

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

FACULTE DES SCIENCES
ET TECHNIQUES

ECOLE INTER-ETATS DES
SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES DE DAKAR



Année 2006



N° : 03

**Amélioration de l'hygiène dans la chaîne de production laitière
par utilisation du matériel approprié et une meilleure
technique de nettoyage et de désinfection**

Cas de la laiterie traditionnelle « Total » à N'Djamena (Tchad)

MEMOIRE DE DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES DE PRODUCTIONS ANIMALES

Présenté et soutenu publiquement le 15 avril 2006 à 10h à l'EISMV
Par

Mahamat Bechir Mahamat
Né en 1970 à N'Djaména (Tchad)

MEMBRES DU JURY

- PRESIDENT :** M. Louis Joseph PANGUI
Professeur à l'EISMV de Dakar
- MEMBRES :** M. Bhen Sikina TOGUEBAYE
Professeur à la FST (UCAD)
- M. Malang SEYDI
Professeur à l'EISMV de Dakar
- DIRECTEUR :
DE MEMOIRE** M. Ayayi Justin AKAKPO
Professeur à l'EISMV de Dakar
- CODIRECTEUR :** M. Bassirou BONFOH
Dr Vét. Dr ès Science
Chercheur à l'INSAH, Bamako

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à toute ma famille.

REMERCIEMENTS

Nous remercions avant tout Dieu (الله) de sa grâce.

Nous adressons ensuite nos sincères remerciements :

Au Professeur, Ayayi Justin AKAKPO, d'avoir accepté de diriger ce travail, de bout en bout, malgré votre calendrier très chargé;

A Dr Bassirou BONFOH, d'avoir codirigé ce travail avec votre simplicité et disponibilité habituelle ;

Au Professeur, Louis Joseph PANGUI, de nous avoir honoré en acceptant de présider ce jury ;

Au Professeur, Malang SEYDI, de nous avoir formé et transmis le savoir avec la qualité scientifique et d'éducateur averti qu'on reconnaît en vous, même en dehors du Sénégal ;

Au Professeur, Bhen Sikina TOGUEBAYE, en acceptant de siéger dans ce jury et pour tous les sages conseils et appuis scientifiques que vous ne cessez d'apporter aux jeunes chercheurs que nous sommes.

A l'ITS (Institut Tropical Suisse à Bâle et à N'Djamena) et au NCCR (National Center of Competence in Research North South), de nous avoir permis de faire cette formation.

Au Laboratoire Vétérinaire et Zootechnique de Farcha, de nous avoir accueilli en son sein, pour réaliser les analyses dans des bonnes conditions.

Au personnel de la laiterie « Total » et aux producteurs-transporteurs des deux villages : Arrigueyig et Wassi.

Et à tous ceux de loin ou de près, qui nous ont aidé à finaliser ce travail.

LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR :	Association Française de Normalisation ;
BCR :	Bureau Central de Recensement ;
CA :	Coût d'amélioration ;
CC :	Coûts de consommables ;
CE :	Coûts de l'équipement ;
CH :	Coûts de l'hygiène ;
CMT :	California Mastitis Test ;
CSHF :	Conseil Supérieur d'Hygiène de France ;
°D :	Degré Dornic ;
D _x :	Durée de vie ou d'utilisation (jour) ;
Eq _l :	Equivalent lait ;
FAO :	Food and Agriculture Organisation ;
FCFA :	Franc de Coopération Financière Africaine ;
FMA/DGA:	France, Ministère de l'Agriculture, Direction Générale de l'Alimentation ;
FMAT :	Flore Mésophile Aérobie Totale ;
FR :	Fonds de roulement ;
Hbt :	Habitant ;
IDF :	International Dairy Federation
IE :	Investissement sur les équipements et le matériel ;
ITS :	Institut Tropical Suisse ;
ISO:	International Standardisation Organisation ;
LRVZ :	Laboratoire de Recherche Vétérinaire et Zootechnique
NCCR	National Center of Competence in Research- North South ;
NF :	Normes Françaises ;
PC :	Point de contrôle ;
PCA :	Plate count Agar ;
pH :	Potentiel d'hydrogène ;
PNL :	Projet lait de N'Djamena ;
PNUD :	Programme des Nations Unis pour le Développement ;
SAS :	Statistical Analysis Systems;
SONAPA :	Société Nationale de Produits Animaux ;
TIAC :	Toxi-Infection Alimentaire Collective ;
TME :	Tchad, Ministère de l'Elevage ;
UFC :	Unité Formant Colonie ;
UHT :	Ultra High Temperature ;
WHO :	World Health Organisation.

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau I :** Effectif du cheptel estimé en 2003 au Tchad ;
Tableau II: Typologie de l'élevage péri-urbain de N'Djaména ;
Tableau III: Les caractéristiques physico-chimiques du lait
Tableau IV: Estimation du nombre de cellules en fonction du résultat ;
Tableau V: Classification des résultats ;
Tableau VI: Lavage et désinfection ;
Tableau VII: Points de contrôle du lait ;
Tableau VIII: Prévalence des mammites subcliniques dans les deux troupeaux ;
Tableau IX: Résultats des tests à l'alcool et à la resazurine ;
Tableau X: Résultats des analyses des indicateurs d'hygiène ;
Tableau XI: Coûts d'équipement et de consommables aux villages et à la laiterie.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 :** Cartes du Tchad et de la zone d'étude avec les mouvements de transhumances autour de N'Djaména ;
Figure 2 : Les 5 points de prélèvement ;
Figure 3 : Diagramme de transformation du lait ;
Figure 4 : Variations des moyennes de pH, relevées aux différents points de contrôle avant et après l'intervention ;
Figure 5 : Variations des moyennes d'acidité de titration relevées aux différents points de contrôle avant et après l'intervention ;
Figure 6 : Variations des moyennes logarithmiques des FMAT aux différents Points de contrôle avant et après l'intervention.

RESUME

Les productions laitières au Tchad et autour de la capitale N'Djamena sont de type traditionnel. Les études menées dans ce secteur montrent que la contamination microbienne du lait vendu à N'Djaména est très élevée (10^8 UFC/ml). L'objectif de cette étude est de réduire la contamination du lait aux points de vente. La méthode utilisée est basée d'une part sur l'utilisation du matériel adapté et d'autre part sur l'application d'une meilleure méthode du nettoyage et de la désinfection du matériel impliqué dans la chaîne de production de la traite jusqu'au point de vente.

Les résultats montrent une réduction de la contamination initiale du lait par le chauffage appliqué aux villages. La récontamination par les différentes manipulations du lait chauffé, reste encore élevée. A la laiterie, l'intervention a permis de réduire la flore totale de $3.10^6 \pm 10^6$ à $10^4 \pm 510^4$ UFC/ml et d'améliorer du coup la qualité physico-chimique du lait au point de vente.

L'analyse économique a montré que le coût de l'intervention est faible. Il est de 15 FCFA/jour dans les deux villages et 12 FCFA/jour à la laiterie. L'étude prouve que le modèle est efficace et peu coûteux. L'adoption de l'innovation technique par les changements des habitudes à caractère socioculturel des acteurs reste indispensable.

Mots clés : amélioration, qualité, hygiène, Lait, N'Djamena

ABSTRACT

Dairy production system in Chad and around the capital N'Djamena is traditional. Studies conducted in the dairy sector showed high microbial contamination of milk in N'Djaména (10^8 CFU/ml). The aim of the current study is to reduce the milk contamination at the selling points. The applied model is based first, on the use of adapted material and second on application of best cleaning and disinfection methods in the production chain from milking up to the selling point.

The results show the reduction of initial contamination by applied heating at village level. The recontamination by heated milk handling is still high. At the dairy unit, the intervention contributed to reduce the total bacterial count from $3.10^6 \pm 10^6$ to $10^4 \pm 510^4$ CFU/ml and to improve at the same time the physico-chemical quality of milk at the selling point.

Economical analysis shows that the intervention cost is low. It's 15 FCFA/ day at the two villages and 12 FCFA/ day at the dairy unit. The study also proved that the model is efficient and of low cost. The technical innovation adoption through sociocultural changes are relevant.

Key words: improvement, quality, hygiene, milk, N'Djanema.

AVANT PROPOS

Ce mémoire de DEA (Diplôme d'Etude Approfondie) de Productions Animales réalisé à l'EISMV (Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires) de Dakar a bénéficié de l'appui technique, matériel et financier du NCCR (National Center of Competence in Research North South), de l'ITS (Institut Tropical Suisse), du CSSI/T (Centre de support en Santé International au Tchad) et du LRVZ (Laboratoire de Recherche Zootechnique et Vétérinaire de Farcha à N'Djaména).

La formation académique, sanctionnée par un AEA (Attestation d'Etude Approfondie) a duré de novembre 2004 à juin 2005 à l'EISMV de Dakar. L'étude de terrain a été réalisée à N'Djaména (Tchad) entre juillet 2005 et janvier 2006.

SOMMAIRE

Introduction	1
Première Partie : Synthèse bibliographique sur l'élevage au Tchad et l'amélioration de la qualité du lait	
Chapitre 1 : L'Elevage au Tchad	2
1.1. Situation Géo-écologique du Tchad	2
1.2. Importance de l'élevage dans l'économie du Tchad	2
1.3. Les systèmes d'élevage au Tchad	3
1.4. Production laitière au Tchad	3
1.5. La filière d'approvisionnement et de vente de lait et de produits laitiers de la ville de N'Djamena	4
Chapitre 2 : Amélioration de la Qualité hygiénique du lait	5
2.1. Définition de la Qualité, de l'Hygiène et du lait	5
2.2. Caractéristiques physico-chimiques du lait	5
2.3. Caractéristiques microbiologiques du lait	5
2.4. Qualité hygiénique du lait dans la sous région et au Tchad	6
2.5. Tentatives d'amélioration de la qualité du lait au Tchad	6
2.6. La technique du nettoyage et de désinfection	7
2.7. Traitement du lait par la chaleur	7
2.8 Lait impropre à la consommation	8
Deuxième partie : Amélioration de la qualité hygiénique du lait produit au Tchad	
Chapitre 1. Matériel et Méthodes	9
1.1. Matériel	9
2.2. Méthodes	9
2.2.1. Site et durée de l'étude	9
2.2.2. Choix des sites, échantillonnage et prélèvement	9
2.2.3. Evaluation de la qualité par les tests physico-chimiques et bactériologiques	11
2.2.3.1. Les paramètres physico-chimiques	11
2.2.3.2. Analyses microbiologiques	12
2.2.4 Facteurs externes influençant la qualité du lait	16
2.2.5. Modèle d'amélioration de l'hygiène et de la qualité	16
2.2.6. Analyses statistiques	17
2.2.4. Evaluation du coût de l'hygiène	17
Chapitre 2. Résultat	18
2.1. Prélèvement et traitement du lait	18
2.2. Production du lait, températures, et temps de transport	18
2.3. Effet de l'intervention sur les paramètres physico-chimiques	22

2.3.1 Les mammites subcliniques	22
2.3.2 Variation du pH et de l'acidité de titration avant et après l'intervention	22
2.3.3 Variation aux tests à l'alcool et à la Resazurine au point de vente avant et après l'intervention	22
2.3.4 Densité	23
2.4.1 La flore mésophile aérobie totale du lait	23
2.4.2. La variation des indicateurs microbiologiques d'hygiène avant et après l'intervention au point de vente	24
2.4. Effet de l'intervention sur la qualité microbiologique du lait	24
2.5. Coût de l'hygiène de la qualité	24
Chapitre 3. Discussion et recommandations	25
3.1. La méthode d'étude	25
3.2. Avantages et inconvénients des pratiques identifiées	25
3.3. Efficacité du modèle	26
3.4. Motivation des acteurs	27
Conclusion	28
Bibliographie	28

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à toute ma famille.

REMERCIEMENTS

Nous remercions avant tout Dieu (الله) de sa grâce.

