien équilibrée permettant de satisfaire les besoins de l'homme. En plus de cet intérêt nutritionnel, les protéines laitières et certains peptides issus de leur digestion ont des effets biologiques sur différents systèmes de l'organisme.

Parmi ces effets, on peut citer l'activation du système immunitaire, des effets hypotenseurs, la facilitation de l'absorption de certains nutriments tel que le

calcium sans oublier les actions antimicrobiennes et anti-stress (**Clare et Swaisgood, 2000 ;Jauhiainen et Korpela, 2007**).

Sur le plan technologique, la structure et les propriétés physico-chimiques des protéines laitières offrent d'autres atouts. Dans le lait, les caséines sont sous forme d'agrégats moléculaires appelés micelles de caséines dont la taille varie entre 150 et 300 nm. Les micelles de caséines sont en suspension colloïdale et précipitent sous l'action de la présure ou de l'acidification à un pH d'environ 4,6. Cette coagulation de la caséine par l'hydrolyse enzymatique ou lactique est le fondement de la fromagerie. Quant aux protéines du sérum, elles sont en solution colloïdale, précipitent sous la chaleur et vont être éliminées avec le lactosérum lors de l'égouttage des fromages.

1.1.2. La matière grasse du lait

A la traite, le lait contient environ 35g/L de matière grasse (MG). Celle-ci est composée à 99,5% de lipides, le reste étant composé d'autres substances liposolubles. Les lipides du lait sont à leur tour constitués à environ 60- 70% d'acides gras saturés (AGS), le reste étant des d'acides gras insaturés; essentiellement des mono-insaturés. Bien que ne véhiculant pas toujours une image positive auprès des consommateurs, la matière grasse laitière présente des intérêts nutritionnels avérés. En effet, les triglycérides qui représentent près de 98% de la matière grasse sont une source d'énergie, les AGS à courte chaîne (acide butyrique, caproïque, caprylique etc.) sont particulièrement bien digérés. Les effets des acides gras sur la santé ont été rapportés par plusieurs auteurs.

Selon une étude conduite par **German (1999)**, l'acide butyrique et l'acide caprylique seraient des modulateurs de la fonction génomique et interviendraient dans la prévention de certains cancers. Quant à l'acide laurique, il pourrait exercer des fonctions antivirale et antibactérienne alors que l'acide oléique

interviendrait dans la réduction de la concentration du cholestérol plasmatique, de la LDL-cholestérol et de triglycérides (**Kris-Etherton et al. 1999, Haug et al. 2007**).

1.1.3. Les glucides

La fraction glucidique du lait est essentiellement représentée par le lactose à hauteur de 50 g/litre. Sur le plan nutritionnel, le lactose est un nutriment énergétique important car il contribue au développement de l'organisme. L'assimilation du lactose consiste en une hydrolyse enzymatique en glucose et en galactose par une lactase localisée dans la lumière intestinale. Une bonne partie du galactose va se transformer en glucose pour servir à la production d'énergie par le cycle de Krebs et une autre partie va servir à la synthèse des molécules spécifiques telles la galactocérebroside du cerveau et la lactoferrine, reconnue pour ses propriétés antimicrobiennes (**Lamontagne 2002**). Sur le plan technologique, la présence du lactose dans le lait est indispensable à la fabrication des produits laitiers fermentés (yaourts et fromages).

1.1.4. Les vitamines et minéraux

Le lait contient près 8 à 9g/L de minéraux et plusieurs vitamines du groupe B. Le lait est aussi riche en différents minéraux comme le calcium (1,2g/L), le magnésium (120mg/L), le zinc (4mg/L), le sélénium (37µg/L). Du point de vue qualitatif et quantitatif, le lait est la meilleure source alimentaire de calcium.

Le calcium est, avec le phosphore et le magnésium, l'un des trois principaux constituants minéraux des os. La fréquence de fractures associées à l'ostéoporose chez les personnes âgées est pour une bonne part liée à la consommation insuffisante de calcium durant l'enfance, l'adolescence et la première partie de l'âge adulte (**Amiot et al. 2002**). Le lait est aussi une excellente source de vitamine B₁₂ qui potentialise l'acide folique, qui à son tour, active la synthèse des protéines nécessaires à la croissance cellulaire.

En résumé, sur le plan nutritionnel, le lait frais est un aliment bénéfique à tous les âges de la vie. Il apporte du calcium qui participe à la construction du squelette durant l'enfance et l'adolescence et à son entretien tout au long de la vie. Il contient des protéines, d'une grande valeur nutritionnelle. Son onctuosité est apportée par les lipides, vecteurs de vitamines liposolubles alors que son goût légèrement sucré provient du lactose. Cependant, compte tenu de son caractère très dilué, le lait se conserve très mal. Aussi, pour satisfaire tous les goûts et assurer une bonne distribution dans l'espace et dans le temps, plusieurs produits de transformation du lait existent.

1.2. Du lait aux produits laitiers

Le lait sous sa forme liquide, peut être remplacé par ses produits de transformation. Selon les estimations de la FAO, chaque année, la production mondiale de lait par les ruminants domestiques avoisine 700 millions de tonnes. Environ 60% de cette production sont acheminés vers l'industrie laitière. La plus grande partie de ce tonnage quitte ces usines en tant que lait prêt à la consommation, soit pasteurisé, stérilisé ou sous forme de laits fermentés, de fromage ou de beurre.

Seulement 10% de la production totale sont transformés en poudre de lait ou en différents dérivés laitiers tels que le lactose, le lactosérum et les concentrés de protéine. En fonction de l'aptitude à la conservation de la texture, des produits issus de la transformation du lait peuvent être divisés en quatre groupes : les produits frais, le beurre, les fromages affinés et les laits de conserve.

1.2.1. Les produits laitiers frais

Les produits frais regroupent les laits pasteurisés, les yaourts et autres laits fermentés, les fromages frais, la crème fraîche et les desserts lactés.

Les yaourts ou yoghourt sont des laits fermentés exclusivementensemencés avec *Lactobacillus delbrueckii subsp.bulgaricus* (anciennement dénommé *Lactobacillus delbrueckii*) et *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, (anciennement dénommé *Streptococcus thermophilus*).Quant à la dénomination « laits fermentés », elle désigne différents produits laitiers obtenus par la fermentation du lait par d'autres bactéries lactiques et éventuellement d'autres micro-organismes, comme les levures. Tout comme dans les yaourts, les bactéries lactiques des laits fermentés doivent rester vivantes et à un taux satisfaisant jusqu'à la date d'utilisation optimale (**Lamontagne, 2002**).

Les fromages frais sont obtenus par une coagulation lactique sans ou avec une légère concentration de la présure. Ils ne subissent pas d'affinage et sont faiblement égouttés. La forte teneur en eau des fromages frais (de l'ordre de 65 à 85%), est responsable de leur fragilité et leur courte durée de conservation. Quant à la crème fraîche, c'est le produit obtenu à la suite de l'écémage du lait. Elle doit contenir au moins 30g de matière grasse par 100g. Enfin, les desserts lactés sont des préparations comportant une grande proportion de lait ou de crème, du sucre, de parfums et d'arômes.

1.2.2. Les fromages

La norme **FAO/OMS n° A-6** (1978, modifiée en 1990), définit le fromage comme étant le produit frais ou affiné, solide ou semi-solide, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine n'excède pas celui du lait. Il est obtenu par la coagulation du lait, lait écémé, crème de lactosérum ou babeurre, seul ou en combinaisons, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. Les fromages peuvent aussi être obtenus par l'emploi d'autres techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des matières obtenues à partir de lait, présentant des caractères physiques, chimiques et organoleptiques

similaires à ceux du produit défini plus haut. Selon cette même norme, le fromage « affiné » est celui qui n'est pas prêt à la consommation immédiatement après la fabrication. Il doit être maintenu pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage. A l'opposé, le fromage « frais ou non affiné » est du fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après la fabrication.

Sur le plan technologique, le fromage est le produit obtenu par coagulation du lait suivie d'un égouttage du coagulum. La masse obtenue qu'on appelle également « caillé » ou « caillebotte » peut être consommée en l'état (fromage frais) ou subir de transformations enzymatiques et microbiennes au cours de l'affinage, ce qui lui confère des caractéristiques organoleptiques spécifiques.

1.2.3. Le beurre

La dénomination "beurre" est réservée au produit laitier obtenu soit à partir de la crème soit à partir du lait et dont la teneur en matière grasse est de 82g pour 100g de beurre au minimum. L'intérêt nutritionnel du beurre réside en sa richesse et variété de ses composants lipidiques notamment les acides gras à chaîne courte et moyenne particulièrement digestes, les acides oléiques et linoléiques qui sont des acides gras essentiels. Le beurre est difficilement remplaçable chez l'enfant et l'adolescent dans ce sens qu'il apporte les constituants essentiels à l'élaboration du système nerveux. Il contient les vitamines liposolubles A, D, E, K ainsi que des caroténoïdes (**Lamontagne ; 2002**). Il est également la seule matière grasse qui apporte de la vitamine A en quantité notable (1mg pour 100g). Cependant sa teneur en cholestérol est assez élevée. Le beurre, comme tous les lipides, doit être consommé en quantité raisonnable.

1.2.4. Les laits de conserve

Ce sont des laits obtenus par traitement thermique de haute intensité suivi ou pas d'une dessiccation partielle ou totale. Trois catégories de laits de conserve sont faites : les laits stérilisés, les concentrés et les laits en poudre.

La concentration du lait s'effectue par évaporation partielle de l'eau contenue dans le lait. Le lait est standardisé, pasteurisé, puis concentré sous-vide partiel et homogénéisé. Lorsqu'il s'agit du lait concentré non sucré, il est conditionné et stérilisé. Sa date limite d'utilisation optimale varie de 12 à 18 mois après la date de fabrication. A la différence du lait concentré non sucré, le lait concentré sucré ne subit pas de stérilisation. Le sucre empêche en effet les micro-organismes de se multiplier.

Après la standardisation et la pasteurisation, il est donc sucré avec un sirop de saccharose à 70%, puis concentré sous-vide partiel et refroidi avant d'être conditionné.

Le lait en poudre ou lait sec est un lait qui a perdu la quasi totalité de son eau (environ 96%) pour ne conserver que son extrait sec. Après pasteurisation et concentration, le lait est projeté en minuscules gouttelettes dans une enceinte séchée par envoi d'air chaud à 200°C, ce qui provoque instantanément l'évaporation de l'eau dans la tour de séchage. Le lait en poudre se conserve un an à température ambiante. Cependant, il craint la chaleur et l'humidité. Une fois ouvert, sa conservation va de 10 jours à 3 semaines selon qu'il est entier ou écrémé.

Le lait stérilisé est un lait ayant subi un traitement thermique ; environ 121°C pendant quelques minutes dans le but d'assurer sa stabilité et pour satisfaire aux exigences sanitaires par la destruction de tous les microorganismes pathogènes et de leur toxines (**Michel et al ; 2002**).

Les technologies qui viennent d'être présentées permettent de conserver le lait sous un volume réduit et d'en faciliter ainsi le report et l'usage dans le temps et dans l'espace. Malheureusement, tous les transformateurs laitiers n'ont pas le même accès à cette avancée technique et technologique. En Afrique, la fermentation reste le mode de transformation le plus courant. Selon les estimations, en Afrique de l'ouest et de l'est, 71% de la production du lait est transformé en lait fermenté (**Duteurtre, 2003**).

CHAPITRE 2 : LA FERMENTATION DU LAIT

Pour conserver le lait, aliment hautement périssable, l'homme a de tout temps et en tout lieu cherché à le préserver en le transformant. Parmi les techniques de transformation les plus anciennes, figure la fermentation qui consiste en une coagulation de la caséine du lait par des ferments lactiques ou par la présure. Les produits issus de cette fermentation sont essentiellement le yaourt, les laits fermentés et certains fromages.

2.1. Phénomène et mécanisme de la coagulation du lait

De façon générale, les fermentations alimentaires sont classées en plusieurs catégories en fonction des produits finaux dominants : la fermentation lactique, la fermentation malolactique et la fermentation alcoolique. La fermentation lactique, celle du lait, est un processus au cours duquel le lactose est transformé en acide lactique par les bactéries lactiques. Les bactéries lactiques regroupent un ensemble d'espèces hétérogènes dont le trait commun est la production d'acide lactique à partir de différents sucres.

La coagulation acide est de nature électrochimique. Sous l'action des BL, le lactose du lait est progressivement transformé en acide lactique, ce qui entraîne la régression de l'ionisation des fonctions acides des caséines et par conséquent la diminution du pouvoir séquestrant des caséines α_s et β vis-à-vis des minéraux. Il s'en suit une solubilisation du calcium et du phosphate micellaire qui est totale au pH 5,2 à 40°C, au pH 5 à 20°C ou au pH 4,6 à 4°C (Mietton *et al*, 1994). Les micelles ainsi dépourvues de leur élément stabilisateur (phosphate de calcium) se désagrègent en leurs sous-unités, les submicelles. Si le lait est en mouvement, il apparaît un « flocculat » baignant dans la phase aqueuse. Par contre, lorsque le lait est au repos, les submicelles se lient entre elles par l'intermédiaire des liaisons de nature électrostatiques et hydrophobes pour former un réseau protéique. Ce réseau occupe entièrement le volume initial en englobant dans ses

mailles la totalité de la phase aqueuse et forme ainsi un gel lactique. Si l'acidification se poursuit, au pH isoélectrique moyen de la caséine (pH=4,6), leurs charges se neutralisent, leur hydratation se réduit fortement et leur structure submicellaire disparaît. A ce stade le gel correspond à une organisation tridimensionnelle de protéines relativement fragile car les liaisons mises en place bien que très nombreuses sont de très faible énergie. Le gel ainsi décrit est celui qui est obtenu par exemple lors de la fabrication du yaourt et autres laits fermentés (**Lamontagne ; 2002**).

Sur le plan technologique, la coagulation acide du lait va donc dépendre essentiellement de la teneur en protéines des laits de fabrication et de la température d'incubation, qui vont avoir un impact direct sur les bactéries lactiques responsables de cette coagulation.

2.2. Rôles des bactéries lactiques dans la fermentation du lait

D'une manière générale, les BL utilisées comme dans la fabrication des produits laitiers fermentés ont pour principale fonction de produire de l'acide lactique à partir des différents sucres du lait. Par leurs métabolismes divers, certaines bactéries lactiques, participent à l'élaboration et à la définition des qualités organoleptiques des produits laitiers fermentés alors que d'autres sont capables de produire des bactériocines.

2.2.1. Production de l'acide lactique

Dans le lait, la dégradation du lactose en acide lactique par la flore lactique peut se faire par une voie homofermentaire ou hétérofermentaire. La voie homofermentaire donne l'acide lactique comme unique produit de dégradation du glucose *via* la voie d'Embden-Meyerhof-Parnas. La voie hétérofermentaire produit des quantités équimolaires de lactate, d'éthanol et de CO₂ à partir du glucose par la voie des pentoses phosphates. La conversion du lactose en lactate

entraîne une chute de pH qui va participer à la préservation des produits laitiers fermentés (**Lamontagne ; 2002**).

2.2.2. Préservation de la qualité des produits laitiers fermentés

Du point de vue strictement hygiénique, les bactéries lactiques ont un rôle fondamental dans l'inhibition des flores non lactiques dont certaines sont pathogènes ou préjudiciables à la qualité des produits. Cette action est due à l'abaissement du pH qui inhibe la croissance de certains micro-organismes indésirables. L'effet bactériostatique ou bactéricide des bactéries lactiques s'explique aussi par la toxicité propre de l'acide lactique (**Holzappel *et al.* 1995; Benkerroum *et al.* 2002 ; Moll *et al.*, 1999; Naidu *et al.*, 1999**). Les différentes études menées sur le caractère bactéricide des bactéries lactiques ont également permis d'isoler des bactériocines qui sont des substances de nature protéique synthétisées par la voie ribosomique et ayant un effet antagoniste contre d'autres bactéries, généralement phylogénétiquement proches (**Moll *et al.*, 1999 ; De Vuyst et Vandamme, 1994 ; Ennahar *et al.*, 1999 ; Flynn *et al.*, 2002**).

2.2.3. Production d'arômes par les bactéries lactiques

La formation des arômes par les bactéries lactiques fait appel à leur activité protéolytique. Le catabolisme des acides aminés, issus de la dégradation des caséines du lait, conduit à la production d'une large gamme de composés aromatiques (**Gummalla & Broadbent, 2001 ; Yvon & Rijnen, 2001; Helinck *et al.*, 2004**). Dans certaines conditions, la protéolyse est parfois à l'origine d'un défaut de saveur : l'amertume de leucine, de phénylalanine ou de tyrosine (**Broadbent *et al.* 2002**).

2.3. Intérêt nutritionnel des produits laitiers fermentés

A l'origine, l'intérêt majeur de la fermentation du lait était de lui conserver ses principaux constituants. Au fil des années, les produits laitiers fermentés en l'occurrence le yaourt sont devenus des aliments possédant des qualités nutritionnelles indéniables. De plus ces laits fermentés jouissent d'une image positive quant à leur relation avec la santé. En effet, les produits laitiers ajoutent leurs effets bénéfiques propres aux propriétés aux qualités nutritionnelles intrinsèques du lait utilisé comme matière première. Il y a probablement un accroissement de la valeur biologique du lait suite à l'action d'enzymes hydrolytiques facilitant l'assimilation du lactose, des protéines et des lipides.

Sur le plan de la recherche, des travaux de plus en plus nombreux montrent ou suggèrent en effet les effets bénéfiques de ces bactéries. Un certain nombre d'études cliniques chez l'homme ou sur des modèles animaux ont notamment confirmé l'effet bénéfique des laits fermentés et des yaourts dans le cas d'intolérance au lactose, de diarrhées virales ou de diarrhées associées à la prise d'antibiotiques (**Loones, 1994 ; Drouault et Corthier, 2001**).

L'ingestion de laits fermentés est susceptible de modifier la flore intestinale de l'hôte, en particulier de diminuer la quantité de germes indésirables. Plusieurs de ces études indiquent que l'ingestion de lait fermenté par *Lb. acidophilus* est susceptible de réduire le nombre d'*E. coli* dans les selles qui contiennent alors considérablement plus de *Lb. acidophilus* qui, par ailleurs, fait partie de la flore intestinale humaine (**Adams & Hall, 1988 ; Alvaro et al, 2007**). Cette propriété a été utilisée avec succès chez des enfants souffrant de diarrhées à *E. coli*. Plusieurs essais randomisés avec placebo ont également montré l'efficacité de certaines bactéries lactiques, retrouvées dans les laits fermentés, dans la prévention des perturbations digestives liées à l'antibiothérapie (**Beausoleil, 2007 ; Tuohy, 2007**).

2.4. Typologie des produits laitiers fermentés

Le tableau II donne les différents types de laits fermentés habituellement décrits dans le monde.

Tableau II : Différents types de laits fermentés

Nom	Pays d'origine	Description	Levains
Yaourt ou Yoghourt	Asie, Balkans	Produit ferme ou brassé, acide, arôme caractéristique	<i>Str. thermophilus, Lb. bulgaricus</i> (+ <i>Lb. acidophilus</i> et <i>Bifidobacterium</i> sp. selon les réglementations)
Lait à l'acidophilus	Etats-Unis	Produit ferme, brassé ou liquide, faible arôme	<i>Lb. acidophilus</i>
Kéfir	Caucase	Boisson brassée, consistance crémeuse contenant du CO ₂ et même de l'éthanol	<i>Lc. lactis, Lc. cremoris, Lb. kefir, Lb. casei, Lb. acidophilus, Leuconostoc</i> sp., levures
Koumis	Mongolie	Boisson pétillante, acide, goût rafraîchissant	<i>Lb. bulgaricus, Lb. acidophilus</i> , levures
Lassi	Inde	Boisson laitière aigre diluée avec de l'eau, consommée salée, épicée ou sucrée	<i>Lactococcus</i> sp., <i>Lactobacillus</i> sp., <i>Leuconostoc</i> sp., levures
Dahi	Inde	Produit ferme ou brassé, ou boisson liquide ; flaveur agréable, acide ou faiblement acide	<i>Str. thermophilus, Lb. bulgaricus, Lc. diacetylactis, Leuconostoc</i> sp.
Leben	Moyen Orient	Produit ferme ou brassé, goût et arôme agréable	<i>Str. thermophilus, Lb. bulgaricus, Lb. acidophilus, Lc. lactis</i> , levures
Filmjök	Suède	Boisson brassée visqueuse, saveur acidulée	<i>Lc. lactis, Lc. cremoris, Lc. diacetylactis, Ln. cremoris</i>
Villi	Finlande	Produit brassé visqueux, acidulé et goût agréable	<i>Lc. lactis, Lc. cremoris, Lc. diacetylactis, Lc. dextranicum, Geotricum candidum</i>

D'après Danone-World Newsletter n°5

Lc. : *Lactococcus* ; *Ln.* : *Leuconostoc* ; *Lb.* : *Lactobacillus* ; *Str.* : *Streptococcus*

Dans le groupe des laits fermentés, il faut noter les laits caillés traditionnels africains obtenus grâce aux micro-organismes non définies généralement présents dans du lait de fabrication ou dans l'environnement de production. Pour ces laits, la fermentation est alors non contrôlée aussi bien pour le levain que pour les paramètres tels que la température et le temps. Habituellement, au Sénégal, le lait fermenté traditionnel africain est obtenu à partir du lait cru de vache ou de chèvre. Cependant, lorsque la production laitière devient faible, les transformateurs artisanaux utilisent la poudre de lait reconstituée. Pour accélérer la fermentation, certains ajoutent des comprimés « caille lait » vendus en pharmacie (Seydi et Ndiaye, 1993 ; Duteurtre, 2006).

2.5. Technologie de fabrication des laits fermentés type yaourt

Le yaourt peut être préparé avec des laits écrémés ou non, pasteurisés, ou stérilisés, éventuellement additionnés de poudre de lait. La jonction de la poudre de lait permet d'améliorer la consistance du yaourt lequel doit être également standardisé en matière grasse. Le lait pasteurisé ou stérilisé est refroidi jusqu'à la température d'ensemencement, généralement de 42-45°C. Le yaourt est ensuite refroidi et/ou conditionné avant d'être soumis à la vente ou à la consommation. Selon le **Codex Alimentarius FAO (2011)**, le lait fermenté doit contenir en bactérie lactique, au minimum, 10^7 ufc/g et la quantité d'acide lactique libre doit être supérieure à 0,8g pour 100g de yaourt lors de la vente au consommateur. Le schéma de la figure1 résume les étapes de la fabrication du yaourt.

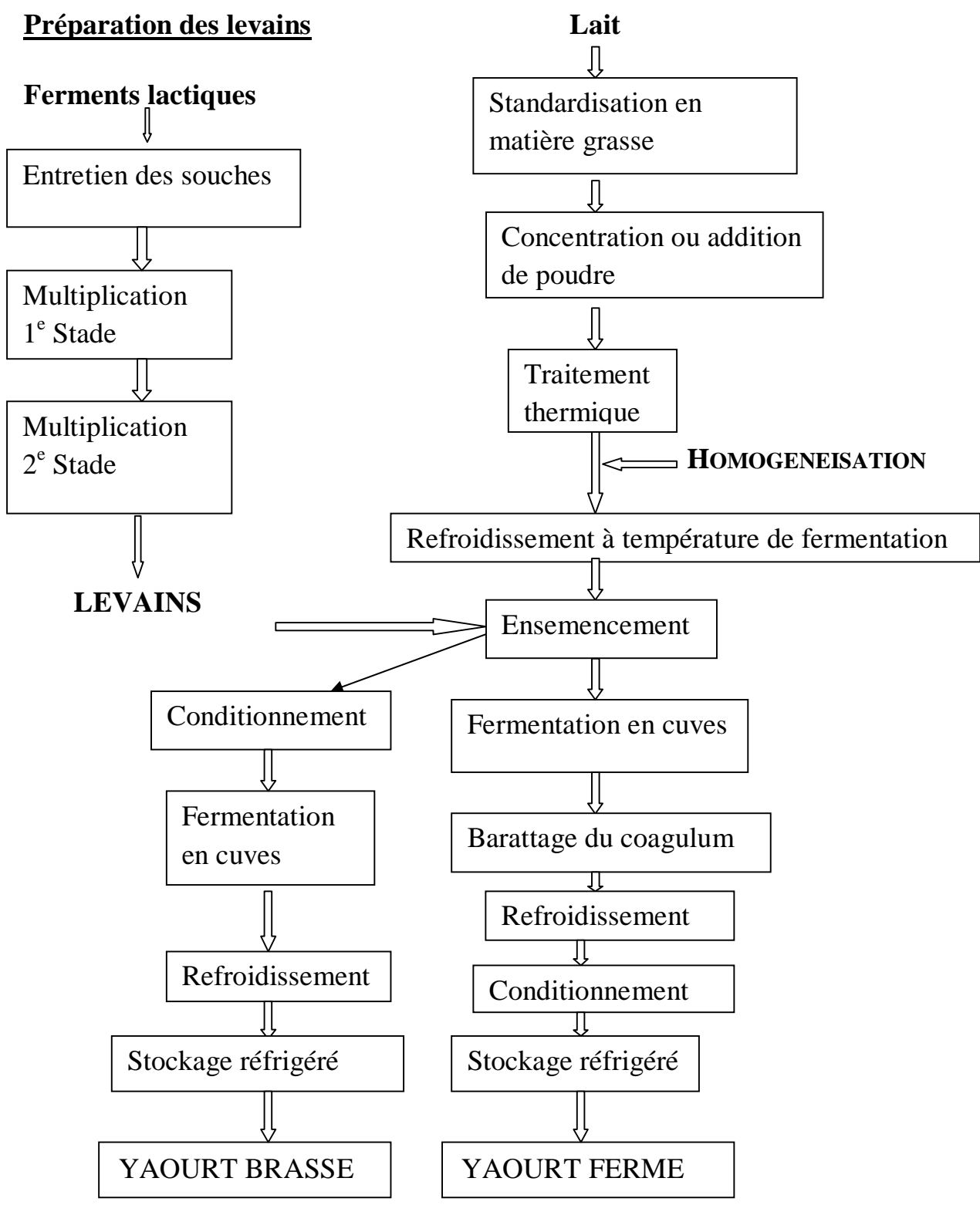


Figure 1 : Diagramme des principales étapes de la fabrication du yoghourt

Après la standardisation en matière grasse et en extrait sec, le lait est traité thermiquement avant d'être refroidi à la température d'ensemencement, environ 42-45°C. Il est ensuiteensemencé avec *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* et *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*. Ces deux bactéries du yaourt ont des rôles très complémentaires. La première ne produit que de l'acide lactique et sa croissance optimale se situe au tour de 45 à 50°C. Elle acidifie fortement le lait avec un pH voisin de 4,5 jusqu'à 3,8 pour certaines souches. La seconde est moins acidifiante mais participe à la production de composés aromatiques, principalement l'acétaldéhyde, la cétone, l'acétoïne et le diacétyl. *Streptococcus thermophilus* produit également des polysaccharides. Actuellement, les ferments commerciaux sont disponibles sous formes congelée ou lyophilisée. Les cultures congelées servent à inoculer des cuves à fermentation ou à ensemencer directement le lait de fabrication. Les cultures lactiques lyophilisées présentent l'avantage d'être faciles à entreposer et permettent d'ensemencer de plus faibles volumes (**Lamontagne, 2002**).

A la fin du processus de fermentation qui dure environ 2 à 3 heures, on obtient un yaourt qui peut être ferme, brassé ou liquide en fonction des opérations technologiques subies ; essentiellement le brassage du coagulum. Les yaourts peuvent être aussi naturels, sucrés ou édulcorés, additionnés de fruits ou encore aromatisés.

CHAPITRE 3 : LE MARCHE DU LAIT ET PRODUITS LAITIERS AU SENEGAL

En matière d'alimentation, même si les nutriments indispensables à la croissance et au maintien de certaines fonctions vitales sont les mêmes pour tous les humains, les sources de ces nutriments dépendent très fortement des ressources disponibles localement. C'est ainsi qu'en Afrique, le lait des ruminants domestiques constitue l'une des sources de protéines animales les plus consommées. Au Sénégal, l'offre en lait et produits laitiers est constituée du lait frais et fermenté produits localement mais aussi du lait et produits laitiers importés. En effet, l'insuffisance de la production locale fait que pour satisfaire la demande, le Sénégal est obligé d'importer les produits laitiers, surtout de la poudre de lait. Le secteur laitier sénégalais est donc marqué par une forte opposition entre d'une part, une production locale majoritairement issue des systèmes extensifs et d'autre part un secteur industriel basé sur l'utilisation de la poudre de lait importée. La poudre de lait importée va se retrouver dans 3 circuits différents : le circuit industriel qui offre des produits frais notamment les laits pasteurisés et fermentés, le circuit de micro-conditionnement du lait en poudre et enfin le circuit des micro-entreprises artisanales qui proposent du lait fermenté reconstitué.

3.1. La production locale du lait

Au Sénégal, la production laitière est assurée essentiellement par les races bovines. La production laitière des petits ruminants, notamment les caprins reste très marginale même si on note quelques unités fromagères artisanales qui transforment le lait de chèvre.

Pour l'année 2012, le cheptel a été estimé à 3,379 millions de bovins 5, 887 millions d'ovins et 5, 038 millions de caprins (**Ministère de l'élevage ; 2013**). Le cheptel bovin est constitué de races locales, de races exotiques ainsi que de produits de leur croisement. Trois types génétiques locaux sont exploités pour la

production du lait. Il s'agit du Zébu (*Bos indicus* ou *Bos africanus*), le Taurin (*Bos taurus*) et leurs produits de croisement. Ces animaux sont exploités essentiellement en mode extensif avec une productivité limitée. Le rendement laitier par vache varie de 1 à 3 litres par jour. Pour pallier cette faible productivité, les races ou les gènes des races bovines à hautes potentialités laitières ont été introduits à partir des années 1960. Les gènes des races exotiques les plus communément exploités sont la *Montbéliarde*, la *Jersiaise*, le *Girolando* et la *Holstein* (Séry, 2003 ; Diop, 2008).

Toutes ces races bovines, locales, exotiques et métisses vont se retrouver dans trois systèmes d'élevages rencontrés au Sénégal. D'après **Lhoste et al (1993)** un système d'élevage est un ensemble de techniques et de pratiques mises en œuvre par une communauté donnée pour faire exploiter dans un espace donné des ressources végétales par des animaux, en tenant compte de ses objectifs et de ses contraintes. Au Sénégal, l'élevage étant la deuxième grande activité du secteur primaire après l'agriculture, la coexistence des ces deux activités dans certaines zones ou la prédominance de l'une sur l'autre, en fonction des ressources disponibles est à la base de la différenciation des trois systèmes d'élevage en vigueur : le système pastoral, le système agropastoral et le système intensif. La différenciation de ces systèmes d'élevage est basée sur les objectifs de production, le mode de conduite des animaux et le niveau d'utilisation d'intrants. La figure 2 présente la carte des systèmes de production de lait au Sénégal.