Nous adressons ensuite nos sincères remerciements :

Au Professeur, Ayayi Justin AKAKPO, d'avoir accepté de diriger ce travail, de bout en bout, malgré votre calendrier très chargé;

A Dr Bassirou BONFOH, d'avoir codirigé ce travail avec votre simplicité et disponibilité habituelle ;

Au Professeur, Louis Joseph PANGUI, de nous avoir honoré en acceptant de présider ce jury ;

Au Professeur, Malang SEYDI, de nous avoir formé et transmis le savoir avec la qualité scientifique et d'éducateur averti qu'on reconnaît en vous, même en dehors du Sénégal ;

Au Professeur, Bhen Sikina TOGUEBAYE, en acceptant de siéger dans ce jury et pour tous les sages conseils et appuis scientifiques que vous ne cessez d'apporter aux jeunes chercheurs que nous sommes.

A l'ITS (Institut Tropical Suisse à Bâle et à N'Djamena) et au NCCR (National Center of Competence in Research North South), de nous avoir permis de faire cette formation.

Au Laboratoire Vétérinaire et Zootechnique de Farcha, de nous avoir accueilli en son sein, pour réaliser les analyses dans des bonnes conditions.

Au personnel de la laiterie « Total » et aux producteurs-transporteurs des deux villages : Arrigueyig et Wassi.

Et à tous ceux de loin ou de près, qui nous ont aidé à finaliser ce travail.

LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR :	Association Française de Normalisation ;
BCR :	Bureau Central de Recensement ;
CA :	Coût d'amélioration ;
CC :	Coûts de consommables ;
CE :	Coûts de l'équipement ;
CH :	Coûts de l'hygiène ;
CMT :	California Mastitis Test ;
CSHF :	Conseil Supérieur d'Hygiène de France ;
°D :	Degré Dornic ;
D _x :	Durée de vie ou d'utilisation (jour) ;
Eql :	Equivalent lait ;
FAO :	Food and Agriculture Organisation ;
FCFA :	Franc de Coopération Financière Africaine ;
FMA/DGA:	France, Ministère de l'Agriculture, Direction Générale de l'Alimentation ;
FMAT :	Flore Mésophile Aérobie Totale ;
FR :	Fonds de roulement ;
Hbt :	Habitant ;
IDF :	International Dairy Federation
IE :	Investissement sur les équipements et le matériel ;
ISO:	International Standardisation Organisation ;
LRVZ :	Laboratoire de Recherche Vétérinaire et Zootechnique
NF :	Normes Françaises ;
PC :	Point de contrôle ;
PCA :	Plate count Agar ;
pH :	Potentiel d'hydrogène ;
PNL :	Projet lait de N'Djamena ;
PNUD :	Programme des Nations Unis pour le Développement ;
SAS :	Statistical Analysis Systems;
SONAPA :	Société Nationale de Produits Animaux ;
TIAC :	Toxi-Infection Alimentaire Collective ;
TME :	Tchad, Ministère de l'Elevage ;
UFC :	Unité Formant Colonie ;
UHT :	Ultra High Temperature ;
WHO :	World Health Organisation.

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau I :** Effectif du cheptel estimé en 2003 au Tchad ;
Tableau II: Typologie de l'élevage péri-urbain de N'Djaména ;
Tableau III: Les caractéristiques physico-chimiques du lait
Tableau IV: Estimation du nombre de cellules en fonction du résultat ;
Tableau V: Classification des résultats ;
Tableau VI: Lavage et désinfection ;
Tableau VII: Points de contrôle du lait ;
Tableau VIII: Prévalence des mammites subcliniques dans les deux troupeaux ;
Tableau IX: Résultats des tests à l'alcool et à la resazurine ;
Tableau X: Résultats des analyses des indicateurs d'hygiène ;
Tableau XI: Coûts d'équipement et de consommables aux villages et à la laiterie.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 :** Cartes du Tchad et de la zone d'étude avec les mouvements de transhumances autour de N'Djaména ;
Figure 2 : Les 5 points de prélèvement ;
Figure 3 : Diagramme de transformation du lait ;
Figure 4 : Variations des moyennes de pH, relevées aux différents points de contrôle avant et après l'intervention ;
Figure 5 : Variations des moyennes d'acidité de titration relevées aux différents points de contrôle avant et après l'intervention ;
Figure 6 : Variations des moyennes logarithmiques des FMAT aux différents Points de contrôle avant et après l'intervention.

SOMMAIRE

Introduction	1
Première Partie : Synthèse bibliographique sur l'élevage au Tchad et l'amélioration de la qualité du lait	
Chapitre 1 : L'Elevage au Tchad	2
1.1. Situation Géo-écologique du Tchad	2
1.2. Importance de l'élevage dans l'économie du Tchad	2
1.3. Les systèmes d'élevage au Tchad	3
1.4. Production laitière au Tchad	3
1.5. La filière d'approvisionnement et de vente de lait et de produits laitiers de la ville de N'Djamena	4
Chapitre 2 : Amélioration de la Qualité hygiénique du lait	5
2.1. Définition de la Qualité, de l'Hygiène et du lait	5
2.2. Caractéristiques physico-chimiques du lait	5
2.3. Caractéristiques microbiologiques du lait	5
2.4. Qualité hygiénique du lait dans la sous région et au Tchad	6
2.5. Tentatives d'amélioration de la qualité du lait au Tchad	6
2.6. La technique du nettoyage et de désinfection	7
2.7. Traitement du lait par la chaleur	7
2.8 Lait impropre à la consommation	8
Deuxième partie : Amélioration de la qualité hygiénique du lait produit au Tchad	
Chapitre 1. Matériel et Méthodes	9
1.1. Matériel	9
2.2. Méthodes	9
2.2.1. Site et durée de l'étude	9
2.2.2. Choix des sites, échantillonnage et prélèvement	9
2.2.3. Evaluation de la qualité par les tests physico-chimiques et bactériologiques	11
2.2.3.1. Les paramètres physico-chimiques	11
2.2.3.2. Analyses microbiologiques	12
2.2.4 Facteurs externes influençant la qualité du lait	16
2.2.5. Modèle d'amélioration de l'hygiène et de la qualité	16
2.2.6. Analyses statistiques	17
2.2.4. Evaluation du coût de l'hygiène	17
Chapitre 2. Résultat	18
2.1. Prélèvement et traitement du lait	18
2.2. Production du lait, températures, et temps de transport	18

2.3. Effet de l'intervention sur les paramètres physico-chimiques	22
2.3.1 Les mammites subcliniques	22
2.3.2 Variation du pH et de l'acidité de titration avant et après l'intervention	22
2.3.3 Variation aux tests à l'alcool et à la Resazurine au point de vente avant et après l'intervention	22
2.3.4 Densité	23
2.4.1 La flore mésophile aérobie totale du lait	23
2.4.2. La variation des indicateurs microbiologiques d'hygiène avant et après l'intervention au point de vente	24
2.4. Effet de l'intervention sur la qualité microbiologique du lait	24
2.5. Coût de l'hygiène de la qualité	24
Chapitre 3. Discussion et recommandations	25
3.1. La méthode d'étude	25
3.2. Avantages et inconvénients des pratiques identifiées	25
3.3. Efficacité du modèle	26
3.4. Motivation des acteurs	27
Conclusion	28
Bibliographie	28

Introduction

La production mondiale du lait est estimée à 578 millions de tonnes/an dont 84,45% d'origine bovine. La production de l'Afrique subsaharienne est peu développée. Elle représente 2% de la production mondiale et 77% de la production africaine. Au Tchad, pays sahélien, à tradition pastorale, la production laitière est évaluée à 430 000 tonnes/an dont 71% vient de la vache. Celle du bassin laitier de N'Djaména est de l'ordre de 36 000 tonnes/ an (PNL, 2001 ; FAO, 2000 ; TME).

La consommation mondiale, de lait, est estimée à 78,5 Kg EqL/hbt/an. Au Tchad, elle est de 28 Kg EqL/hbt/an et celle de N'Djaména, est de l'ordre de 76 Kg EqL/hbt/an, largement supérieure à celle de la plupart des capitales sahéliennes (58 à Addis-Abeba, 37 à Dakar, et 34 à Bamako) (FAO, 2000 ; TME, 1998 ; Beuzart, 1996).

Malgré cette importance quantitative, le système de production et de vente de lait en Afrique en général et au Tchad en particulier est de type traditionnel, sans aucun contrôle sanitaire et de prix. Les études de qualité menées dans ce secteur montrent des contaminations microbiennes largement au-dessus des normes internationales (Vias *et al.*, 2003 ; Bonfoh *et al.*, 2003 ; Duteurtre, 2002 ; Roy, 1997 ; Pissang, 1995). Cette qualité médiocre pose un réel problème de conservation et de santé publique. Hamza (2001) souligne que le lait et les produits laitiers sont connus comme aliments responsables de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC). Ils peuvent même être responsables des zoonoses tels que la tuberculose et la brucellose (Zinsstag *et al.*, 1998)

Comment donc améliorer la qualité hygiénique du lait vendu à N'Djaména ?

L'amélioration de l'hygiène et de la qualité du lait est possible avec une adaptation d'un modèle d'amélioration conçu à Bamako par Bonfoh *et al.* (2003). Ce modèle est basé sur l'utilisation du matériel adapté de traite et de collecte, et l'application du nettoyage et de la désinfection du matériel.

L'objectif principal du travail est d'améliorer la qualité hygiénique du lait par la réduction de la contamination de la denrée sur les points critiques de la chaîne de production à N 'Djaména.

Les objectifs spécifiques sont :

- Identifier les points et les facteurs de contamination ;
- Adapter et appliquer le modèle d'amélioration de l'hygiène et de la qualité;
- Évaluer l'effet du modèle sur la qualité du lait et l'économie laitière.

Ce travail repose sur deux parties essentielles : la première partie est une étude bibliographique sur l'élevage au Tchad et l'amélioration de la qualité du lait. La deuxième partie est consacrée au travail expérimental que nous avons réalisé sur l'amélioration de la qualité hygiénique du lait au Tchad.

avance les estimations résumées dans le tableau I sur le cheptel tchadien (TME, 2003).

Tableau I : Effectif du cheptel estimé en 2003 au Tchad (en tête d'animaux)

Espèces	Bovins	Ovins	Caprins	Camelins	Equins	Asins	Porcins	Volailles
Effectifs	6284200	2563500	5584500	1185600	359700	395700	70900	24000000

1.3. Les systèmes d'élevage au Tchad

Au Tchad, le système d'élevage prédominant est de type traditionnel ou pastoral conduit essentiellement par des transhumants, des nomades et des agropasteurs (Aboulmali, 2005; TME, 1998).

Les transhumants détiennent plus de 75% du cheptel et d'après Wiese (2004), TME (1998) et Yosko (1994), on distingue deux types de transhumance :

- La grande transhumance qui se fait selon l'axe nord-sud et sud-nord, entre les zones tropicales et les zones sahéniennes à une distance de plus de 300 km.
- La petite transhumance avec une amplitude de moins de 300 km. Elle peut se faire dans les mêmes axes ou dans l'axe ouest-est selon les bordures des lacs ou d'autres points stratégiques.

Le nomadisme existe surtout chez les chameliers dans les zones désertiques. Les nomades se déplacent sans point d'attache particulier et suivent des itinéraires variant d'une année à l'autre. Le nomadisme bovin est pratiqué par les populations Mbororo.

Le système agropastoral est fréquent dans les zones agricoles et autour des grandes villes comme N'Djaména. Ce système concerne les agriculteurs, les éleveurs et les éleveurs-agriculteurs (TME, 1998).

1.4. Production laitière au Tchad

Par définition, le lait est la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou de plusieurs traites sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur (FAO 2000).

Malgré une production individuelle très faible (0,5 à 3l/vache/ jour), le lait constitue la production de l'élevage la plus importante au Tchad. Elle est estimée à près de 430 000 tonnes par an (TME, 2003).

Autour de la capitale, dans le bassin laitier de N'Djaména¹, ce sont les agro-pasteurs qui prédominent avec un cheptel estimé à 1 million de bovins dont 210 000 femelles laitières avec une production laitière de 36 000 tonnes par an. Il y a aussi des transhumants, surtout des chameliers qui campent périodiquement autour de la capitale (PLN, 2001).

Aboulmali (2005) souligne l'inexistence de la production intensive autour de N'Djaména et classe les bovins périurbains en 3 types selon un certain nombre de

¹ Bassin laitier de N'Djaména : Zone située dans un rayon de 80km environ au tour de N'Djaména excepté la partie ouest (Cameroun)

critères incluant la taille du troupeau, la production laitière, l'alimentation et les soins.