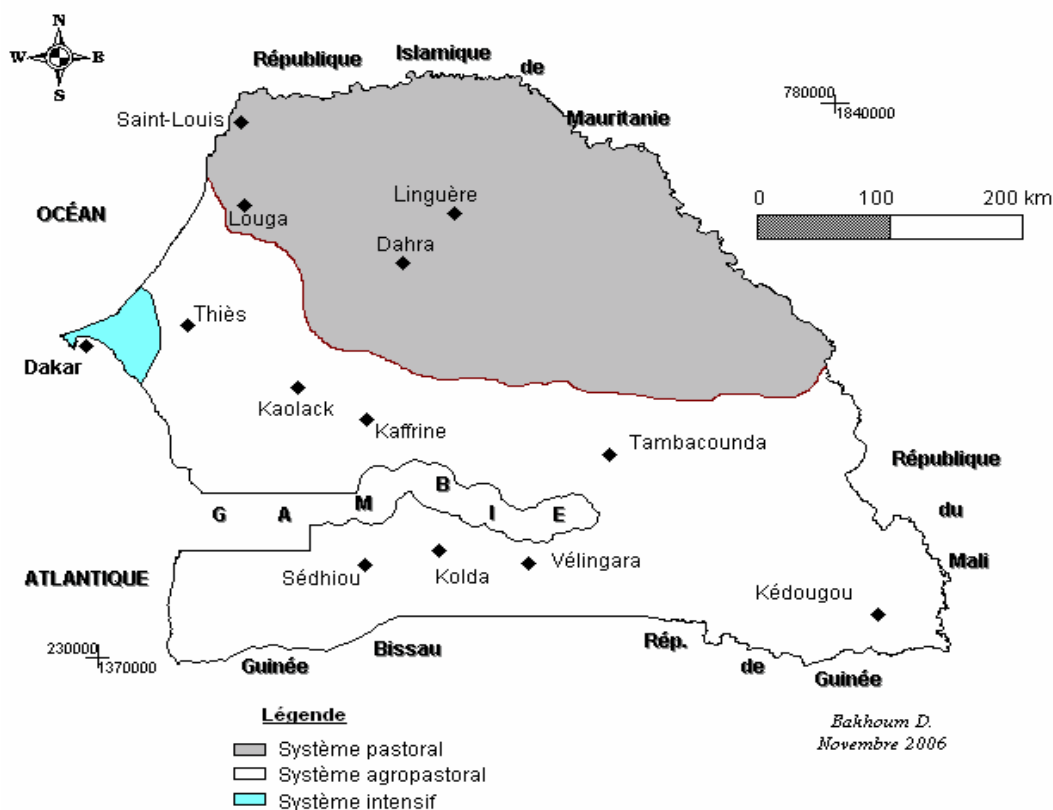


Figure 2 : Carte des systèmes de production de lait au Sénégal (d’après Bakhoum, 2006)

Le système extensif ou pastoral ou système de production traditionnelle est le plus important, tant du point de vue des effectifs d’animaux exploités que de la population humaine concernée. Il est présent au Nord et au Centre-Nord du pays et exploite les animaux à faible potentiel laitier. La rareté des ressources alimentaires en saison sèche et l’insuffisance de couverture sanitaire des animaux, demeurent des contraintes majeures à la production du lait dans ce système (**Duteurtre *et al*, 2010**). Le système agro-pastoral ou système semi-intensif est retrouvé au centre et dans le sud du pays. C’est un système de production mixte caractérisé par un élevage de type sédentaire avec l’intégration dans les activités pastorales, de cultures vivrières ou de rente comme l’arachide et le coton. Enfin, le système de production intensif se retrouve principalement à la périphérie de la région de Dakar, dans la zone des Niayes où le climat est propice à l’élevage des races importées. A partir des ces races importées, des

fermes laitières ont été créées le plus souvent par des opérateurs privés. Leur existence est dictée par le désir de satisfaire la forte demande en lait de l'agglomération urbaine de Dakar. Le mode de conduite des troupeaux repose sur la stabulation permanente. Le régime alimentaire est à base de fourrages et de compléments sous forme de concentrés (**Duteurtre *et al*, 2010**).

Pour ces trois systèmes de production, des contraintes à la production demeurent principalement l'irrégularité des ressources alimentaires, en particulier en saison sèche et l'insuffisance de la couverture sanitaire des animaux. De même que pendant l'hivernage, période pendant laquelle les conditions alimentaires sont améliorées, l'augmentation de la production de lait se heurte à un problème d'écoulement lié à l'enclavement des zones de production (**Dieye *et al*, 2005**).

De ce fait, la production laitière nationale reste très faible, irrégulière et fortement marquée par une variation saisonnière. Cette production locale ne peut donc pas répondre aux besoins nationaux et la satisfaction de la demande demeure tributaire des importations.

3.2. Les importations du lait et produits laitiers au Sénégal

Le lait en poudre est le principal produit laitier importé au Sénégal. Pour l'année 2012, les importations des produits laitiers ont coûté environ 49,5 Milliards de FCFA à l'Etat sénégalais. Les principaux fournisseurs des produits laitiers en 2012 étaient la France (30,3%), la Nouvelle Zélande (20,6%) l'Irlande (5,4%) le Brésil (5,1%) et le Maroc (4,7%) (**Ministère de l'économie et des finances du Sénégal, 2012**).

Même si chaque année, les importations de lait et produits laitiers demeurent élevées, depuis 2008, on observe une tendance en baisse. Ainsi, d'après le Ministère de l'économie et des finances du Sénégal, en 2012 la part des

importations de produits laitiers dans le niveau global des achats extérieurs s'est repliée à 1,7% alors que le niveau était de 2,3% en 2011.

La figure 3 montre l'évolution des importations de produits laitiers au Sénégal de 2008 à 2012

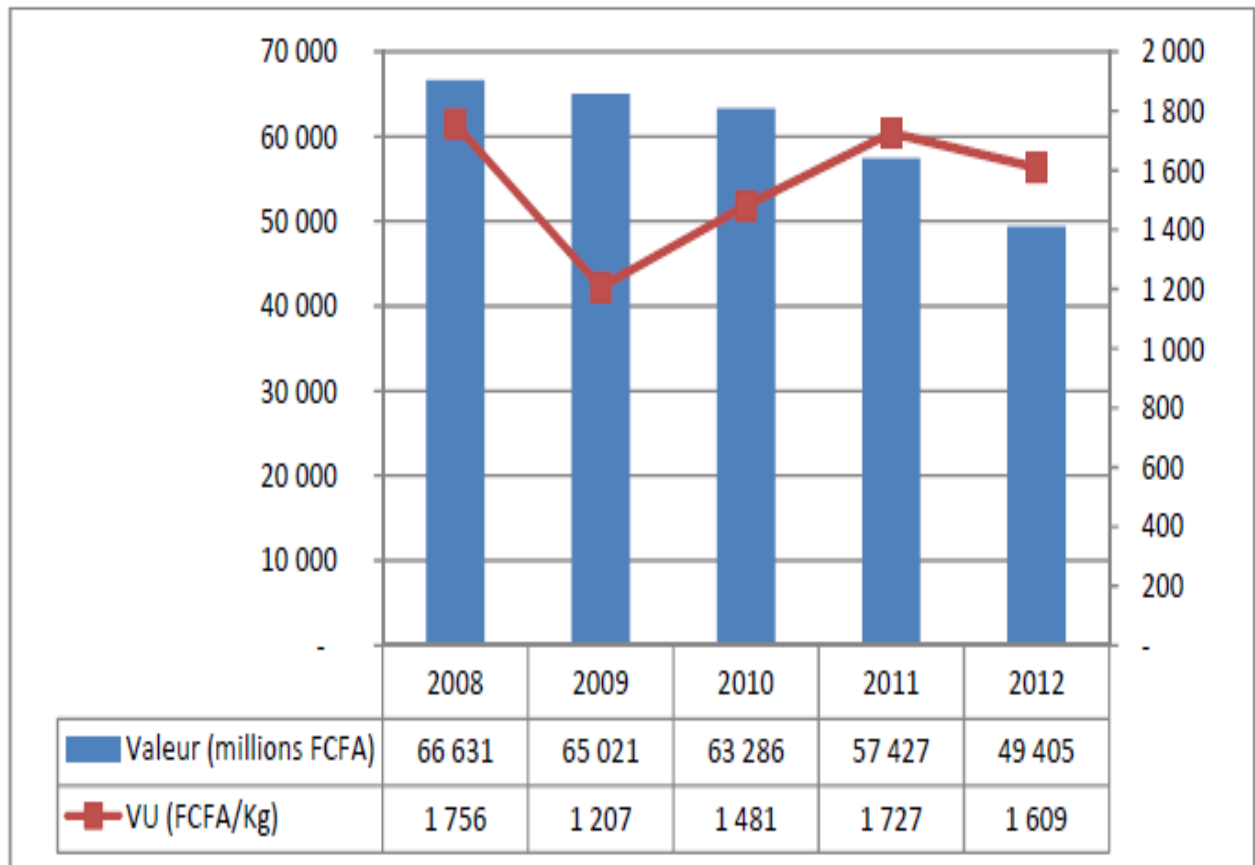


Figure 3 : Evolution des importations de produits laitiers

Source : Ministère de l'économie et des finances du Sénégal

Le lait en poudre est également utilisé pour la fabrication domestique de lait caillé et surtout par les industries et PME (lait caillé en sachet et en pots, yaourt, lait liquide aromatisé).

3.3. L'industrie du lait au Sénégal

Le secteur laitier du Sénégal est aujourd'hui marqué par de fortes importations de produits laitiers, notamment de la poudre de lait. Cet état de fait s'est traduit par l'émergence et le développement de petites et moyennes entreprises et petites et moyennes industries (PME/PMI) évoluant dans le reconditionnement et la transformation du lait en poudre. Ces entreprises produisent généralement du lait caillé à partir des procédés relativement simples. Le tableau III donne les différentes entreprises de transformation laitière au Sénégal.

Tableau III : Les entreprises de transformation de lait au Sénégal

Nom de l'entreprise	Matière première	localisation
SIM-SARL	Poudre de lait	Dakar
LMS (Laiterie Moderne du Sénégal)	Poudre de lait	Dakar
Laiterie Dakaroise SA	Poudre de lait	Dakar
SAPROLAIT-SA	Poudre de lait	Dakar
NOPROYAS- SARL	Poudre de lait	Dakar
PROMASIDOR SA (ex MILKI FOODS)	Poudre de lait	Dakar
LES MAMELLES JABOOT-SA	Poudre de lait	Dakar
MILKOA-SARL	Poudre de lait	Sangalkam
SATREC-SA	Poudre de lait	Dakar
SOSEPAL-SARL	Poudre de lait	Dakar
Laiterie du Berger	Lait local	Saint-louis
Ferme Wayebam	Lait local	Sangalkam
Ferme Pastagri Niakoulrab	Lait local	Sangalkam
SIAGRO Kirène	Lait local	Kirène

Source : (ANSD, 2010)

L'industrie laitière sénégalaise est dominée par la transformation artisanale. C'est un circuit à dominant informel et où peu d'informations sont disponibles. Ce secteur industriel n'est pas non plus connecté à la production locale. La matière première est constituée par la poudre de lait importée. Les produits sont constitués par du lait en poudre microconditionné et revendu en l'état. La poudre de lait est également reconstituée puis pasteurisée pour être vendue comme lait de consommation ou pour subir une fermentation de type lactique. Très récemment d'autres types de produits laitiers comme le lait mélangé à des céréales locales ont fait leur apparition sur le marché sénégalais.

Le caractère informel et artisanal de l'industrie de la transformation du lait au Sénégal est souvent à l'origine des défauts de qualité constatés au niveau des produits laitiers proposés au consommateur sénégalais.

3.4. Qualité et hygiène en industrie de transformation laitière

Depuis quelques années, on assiste au Sénégal à l'émergence de nombreuses micros, petites et moyennes entreprises de transformation de lait. Ce secteur joue un rôle important en termes d'emplois, de revenus directs et indirects et contribue de façon opérationnelle à la politique nationale de développement économique (**Ministère de l'élevage ; 2011**). Cependant, comme tout autre aliment, le lait, s'il a été mal manipulé ou mal conservé est susceptible de provoquer des intoxications alimentaires.

De plus, de par son caractère très dilué, le lait est un produit particulièrement sensible aux altérations bactériennes et peut être le siège de nombreuses réactions chimiques lorsqu'il est entreposé à température ambiante ou lorsqu'il subit des variations de température. De ce fait, la mise en place d'une politique de qualité dans les entreprises, même les plus petites, est donc une priorité pour atteindre un niveau de protection du consommateur adéquat. Dans le cas précis

de la transformation laitière, le respect des bonnes conditions d'hygiène et de fabrication est plus qu'une nécessité. A cet effet des exigences relatives à la conception, à l'hygiène des équipements et au personnel sont fixées dans les établissements de transformations du lait.

3.4.1. Conception et hygiène des locaux

Une usine de transformation de produits laitiers doit avoir des locaux appropriés à la fabrication des produits. Dans la construction et l'aménagement, elle doit respecter certaines exigences telles qu'un environnement extérieur immédiat bien drainé, exempt de débris et bien entretenu. Le bâtiment doit être bien conçu, construit et entretenu de façon à minimiser l'introduction des contaminants (**Dupuis et al, 2002**). Ces exigences s'appliquent aussi à l'intérieur du bâtiment : planchers, murs, installations de lavage des mains, bains antiseptiques, escaliers, ascenseurs, fenêtres, portes intérieures, dispositifs d'éclairage et de ventilation, conteneurs à déchets, installations sanitaires, installations de nettoyage et d'assainissement, dispositifs réservoirs pour l'eau, la glace et la vapeur. Les poussières dans l'air ambiant, les toiles d'araignées au plafond, les débris organiques au sol peuvent héberger des souches pathogènes qui passeront ensuite dans le lait au cours des différentes opérations unitaires (**Ministère de l'élevage, 2011**).

Il est recommandé d'effectuer la transformation dans une enceinte close à l'abri de la poussière et des animaux nuisibles (mouches, rats, souris, cafards...). Les locaux de transformation alimentaire doivent notamment respecter le principe des « cinq S » (Séparation entre Secteurs Sains et Secteurs Souillés) et le principe de la « marche en avant ».

Le produit arrive en général relativement contaminé au niveau de la réception des matières premières, et le produit fini doit être indemne à la sortie de l'unité.

Le principe de «marche en avant » suppose que les flux de produit « propre » et « sale » ne se croisent pas.

3.4.2. Hygiène du matériel

Le matériel utilisé pour les diverses manipulations ou pour la conservation représente un risque majeur de contamination avant le traitement thermique et de recontamination après le traitement thermique du fait de son contact régulier avec la matière première. Ce risque devient plus élevé lorsque ce matériel est inadapté ou insuffisamment lavé et désinfecté. C'est le cas du matériel en bois ou celui susceptible d'être le support de biofilm). L'équipement devrait être conçu et installé de manière à éviter autant que possible des culs-de-sac ou des points morts dans les conduites de lait. En présence de cul-de-sac ou de points morts, des procédures spéciales devraient en assurer le nettoyage adéquat ou empêcher l'émergence de tout danger pour la salubrité (CAC/RCP-57 ; 2004). Il faut généralement que l'appareillage puisse être entièrement démonté, non seulement pour permettre un nettoyage complet, mais aussi pour que la vérification en soit possible.

3.4.3. Hygiène du personnel

Le personnel joue un rôle primordial pour la qualité des produits alimentaires. Un personnel formé à l'hygiène est un facteur déterminant pour la qualité. Inversement, s'il est peu formé ou peu attentif, il peut constituer une importante source de contamination par son état de santé, sa tenue vestimentaire ou par ses pratiques de travail.

Lors de l'embauche, toute personne affectée au travail et à la manipulation des produits devrait être soumise à un examen médical, par le médecin du travail. Celui-ci délivre un certificat médical à toute personne saine et assure son suivi au moins une fois par an. Au besoin, notamment pendant les visites de suivi, il

fait également de la sensibilisation aux règles d'hygiène corporelle et vestimentaire. Le responsable qualité de l'entreprise ou la personne responsable d'hygiène est chargé de la sensibilisation aux règles d'hygiène de toute personne nouvellement embauchée. Cette sensibilisation est refaite régulièrement et autant que nécessaire.

3.4.4. Nettoyage et désinfection

Une préoccupation très vive dans l'industrie laitière est le nettoyage et la désinfection. Le nettoyage consiste à éliminer des saletés présentes dans le but d'obtenir une surface physiquement et chimiquement propre. Quant à la désinfection, elle consiste à détruire des microorganismes dans le but d'obtenir une surface microbiologiquement propre.

Le Tableau IV, présente le programme de nettoyage et désinfection habituellement mis en place dans l'entreprise de transformation laitière.