Tableau II: Typologie de l'élevage péri-urbain de N'Djaména (Aboulmali, 2005)

Type d'élevage	Taille (têtes)	Proportion	Conduite	Complémentation	Production de lait (l/ j)	Soins
I	<20	26%	Traditionnel Berger familial	Néant	< 1	Néant
II	20-50	44%	Berger rémunéré	Faible <2kg/j	1-2	Auxiliaire
III	>50	30%	-	>2kg	-	Agent vétérinaire

1.5. La filière d'approvisionnement et de vente de lait et de produits laitiers de la ville de N'Djaména

N'Djaména, comme la plupart des villes sahéliennes, est un important centre de commercialisation du lait et des produits laitiers produits dans sa zone périphérique. Selon Duteurtre et Meyer (2002), il existe 3 circuits d'approvisionnement du lait à N'Djaména :

- le circuit des revendeuses traditionnelles qui commercialisent le lait caillé et du beurre fondu, achetés en brousse ou produits par leurs propres soins dans les élevages ;
- le circuit des collecteurs à mobylettes ou en voiture de transport en commun par lesquels le lait frais et le lait caillé sont acheminés le long des routes ou vers la ville ;
- le circuit des importations par lequel sont commercialisés les produits de luxe (lait pasteurisé, beurre de table, fromage...)

Les flux des deux premiers circuits sont répartis comme suit dans les 3 zones :

67% dans la zone nord-est, 21% dans la zone est et 12 % dans la zone sud. (Koussou, 2004). Notons que la zone ouest de la capitale correspond à la frontière perméable à certains endroits avec le Cameroun.

Il existe selon le PLN (2001), 405 points de vente du lait produit localement sous forme du lait frais ou "Rayeb" (yaourt traditionnel). Les ventes se font dans les boutiques, les alimentations et les restaurants. Le lait en poudre représente 35 à 40% des quantités du lait consommé dans la capitale. Il est officiellement importé de Pays-Bas, de la Grande Bretagne et de la France par trois grossistes (Zafindrajoana et al., 1997).

Chapitre 2 Amélioration de la qualité hygiénique du lait

2.1. Définitions de la qualité, de l'hygiène et du lait

Qualité : aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences ISO 9000 : 2000 rapporté par Duret et Pillet (2002).

L'hygiène des denrées alimentaires : les mesures et conditions nécessaires pour maîtriser les dangers et garantir le caractère propre à la consommation humaine d'une denrée alimentaire compte tenu de l'utilisation prévue » Règlement CE 852/2004(H₁) du 29 avril 2004.

Le lait est un milieu d'origine biologique fortement altérable par voie microbienne et enzymatique. Cette tendance à l'altération est due principalement à sa composition élevée en éléments nutritifs favorables à la prolifération microbienne.

2.2. Caractéristiques physico-chimiques du lait

La composition du lait varie selon différents facteurs tels que l'alimentation, la période de lactation, l'âge, la race... les moyennes des caractéristiques physico-chimiques du lait sont représentées dans le tableau III.

Tableau III : Les caractéristiques physico-chimiques du lait

Caractères physiques	Valeurs
pH (20°)	6,6-6,8
densité	1,030-1,033
Température de congélation (°C)	-0,53
Caractères chimiques (g/100g)	
Teneur en eau	87,3
Extrait sec total	12,7
Taux de matière grasse	3,9
Extrait sec dégraissé	9,2
Teneur en matière azotée totale	3,4
Teneur en caséines	2,8
Teneur en albumine et globuline	0,5
Teneur en lactose	4,9
Teneur en cendre	0,90
Vitamines, enzymes et gaz dissous	Traces

Source : Bourgeois et al., 1990

2.3. Caractéristiques microbiologiques du lait

Le lait contient peu de micro-organismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain : moins de 5×10^3 germes/ml et moins de 1 coliforme/ml. Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores : microcoques, streptocoques lactiques et lactobacilles (Bourgeois et Leveau, 1991). Weber en 1988 constate qu'en raison de la température du lait (37°C), de sa teneur élevée en eau (89%), de ses éléments nutritifs et de son pH proche de la neutralité, de nombreuses bactéries y trouvent des conditions favorables à leur développement.

Au cours des opérations de traite, le lait reçoit un apport de micro-organismes d'espèces variées dont le nombre est supérieur à celui dû à la contamination intra mammaire. L'importance de cet apport varie considérablement en fonction des conditions d'hygiène au moment de la traite et elle est notamment liée à la propriété du trayeur, de l'animal et du matériel (Weber, 1988).

2.4. Qualité hygiénique du lait dans la sous région et au Tchad

Plusieurs études menées dans la sous région soulignent le manque d'hygiène du lait et des produits laitiers. Vias et al (2003) dénombrent jusqu'à 10^7 UFC/ml des flores mésophiles aérobies totales (FMAT) à Niamey, Bonfoh et al (2003) trouvent la qualité déplorable avec un taux de FMAT égal à 10^8 UFC/ml à Bamako.

Les premières études sollicitées par la FAO et le Gouvernement tchadien remontent à 1967 et soulignent le manque d'hygiène des produits laitiers. Elles recommandent à cet effet l'organisation des producteurs, la vulgarisation des notions d'hygiène laitière et la création d'un circuit de distribution moderne et hygiénique du lait (Ducruet, 1967).

La situation n'a pas changé depuis lors. Elle s'est même aggravée avec l'urbanisation croissante de la ville et l'éloignement des éleveurs. Les études plus récentes montrent également une qualité hygiénique déplorable. Pissang (1995) relève une forte contamination de lait à la traite avec des valeurs extrêmes (10^8 UFC/ml de FMAT) chez les transhumants et les sédentaires n'ayant pas de forage à proximité. Roy (1997) souligne que 2 heures après la traite, la flore totale est toujours supérieure à 10^6 UFC/ml. Bechir (2000) décrit les pratiques traditionnelles et souligne que le mouillage des doigts au cours de la traite avec le lait pourrait être une source importante de contamination. Des études menées en milieu nomade au Tchad ont montré également l'existence des maladies zoonotiques telle que la tuberculose dont la prévalence est de l'ordre de 4,6% chez les humains et de 17% chez les bovins (Schelling et al., 2000). Diguimbaye et al., (2003) ont pu isoler et caractériser des souches *M. bovis* dans le lait des bovins.

2.5. Tentatives d'amélioration de la qualité du lait au Tchad

La Société Nationale de Production Animale (SONAPA), qui a fermé ses portes depuis 1992, avait en son temps initié chez ses fournisseurs des formations sur l'hygiène de la production laitière. Cette formation était basée sur l'hygiène corporelle et l'utilisation des ustensiles en inox. Ces actions sont seulement limitées à leurs fournisseurs

Roy en 1995 préconisait l'activation de la peroxydase dans le lait pour prolonger la durée de sa conservation. Il s'est heurté dès le départ à un produit trop chargé et a obtenu des résultats mitigés. Il a constaté que 4 heures après la traite le lait activé présente des flores dépassant 10^6 UFC/ml. Lhoste (2003) indique que le recours au traitement à la peroxydase ne permet pas de se passer des règles impératives d'hygiène. Un lait de mauvaise qualité bactériologique avant traitement se trouvera également de mauvaise qualité après l'action du traitement.

A partir de 2000, le Projet lait à N'Djamena (PLN) a mis en place un volet de vulgarisation sur les bonnes pratiques de la production laitière et la qualité du lait livré à N'Djamena. Malheureusement, les actions des projets sont limitées dans le temps et dans l'espace. Elles ont pris fin en 2003.

2.6. La technique du nettoyage et de désinfection

Le nettoyage a pour objet de décoller et de mettre en solution ou en dispersion les résidus organiques ou minéraux présents sur les surfaces des objets et équipements à nettoyer. Les produits acides ont pour but de dissoudre les résidus minéraux et les produits basiques enlèvent la croûte de résidus organiques.

La désinfection selon la norme AFNOR NF T72. IRI. 198, est une opération au résultat momentané permettant d'éliminer ou de tuer les microorganismes et/ou d'inactiver les virus indésirables sur les milieux inertes contaminés en fonction des objectifs fixés. La qualité de l'eau utilisée est aussi très importante pour avoir des produits salubres. La séquence classique de nettoyage manuel est la suivante :

- rinçage à l'eau tiède ou froide ;
- brossage avec une solution détergente acide ou alcaline selon le cas ;
- rinçage intermédiaire à l'eau tiède ou froide ;
- désinfection avec un produit approuvé ;
- rinçage final à l'eau potable avant usage sauf indication contraire.

Les mains doivent également être lavées avant et après chaque type de manipulation. Le lavage des mains doit se faire de la manière suivante :

- mouiller les mains ;
- savonner les mains et les frotter l'une sur l'autre ;
- rincer les mains ;
- enfin sécher les mains. (Alais, 1984 ; Vignola, 2002 et Bonfoh 2003)

Les opérations de nettoyage et de désinfection ne seront efficaces que si 95% des germes présents avant le nettoyage sont éliminés après la désinfection (Ducoulomber, 1975)

2.7. Traitement du lait par la chaleur

Il existe deux types de traitement thermique : la stérilisation et la pasteurisation

- la stérilisation se fait à une température supérieure à 100°C. Elle a pour but de détruire l'ensemble des germes. Pour la stérilisation du lait commercialisé UHT (ultra high temperature), la méthode vise la réduction du nombre de germes thermophiles par un facteur de 10^9 afin de prévoir une marge de sécurité. Par exemple à 140°C pendant 3,6s pour éviter tout risque avec les thermophiles (*S. thermophilus*).
- la pasteurisation se fait à une température inférieure à 100°C et ne vise à détruire que les germes pathogènes présents sous forme végétative. Par exemple à 71°C pendant 16,2s pour éviter tout risque avec les germes pathogènes (*M. tuberculosis*). La pasteurisation est couplée à la réfrigération afin de stabiliser le produit.

La destruction des microorganismes est fonction donc de deux paramètres : la température et la durée du traitement (Alais, 1984 et Vignola 2002).

2.8 Lait impropre à la consommation

Est considéré comme impropre à la consommation :

- le lait provenant d'un animal malade présentant une infection généralisée telle qu'une septicémie ou bactériémie ;
- le lait contenant du colostrum, produit de traite obtenu pendant les premiers jours qui suivent la mise bas dont la composition évolue vers celle du lait normal après 4 à 5 jours chez la vache ;
- le lait contenant des antiseptiques ou antibiotiques ;
- le lait coagulant à l'ébullition ;
- le lait contenant :
 - des microorganismes pathogènes et des toxines ;
 - FMAT $>10^5$ /ml pour le lait cru et $>3.10^4$ pour le lait pasteurisé à J4 ;
 - Coliformes $>10^2$ /ml pour le lait cru et >10 pour le lait pasteurisé à J4 ;
 - Staphylocoques $>10^2$ /ml pour le lait cru et >10 pour le lait pasteurisé à J4.

(F.MA/DGA, 2001 ; Alais, 1984 et Vignola, 2002).

Duteurtre (2003) souligne l'inadéquation de ces critères au contexte des entreprises artisanales qui utilisent le lait local. Il convient donc de définir des nouvelles normes respectueuses des conditions africaines pouvant aider les petites entreprises laitières à améliorer leurs pratiques.

Chapitre 1. Matériel et Méthodes

1.1. Matériel

Le matériel utilisé est le matériel courant de laboratoire de microbiologie selon la norme française NF ISO 72 18 (AFNOR, 1999).

Les réactifs suivants sont utilisés pour les analyses physico-chimiques :

- mesure de l'acidité dornic : NaOH 0,1 N et Phénol-phtaléine (2%+ 100ml d'alcool à 90°C) ;
- mesure de l'activité bactérienne avec la Resazurine ;
- mesure de la stabilité du lait avec le test à l'alcool 68°;
- Mammites subcliniques avec le California mastitis test (CMT).

Pour les analyses microbiologiques, nous avons utilisé les milieux de culture suivants :

- Gélose Plate Count Agar Standard (PCA) pour le dénombrement de la FMAT;
- Milieu Sabouraud + Chloramphénicol pour le dénombrement des levures et Moisissures ;
- Milieu de Mac Conkey pour le dénombrement des coliformes totaux et thermotolérants ;
- Milieu Chapman plus rouge de phénol pour le dénombrement des staphylocoques présumés pathogènes.