Tableau IV: Programme de nettoyage et désinfection

Local ou matériel	Programme de nettoyage et Désinfection	Concentration en détergent ou en désinfectant	Fréquence de nettoyage et désinfection
Salle de préparation (sol, murs, drains, ...)	Raclage des surfaces et rinçage à l'eau Nettoyage au détergent (30 min) Rinçage à l'eau Désinfection (contact de 30min)	- 1% - 200 mg/l	Une fois à. deux fois par jour
Tables et paillasse de Travail	Raclage des surfaces et rinçage à l'eau Nettoyage au détergent (Soude, 30 min) Rinçage à l'eau Désinfection à l'eau de Javel Rinçage à l'eau après 30 min.	- 1% - 200 mg/l	Une fois à. deux fois par jour
Conteneurs, marmites, bidons et autres ustensiles de travail,...	Rinçage à l'eau Nettoyage au détergent (Soude: contact de 30 min) Rinçage à l'eau Désinfection à l'eau de Javel Rinçage à l'eau après 30 min.	- 0,5% à 1% - 200 mg/l	Après utilisation, les ustensiles sont lavés puis désinfectés et laissés s'égoutter
Conteneurs à déchets, local d'entreposage des déchets	Rinçage à l'eau Nettoyage au détergent (contact de 30 min) Rinçage à l'eau Désinfection à l'eau de Javel Rinçage à l'eau après 30 min	- 0,5% à 1% - 200 mg/l	Nettoyage et une désinfection une à deux fois par jour.
Sanitaires et locaux Annexes	Raclage des surfaces et rinçage à l'eau Nettoyage au détergent (contact de 30 min) Rinçage à l'eau Désinfection à l'eau de Javel	- 1% - 200 mg/l	Une fois à. deux fois par jour
Véhicules de transport	Raclage des surfaces et rinçage à l'eau Nettoyage au détergent (contact de 30 min). Rinçage à l'eau Désinfection à l'eau de Javel Rinçage à l'eau après 30 min	- 0,5% à 1% - 200 mg/l	Après chaque Livraison
Nettoyage et désinfection des mains	Rinçage à l'eau Nettoyage au détergent Rinçage à l'eau Désinfection à l'eau de Javel	- savon - 50 mg/l	A chaque retour au travail, après la visite des toilettes

Source : Ministère de l'élevage du Sénégal 2011

En conclusion de cette partie sur la revue de la littérature en rapport avec la production, la transformation et la qualité du lait, on peut retenir que le lait qu'il soit nature ou transformé, joue un rôle très important dans l'alimentation des sénégalais et constitue l'une des principales sources de protéines. Le lait demeure le premier aliment complet dès le jeune âge et reste indispensable tout au long de la croissance. Au Sénégal, le lait est consommé principalement sous deux formes : liquide ou fermentés. Ce lait est issu des systèmes de production locaux mais aussi de l'industrie laitière locale utilisant essentiellement la poudre de lait importée. C'est cette dernière qui constitue l'objet d'étude dans la partie expérimentale de cette thèse dont le but est d'apprécier le niveau de mise en œuvre de l'hygiène et la qualité des laits fermentés de type « industriel » produits par une unité de transformation laitière locale dénommée « X ».

DEUXIEME PARTIE :
ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1: MATERIEL ET METHODES

Notre travail a porté sur l'appréciation de l'hygiène et de la qualité des produits fabriqués dans une entreprise de transformation laitière locale que nous appellerons « Entreprise X » pour les besoins de confidentialité. L'approche méthodologique suivie a fait appel à des enquêtes de terrain et des analyses de laboratoire. Le travail de suivi sur le terrain s'est étalé sur 25 semaines. Ainsi, 50 lots de fabrication ont été suivis et 50 échantillons prélevés sur ces lots à raison de deux échantillons par semaine. Les paramètres analytiques mesurés sur les 50 échantillons analysés ont été l'acidité Dornic, le dénombrement de la flore d'intérêt technologique ; la flore lactique et celui d'*Escherichia coli* ; bactérie potentiellement pathogène.

1.1. Enquêtes de terrain

1.1.1. Présentation du cadre d'étude

Ce travail a eu pour cadre une unité de transformation laitière dénommée « Entreprise X » localisée à Keur Ndiaye Lo à 60 km de Dakar capitale du Sénégal. Administrativement, Keur Ndiaye LO est situé dans la Communauté rurale de Sangalkam, la région de Dakar. L'entreprise « X » a été créée en 1998, et produit environ 1000 à 1700L de lait fermenté par jour de production. La matière première est de la poudre de lait reconstituée. Le lait fermenté est conditionné en sachet de 1L, ½L, ¼ L, 1/8L et en pots de ½L, 1L et 5L. Elle met aussi à la disposition des consommateurs sénégalais du «thiakry», qui est un lait fermenté mélangé avec du couscous de mil, conditionné en pots de 250 et 500g.

1.1.2. Outils et méthode d'enquête.

Le travail de terrain a été réalisé à travers des enquêtes basées sur l'observation non participante. Cette méthode appelée aussi observation désengagée est utilisée lorsque les phénomènes que l'on cherche à décrire peuvent être

constatés ou observés sans qu'il soit nécessaire de connaître comment ils sont vécus. Ces observations non participantes ont été complétées par les entretiens libres avec le personnel de l'usine. Cette enquête s'est effectuée au cours d'une période de 25 semaines à raison de deux visites par semaine. Les outils d'enquête ont été la fiche d'enquête constituée de plusieurs rubriques (**Annexe1**) et les grilles d'observation qui nous ont permis de recueillir des informations concernant les différents locaux, le type d'installations, le personnel, le matériel, le mode de production, le système de nettoyage-désinfection, et d'effectuer une analyse critique du procédé de transformation du lait au niveau de l'entreprise « X ».

1.2. Analyse de laboratoire

1.2.1. Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué de 50 échantillons de lait fermentés issus de 50 fabrications différents. Ces échantillons ont été prélevés à la fin du processus de fabrication du lait fermenté de l'entreprise « X ». Un échantillon correspond à une unité de vente au consommateur, soit un pot de 500 ml. Le choix des pots est basé sur leur conditionnement qui se faisait de façon manuelle et dont les risques de contamination étaient plus élevés. Aussitôt après le prélèvement, les échantillons ont été transportés sous glace (température $\leq +4^{\circ}\text{C}$) jusqu'au laboratoire où chaque échantillon a été divisé aseptiquement en deux fractions. La première fraction a servi au dosage de l'acidité Dornic et la seconde au dénombrement bactérien. Les analyses ont été faites sans délai.

1.2.2 Matériel d'analyse

Les analyses bactériologiques et physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire d'Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale (HIDA OA) de l'école Inter-états des Sciences et Médecine Vétérinaires

(EISMV) de Dakar. Le matériel utilisé est donc celui dudit laboratoire équivalent à celui de tout laboratoire de microbiologie des aliments travaillant sous bonnes pratiques de laboratoire. Il s'agit des équipements et matériels usuels des laboratoires de microbiologie alimentaire, des milieux de culture commerciaux, des réactifs et consommables de laboratoire.

1.2.3. Méthodes

✓ Mesure de l'acidité Dornic

La détermination de l'acidité Dornic a été faite à l'aide d'un acidimètre équipé d'une burette reliée à un flacon contenant une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 0,1N. Pour ce faire, un volume de 10 ml de lait caillé a été mis dans un bêcher additionné de 3 gouttes de phénolphtaléine à 1%. Le bêcher a été ensuite remué pour faciliter l'homogénéisation. La soude contenue dans la burette a été ajoutée au mélange goutte à goutte jusqu'au passage de l'incolore au rose qui doit persister au moins 10 secondes. L'acidité titrable a été exprimée en degrés Dornic (°D) qui est le volume en dixième de millilitre (1/10 ml) de NaOH (0,1N) utilisée pour titrer 10 ml de lait. Ainsi 1°D équivaut à 1mg d'acide lactique dans 10ml de lait, soit 0,1 g/L ou 0,01 % d'équivalent d'acide lactique.

✓ Dénombrement de la flore lactique

Chaque échantillon a subi une dilution préliminaire au dixième pour obtenir les dilutions successives. Ainsi, nous avons prélevé dans un sachet StomacherND 10ml de l'échantillon auxquels nous avons ajoutés 90 ml d'eau peptonnée tamponnée (EPT). Le contenu du sachet StomacherND a été ensuite homogénéisé à l'aide d'un broyeur type StomacherND pendant 1 mn 30 puis laissé au repos pendant 30 minutes pour assurer la revivification des microorganismes éventuellement stressés. La solution ainsi obtenue a constitué la suspension mère (10^{-1}). De cette solution mère, il a été prélevé 1 ml auquel il a été ajouté

9ml d'ETP contenus dans un tube à essai, ce qui donne la dilution 10^{-2} . 1ml de la dilution 10^{-2} a été ajouté à 9ml d'ETP contenus dans un autre tube à essai pour réaliser la dilution 10^{-3} . Ainsi de suite, nous avons réalisé les dilutions successives. La figure 4 montre les différentes étapes de la préparation de la suspension mère et des dilutions successives.

Prise d'essai : Préparation de la solution mère

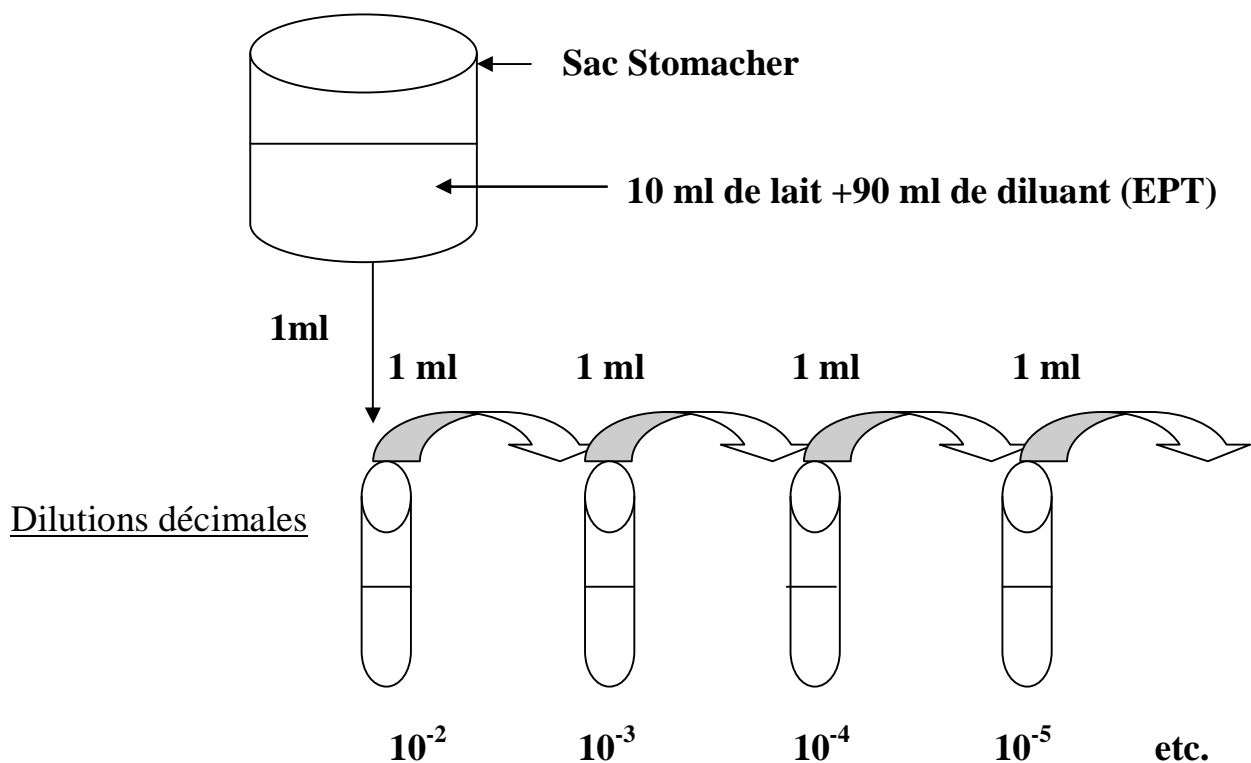


Figure 4 : Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

Pour le dénombrement de la flore lactique, le milieu de culture utilisé est la gélose MRS (De Man, Rogosa, and Sharpe, Difco) incubée à 30°C en anaérobiose pendant 72h. L'ensemencement a été fait en double couche. 1 ml de chacune des dilutions a été mis dans les boîtes correspondant. Nous avons ensuite prélevé environ 15 ml du réactif préalablement préparé puis versé dans différentes boîtes de Pétri lesquelles ont été laissées au repos jusqu'à la solidification de la gélose avant d'y couler une deuxième couche d'environ 5 ml

de milieu MRS. Les boîtes ont été ensuite laissées une deuxième fois au repos puis incubées dans une étuve de 30°C pendant 72h± 2h, avant de passer à la lecture. La lecture a concerné les colonies présumées *lactobacillus*. Ces dernières ont généralement un diamètre de 0,5 à 1 mm, sont à contours nets ou réguliers avec une forme circulaire. Elles peuvent aussi être opaques, de consistance homogène ou discrètement granuleuse, incolore ou blanchâtre. A partir des colonies caractéristiques, il a été calculé le nombre d'unité formant colonie (UFC) /ml de lait.

✓ **Dénombrement d'*E. coli***

Le dénombrement des *E. coli* β-glucuronidase positive a été fait suivant la norme ISO 16649-2, 2001. Le milieu de culture est la gélose TBX (**Tryptone-bile-glucuronide de Biokar**) incubée à 44°C pendant 24 h. Pour cette analyse, l'ensemencement a été fait en profondeur. Après préparation des dilutions, nous avons prélevé 1ml de chacune des dilutions dans une boîte de Pétri ensuite versé environ 15ml du milieu préalablement préparé dans chaque boîte puis remué légèrement les boîtes. Ces dernières ont été laissées au repos jusqu'à la solidification de la gélose puis incubées pendant 24 ± 2 h dans une étuve de 44°C avant de passer à la lecture. Cette dernière concerne les colonies bleues caractéristiques d'*E. Coli*.

1.3. Traitement et analyse des données

Le nombre de colonies présentes a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{\sum c}{V (n_1 + 0,1n_2) d}$$

N = nombre de germe

c = colonie

V = volume d'inoculum ensemencé

n_1 = nombre de boîte utilisé pour la première dilution retenue

n_2 = nombre de boîte utilisé pour la dilution suivante

d = première dilution retenue

Les données issues des dénombrements ont été saisies sous EXCEL afin de déterminer les valeurs maximales, minimales, de calculer la moyenne des mesures obtenues, et de tracer les différents graphiques. Enfin, nous avons utilisé le logiciel R COMMANDER pour calculer la corrélation entre la flore lactique et l'acidité Dornic.

Pour ce qui concerne les données issues des observations de terrain, nous avons fait une analyse simple de contenus.

CHAPITRE 2 : RESULTATS

2.1. Résultats des enquêtes de terrain

Les enquêtes de terrain donnent des informations concernant les locaux de l'entreprise « X », le matériel utilisé, le personnel ainsi que le procédé aboutissant à l'obtention du lait fermenté.

2.1.1. Le personnel

Le personnel de l'entreprise « X » est composé de vingt (20) personnes, constituées exclusivement d'hommes.

Le personnel technique est constitué de cinq (5) personnes ayant tous un niveau d'étude qui ne dépasse pas le secondaire, et leur formation en hygiène et technologie laitières est faite sur le tas. Ce personnel ne dispose pas d'uniformes. Les tenues portées par les opérateurs sont généralement de couleurs différentes de la blanche et la saleté y est difficilement détectée. Ce sont des tenues qui sont souvent de courtes manches, mettant à découvert les bras. Ces vêtements sont utilisés uniquement lors de la transformation et sont lavés deux fois par semaine. Avant de débiter la production, les opérateurs se lavent les mains au savon puis portent leur tenue de travail. Durant la production, les opérateurs se lavent les mains avant et après toute manipulation, et après chaque passage au niveau des toilettes. Le personnel dispose des bottes, des calottes et tabliers utilisés pour la transformation et qui sont lavés après chaque production. Par contre l'utilisation de ces outils n'est pas toujours respectée par les opérateurs.

En cas de maladie déclarée d'un membre du personnel, celui-ci est pris en charge puis mis en congé jusqu'à la guérison.

2.1.2. Les locaux

L'entreprise de transformation laitière au sein de laquelle nous avons fait nos enquêtes est constituée de 3 types de locaux :

- ✓ Local administratif ;
- ✓ Locaux techniques ;
- ✓ Locaux sanitaires et vestiaires.

Le local administratif correspond au bureau du chef de l'entreprise et de son adjoint. Les locaux techniques regroupent les locaux de stockage, de production et de la chambre froide. Le local de stockage sert à entreposer les sacs de poudre de lait et de sucre, les emballages constitués essentiellement de film en bobine, et les pots. Au niveau de ce local, les murs sont couverts de peinture à huile et le sol cimenté. Le stockage est fait sur des palettes en bois.

Le local de production comprend une salle de reconstitution du lait suivie de celle d'ensemencement et d'une salle de caillage. Dans la salle de préparation, s'effectuent les étapes allant du mélange des matières premières à savoir la poudre et le sucre, jusqu'au conditionnement en sachet et en pots des produits. La salle d'incubation est équipée d'une porte s'ouvrant directement sur la salle de préparation. La salle d'incubation est également équipée d'un thermomètre. Cette salle sert à l'incubation des différents produits conditionnés. L'incubation est faite à une température de 42°C. La chambre froide, équipée de thermomètre, sert au stockage des produits en cours de livraison. A l'intérieur de cette chambre, la température varie de 4 à 8°C.

Les locaux sanitaires sont constitués de trois toilettes, d'un lave-mains à ouverture manuelle. Il n'existe à ce niveau ni de savon ni de dispositif pour l'essuyage des mains. Les vestiaires sont au nombre de huit et sont utilisés par le personnel chargé de la production. Ils sont nettoyés et désinfectés tous les jours. Au niveau des vestiaires, les murs sont couverts de faïences de couleur blanche à

une hauteur de deux mètres, le sol est revêtu de faïences de couleur grise. L'emplacement des locaux sanitaires est très proche des locaux techniques. Les matières premières et les emballages acheminés du local de stockage vers le local de production, passent obligatoirement devant les locaux sanitaires.

2.1.3. Equipement et matériel

Le matériel utilisé dans cette unité de transformation laitière est constitué d'une balance automatique permettant la mesure des quantités de poudre de lait et de sucre utilisées pour la production, d'une cuve de capacité 1100 L dans laquelle s'effectue le mélange, des circuits de passage du lait, de trois autres cuves de capacités 150 L, 200 L et 400 L dans lesquelles est réparti le mélange après traitement thermique et au niveau desquelles se fait l'ensemencement. Le traitement thermique du lait déjà reconstitué se fait à l'aide d'un pasteurisateur à plaques. Après l'ensemencement, le lait est conditionné en sachet de 1 L, ½ L, ¼ L, et 1/8 L à l'aide d'une ensacheuse verticale en inox de marque « PREPACK ».

De façon générale, le matériel utilisé pour la fabrication est en « inox » à l'exception de seau en plastique utilisé pour la préparation du ferment. Outre le matériel utilisé pour la production, l'usine dispose d'autres matériels pour le transport des produits. Il s'agit des caisses isothermes en polystyrène et des paniers en plastiques dans lesquels sont mis les produits lors de la vente. Le transport des produits est assuré par des véhicules frigorifiques. Ces matériels sont nettoyés et désinfectés après chaque usage, de même que les véhicules après livraison des produits.

2.1.4. Procédé de transformation mis en œuvre

La production de lait caillé au niveau de l'entreprise « X » est faite chronologiquement selon les étapes suivantes : la préparation du mélange, la pasteurisation, l'ensemencement, le conditionnement, l'incubation, le refroidissement et stockage. La figure 5 présente le diagramme de fabrication de lait caillé à l'entreprise X.

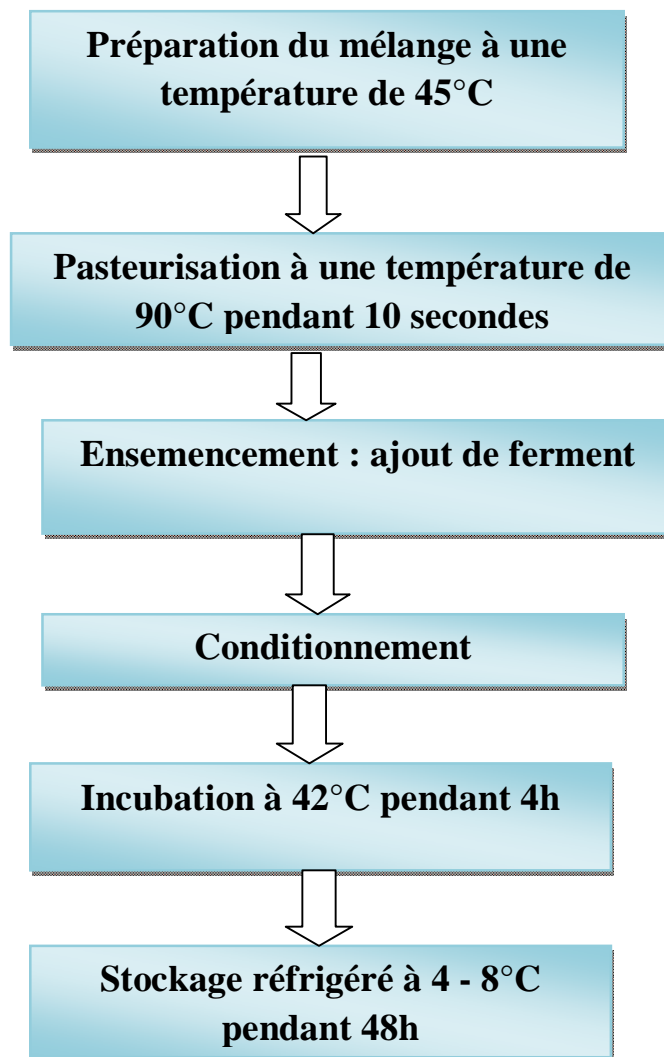


Figure 5 : Diagramme de fabrication du lait caillé à l'entreprise X

❖ Préparation du mélange



Figure 6 : Préparation du mélange

Source : Photographie FALL, 2013

Pour la préparation du mélange, un pesage de la poudre de lait et du sucre est d'abord fait à l'aide d'une balance automatique. Le mélange de poudre de lait entier, de sucre et d'eau est fait dans une cuve de capacité 1100 L (figure 6). La température du mélange est de 45°C, mesurée à l'aide d'un thermomètre à sonde et à lecture manuelle. Momentanément le mélange se faisait manuellement parce que le mélangeur automatique était en panne. La quantité mélangée par production varie entre 400 à 700 L.

❖ Pasteurisation

La pasteurisation est réalisée à l'aide d'un pasteurisateur à plaques doté d'un système de réchauffement et de refroidissement (figure 7). La température du lait à l'entrée du pasteurisateur est de 45°C. Le lait est ensuite chauffé pendant 10 secondes à une température de 90°C, indiquée par le thermostat du pasteurisateur. Le lait déjà pasteurisé est ensuite refroidi à une température de 42°C puis réparti au niveau des différentes cuves dans lesquelles est effectué l'ensemencement.



Figure 7 : Pasteurisation du mélange à l'aide d'un pasteurisateur à plaques

Source : Photographie FALL, 2013

❖ **Ensemencement**

Le ferment utilisé dans l'entreprise X est composé de bactéries lactiques mésophiles sous forme lyophilisée. Chaque sachet contient 50 g. Pour l'ensemencement, environ 10 L du lait pasteurisé sont prélevés dans un seau auxquels est ajoutée une quantité approximative de ferments (figure 8). Ce mélange « lait-ferment » est laissé au repos pendant 30 min avant d'être utilisé pour ensemencher les différentes cuves.

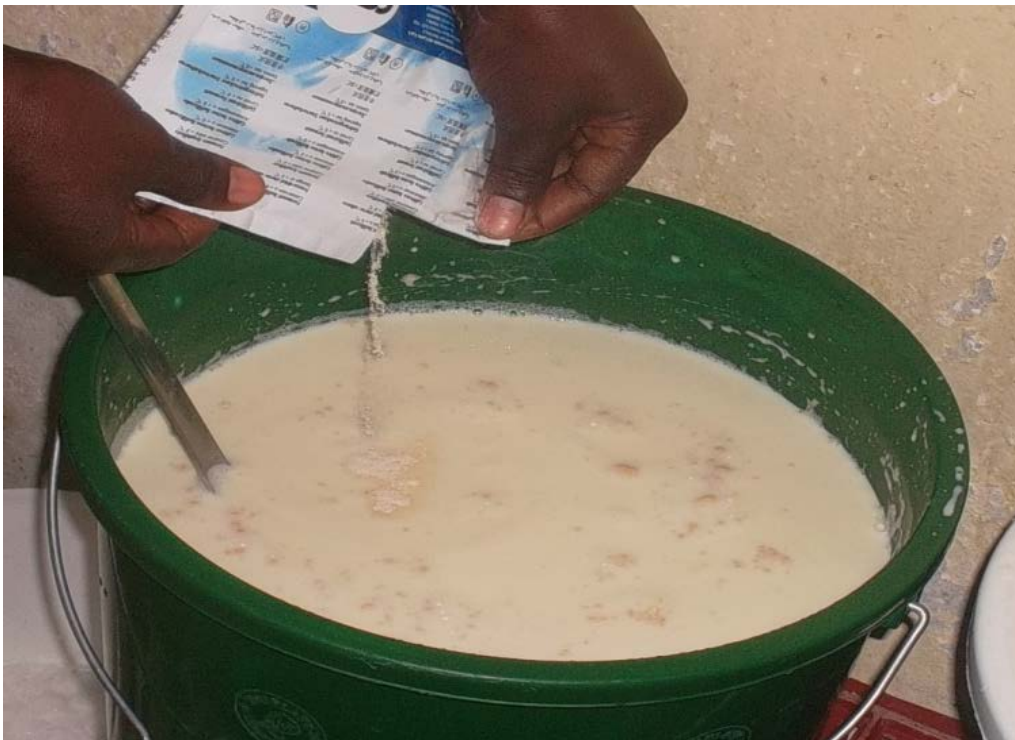


Figure 8 : Préparation du ferment

Source : photographie FALL, 2013

Le mélange préparé plus haut sert à ensemencher trois (3) cuves de capacités 150, 200 et 400 L et de contenance différente. La quantité de mélangeensemencée varie selon la quantité de lait contenue dans la cuve. Les cuves sont munies d'un dispositif permettant l'homogénéisation du mélange avant d'être conditionné. Lors de l'ensemencement, les opérateurs prélevaient le ferment par simple estimation, aucun pesage n'est réalisé à cet effet.



Figure 9 : Ensemencement des cuves par le ferment préparé

Source : Photographie FALL, 2013

❖ Conditionnement

Le conditionnement en sachet est fait à l'aide d'une ensacheuse munie d'une source lumineuse (U.V) pour stériliser les films en bobine qui servent de contenant. La figure 10 montre le dispositif de conditionnement en sachet.



Figure 10 : Conditionnement en sachet à l'aide d'une ensacheuse

Source : Photographie FALL, 2013

A l'opposé de l'ensacheuse automatique, le conditionnement en pots est fait manuellement. Cependant, avant le remplissage, les pots sont nettoyés avec de l'eau oxygénée pendant 15 min puis rincés à l'eau chaude avant d'être séchés pendant 20 min. Ensuite, ils sont remplis par ouverture d'un circuit à travers lequel passe le lait avant d'être fermés manuellement. La figure 11 montre le dispositif de conditionnement en pots.



Figure 11 : Dispositif de conditionnement en pot

Source : Photographie FALL, 2013

❖ **Incubation**

Après réalisation des différents conditionnements, les sachets et pots sont incubés dans une chambre chaude à 42°C pendant 4 h. Le chauffage est réalisé à l'aide d'un générateur de chaleur muni d'un thermostat et d'un système de ventilation permettant la répartition de la chaleur à l'intérieur de la chambre.

❖ **Refroidissement et stockage**

Après la fermentation, le lait est refroidi puis stocké dans une chambre froide dont la température est comprise entre 4 à 8°C. Le refroidissement est fait pendant 24 h dans une première salle, puis les produits sont stockés dans une deuxième salle jusqu'au moment de la livraison. Les deux salles ont toutes une température variant de 4 à 8°C. Les produits font un séjour d'au minimum 48 h dans la chambre froide avant livraison.

2.1.5. Système de nettoyage et désinfection du matériel et de l'équipement

Avant toute utilisation, le matériel est rincé à l'eau chaude. A la fin de la production les cuves sont nettoyées et désinfectées puis rincées à l'eau chaude. Le pasteurisateur et le circuit du lait sont nettoyés puis désinfectés par une solution de soude caustique d'une concentration de 43 g/L pendant 30min avant d'être rincés à l'eau chaude. Le petit matériel et les pièces démontées sont nettoyés puis désinfectés dans une solution contenant 50 ml d'eau oxygénée dans 40 L d'eau tiède pendant 30min puis rincés à l'eau chaude. Un entretien du matériel est effectué chaque mercredi, jour où il n'y a pas de production. Lors de cet entretien, les équipements démontables sont d'abord détachés en pièces puis nettoyés et désinfectés. Le pasteurisateur et les tuyaux de circuit du lait sont nettoyés par une solution de 0,5 ml d'acide nitrique dans 40 L d'eau froide pendant 30 min, puis rincés à l'eau chaude.

2.2. Résultats d'analyses de laboratoire

Les analyses des 50 échantillons de lait fermenté prélevés à l'usine « X » ont concerné la mesure de l'acidité Dornic, le dénombrement de la flore lactique et d'*Escherichia coli*.

2.2.1. Acidité Dornic

La moyenne d'acidité Dornic des 50 échantillons de lait fermenté analysés est de 65,68°D. La valeur minimale mesurée a été de 52 °D et la valeur maximale de 82 °D. La figure 12 retrace les valeurs d'acidité Dornic des différents échantillons.

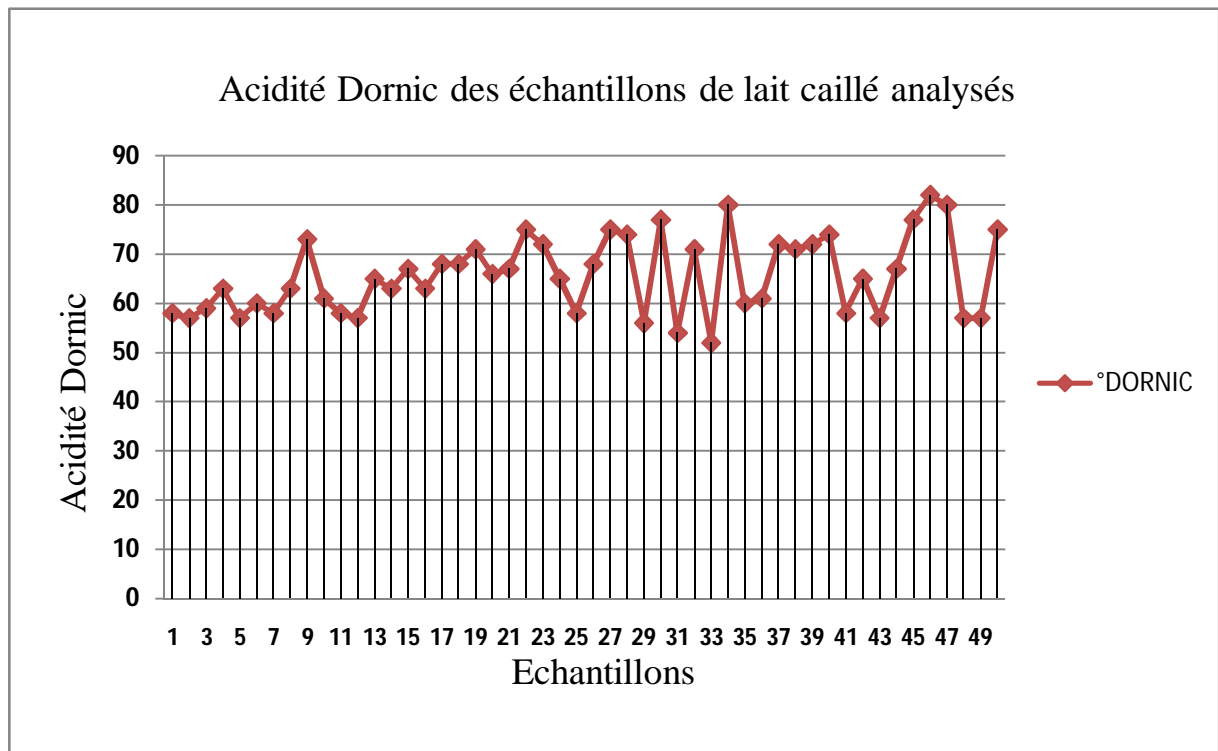


Figure 12 : Acidité Dornic des échantillons de lait caillé analysés

L'analyse de ce graphique montre une variabilité de l'acidité d'un échantillon à un autre, avec notamment une variation de 30°D.