2.2. Méthodes

L'étude comprend deux volets, l'un descriptif et l'autre analytique. Le volet descriptif est réalisé sous forme d'enquêtes de terrain avec un questionnaire standardisé (annexe 3).

Le volet analytique concerne d'une part les prélèvements d'échantillons de lait sur chaque point critique et leurs analyses au laboratoire et d'autre part, l'application du modèle d'hygiène avec l'évaluation économique de l'intervention.

2.2.1. Site et durée de l'étude

L'étude est réalisée à N'Djamena (Tchad). Les prélèvements ont eu lieu dans deux villages : Arrigueyig (42 km de NDjaména) et Wassi (30 km de NDjaména) qui ravitaillent la laiterie « Total ». L'étude a duré 6 mois (d'août 2005 à janvier 2006).

2.2.2. Choix des sites, échantillonnage et prélèvements

Les sites d'étude sont retenus par choix raisonné, basé sur l'importance de la laiterie, la volonté de coopérer des acteurs qui interviennent dans la chaîne de production (de la traite à la laiterie).

La laiterie « Total » identifiée (sur une dizaine) pour cette étude est la laiterie traditionnelle la plus importante de la ville de N'Djaména, par la quantité du lait qu'elle traite par jour (200-300 litres). Deux des six fournisseurs qui alimentent la laiterie en lait sont choisis sur la base de leur régularité et de leur disponibilité, ainsi que les intermédiaires qui travaillent dans la chaîne.

Les points de prélèvements choisis sont les nœuds de contamination les plus importants. Cinq points de contrôles représentés sur la figure 2, sont retenus sur la chaîne de production, distribution et vente.

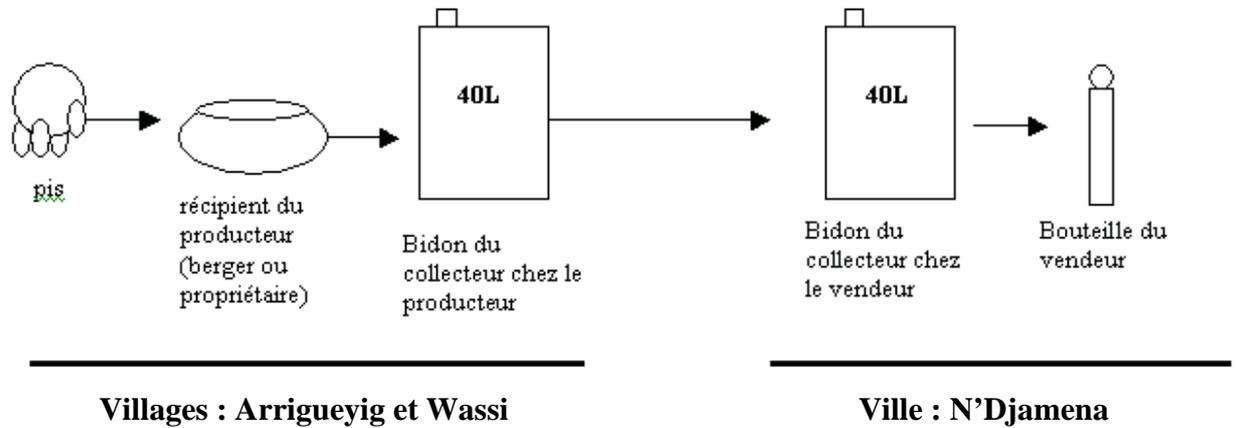


Figure 2 : les 5 points de prélèvement

- Lait prélevé à partir des pis de vache (choix aléatoire de 3 vaches dans le troupeau) ;
- Lait prélevé à partir du récipient du producteur ;
- Lait prélevé à partir du récipient du collecteur chez le producteur ;
- Lait prélevé à partir du récipient du collecteur à la laiterie ;
- Lait prélevé à partir du récipient du revendeur au point de vente.

Les paramètres physico-chimiques suivants sont également mesurés :

- La température ambiante à la traite ;
- Le temps mis entre les nœuds ;
- La température du lait traité ;
- La température de chauffage ;
- La température ambiante au point de vente ;
- La température du lait au point de vente.

Les prélèvements et les traitements du lait sont faits de la façon suivante :

- Trois passages par chaîne avant la mise en place des techniques d'amélioration ;
- Trois passages par chaîne après la mise en place des techniques d'amélioration.

Les prélèvements sont faits dans des bocaux stériles. Les conditions d'asepsie et de transport à basse température ont été respectées selon la recommandation de l'IDF (International Dairy federation, 1990) et *Codex alimentarius* on food hygien (FAO et WHO, 1997).

Le lait est transporté dans une glacière contenant de la glace concassée. Les analyses sont réalisées dans les 24h qui suivent les prélèvements au laboratoire.

2.2.3. Evaluation de la qualité par les tests physico-chimiques et bactériologiques

2.2.3.1. Les paramètres physico-chimiques

a). Test des mammites subcliniques: Shalm test (Schweizer, 1983)

Objectif : Ce test permet de dépister une augmentation des cellules (leucocytes) dans le lait d'un quartier de la mamelle d'une femelle laitière. Il permet ainsi de déterminer approximativement le nombre des leucocytes dans l'échantillon selon la viscosité du mélange du réactif-lait. La réaction se fait entre l'ADN des cellules et la solution d'épreuve. Il permet ainsi de dépister même les mammites subcliniques.

Mode opératoire :

- Traire les 2 ou 3 premiers jets de lait de chaque quartier dans les cupules correspondantes du plateau (éviter la formation de mousses) ;
- Incliner le plateau de sorte que le lait s'écoule jusqu'à ce qu'il reste environ 2 ml par cupule (éviter de mélanger le contenu de différentes cupules) ;
- Ajouter à chaque cupule un peu plus de solution d'épreuve qu'il n'y a de lait soit environ 3 ml ;
- Mélanger soigneusement la solution de CMT en imprimant des mouvements circulaires au plateau (l'apparition ou l'absence d'altération permet de tirer des conclusions sur le nombre de cellules dans le lait).

Interprétation

Tableau IV : Estimation du nombre de cellules en fonction du résultat

Interprétation	Score	Nombre de cellules
Négatif	(-)	150 000 par ml de lait
Douteux	(±)	150 000 et 500 000 par ml de lait.
Légèrement positif	(+)	400 000 à 1,5 millions par ml de lait
Moyennement positif	(++)	800 000 et 5 millions par ml de lait.
Fortement positif	(+++)	5 millions par ml de lait.

b). pH (Farah et Fisher, 2004)

Objectif : Il permet de déterminer l'état d'acidité du lait. Il est lu directement à l'aide d'un pH mètre digital (pH-mètres PH25 EN 61326/A1)

Mode opératoire : Après vérification à l'aide de solution tampon pH7, l'électrode en verre du pH-mètre est nettoyée avec de l'eau distillée et plongée dans le lait.

Lecture : Elle se fait directement sur l'appareil en remuant légèrement l'électrode dans le lait.

c). La densité du lait à 20°C (Farah et Fisher, 2004)

Objectif : La mesure de la densité permet de déceler les fraudes par le mouillage et l'écémage du lait.

Mode opératoire : Le lait est testé 3 heures après le prélèvement pour permettre la stabilité et l'équilibre des globules gras et des gaz. Il est recueilli dans une éprouvette de 250 ml dans laquelle est plongé un lactodensimètre muni d'un thermomètre.

Lecture : La lecture se fait après stabilisation du lactodensimètre dans le lait. La mesure de la température permet d'ajuster la densité lue. Si la température du lait est supérieure à 20°C on y ajoute 0,0002 par degré et si elle est inférieure à 20°C, on y soustrait 0,0002 par degré.

d). Test à l'alcool (Farah et Fisher, 2004)

Objectif : Il permet de s'assurer de la fraîcheur du lait. L'augmentation de l'acidité dans le lait se traduit par une floculation après addition d'un volume égal d'alcool.

Mode opératoire : Un volume de 2 ou 5 ml de lait est introduit à la pipette dans un tube à essais, L'on y ajoute la même quantité d'éthanol à 68%. Après une homogénéisation, le contenu est coulé tout au long de la paroi interne du tube à essais.

Lecture : Les tubes positifs présentent des floculations sur la parois des tubes et les tubes négatifs ne présentent pas de réaction.

e). Test à la Resazurine (Farah et Fisher, 2004)

Objectif : Ce test permet d'apprécier l'activité microbienne. C'est une variante du test de la réductase au bleu de méthylène avec l'avantage d'être lu entre 10 mn et 1 heure.

Mode opératoire : Dix millilitres de lait sont introduits dans un tube et l'on y ajoute 1 ml de resazurine, l'ensemble est homogénéisé et incubé à 38°C dans un bain-marie pendant 10 mn.

Interprétation :

Tableau V : Classification des résultats du test à la resazurine

Classe	Qualité	Couleur	Usage après les 10 mn
Classe 6-5	Excellent	Bleue mauve	Bon pour la pasteurisation
Classe 4	Bien	Violette	Acceptable pour la pasteurisation
Classe 3-2	Acceptable	Rose	Approprié pour la récupération du beurre
Classe 1	Mauvaise	Rose claire	Approprié pour la récupération du beurre
Classe 0	Très mauvaise	Blanche	Ne jamais utiliser

f). Acidité de titration (Farah et Fisher, 2004)

Objectif : Elle permet de mesurer la concentration en acide lactique dans le lait. Les microorganismes présents dans le lait transforment le lactose en acide lactique ce qui augmente l'acidité du lait.

Mode opératoire : Dix millilitres de lait sont recueillis dans un Erlenmeyer, l'on y ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine, puis le mélange est titré avec une solution de NaOH 0,1N jusqu'au virage de la couleur du lait du blanc au rose clair.

Interprétation: La quantité d'acide lactique est déterminée selon la relation suivante:

$$[H^+] = \frac{[NaOH] \times V(NaOH)}{V(Lait)} ; \quad \begin{array}{l} V : \text{volume ;} \\ [] : \text{Concentration.} \end{array}$$

Le résultat exprimé en degrés Dornic est obtenu en multipliant le volume de la soude titrée par 10 (Figarella et Leyral, 1999).

Un lait normal a une acidité dornic de l'ordre de 16-18°D

2.2.3.2. Analyses microbiologiques

Les analyses de laboratoire concernent la recherche et le dénombrement des indicateurs d'hygiène suivants :

- Flore mésophile aérobie totale (évaluation de la flore totale) ;
- Levures et moisissures (reflet de l'hygiène des ustensiles et du lait).
- Coliformes totaux et thermotolérants (reflet de l'hygiène corporelle et du lait);
- Staphylocoques présumés pathogènes (reflets de la santé des animaux, des acteurs et du lait) ;

Les méthodes appliquées sont celles de comptage des colonies obtenus à 30 °C selon la norme NF ISO 4832 du juillet 1991 AFNOR (1999) et Maury (1987).

a) Revivification et préparation des dilutions

Dix millilitres de lait sont introduits dans un flacon contenant 90 ml d'eau peptonée tamponnée, homogénéisés et laissés pendant 40 mn à la température du laboratoire (25°C environ). C'est la revivification et en même temps la préparation de la solution mère 1/10^{ème}. Des dilutions successives sont réalisées dans des tubes à essais

contenant 9 ml d'eau peptonée tamponnée, 1ml de la solution mère est transférée à l'aide d'une pipette dans 9 ml d'eau peptonée tamponnée pour obtenir cette fois-ci une dilution à 1/100^{ème}. On poursuit ainsi la dilution jusqu'à l'obtention d'une dilution plus poussée (10⁻⁵ pour la FMAT) en prenant bien soin de changer à chaque fois de pipette entre deux dilutions (NF V 08-010 mars 1996).

b) Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale selon la norme NF V08-051(février 1999)

C'est un ensemble de germes qui se développent à une température proche de 30°C et en présence de l'oxygène.

La recherche et le dénombrement de cette flore, s'explique par l'appartenance de la plupart des germes commensaux et pathogènes de l'homme à ce groupe. La gélose PCA (plate count agar) est préparée selon la norme N.F.04-505 et les recommandations de «l'American Public Health Association» pour le dénombrement des aérobies totales dans les eaux, le lait et les denrées alimentaires.

Mode opératoire : La méthode adoptée est l'ensemencement dans la masse. Deux boîtes de Pétri sont utilisées pour chaque dilution, dans lesquelles sont introduit 1 ml de la solution mère ou des dilutions décimales.

10 à 15 ml de PCA en surfusion à une température de 45°C environ sont coulés dans chacune des boîtes qui sont ensuite homogénéisées parfaitement par des mouvements circulaires, lents et dans tous les sens. Après solidification, la surface des boîtes est recouverte par une couche mince de gélose PCA. Une fois la couche solidifiée les boîtes sont retournées et incubées à 30°C pendant 24 à 48h dans l'étuve.

Lecture : Elle se fait sur les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 30 et 300. La lecture est faite à la loupe.

c) Recherche et dénombrement des coliformes totaux et thermotolérants (AFNOR, 1999 ; Maury,1987).

Les coliformes sont des *Enterobacteriaceae*, lactose positive. Les coliformes totaux se développent à 37°C et les thermotolérants à 44°C. Ces derniers sont considérés comme des indices de contamination fécale récente. Le plus connu d'entre eux est *Escherichia coli*, qui peut être pathogène et provoquer des gastro-entérites redoutables, surtout chez les enfants.

Pour ce faire, le milieu Mac conkey (gélose lactosée au cristal violet) est utilisé, il est recommandé pour l'isolement et le dénombrement des entérobactéries en général et des coliformes en particulier dans les eaux, le lait et les produits alimentaires.

Mode opératoire : Deux séries de boîtes de Pétri sont utilisées pour l'ensemencement. Chacune des boîtes reçoit 1 ml de la solution mère. Le milieu Mac Conkey liquéfié et ramené à 45°C est ensuite versé dans chacune des boites, puis homogénéisé avec l'inoculum. Après solidification elles sont recouvertes avec une couche mince de gélose Mac Conkey, puis une des séries des boîtes est incubée à 37°C pour les coliformes totaux et l'autre à 44°C pour les coliformes thermotolérants.

Lecture : Les colonies lactose positif (coliformes) sont rouges briques, entourées d'un halo opaque de sel biliaire précipité. Les colonies lactose négatif sont incolores (les non-coliformes).

d) Recherche et dénombrement des staphylocoques présumés pathogènes

(AFNOR, 1999 ; Maury, 1987)

Ils font partie de la famille des *Micrococcaceae* et sont très répandus dans la nature. On les retrouve dans l'air, l'eau et le sol. Le plus virulent des staphylocoques est le *Staphylocoques aureus*. Il peut être responsable d'intoxication alimentaire (Bourgeois 1990).

Mode opératoire : A l'aide de 0,1ml de suspension mère on ensemence des boîtes de Pétri contenant le milieu de Chapman, (gélose hyper salée (75%) additionnée de mannitol et de rouge de phénol) préalablement solidifiée. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48h.

Lecture : Les souches *S. aureus* forment des colonies luxuriantes et élaborent leurs propres pigments. Les colonies s'entourent d'une auréole jaune due à la fermentation du mannitol, Maury (1987).

e) Recherche et dénombrement des levures et moisissures (AFNOR, 1999 ; Maury, 1987)

Les levures et les moisissures se distinguent des bactéries par leur structure cellulaire qui est de type eucaryote et se distinguent entre elles par le fait que les levures sont des champignons unicellulaires et les moisissures sont des champignons filamenteux. Même si les levures ne causent pas d'intoxication alimentaire, elles peuvent altérer sa qualité marchande du lait et des produits laitiers (Bourgeois, 1980). Par contre les moisissures, par la production des toxines, telles que les mycotoxines provoquent des intoxications alimentaires graves. C'est le cas des genres *Aspergillus.*, *Penicilium.*, *Fusarium.* (Bourgeois, 1990).

Mode opératoire : L'ensemencement se fait de la même manière que pour la flore mésophile totale. Le milieu utilisé est le milieu de Sabouraud additionné d'un antibiotique thermostable à large spectre (Chloramphénicol, 0,5g/l). L'antibactérien permet l'isolement des champignons par élimination des contaminants bactériens. L'incubation se fait à la température du laboratoire (25°C) pendant 48 à 72h.

Lecture : Le dénombrement se fait sur les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 10 et 100.

f) Expression des résultats

La formule pour l'expression des résultats est la suivante :

$$N = \frac{\sum C}{V(n1 + 0,1n2)d}$$

N : nombre de UFC/ml ;

$\sum C$: somme des colonies comptées sur les boîtes retenues ;

V : volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte ;

n1 : nombre de boîtes retenues à la 1^{ère} dilution ;

n2 : nombre de boîtes retenues à la 2^{ème} dilution ;

d : taux de la dilution de la 1^{ère} boîte retenue.

2.2.4 Facteurs externes influençant la qualité du lait

Les facteurs externes influençant la qualité du lait sont relevés sur une fiche d'enquête il s'agit de la température, de la distance parcourue, du temps mis et des pratiques des acteurs.

2.2.5. Modèle d'amélioration de l'hygiène et de la qualité

La méthode d'évaluation et le modèle d'amélioration sont ceux utilisés par Bonfoh et al (2003). Ils sont applicables sur toute la chaîne de production, et vont du pis des vaches aux villages jusqu'au point de vente en ville. La méthode s'intéresse à l'hygiène générale, l'hygiène de la production laitière, la procédure de la traite, les manipulations, le stockage et le transport. L'évaluation de la qualité se fait sur les nœuds de contamination par observation selon la recommandation de l'IDF (International Dairy Federation, 1990) et codex alimentarius on food hygiene (FAO & WHO, 1997).

a) Amélioration de la qualité hygiénique du lait

L'amélioration de la qualité du lait passe nécessairement par la nature et la qualité de tous les ustensiles qui entrent en contact avec le lait. L'usage du matériel approprié en aluminium, en inox ou en plastique est souhaité. L'utilisation des bidons à large ouverture, pour faciliter le lavage, est aussi conseillée. L'application du savon au lavage, de l'hypochlorite de sodium et le procédé de nettoyage et de désinfection sont recommandés. L'accent est mis aussi sur le rôle de chaque récipient et il est conseillé d'utiliser seulement ceux qui sont indispensables, car la multiplication du matériel en contact avec le lait augmente le nombre d'apport de germes dans le lait. La technique du lavage et de la désinfection se fait comme présentée dans le tableau VI.

Tableau VI : Lavage et désinfection

	Actions	Matériel	Temps (mn)
Main	Mouillage	Eau	1
	lavage	Eau +savon	2
	désinfection	Eau+E. Javel (2ml/l)*	1
	rinçage	Eau	1
	séchage		
Equipement	Rinçage	Eau	1
	lavage et brossage	Eau, savon, brosse	2
	rinçage	Eau	2
	désinfection	Eau+E. Javel (2ml/l)*	5-10 : bouteilles, toute la nuit : bidon
	rinçage	Eau	2
	égouttage		10

* en pratique, nous avons utilisé 2 cuillères d'eau de javel (8°Chl.) pour 10 litres d'eau.

2.2.6. Analyses statistiques

Les données recueillies sont codifiées et saisies en double dans Excel. Après vérification, la base de donnée est transférée à l'aide du logiciel Stat transfert[®] vers le logiciel SAS[®] (Statistical analysis systems) pour les analyses statistiques. Les valeurs de dénombrements sont transformées en Log10. Les variables physico-chimiques et les Log10 des dénombrements ont subi une régression en contraste linéaire (proc mixed, proc glm) avec les points critiques et les deux séquences (contrôle et intervention) comme facteurs de comparaison. L'analyse des données socio-économiques et l'analyse de variance sont réalisées avec les modèles développés sur SAS (proc gl).

2.2.4. Evaluation du coût de l'hygiène

Les équipements, matériels (ustensiles) et consommables (détergents, eau de javel) sont répertoriés chez tous les acteurs. Les prix et l'amortissement sont évalués et calculés respectivement selon la formule proposée par Bonfoh et al, (2005)

L'évaluation des coûts de l'hygiène se fait selon les formules suivantes :

- Avant l'intervention :

$$CH^2_0 = CE^3_0 + CC^4_0$$

- Avec intervention

$$CH_1 = CE_1 + CC_1$$

- Coût d'amélioration

$$CA^5 = CH_1 - CH_0$$

Le coût d'intervention sera :

$$\alpha^6 = [(IE + FR)_f - (IE + FR)_i] \times \frac{1}{D_x}$$

² CH = coûts de l'hygiène ;

³ CE = Coûts de l'équipement ;

¹ CC = Coûts de consommables ;

⁵ CA=Coût d'amélioration

α^6 = Coût journalier de l'intervention (Fcfà)

IE = Investissement sur les équipements et le matériel (Fcfà)

FR = Fonds de roulement (Fcfà)

D_x = Durée de vie ou d'utilisation (jour)

_i = Avant l'intervention

_f = Après l'intervention

Chapitre 2. Résultats

2.1. Prélèvement et traitement du lait

Tableaux VII : Points de contrôle du lait

	Nombre	Éleveurs/ Collecteurs	Séquence	Total
Contrôle				42
Lait directement du pis de la vache	3	2	3	18
Lait du récipient de l'éleveur avant le chauffage	1	2	3	6
Lait du bidon du collecteur à la ferme	1	2	3	6
Lait du bidon du collecteur à la laiterie	1	2	3	6
Lait de la bouteille à la vente	1	2	3	6
Amélioration hygiène				42
Lait directement du pis de la vache	3	2	3	18
Lait du récipient de l'éleveur avant le chauffage	1	2	3	6
Lait du bidon du collecteur à la ferme	1	2	3	6
Lait du bidon du collecteur à la laiterie	1	2	3	6
Lait de la bouteille à la vente	1	2	3	6
Lait directement du pis de la vache	1	2	3	6
Nombre total d'échantillons				84

Au total 84 échantillons ont été prélevés et analysés au LRVZ (Laboratoire vétérinaire et Zootechnique) de Farcha.

2.2. Production du lait, températures, et temps de transport

- Exploitations laitières dans les deux villages

L'élevage est de type traditionnel et sédentaire. Il se pratique sur un parcours naturel avec des conduites qui diffèrent suivant les saisons.

En saison des pluies, les animaux sont enfermés à jeun durant toute la journée dans une grande case ronde et sombre. Ceci pour éviter les piqûres des mouches tabanidés (*Tabanus sp.*), similis (*Similium sp.*)...et autres insectes nuisibles qui sévissent en saison des pluies. Les animaux sont conduits au pâturage pendant la nuit et ne rentrent que le matin avant la levée du soleil.

En saison sèche, la conduite est inversée et la case est abandonnée au profit de l'enclos. Quand le pâturage devient rare et pauvre, les animaux sont complémentés par la paille, le foin et le tourteau d'arachide ou de coton.

- Traite

La traite se fait dans l'enclos où les animaux passent la nuit en saison sèche et devant la grande case des animaux en saison des pluies. L'endroit est peu propre avec des bouses. Les trayeurs sont généralement des hommes, rarement des vieilles femmes. Les filles et les jeunes femmes ne font pas la traite car elles ne se soucieraient pas de la survie des veaux et commercialisent tout le lait trait.

La traite du lait se fait dans unealebasse ou une tasse en fer peint ou en aluminium. L'hygiène est presque inexistante en dehors du rinçage des ustensiles. La traite se fait tôt le matin à 5h 48±19mn au moment le plus frais de la journée 20°C ±1,1 (oct.-nov.) et se déroule en cinq étapes :

1. le veau séparé de sa mère est libéré pour venir tété ;
2. après une minute environ, il est retiré et attaché à la patte antérieure droite de sa mère ;
3. les deux pattes postérieures de la mère sont également entravées ;
4. le trayeur s'accroupit sous l'animal en position presque assise, place le récipient de traite entre ses genoux et amorce la traite avec ses deux mains ;
5. a la fin, le trayeur arrête la traite, libère le veau et détache les deux pattes postérieures de la vache, le veau revient aussitôt continuer sa tété.

La quantité du lait trait par animal et par jour est 1,43 litres ± 0,13 (oct.-nov.). Le lait ainsi trait est collecté soit directement dans la marmite du chauffage ou dans une grande tasse placée à l'écart des animaux en dehors de l'enclos.