La figure 13 montre les fréquences d'acidité Dornic des échantillons de lait analysés selon des classes d'amplitude égale à 5.

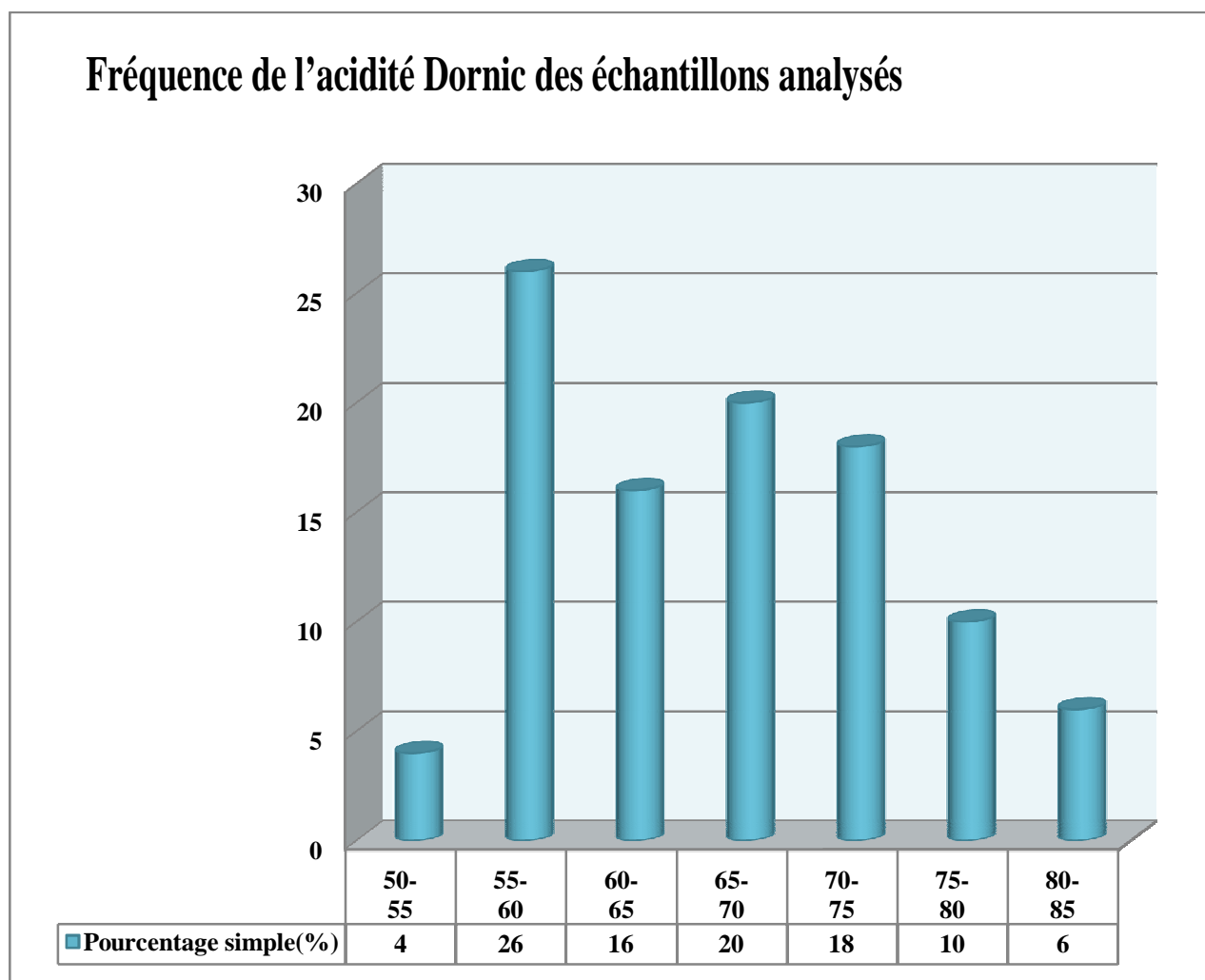


Figure 13 : Fréquence de l'acidité Dornic des échantillons analysés

L'analyse de cette figure montre que la plus grande partie des échantillons, soit 26%, a une acidité variant de 55 à 60°D. Les échantillons ont pour l'essentiel, soit 94%, une acidité inférieure à 80°D, seuls 6% ont une acidité atteignant cette valeur.

2.2.2. Dénombrement de la Flore lactique

Le dénombrement de la flore lactique des 50 échantillons analysés a donné une valeur moyenne de $2,37.10^5$ UFC /ml avec une variation de $2,82.10^4$ à $8,36.10^5$ UFC/ml. La figure 14 retrace les valeurs de la flore lactique des différents échantillons.

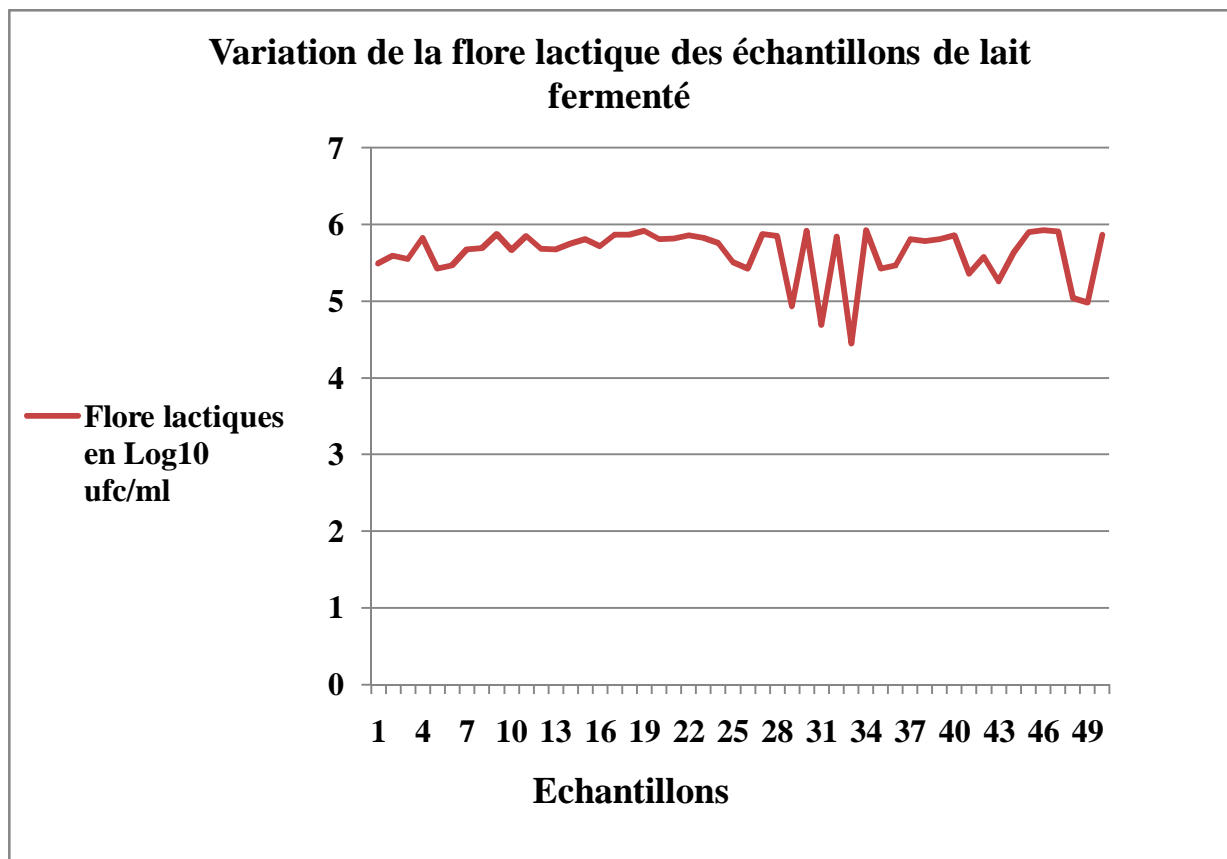


Figure 14 : Valeur de la flore lactique des échantillons analysés

Comme pour l'acidité Dornic, on observe une forte variabilité de la flore lactique des échantillons analysés. La corrélation entre les valeurs de la flore lactique et l'acidité Dornic nous a donné un coefficient de corrélation $r = 0.8495313$. La valeur r est positive et supérieure à $0,7$ alors il existe une relation forte entre la flore lactique et l'acidité Dornic, l'augmentation de l'une entraînant l'augmentation de l'autre. L'intervalle de confiance est $[0.7480779, 0.9121802]$.

La figure 15 nous montre la corrélation existant entre la flore lactique et l'acidité Dornic des échantillons de lait caillé analysés.

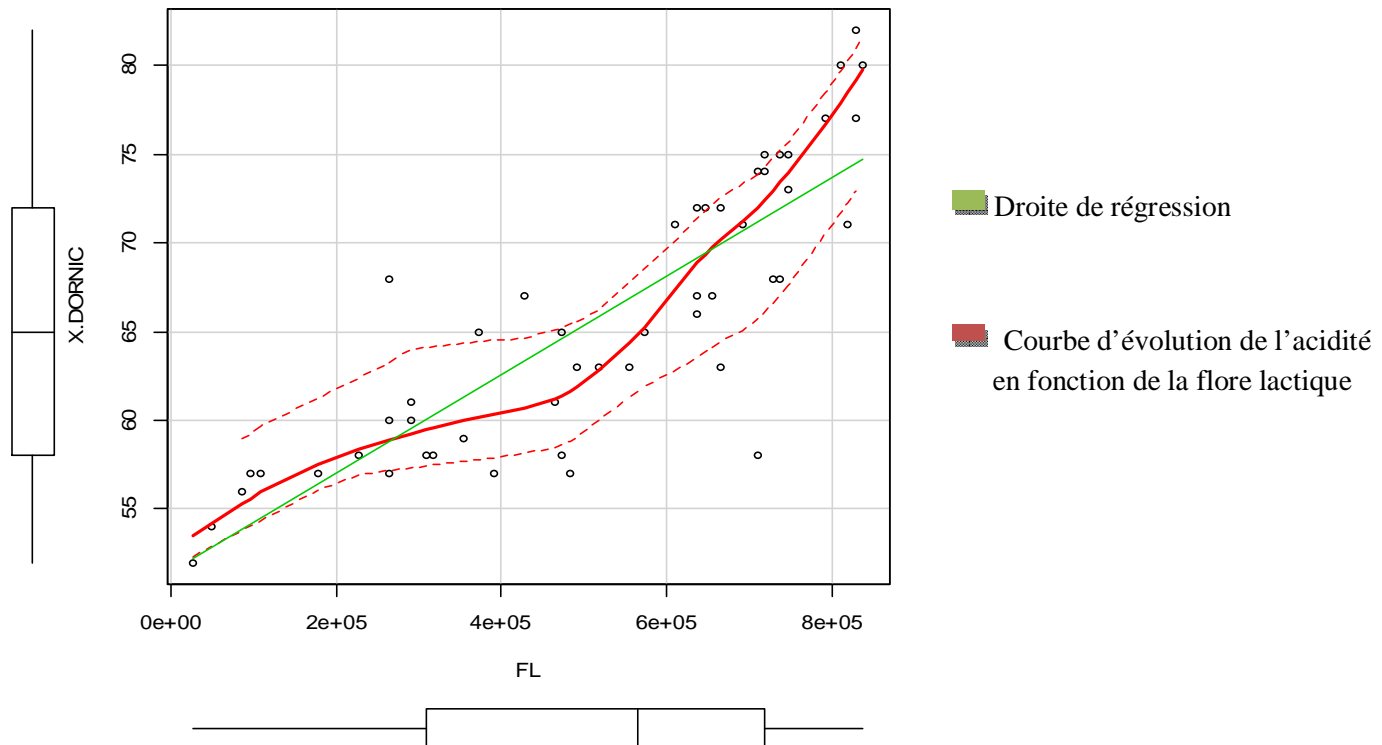


Figure 15 : Corrélation entre les valeurs de la flore lactique et l'acidité Dornic

2.2.3. Dénombrement de la flore présumée *Escherichia coli*

Aucun des 50 échantillons analysés n'était contaminé par *Escherichia coli*.

CHAPITRE 3 : DISCUSSION

3.1. Enquêtes de terrain

3.1.1. Les locaux

Au niveau des locaux techniques, l'état des sols et murs est non conforme selon les recommandations de **Dudez et al (2004)**. En effet, au niveau des locaux de stockage le sol est couvert de ciment et les murs couverts de peinture à huile difficilement nettoyables. La chambre froide répond cependant aux normes recommandées (**Ministère de l'élevage ; 2011**).

Au niveau des sanitaires, le manque d'essuie-main et de désinfectant liquide constitue un danger pour l'hygiène du personnel et par conséquent celle des produits fabriqués. L'emplacement de ces sanitaires est inadéquat, et constitue également un risque de contamination par des vecteurs tels que les insectes ou par l'air.

S'agissant du respect des principes de fonctionnement hygiénique qui régissent toute industrie agro-alimentaire, notamment la marche en avant et la séparation des secteurs sains aux secteurs souillés etc. Il est à noter que le principe de la « marche en avant » n'est pas respecté, nous avons un entrecroisement des flux, avec surtout l'ouverture de la porte de la salle d'incubation sur la salle de production. Le non respect de ce principe peut être à l'origine de contaminations croisées.

3.1.2. Le matériel

Le matériel utilisé généralement pour la production ainsi que les équipements installés au niveau de l'entreprise « X », sont conformes aux normes recommandées par **Dupuis et al (2002)**. En effet, l'usage de matériels et équipements adéquats et facilement nettoyés et désinfectés, permet de réduire au

mieux les risques de contamination durant la transformation. Dans la conception et la fabrication de l'équipement laitier, il est également important de tenir compte de la facilité de nettoyage et de désinfection pour s'assurer que les surfaces de l'équipement ne soient pas contaminées avant d'entrer en contact avec le produit.

Cependant, malgré cette bonne nettoyabilité du matériel et l'utilisation de bons désinfectant lors de la désinfection, les appareils utilisés pour la mesure de certains paramètres (thermomètres, balances de précision, etc.) peuvent être à l'origine de certains défauts lors de la production. Ces derniers ne sont pas assez précis et aucun programme de vérification et moins encore d'étalonnage n'est établi. De même, il n'est pas exclu que ce matériel soit à l'origine des contaminations secondaires.