- Chauffage et circuit du lait

Le lait trait est transvasé dans une marmite et chauffé aussitôt au feu de bois à 95,1°C ±2,3 (max 98,9, min 90,2). Le lait est en grande partie commercialisé, une petite partie, un litre ou moins est utilisée pour la consommation du ménage (thé au petit déjeuner, alimentation des enfants ou « blanchissement de l'eau » de boisson du père de famille).

Le lait trait le soir est chauffé et conservé dans une tasse ouverte placée sur un hangar. Il est réchauffé le lendemain matin avec le lait trait le matin ou bien baratté pour l'extraction du beurre. L'écémage du lait après chauffage est pratiqué par la plupart des foyers et sans gêne.

- Collecte

Le lait est collecté à 7h 32mn ± 13mn, la température ambiante moyenne est de 25,3°C ± 1,4 et celle du lait est de 65,59°C ± 11,8 (Max 85,59, Min 47,4) dans un bidon muni d'un entonnoir. Le bidon est placé chez une femme qui est chargée de la collecte. Toutes les femmes viennent mesurer la quantité de leur lait à l'aide d'un « coro » (tasse en fer peint mesurant 2 litres) avant de le mettre dans le bidon. Ces collectrices primaires sont au nombre de 9 à Arrigueyig et 12 à Wassi. Les ustensiles utilisés à cet effet servent aussi pour les activités du ménage. Les bidons du collecteur sont des bidons de récupération de l'huile alimentaire ou de vidange. Leur capacité est généralement de 40 litres mais la chaleur et la pression les ont déformés et dilatés. Ils peuvent ainsi contenir jusqu'à 46-50 litres. Les bidons en générale sont vieux d'une ou de quelque année et plus souvent percés et colmatés à l'aide des plastiques et des vis (voir photo en annexe 2).

- Transport

Le transport des bidons de lait se fait à l'aide des mobyettes. Une mobyette peut transporter trois bidons de 40 litres (120-150 litres). Les voitures pick up de transport en commun sont aussi utilisées en cas de panne des mobyettes ou si le collecteur possède un nombre élevé de bidons. Le collecteur transporte généralement ses bidons

au bord de la voie principale comme c'est le cas du collecteur avec qui le travail a été réalisé. Il utilise donc deux moyens de transport (la mobylette et la voiture de transport public). Les distances entre les villages (Arrigueyig et Wassi) et la laiterie sont respectivement de 42 et 30 km.

- Laiterie

Le lait arrive à la laiterie à 10h41 ± 46mn à une température moyenne de 46,2°C ± 2,4 la température ambiante est de 33,2°C ± 1. Il est reçu dans une concession louée à cet effet par le promoteur. La laiterie est située à 100 m environ du lieu de vente. Elle comprend une cours, un grand hangar de préparation et de transformation du lait et une chambre de stockage.

Le plancher du grand hangar est cimenté, il sert en même temps de lieu de lavage des bouteilles et de conditionnement du lait. Au fond du hangar, se trouvent trois bacs en ciment remplis d'eau glacée qui reçoivent les bouteilles de lait une fois remplies. Dans le hangar se trouve aussi un grand fut en plastique rempli d'eau. La chambre de stockage reçoit les bouteilles vides, les sacs de sucre et d'autres objets d'usage (voir photo annexe 1).

Les bouteilles sont celles usagées ayant contenu de l'eau minérale. Elles sont collectées par les hommes de ménages dans les hôtels et les entreprises puis vendues aux intermédiaires qui les revendent ensuite à la laiterie. Une fois achetées, les bouteilles sont stockées dans une chambre et lavées au moment de leur utilisation. Le nettoyage se fait dans une grande bassine ou dans un demi fut rempli d'eau, mélangée à du savon en poudre et d'eau de javel. Les bouteilles sont ensuite rincées et rangées pour recevoir le lait. Le temps de contact avec l'eau javellisée est très bref.

A l'arrivée du collecteur, le lait ne subit aucun traitement. Il est transvasé dans une grande bassine ou dans une grande marmite à travers un tamis en aluminium puis sucré (3 kg/ 40 litres ou bidon) et homogénéisé à l'aide d'un gobelet en plastique. Les bouteilles sont ensuite remplies à l'aide du même gobelet, fermées et comptées devant le transporteur. Les bouteilles de lait sucré sont enfin plongées dans un bac rempli de glaces concassées. Au fur et à mesure que les bacs de refroidissement se remplissent les bouteilles sont mises dans une glacière et transportées à l'aide d'une brouette au point de vente « Alimentation Total ». C'est une petite alimentation ouverte sur l'avenue Nimeyrie, non loin de la grande mosquée. Elle vend divers produits alimentaires et cosmétiques. Le lait est reçu dans un réfrigérateur et vendu durant toute la journée et la nuit. Dans cette alimentation la vente du lait représente le plus gros chiffre d'affaire (174 000/j).

- Transformation du lait

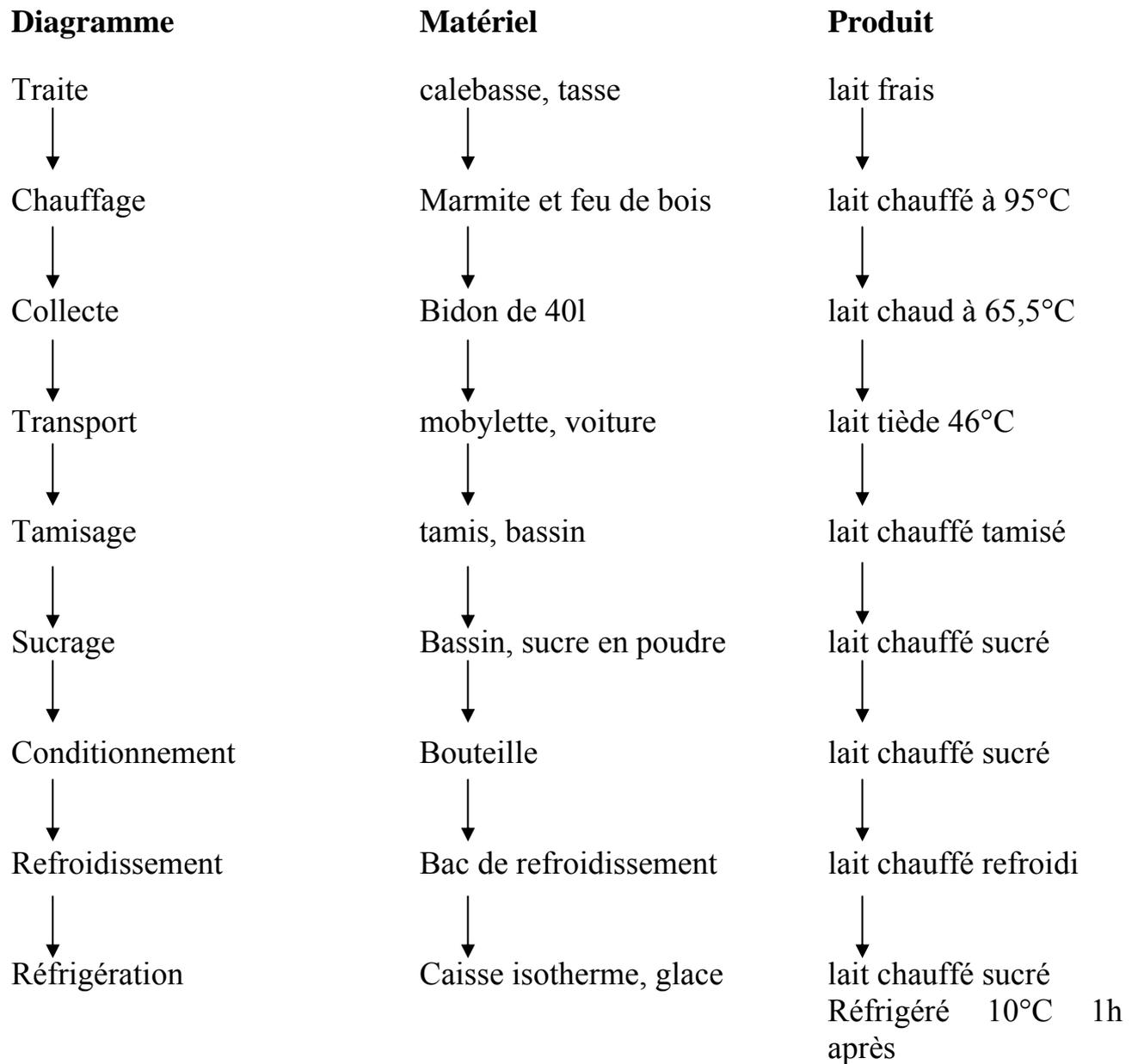


Figure 3 : Transformation du lait (voir image en annexe 1)

2.3. Effet de l'intervention sur les paramètres physico-chimiques

2.3.1 Les mammites subcliniques

L'amélioration des conditions hygiéniques n'a pas influencé ce paramètre. Les résultats représentés dans le tableau VIII concernent l'ensemble des vaches laitières des deux villages, Arrigueyig et Wassi.

Tableau VIII : Prévalence des mammites subcliniques dans les deux troupeaux

Village	Effectif des animaux	Positifs		Négatifs	
		Nombre	Fréquence	Nombre	Fréquence
Arrigueyig	63	14	22,2%	49	77,8%
Wassi	41	10	24,4%	31	75,6%
Total	104	24	23,1%	80	76,9%

2.3.2 Variation du pH et de l'acidité de titration avant et après l'intervention

Les moyennes des résultats de pH et celles de l'acidité de titration, sont présentées dans les figures 4 et 5. Elles correspondent aux données recueillies aux différents points de contrôle avant et après l'intervention.

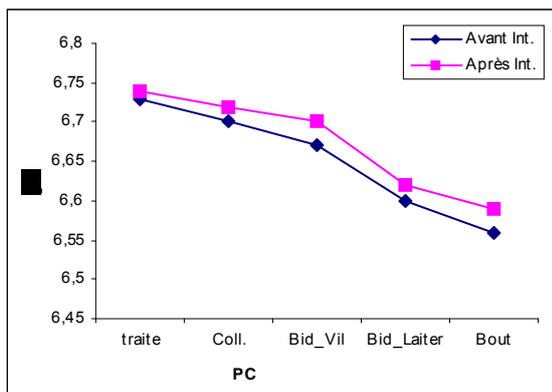


Figure 4 : variations des moyennes de pH relevées aux différents points de contrôle avant et après l'intervention

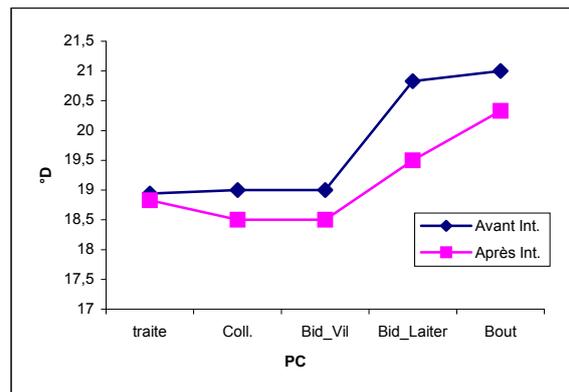


Figure 5 : variations des moyennes d'acidité de titration relevées aux différents points de contrôle avant et après l'intervention

traite : prélèvement à la traite ;
 Coll. : prélèvement à partir du récipient de collecte du lait ;
 Bid_vil. : prélèvement à partir du bidon au village ;
 Bid_laiter. : prélèvement à partir du bidon à la laiterie ;
 Bout. : prélèvement à partir des bouteilles de vente .

L'analyse de variance (Proc Corr) effectuée entre les séquences et les points de contrôle a montré une variation très significative sur les résultats obtenus avant et après l'intervention avec $p < 0,01$ pour le pH et l'acidité de titration (SAS PROC GENMOD).

2.3.3 Variation aux tests à l'alcool et à la Resazurine au point de vente avant et après l'intervention

Nous avons obtenu les résultats présentés dans le tableau IX, avec le test à l'alcool à 68°C et le test à la resazurine.