3.1.3. Le personnel

L'hygiène corporelle et vestimentaire n'est pas respectée. Les tenues portées par les opérateurs ne sont pas adéquates, l'utilisation peu fréquente des bottes, masques et des calottes lors de la production constituent également un danger pour l'hygiène des produits fabriqués. En effet, certains agents et à des postes clés comme sur la figure 9, n'ont pas de tenue. Ces enquêtes corroborent celles de **Biatcho (2006)** et de **Tchamba (2007)** selon lesquelles l'hygiène corporelle est insuffisante dans la transformation artisanale du lait. Ce non respect des bonnes pratiques d'hygiène serait lié au niveau de connaissance très bas du personnel en matière d'hygiène et technologie du lait. Ces éléments constituent de véritables sources de contamination du produit.

3.1.4. Procédés de fabrication

La production de lait caillé est faite à partir de la poudre de lait reconstituée. Le choix de la poudre de lait comme matière première est dû au fait que les zones

de production importante de lait sont très éloignées de Dakar (lieu de concentration des industries de transformation laitière). De plus, le lait étant un produit très périssable, sa conservation et son acheminement vers les zones de transformation nécessitent beaucoup de moyens. Alors cette entreprise, ne disposant ni une ferme laitière assurant son approvisionnement en lait ni les moyens nécessaires pour transporter du lait des zones de production, a choisi comme matière première de la poudre de lait qui est un produit facilement conservé. Par ailleurs, ce choix serait également dû au recours massif aux importations de lait et produits laitiers, ainsi que l'augmentation de leur volume, trouvant leur origine dans le déficit de la production de lait au Sénégal, mais aussi le faible coût, avec les cours mondiaux du lait qui sont demeurés relativement bas, du fait des excédents laitiers en Europe. Cependant, la qualité de la poudre de lait importée est souvent douteuse dans la mesure où nous avons parfois un réengraissement avec la matière grasse d'origine végétale, un traitement thermique de haute intensité de la poudre et donc dénaturation ou destruction de certains nutriments.

La pasteurisation du lait reconstitué permet de détruire les germes présents dans le mélange avant d'êtreensemencé. Cette efficacité est traduite par l'absence d'*E. Coli* même si les équipements et le personnel sont susceptibles d'en être les porteurs vu les défauts d'hygiène observés plus haut.

Le conditionnement automatique en sachets présente moins de risque de contamination que celui en pots qui se fait manuellement. Cependant, certaines précautions particulières ont été prises à savoir le nettoyage des pots avec de l'eau oxygénée pendant 15min ensuite leur rinçage à l'eau chaude et puis séchage pendant 20min avant le conditionnement.

3.2. Résultats de laboratoire

3.2.1. Acidité Dornic

Les analyses de laits caillés ont donné des valeurs d'acidité Dornic comprises entre 52 et 82°D avec une moyenne de 65,68°D. Nous notons une variabilité de l'acidité Dornic entre les échantillons (figure 13). Cette variabilité peut être due à l'absence de maîtrise des procédés de transformation notamment l'ensemencement. En effet, l'estimation réalisée lors de l'ensemencement entraîne une mauvaise répartition du ferment dans les différentes cuves. Cette absence de pesage constitue une véritable limite pour la fabrication d'un produit constant.

Plus de 94% des échantillons ont une acidité inférieure à 80°D (figure 14). Selon les normes, la quantité d'acide lactique libre dans le lait doit être supérieure à 80°D, ceci étant le seuil de survie des germes indésirables dans le lait caillé. Nos échantillons ont une valeur d'acidité moyenne très inférieure au seuil. Ceci serait dû à un apport de faibles quantités de ferment lactiques, lié également à l'absence de pesage, lors de l'ensemencement. En effet les bactéries lactiques ajoutées dans le lait lors des différentes étapes de fabrication décomposent le lactose en acide lactique. Ainsi la quantité d'acide lactique variera selon la quantité de bactéries lactiques contenue dans le lait (**Jean et al, 2002**). Autrement dit une augmentation de la quantité de bactéries lactiques lors de la fabrication entraîne une augmentation de l'acide lactique dans le lait caillé.

3.2.2. La flore lactique

Les analyses de laits caillés ont donné des valeurs en bactéries lactiques variant de $2,82 \cdot 10^4$ à $8,36 \cdot 10^5$ UFC avec une moyenne de $2,37 \cdot 10^5$ UFC. Nos résultats sont très faibles par rapport à la norme 10^7 recommandée. Ceci serait dû à un apport insuffisant de ferment, lié à l'absence de pesage, lors de

l'ensemencement. Nos résultats sont conformes avec ceux trouvés par **Tchamba (2007)** qui sont de l'ordre de 10^5 UFC. Ils sont cependant différents de ceux trouvés par **Biatcho (2006)** avec des lactobacilles de l'ordre de 10^8 UFC et de ceux trouvés par **Semasaka (1986)** avec des valeurs supérieures à 10^7 UFC. Ces différences découlent de la technologie de transformation et de la matière première utilisées. En effet, la poudre de lait est un produit ayant déjà subi un traitement thermique lors de sa fabrication, avec une destruction des microorganismes initialement présents. Ainsi, après la reconstitution en lait caillé, la quantité de bactérie lactique dépendra de la quantité de ferment lactique ensemencée. Ce qui explique également la forte corrélation existant entre la flore lactique et l'acidité Dornic. Tout comme l'acidité Dornic, nous avons une certaine variabilité de la flore lactique entre les échantillons. Cette variabilité peut être due à l'estimation réalisée lors des étapes de préparation du mélange « lait-ferment » et de l'ensemencement des différentes cuves.

3.2.3. *Escherichia coli*

Les analyses de laits caillés n'ont montré aucune contamination par *E. coli*. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par **Tchangai (1992)** qui a analysé des laits caillés sucrés fabriqués par une société laitière. Ces résultats sont également conformes à la norme ISN (institut sénégalais de normalisation) citée par **Semasaka (1986) et Djibril (1996)**, selon laquelle *E. coli* doit être absent dans 1g de lait caillé. Ces résultats diffèrent de ceux de **Djibril (1996)**, selon lesquels 5% des échantillons de laits caillés analysés ont été contaminés par *E. coli*. Cette différence est due aux matières premières utilisées et à la technologie appliquée. La poudre de lait a une charge microbienne très faible. Lors de la reconstitution de la poudre de lait, une bonne pasteurisation permet la destruction totale des microorganismes présents. Les risques de contamination se situent ainsi aux étapes qui suivent la pasteurisation, à savoir l'ensemencement par le ferment et le conditionnement.

En effet, *Escherichia coli* est un bacille coliforme d'origine fécale appartenant à la famille des entérobactéries. C'est un germe normalement présent dans le tube digestif des animaux et des hommes. *Escherichia coli* est ubiquiste, c'est-à-dire qu'il se développe dans tous les endroits présentant des conditions de survie favorable et est potentiellement pathogène. Sa multiplication est possible entre 8 et 47°C avec une température optimale de 30 à 40°C. Son pH optimum de multiplication se situe entre 4,3 et 9 (Yokoigawa et al, 2003). Dans les unités de transformation laitière, l'eau polluée, les ferments souillés, les mains sales, les équipements mal désinfectés sont des sources de contamination. Le dénombrement d'*Escherichia coli*, dans des matrices alimentaires permet d'apprécier l'hygiène des procédés de fabrication.

Les résultats que nous avons obtenus témoigneraient alors d'une certaine maîtrise de l'hygiène à la production par le personnel. L'absence de contamination des produits par *E. coli* peut être également liée à l'action des bactéries lactiques. En effet, les bactéries lactiques peuvent aussi produire de nombreux agents antibactériens tels que les bactériocines (Moll et al, 1999 ; Naidu et al, 1999) qui contribuent à inhiber la croissance de flores indésirables. Des études in vitro ont montré que les bactéries lactiques ont la capacité de produire des substances antimicrobiennes comme le peroxyde d'hydrogène, les bactériocines ou encore les acides organiques qui inhibent la croissance de plusieurs bactéries à Gram-positives et à Gram-négatives (Silva et al, 1987 ; Meurnan et al, 1995).

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Les enquêtes de terrain et les résultats des analyses de laboratoire ont permis d'identifier certaines limites pouvant contribuer à altérer la qualité des produits fabriqués au sein de cette unité de transformation laitière. A cet effet, des recommandations sont formulées afin d'atténuer les possibles risques de contaminations et de renforcer la qualité et la sécurité du produit.

❖ Locaux :

La conception des locaux doit être faite de façon à réduire toute contamination venant de l'extérieur, mais également à éviter toute contamination croisée, en respectant le principe de la « marche en avant ». Les planchers de toutes les pièces où des produits laitiers sont réceptionnés, transformés ou stockés doivent être faits d'un matériau imperméable facile à laver, être lisses et conçus pour empêcher l'accumulation des liquides, être nettoyés et entretenus de façon adéquate. Les salles de toilettes réservées au personnel de l'usine doivent être prévues à des endroits appropriés. Les salles de toilettes et les vestiaires ne doivent pas avoir un accès direct aux aires de réception, de transformation ou de stockage des produits laitiers. Les vestiaires doivent disposer d'un poste de lavage des mains à ouverture non manuelle, et pourvu de distributeur de savon liquide et de dispositif pour l'essuyage des mains.

❖ Personnel

Le personnel de l'usine appelé à manipuler des produits laitiers, à nettoyer et désinfecter l'établissement et l'équipement ou à accomplir d'autres fonctions reliées directement à la transformation de produits laitiers doit suivre un programme de formation efficace couvrant notamment les sujets suivants :

- pasteurisation, justification de la pasteurisation et conséquences microbiologiques d'une pasteurisation inadéquate ;
- matériel de pasteurisation, bon fonctionnement et mise à l'essai ;

- nettoyage et entretien sanitaire de l'usine et du matériel ;
- contrôle de la contamination après la pasteurisation, notamment la contamination du milieu; les critères de base relatifs à l'hygiène personnelle et pratiques; les dangers de la contamination chimique par les produits de nettoyage et de désinfection.

L'efficacité du programme de formation est prouvée lorsque tous les travailleurs de l'usine démontrent dans leur travail qu'ils ont les connaissances et les aptitudes nécessaires pour transformer et manipuler les produits laitiers de manière à les préserver de toute contamination. L'usine doit avoir un chef de production et des employés également bien formés pour avoir une connaissance suffisante des principes et des pratiques d'hygiène concernant les produits laitiers et être en mesure de juger des risques de contamination potentiels et de prendre les mesures correctrices appropriées.

Des tenues adéquates pour la production doivent être mises à la disposition du personnel. Avant chaque accès au poste, le personnel doit revêtir la tenue de travail, qui lui est allouée, mais également porter une coiffe et un masque. La coiffe empêche la contamination du produit par les cheveux, la sueur, mais aussi évite le contact des mains avec la tête. Le masque assure une protection des denrées contre les bactéries du nez et de la bouche. Le personnel doit disposer de chaussures adéquates réservées au travail et permettant de ne pas véhiculer, au sein même de l'entreprise, les saletés et les micro-organismes venant de l'extérieur. Ces chaussures doivent être bien fermées afin d'assurer une protection aux travailleurs occupés à des postes donnant lieu à des écoulements de liquide et exposés à avoir les pieds mouillés par ces liquides. Les visiteurs des aires de transformation des produits laitiers doivent porter des vêtements de protection et respecter les exigences d'hygiène personnelle.

❖ **Matériel et procédé de nettoyage et désinfection**

Etablir un programme de vérification et d'étalonnage des appareils utilisés pour les mesures de certains paramètres (thermomètres, balances, etc.) ; mais également un programme de maintenance pour tous les appareils. Les surfaces en contact avec les produits doivent être en matériau résistant à la corrosion, lisse, non toxique, non absorbant et nettoyable. Les produits utilisés pour leur nettoyage doivent être efficaces et non corrosifs. Avant de choisir un détergent, il faut connaître la nature des résidus à enlever et les équipements à nettoyer. Les surfaces de travail ne devront pas seulement être nettoyées mais aussi désinfectées, la désinfection servant à tuer les microorganismes présents. Pour les deux produits à savoir le détergent et le désinfectant, il est important de connaître les instructions d'emploi comprenant les paramètres suivants et de les suivre : la concentration nécessaire et la température de l'eau dans laquelle on fera dissoudre le produit. Pour un désinfectant, il est en outre utile de connaître le temps de contact et de le faire appliquer.

❖ **Procédé de transformation**

Un programme de production mettant en œuvre une démarche qualité doit être mis en place, avec des procédures documentées. Des consignes claires doivent être nécessairement données pour les opérations critiques telles que la préparation du ferment et l'ensemencement pour avoir des produits de qualité satisfaisante et constante. Des essais de fabrication doivent être effectués afin de déterminer, pour une température d'incubation donnée, la durée d'incubation nécessaire pour obtenir des produits avec une acidité de 80°D. Enfin un autocontrôle des matières premières et des produits finis est aussi nécessaire.

A l'issue de ce travail, des perspectives ont été dégagées. Il s'agit de :

- rechercher également d'autres germes tels que les staphylocoques, les salmonelles, les coliformes fécaux etc ;
- reprendre cette étude durant une période plus favorable à la multiplication des germes ;
- suivre enfin l'évolution des produits mis sur le marché.

CONCLUSION

Le secteur laitier sénégalais est marqué par une forte complémentarité entre d'une part, une production locale majoritairement issue des systèmes extensifs et d'autre part un secteur industriel basé sur l'utilisation de la poudre de lait importée. La filière d'importation de lait et de produits laitiers concerne trois types d'entreprises : des micro- entreprises artisanales, des PME/PMI ainsi que des entreprises de type industriel reconditionnant ou transformant la poudre de lait en lait pasteurisé ou fermentés. Toutes ces entreprises ; à des degrés variés certes, doivent veiller à ce que les produits qu'elles proposent aux consommateurs soient de bonne qualité tant hygiénique que sanitaire. En effet, la qualité sanitaire des produits laitiers prend de plus en plus d'importance dans ce sens que la contamination microbienne peut rendre le lait impropre à la consommation humaine. Dans la perspective du développement de l'industrie laitière sénégalaise, il est important d'avoir une maîtrise de la qualité et de la technologie des laits fermentés. Le but de ce travail de recherche était d'apprécier le niveau de mise en œuvre de la démarche qualité dans une unité de production de lait fermenté à travers les enquêtes de terrain au sein de l'usine et des analyses de laboratoire sur 50 échantillons de lait fermentés prélevés à la fin du processus de fermentation en vigueur dans l'entreprise « X ».

Les enquêtes de terrains ont révélé que les locaux techniques et sanitaires de l'entreprise « X » ne répondaient pas aux normes recommandées. Par contre, le matériel utilisé et les équipements sont conformes dans ce sens ils sont généralement en inox et sont faciles à nettoyer et à désinfecter. Toutefois, les instruments de mesure tels que les balances et les thermomètres ne sont pas assez précis. Aucun programme de vérification et moins encore d'étalonnage n'est établi. S'agissant de l'hygiène corporelle et vestimentaire du personnel ; il a été remarqué que le personnel ne disposait pas de tenues complètes et adéquates.

Au cours de ces enquêtes de terrain, il a été constaté que les conditions technologiques de fabrication des laits fermentés n'étaient pas contrôlées et pouvaient varier d'une fabrication à une autre. Ce manque de standardisation des procédés a eu une incidence sur le niveau d'acidification du lait. Ainsi le niveau d'acidification des 50 échantillons analysés varie de 52 °D à 82 °D avec une moyenne d'acidité Dornic de 65,68°D. Les échantillons présentent donc une forte variabilité d'acidité Dornic. La majorité des échantillons, soit 94%, a une acidité inférieure à 80°D, seuil de survie des germes indésirables dans le lait ; ce qui pose de sérieux problèmes de conservation et de sécurité des laits fermentés produits par l'entreprise « X ».

Par ailleurs, la flore lactique des 50 échantillons analysés a donné une valeur moyenne de $2,37.10^5$ UFC /ml avec une variation de $2,82.10^4$ à $8,36.10^5$ UFC/ml. Cette flore lactique présente une forte corrélation avec l'acidité Dornic. *Escherichia coli* qui est un indicateur de mauvaises conditions d'hygiènes, n'a été trouvé dans aucun échantillon de lait fermenté analysé.