Tableau IX : Résultats des tests à l'alcool et à la resazurine

Alcool				Resazurine							
Avant %		Après %		Avant %				Après %			
Nég.	Posit.	Nég.	Posit.	Excel	Bien	Accep.	Mauv.	Excel.	Bien	Accep.	Mauv.
66,66	33,33	92,89	7,14	0	30,95	69,05	0	0	100	0	0

L'analyse des corrélations (Proc Mixed) effectuée sur SAS avec un coefficient de corrélation de Peterson N= 84 a montré une variation des deux paramètres (alcool et resazurin) entre les séquences d'une part et les points de contrôle d'autre part, avec $p < 0,001$ dans tous les cas. Les tests à l'alcool et à la resazurine sont donc très proches.

2.3.4 Densité

Les moyennes des densités des échantillons varient de 1,030 à la traite à 1,028 à la laiterie avec un maximum de 1,034 à la traite et un minimum de 1,025 à la laiterie.

2.4. Effet de l'intervention sur la qualité microbiologique du lait

2.4.1 La flore mésophile aérobie totale du lait

Les moyennes des résultats obtenus sur la flore mésophile aérobie totale sont présentées dans la figure 6 après une conversion logarithmique des données.

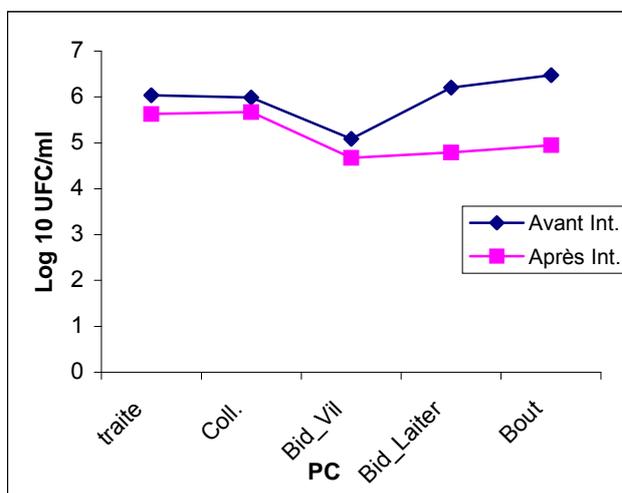


Figure 6 : Variation des moyennes logarithmique des FMAT au différents Points de contrôle avant et après l'intervention

L'analyse de variance (Proc Corr) effectuée entre les séquences et les points de contrôle a montré une variation très significative sur les résultats obtenus avant et après l'intervention avec $P < 0,01$ pour les FMAT (SAS PROC GENMOD)

2.4.2. La variation des indicateurs microbiologiques d'hygiène avant et après l'intervention au point de vente

Tableau X : Résultats des analyses des indicateurs d'hygiène

FMAT		Levures et Moisissures		Coliformes Totaux		Coliformes thermotolérants		Staphylocoques présumés pathogènes	
Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
3.10^6 $\pm 10^6$	10^4 $\pm 5.10^4$	$6,8.10^3$ $\pm 1,6.10^3$	$3,9.10^1$ $\pm 5,4.10^1$	$1,3.10^3$ $\pm 2,8.10^3$	$5,9.10^1$ $\pm 6,1.10^1$	2.10^1 $\pm 1,7.10^1$	$0,6.10^1$ $\pm 10^1$	$1,07.10^2$ $\pm 10^2$	$1,5.10^1$ $\pm 10^1$

L'analyse de variance (Proc Corr) effectuée sur SAS entre les séquences et les points de contrôle a montré une variation significative sur les résultats obtenus avant et après l'intervention avec $p < 0,05$ pour toutes les variables présentées dans le tableau X (SAS PROC GENMOD).

2.5. Coût de l'hygiène de la qualité

Les coûts de l'équipement et de consommable enregistrés aux villages et à la laiterie sont représentés dans le tableau XI.

Tableau XI : Coûts d'équipement et de consommables aux villages et à la laiterie

	Avant Intervention		Après Intervention		Durée de vie/J du matériel investi
	CE ₀ (FCFA)	CC ₀ (FCFA)	CE ₁ (FCFA)	CC ₁ (FCFA)	
Villages	44 500	462	52 000	3 717	717
Laiterie	87 100	1 250	89 600	5 314	547

Dans les villages, le chiffre d'affaires journalier est de 39 325 FCFA avec 143 litres vendu à 275 FCFA l'unité.

Le coût de l'intervention avec la formule présentée dans la méthode est de 15 FCFA/j.

A la laiterie, le chiffre d'affaires journalier est de 174000 FCFA avec 324,6 litres vendu à 533,33 FCFA l'unité.

Le coût de l'intervention est de 12 FCFA/j.

Chapitre 3. Discussion et recommandations

3.1. La méthode d'étude

La fréquence des prélèvements et le nombre des chaînes semblent être réduits. Bonfoh et al, (2005) ont prouvé que la variation des indicateurs d'appréciation de la qualité dans la chaîne de production est très faible et l'on peut aisément analyser statistiquement les données avec une taille d'échantillon réduite. La multiplication des échantillons dépend également des moyens logistiques disponibles (coût élevé des travaux de terrain et de laboratoire) et du temps imparti (6 mois) car le suivi de la chaîne, de la traite au lieu de vente est très délicat et complexe. Des nouvelles pratiques apparaissent en fonction des variations climatiques.

L'amélioration de la qualité du lait par le remplacement du matériel désuet et l'introduction d'un modèle adéquat de nettoyage et de désinfection est également très onéreuse. Il serait donc intéressant qu'une telle étude soit associée à un programme d'amélioration de la production et de la qualité du lait.

3.2. Avantages et inconvénients des pratiques identifiées

L'application du chauffage effectué aux villages est très bon et correspond à la haute pasteurisation. Ce chauffage permet de réduire significativement la contamination initiale et de détruire les germes pathogènes, notamment les germes agents de zoonoses. Ceci est un avantage par rapport à ce qui a été observé à Bamako au Mali (Bonfoh, 2003).

Cependant, la recontamination après le chauffage par les collectrices primaires, le transporteur et les manipulateurs à la laiterie est très importante. Cette phase représente un réel point critique d'apparition des risques (altération, toxi-infection). Toutefois, le chauffage aux villages a permis d'obtenir des moyennes des germes au point de vente, nettement inférieures à celles du lait cru, rapportées par Vias (2003) à Niamey : 10^7 UFC/ml et Bonfoh (2003) à Bamako : 10^8 UFC/ml pour les FMAT. Les coliformes thermotolérants sont également présents, mais toujours dans une proportion inférieure à celles rapportée par Vias (10^6 UFC/ml) et Bonfoh (10^7 UFC/ml), ainsi que les Staphylocoques présumés pathogènes, (10^4 UFC/ml à Niamey), (5.10^4 UFC/ml à Bamako) et les levures et moisissures (4.10^4 UFC/ml à Bamako) (Vias, 2003 et Bonfoh, 2003).

Les paramètres physico-chimiques ont également révélé la mauvaise qualité du lait ainsi que l'existence des mammites subcliniques dans le troupeau laitier. Donik et al.(2003) soulignent que les mammites et les diminutions du pH sont les principales causes de l'instabilité du lait. La prévalence des mammites subcliniques observée : 23% est inférieure à celles de Bamako, 34% (Bonfoh 2003) et de Niamey, 43% (Vias 2003). Nous pensons que nos résultats sont en deçà de la réalité car selon Schweizer (1983), le Shalm test se fait avec les premiers jets du lait alors que dans notre cas comme au Mali et au Niger la tétée du veau qui provoque la descente du lait dans les élevages traditionnels élimine aussi les premiers jets. La mesure de la densité a permis également de constater le mouillage du lait. Le lait chauffé et écrémé devrait avoir une densité supérieure à la normale (1,030-1,033) car l'évaporation et l'écémage augmente la densité. Nous avons enregistré une moyenne de densité de

1,028 avec un minimum de 1,025 à la laiterie. Il y a donc un mouillage en plus de l'écémage effectué. Pissang (1995) a également relevé la pratique du mouillage dans cette filière avec une densité de 1,025. Ce phénomène existe un peu partout au Sahel, Diatta (2005) enregistre des densités comprises entre 1,027-1,030 chez les GIE au Sénégal, Bonfoh (2003) note que 22% du lait est mouillé à Bamako. Les autres indicateurs physico-chimiques obtenus sont aussi très proches de ceux obtenus dans les laiteries traditionnelles. Diatta (2005) a obtenu aussi les valeurs suivantes au Sénégal pH : 6-7 ; °D : 16-21.

Le matériel utilisé : Calebasses de traite, tasse en fer peint, bidons et bouteille de récupération, ne conduit pas à une bonne hygiène du lait. En plus, le bidon en plastique utilisé pour le transport qui reçoit du lait assez chaud (65,5°C) peut être un danger pour la santé publique. Multon et Bureau (1998) ont démontré que la chaleur favorise la migration des monomères (éthylène, propylène, styrène, chlorure de vinyle) à travers la masse de polymères. Parmi ces monomères, l'effet cancérigène du chlorure de vinyle est bien connu et décrit par Cordier et *al.* (1966) cité par Multon et Bureau (1998). Les matériaux préparés avec des polymères ne doivent pas contenir plus de 1 mg de chlorure de vinyle / kg de matériaux finis.

Le temps mis entre la traite et le lieu de vente est assez long (5h en moyenne). La distance entre les villages et la laiterie ne semble pas être la principale cause du retard. Il est en partie dû au passage du collecteur dans d'autres villages éloignés avant de revenir prendre son bidon de lait. Les analyses économiques ont montré l'existence des dépenses liées à l'hygiène dans les deux villages et à la laiterie, mais ces dernières sont insuffisantes et mal appliquées.

3.3. Efficacité du modèle

Parmi les cinq points critiques, trois ont particulièrement retenu notre attention :

Le moment de la mesure du lait et du remplissage du bidon par les collectrices primaires, La qualité du bidon utilisé et le conditionnement à la laiterie.

L'application à ces niveaux des mesures d'hygiène par la technique de lavage et de désinfection ainsi que la séparation à la laiterie du secteur sain du secteur souillé, ont permis de réduire significativement les taux de contamination microbienne, et du coût, d'améliorer la qualité physico-chimique du lait au point de vente. L'analyse statistique avec les tests de corrélation et de comparaison des variables mesurées avant et après l'intervention ont montré que les variations obtenues avant et après l'intervention sont significatives avec des probabilités $p < 0,05$.

Toutefois les moyennes des contaminations microbiennes obtenues après l'intervention sont encore au-dessus des normes internationales du lait pasteurisé à J1 et correspondent à ceux du lait pasteurisé à J4 (DGA, 2002). Car l'adoption de la méthode d'amélioration au niveau individuel, chez les collectrices primaires aux villages et chez les travailleurs à la laiterie demande un suivi régulier et un changement des habitudes qui ne peuvent pas s'opérer en peu de temps. Il est aussi nécessaire et comme le préconise Duteurtre (2003) de définir des normes locales respectueuses des conditions africaines.

La réduction des autres indicateurs, coliformes, staphylocoques, et levures et moisissures est significative et nous avons noté une nette amélioration entre les

échantillons prélevés avant et après l'intervention, mais les taux observés restent au-dessus de ceux du lait pasteurisé (DGA, 2002). Ici aussi, la récontamination par les manipulateurs est évidente. La baisse de la température tout au long du trajet et la durée du transport peuvent également favoriser l'amplification des germes.

Le coût de l'hygiène obtenu est très modeste comparé aux chiffres d'affaires réalisées par jour à la laiterie et aux villages mais d'autres coûts sont nécessaires pour changer le matériel de récupération et de manutention utilisée par un matériel plus adapté.

L'intervention a permis d'ajuster et de bien orienter les dépenses liées à l'hygiène en remplaçant le matériel (de traitealebasse et en tasse de fer par des tasses en aluminium, les bidons percés, tamis) et en introduisant l'eau de javel dans les villages et en améliorant son utilisation dans la laiterie.

Les coûts d'intervention sont très faibles 14,8 FCFA/jour aux villages et 12,3 à la laiterie. Ces coûts sont plus faibles que ceux obtenus par Bonfoh (2003) à Bamako 39FCFA/j sur toute la chaîne. Cette différence est due en partie à l'importance de l'investissement réalisé à Bamako (remplacement des bidons en plastique par des Bidons inoxydables à large ouverture)

3.4. Motivation des acteurs

Les principaux acteurs à la laiterie et aux villages ont bien accueilli le modèle et se sont investis pour sa mise en place. Ils nous ont aidés dès le départ à définir les points critiques et à décrire le circuit en nous indiquant des pratiques non perceptibles tel que l'écémage appliqué par les femmes.