En tout état de cause, en dehors du faible niveau d'acidification et de certains manquements au niveau de la conception et l'agencement des locaux et au niveau de l'hygiène du personnel, l'unité de transformation laitière « X » produit du lait fermenté satisfaisant du point de vue sanitaire eu égard aux caractéristiques bactériologiques mesurées. Pour une amélioration continue de la qualité des produits, des recommandations allant dans le sens du renforcement de l'hygiène et de la qualité des produits fabriqués ont été formulées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ADAMS M. R. et Hall C. J, 1988**
Growth inhibition of food-borne pathogens by lactic and acetic acids and their mixtures. *Int. J. Food Sci. & Technol.*, **23**: 287-292
2. **ADAMS M.R. et MARTEAU P, 1995**
On the safety of lactic acid bacteria from food, *Int. J. Food Microbiol.*, **27** : 263-264
3. **AGUIRRE M. et COLLINS M.D, 1993**
Lactic acid bacteria and human clinical infection, *J. Appl. Bacteriol.*, **75** : 95-107
4. **AMIOT J. FOURNIER S. LEBEUF Y. PAQUIN P. SIMPSON R. et TURGEON H, 2002**
Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, (1-74) In Science et technologie du lait. – Montréal : *Presses Internationales Polytechnique*. 600p
5. **BAKHOUM D. ; 2006**
Les indications territoriales et culturelles dans les marques et publicités des produits laitiers au Sénégal.
Mémoire : Géographie : Dakar (UCAD-FLSH)
6. **BEAUSOLEIL E.J. FORTIER G. S. L'ECUYER A. SAVOIE M. FRANCO M., LACHAINE J. et WEISS K. , 2007**
Effect of a fermented milk combining *Lactobacillus acidophilus* C11285 and *Lactobacillus casei* in the prevention of antibiotic-associated diarrhea: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Can. J. Gastroenterol.*, **21**: 732-736.
7. **BENKERROUM N. OUBEL H. et MIMOUN L B., 2002**
Behaviour of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in yogurt fermented with a bacteriocin-producing thermophilic starter. *J. Food. Prot.*, **65**: 799-805.
8. **BIATCHO D.N.S., 2006**
Appréciation de la mise en œuvre de l'hygiène dans une laiterie artisanale de Dakar « DIRFEL » : de la production du lait à sa transformation en lait caillé dit « SOW PUR ».
Thèse : Méd.Vét, Dakar ; 11

9. **BROADBENT J.R. BARNES M. BRENNAND C. STRICKLAND M. HOUCK K. JOHNSON M.E.et STEELE J.L., 2002**
Contribution of *Lactococcus lactis* cell envelope proteinase specificity to peptide accumulation and bitterness in reduced-fat Cheddar cheese. *Applied and Environmental Microbiology* ., **68** : 1778-1785.

10. **CAC/RCP-57, 2004**
Code d'usage en matière d'hygiène pour le lait et les produits laitiers. 45p

11. **CLARE D.A. et SWAISGOOD H.E., 2000**
Bioactive milk peptides: a prospectus. *Journal of Dairy Science.*, **83**(6), 1187-1195.

12. **COVAPE ; 2003**
Projet de développement laitier du Nord Sénégal : Etude de faisabilité.
Dakar – Sénégal.

13. **DIEYE P.N. BROUTIN C. DIAO M.B. DUTEURTRE G.et LY C., 2005**
Synthèse bibliographique sur les filières laitières au Sénégal.
REPOL, Sénégal. 47p

14. **DIOP G.G., 2008**
Conditions de production et qualité des laits fermentés traditionnels au Sénégal
Thèse : Méd. Vét : Dakar ; 52

15. **SENEGAL Ministère de l'élevage, 2013**
Répartition des effectifs du cheptel par espèce en 2012.-Dakar : DIREL.

16. **DJIBRIL A.H., 1996.**
Contribution à l'étude de la qualité des laits caillés du Niger.
Thèse : Méd.Vét : Dakar ; 12

17. **DROUAULT S.et CORTHER G., 2001**
Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. *Vet Res.*, **32**: 101-117.

- 18. DUDEZ P.et BROUTIN C., 2004**
 Les règles d'hygiène en transformation laitière en Afrique.
 Afrique : Fiche agridoc [Accès Internet] : <http://www.agridoc.com>.
- 19. DUPUIS C. RENE.T. JOHANNE.V. ROGER.D. et HEBERT.J., 2002**
 Hygiène et salubrité dans l'industrie laitière, (527- 573), In Science et technologie du lait – Transformation du lait.- Montréal : presses internationales polytechniques. 600p
- 20. DUTEURTRE G., 2003**
 Communication au séminaire « Lait sain pour le Sahel », 25 avril 1^{ier} mai 2003, INSAH, ITSLNV, Bamako, Mali.
- 21. DUTEURTRE G. FAYE M.D.et DIEYE P.N., 2010**
 Produits laitiers : importations, industries urbaines et dynamiques artisanales locales.
 In : L'agriculture sénégalaise à l'épreuve du marché.- Paris : Ed. Karthala., 305-327.
- 22. DUTEURTRE V., 2006**
 Etat des lieux de la filière lait et produits laitiers au Sénégal.
 Rapport Gret ,projet Info Conseil /MPEA. : Dakar. 98p
- 23. GERMAN J.B., 1999**
 Butyric acid : a role in cancer prevention. *Nutr Bull*, **24** : 293-299.
- 24. GUMMALLA S.et BROADBENT J. R., 2001**
 Tyrosine and phenylalanine catabolism by *Lactobacillus* cheese flavour adjuncts. *J. Dairy Sci.*,**84**:1011-1019.
- 25. HAUG A. HOSTMARK A.T. et HARSTAD O.M., 2007**
 Bovine milk in human nutrition – a review. *Lipids in Health and Disease* ,**6** : 25.
- 26. HELINCK S. LE BARS D. MOREAU D. et YVON M., 2004**
 Ability of thermophilic lactic acid bacteriato produce aroma compounds from amino acids.
*Appl. Environ. Microbiol.***70**: 3855-3861
- 27. HOLZAPFEL W. H. GEISEN R. et SCHILLINGER U., 1995**
 Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *Int. J. Food Microbiol.***24**: 343-362.

- 28. JAUHAINEN T. et KORPELA R., 2007**
Milk peptides and blood pressure. *The Journal of Nutrition* ,**137**(3 Suppl 2) : 825S-829S.
- 29. JEAN A. FOURNIER S. LEBOEUF Y. PAQUIN P. et ROBERT S., 2002**
Composition, propriétés, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyses du lait, (1-73); In : Science et technologie du lait.- Montréal : presses internationales polytechniques. .600p
- 30. KRIS-ETHERTON P.M. PEARSON T.A. WAN Y. HARGROVE R.L. MORIARTY K. FISHELL V. et ETHERTON T.D.,1999**
High-monounsaturated fatty acids lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *Am. J. Nutr.*, **70** : 1009-1015.
- 31. LAMONTAGNE M., 2002**
Produits laitiers fermentés, (75-146), In : Sciences et technologie du lait.-Montréal : presses internationales polytechniques ; 600p
- 32. LHOSTE P. DOLLEV J. ROUSSEAU J. et SOHNER D., 1993**
Zootechnies des régions chaudes : les systèmes d'élevage.- Paris : Ministère de la coopération, CIRAD. 288p.
- 33. LOONES A., 1994**
Laits fermentés par les bactéries lactiques, (135-154), In Les bactéries lactiques II.- Paris : Ed. *Lorica*..
- 34. MEURMAN J.H. ANTILA H., KORHONEN A. SALMINEN S., 1995**
Effect of *Lactobacillus rhamnosus* strain GG (ATCC 51303) on the growth of *Streptococcus dobrinus* in vitro, *Eur. J. Oral Sci*, **103** : 253-258.
- 35. MICHEL J.C. POULIOT M. et RICHARD J., 2002**
Lait de consommation, (277-321) – In Science et technologie du lait – Montréal : presses internationales polytechniques. - 600p
- 36. MIETTON B. DESMAZEAUD M. DE ROISSART H. et WEBER F., 1994**
Transformation du lait en fromage (55-133), In : *Bactéries lactiques, aspects fondamentaux et technologiques*. Vol. –Paris : Ed *Lorica*

- 37. MOLL G.N. KONINGS W.N. et DRIESSEN A.J.M., 1999**
Bacteriocins: mechanism of membrane insertion and pore formation, *Antonie van Leeuwenhoek* **76** : 185-198.
- 38. NAIDU A.S. BIDLACK W.R. et CLEMENS R.A., 1999**
Probiotic spectra of lactic acid bacteria, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, **38** : 13-126.
- 39. SALMINEN S. VON WRIGHT A. MORELLI L. MARTEAU P. BRASSART D. et DE VOS W.M., 1998**
Demonstration of safety of probiotics – a review . *Int. J. Food Microbiol.* **44** (1998) : 93-106
- 40. SEMASAKA.G. ; 1986**
Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés commercialisés dans la région de Dakar.
Thèse : Méd.Vét : Dakar ; 6
- 41. SENEGAL : Ministère de l'économie et des finances, 2012**
Note d'analyse du commerce extérieur.
Edition 2012.- Dakar : ANSD. 97p
- 42. SENEGAL. Ministère de l'élevage, 2011**
Guide de bonnes pratiques d'hygiène : Maitrise de la qualité dans les unités de transformation du lait.- Dakar : ME.- 112p.
- 43. SERY A., 2003**
Typologie des fermes laitières périurbaines de Dakar et Thiès.
Thèse : Méd.Vét : Dakar ; 10
- 44. SEYDI.Mg et NDIAYE.M., 1993**
Acidité et flore microbienne du lait reconstitué caillé artisanal sénégalais.
Dakar médical, **38** : 61-67
- 45. SILVA M. JACOBUS N.V. DENEKE C. GORBACH S.L., 1987**
Antimicrobial substance from a human *Lactobacillus* strain, *Antimicrob. Agents Chemother*, **31** : 1231-1233.

- 46. TCHAMBA.C.N., 2007**
Caractérisation de la flore lactique des laits fermentés artisanaux au Sénégal : cas de la zone des Niayes.
Thèse : Méd.Vét : Dakar ; 19
- 47. TCHANGAI D.P., 1992**
Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits et produits laitiers commercialisés au TOGO.
Thèse : Méd.Vét : Dakar ; 19
- 48. TUOHY K.M. PINART-GILBERGA M. JONES M. HOYLES L. MCCARTNEY A.L. GIBSONG.R., 2007.**
Survivability of a probiotic *Lactobacillus casei* in the gastrointestinal tract of healthy human volunteers and its impact on the faecal microflora. *J Appl Microbiol*, **102**: 1026-1032.
- 49. YOKOIGAWA.K, TAKIKAWA.A, OKUBO.Y, UMESAKO.S. ; 2003**
Acid tolerance and gadm RNA levels of Escherichia coli O157 : H7 grown in foods, International Journal of Food Microbiology, **82** : 203-211.
- 50. YVON M., RIJNEN L.; 2001.**
Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *Int. Dairy J*,**11**: 185-201.

ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHE D'ENQUETE

Identification

Date :

Lieu :

Date de création de l'entreprise.....

Taille de l'entreprise.....

Nombre de locaux.....

Effectif du personnel :.....

Types de produit fabriqués :.....

Nombre de jour de production par semaine.....

Quantité produite par jour :.....

Personnel

Nombre		
Hygiene	Corporelle	
	Vestimentaire	
Niveau d'étude moyen		

Les locaux

Locaux techniques	Observations
Sol	
Mur	
Plafond	
Hygiène	

Sanitaires et vestiaires

Sanitaires et vestiaires		Observations
Toilette	Nombre	
	Emplacement	
	Papier hygiénique ou eau	
Lavabos et postes de nettoyage des mains	Nombre	
	Commande à l'alimentation en eau (manuelle ou non manuelle)	
	Savon	
Vestiaires	Nombre	
	Hygiène	
Murs	Peinture	
	Carreaux	
Sols	Peinture	
	Carreaux	

Matériel

Matériels utilisés	Observations
Type de materiel utilisé	
Utilisation de bois	
Facilité d'entretien et de démontage	
Nettoyages et désinfection	
Fréquence des nettoyages et désinfection	
Produits utilisés	

**ANNEXE 2 :RESULTATS D'ANALYSES DU LAIT CAILLE FABRIQUES A
L'ENTREPRISE**

Echantillons	Flore lactique (UFC/ml)	Acidité titrable (°DORNIC)	Escherichia coli (UFC/ml)
1	3,09E+05	58	0
2	3,91E+05	57	0
3	3,55E+05	59	0
4	6,64E+05	63	0
5	2,64E+05	57	0
6	2,91E+05	60	0
7	4,73E+05	58	0
8	4,91E+05	63	0
9	7,45E+05	73	0
10	4,64E+05	61	0
11	7,09E+05	58	0
12	4,82E+05	57	0
13	4,73E+05	65	0
14	5,55E+05	63	0
15	6,36E+05	67	0
16	5,18E+05	63	0
17	7,27E+05	68	0
18	7,36E+05	68	0
19	8,18E+05	71	0
20	6,36E+05	66	0
21	6,55E+05	67	0
22	7,18E+05	75	0
23	6,64E+05	72	0
24	5,73E+05	65	0
25	3,18E+05	58	0
26	2,64E+05	68	0
27	7,45E+05	75	0
28	7,09E+05	74	0
29	8,64E+04	56	0
30	8,27E+05	77	0

31	4,91E+04	54	0
32	6,91E+05	71	0
33	2,82E+04	52	0
34	8,36E+05	80	0
35	2,64E+05	60	0
36	2,91E+05	61	0
37	6,36E+05	72	0
38	6,09E+05	71	0
39	6,45E+05	72	0
40	7,18E+05	74	0
41	2,27E+05	58	0
42	3,73E+05	65	0
43	1,79E+05	57	0
44	4,27E+05	67	0
45	7,91E+05	77	0
46	8,27E+05	82	0
47	8,09E+05	80	0
48	1,10E+05	57	0
49	9,64E+04	57	0
50	7,36E+05	75	0

SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR

« Fidèlement attaché aux directives de Claude BOURGELAT, fondateur de l'enseignement vétérinaire dans le monde, je promets et je jure devant mes maîtres et mes aînés :

- d'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire ;
- d'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code de déontologie de mon pays ;
- de prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui que l'on peut faire ;
- de ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation.

Que toute confiance me soit retirée s'il advient que je me parjure »

**APPRECIATION DU NIVEAU DE MISE EN ŒUVRE DE L'HYGIENE
ET DE LA QUALITE DES LAITS FERMENTES DE TYPE
« INDUSTRIEL » PRODUITS PAR UNE UNITE DE**

RESUME

L'appréciation du niveau de mise en œuvre de l'hygiène et de la qualité des laits fermentés de type industriel produits localement a été menée dans une entreprise de transformation laitière sise dans la banlieue sénégalaise.

Après une étude des conditions d'hygiène appliquée au sein de l'entreprise, cinquante (50) échantillons de lait fermenté ont été prélevés et analysés au laboratoire de HIDAOA de l'EISMV de Dakar. Les échantillons ont fait l'objet du dosage de l'acidité Dornic et du dénombrement de la flore lactique et d'*E. Coli*.

Des résultats obtenus, il ressort que :

- les règles d'hygiène ne sont pas respectées tout au long de la chaîne de transformation ;
- le niveau d'acidification des laits fermentés est faible ; 94 pour cent des échantillons ont un niveau d'acidification inférieur à 80 ° D
- la teneur en bactérie lactique, bien que étant inférieure à celle réglementairement admise dans des laits fermentés de type yaourt ; environ 10^5 UFC/g de lait dans cette étude contre 10^7 UFC/g pour les yaourts ; protège les laits fermentés contre la prolifération des bactéries indésirables tel que *E. Coli* qui n'a été trouvé dans aucun échantillon malgré les conditions d'hygiène pas toujours satisfaisantes.

Mots clés : laits fermentés - hygiène - qualité – unité de production locale-Sénégal

Auteur : **FALL Ameth**

Adresse : Grand Dakar rue 10

Tel: (221) 77 214 02 70

E-mail: amethtrafall@hotmail.fr