La formation était participative et a révélé des notions bien connues telles que l'altération des aliments par la manipulation et l'importance du chauffage des aliments pour une bonne conservation. Par exemple le reste des repas consommés la veille peu être conservé une fois chauffé sinon il s'altère. Ce passage a permis de démontrer l'implication de la main de l'homme dans l'altération des aliments et l'introduction de l'hypochlorite de sodium pour la désinfection des mains et des ustensiles a été beaucoup plus compréhensible dans les deux villages.

Le responsable de la laiterie est très motivé et prêt à investir dans la laiterie pour améliorer l'hygiène mais malheureusement il se heurte à la non-stabilité du contrat de location car à chaque fois qu'il investit le bailleur augmente le prix du loyer. La notion de propriété est très importante (investissement risqué).

Malgré cette motivation manifeste, il a été difficile aux acteurs intermédiaires (trayeurs, collectrices primaires...) de respecter les recommandations à la lettre car les habitudes ancestrales ne peuvent être changées à court terme. Les sensibilisations et les formations doivent être continues avec des recyclages pour avoir des résultats fiables à long terme.

Conclusion

Le modèle d'amélioration de la qualité hygiénique du lait commercialisé à N'Djamena testé ici est valide, parce qu'il permet d'améliorer les qualités physico-chimiques du lait et de réduire significativement le taux de contamination microbienne.

L'amélioration du niveau de l'hygiène générale et surtout de l'hygiène corporelle est faible car il est très difficile de faire changer d'un seul coup les habitudes traditionnelles, mais le chauffage appliqué au lait, arrive à réduire la contamination initiale.

L'introduction de l'hypochlorite de sodium dans les villages et son bon usage pour la désinfection du matériel en général et du bidon de transport en particulier, a significativement réduit le taux de contamination et amélioré la qualité du lait au lieu de vente.

Trois points de recontamination persistent. Il s'agit du moment du remplissage du bidon qui se fait par une dizaine de femmes aux villages, la qualité du bidon et le conditionnement du lait à la laiterie qui se fait aussi à mains nues.

Les coûts de l'intervention sont très abordables au vu du chiffre d'affaires réalisé par jour et militent pour l'adoption du modèle.

En dehors du danger dû aux germes, le bidon de transport en plastique non conçu pour les produits alimentaires, et qui reçoit du lait chaud présente aussi un danger potentiel pour la santé publique.

Pour améliorer d'avantage la qualité du lait vendu à la laiterie nous recommandons aux producteurs et aux transporteurs de chauffer le lait après la collecte primaire et non avant, et de remplacer le bidon en plastique par des bidons en acier inoxydable comme c'est le cas au Mali. Cela ira avec l'adaptation d'un système sécurisé de transport.

A la laiterie, nous recommandons d'améliorer le conditionnement à la main par un système de tuyaux démontables relié à un fût en inox comme cela est réalisé par la coopérative laitière de Niamey et de changer les bouteilles de récupération par des plastiques à usage unique à l'image de ce qui est utilisé par les petites entreprises d'eau minérale à N'Djaména.

Nous recommandons enfin aux décideurs de mettre en place un système d'accès sécurisé aux kiosques pour promouvoir les investissements, favoriser les crédits et les formations participatives sur les bonnes pratiques de la production laitière en général et sur l'hygiène en particulier.

Bibliographie

1. **ABOULMALI A. A., 2005.** Typologie des élevages bovins périurbains de N'Djamena. Th. : Méd. Vét.: Dakar ; 26
2. **AFNOR, 1999 .** Microbiologie alimentaire : Méthodes horizontales - 7^{ème} éd. - Paris : AFNOR.- 423 p.
3. **ALAIS C., 1984.** Science du lait : principes des techniques laitières. - 4^{ème} éd. - Paris : SEPAIC.- 814p
4. **BUREAU CENTRAL DE RECENSEMENT (BCR), 1998.** Enquête démographique et de santé du Bureau Central de Recensement, direction de la statistique des études économiques et démographiques - N'Djamena : Tchad. - 66 p;
5. **BECHIR M., 2000.** Qualité hygiénique du lait produit par les pasteurs nomades. *Sempervira*, **8** : 56-69.
6. **BEUZART, 1996.** La consommation et l'approvisionnement en produit laitier de la ville de N'Djaména, Tchad. Mémoire de D.E.A. : ENSAM-INRA : Montpellier.
7. **BONFOH B., ROTH C., TRAORE A.N., FANE A., SIMBE C. F., ALFAROUKH I.O., NICOLET J., FARAH Z. and ZINSSTAG J., 2005.** Effect of washing and disinfecting containers on the microbiological quality of fresh milk sold in Bamako (Mali). *Food control*, **17** (2) : 153 -161
8. **BONFOH B. , WASEM A. , ROTH C. , TRAORE A.N. , SIMBE C.F. ALFAROUKH I.O. , NICOLET J. , FARAH Z. et ZINSSTAG J., 2003.** Les sources de contamination de lait local et les méthodes d'amélioration de sa qualité microbiologique à Bamako (Mali). *Etudes et recherches sahéliennes*, **8-9** : 29-38.
9. **BONFOH B., FANE A., STEINMANN P., HETZEL M. TRAORE A.N., TRAORE M., SIMBE C.F., ALFAROUKH I.O., NICOLET J., AKAKPO J.A., FARAH Z. et ZINSSTAG J. (2003).** Qualité microbiologique du lait et des produits laitiers vendus au Mali et leur implication en santé publique. *Etudes et recherches sahéliennes*, **8-9** : 19-28
10. **BOURGEOIS C. et LEVEAU J., 1991.** Technique d'analyse de contrôle dans les industries agro-alimentaires. - Paris : Lavoisier Techniques et Documentation.- 452p ;
11. **BOURGEOIS C. MESCLE J.F. et ZUCA M., 1990.** Microbiologie Alimentation : aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire.- Paris : Lavoisier Techniques et Documentation.- 422 p ;
12. **DIATTA O. (2005).** Etude de la qualité du lait caillé artisanal fabriqué par le GIE des élevages de Nguekokh. –Mémoire de DEA : Productions Animales : Dakar ; 3
13. **DONIK R., ETTRIQUI A. et ZRELLIS S., 2003.** Relation entre le test à l'alcool et la qualité du lait à la réception. *Micro. Hyg. Ali.*, **15** (42): 19-26
14. **DIGUIMBAYE C., SCELLING E., PFYFFER G.E., BAGGI F., N'GANDOLO R., NDOUTAMIA G., TANNER M. et ZINSSTAG J.,**

2004. Premier isolement de mycobactéries tuberculeuses chez l'homme et l'animal au Tchad. *Med Trop*, **64** : 478-481.
15. **DUCRUET P., 1967.** Enquête laitière dans la région de la région de Fort-Lamy.- N'Djamena. - 19 p
 16. **DURET D. et PILLET P., 2002.** Qualité en production : de l'ISO 9000 à Six Sigma. -2^{ème} éd.-Organisation.- 338p
 17. **DUTEURTRE G., 2003.** Normes exogènes et tradition locale : la problématique de la qualité dans la filière laitière africaine. *Etudes et recherches sahéliennes*, **8-9** : 81-88
 18. **DUTEURTRE G. et MEYER C., 2002.** Marché urbain et développement laitier en Afrique subsaharienne. - Montpellier : Cirad.-233p
 19. **FAO (2000) Lait et produits laitiers : production et consommation**
<http://www.museum.agropolis.fr/pages/expos/aliments/lait/prodconso.htm>
 20. **FAO & WHO (1997).** The codex alimentarius commission and the FAO & WHO foods standards programs. - Rome : FAO
 21. **FARAH Z. and FISHER A., 2004.** Milk and Meat from the Camel.- Zurich : ETH.- 230p
 22. **FIGARELLE J. et LEYRAL G., 1999.** Microbiologie alimentaire.- 5^{ème} éd.- Paris : Centre national de documentation pédagogique d'aquitaine.- 212p
 23. **FRANCE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DIRECTION GENERALE DE L'ALIMENTATION (DGA), 2002.** Critères microbiologiques applicables aux aliments.- Sous Direction Hygiène des Aliments.- Paris : 17p
 24. **INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF), 1990.** Hand book on milk collection in warm developing countries. *Special issue*, **9002** : 148 p
 25. **HAMZA R., 2001.** Lait et produits laitiers comme aliments responsables de toxi-infections alimentaires collectifs (TIAC). *Microb. Hyg. Ali.* (N°hors série) : 17-24
 26. **KOUSSOU M. O., 2004.** Dynamique des innovations dans le secteur de l'élevage au Tchad : Le cas de la filière d'approvisionnement en lait de la ville de N'Djamena. -Mémoire de DEA. : Institut national agronomique de Paris-Grignon : Paris.
 27. **LHOSTE F. et LAMBERT J.C., 2003.** La méthode de conservation du lait cru par le système fondé sur la lactoperoxydase. l'intégration du « programme lait de brousse » au module laitier villageois. *Etudes et recherches sahéliennes*, **8-9** : 67-72
 28. **MAURY M., 1987.** Milieux et réactifs de laboratoire Pasteur.- 3^{ème} éd.-Paris : Diagnostics Pasteur.- p728
 29. **MULTON J.L. et BUREAU G., 1998.** L'emballage des denrées alimentaires de grande consommation.- 2^{ème} éd.-Paris : Lavoisier Techniques. et Documentation. - 1082p
 30. **PISSANG T., 1995.** Evaluation de la qualité des laits et produits laitiers dans les systèmes traditionnels de transformation au Tchad : mise au point d'une technologie fromagère adaptée. -Mémoire de Mastère technologie Agro-alimentaire des régions chaudes :Montpellier
 31. **PNUD (1994).** Rapport mondial sur le développement humain.- Paris : Ecomia

32. **PROJET LAITIER DE N'DJAMENA (PLN), 2001.** Rapport d'activité, 2000 à février 2001.- N'Djamena : SOFRECO.-12p
33. **ROY L., 1997.** Etude de deux méthodes permettant de différencier dans le temps l'utilisation du lait au Tchad. L'activation de la lactopéroxydase et la fabrication traditionnelle du beurre. -Mémoire de diplôme d'ingénieur :Montpellier.
34. **SCHELLING E., DIGUIMBAYE C. ET DAOUD S., NICOLET J., ZINNSTAG J., 2004.** Séroprévalence des maladies zoonotiques chez les pasteurs nomades et leurs animaux dans le Chari-Baguirmi du Tchad. *Med Trop*, **64** : 474-477
35. **SCHWEIZER R. 1983.** Lutte systématique contre les mammites du bétail laitier.- Berne : Station régionale de recherches laitières section hygiène.- 145p
36. **TCHAD. MINISTERE DE L'ELEVAGE (ME), 2003.** Rapport annuel d'activité de la programmation et du suivi.- N'Djaména.- 23p
37. **TCHAD. MINISTERE DE L'ELEVAGE (ME), 1998.** Réflexion prospective sur l'élevage au Tchad.- N'Djamena.- 77 p
38. **VIAS F. S.G., BONFOH B., DIARRA A., NAFERI A. et FAYE B., 2003.** Les élevages laitiers bovins autour de la communauté urbaine de Niamey : caractéristiques productions commercialisation et qualité du lait. *Etudes et recherches sahéliennes*, **8-9** : 159-165
39. **VIGNOLA C.L., 2002.** Science et technologie du lait.- Québec: Fondation de technologie laitière de Québec.- 587 p
40. **WEBER F., 1988.** Les incidences technologiques des variations de composition du lait.- Paris: APRIA.- 112 p
41. **WIESE M. (2004).** Health-vulnerability in a complex crisis situation, implications for providing health care to nomadic people in Chad.- 436 p
42. **YOSKO I. (1994).** Les systèmes pastoraux du Tchad état actuel de connaissance sur le système traditionnel de gestion de ressource et leur perspective.-N'Djamena.- 84p
43. **ZAFINDRAJOANA P.S., GAUTIER J. BOUCHEL D. et KOUSSOU M. 1997.** Mission d'identification d'un projet visant à l'amélioration de l'approvisionnement laitier de N'Djamena. *Cirad-Emvt*, **97**(2).- 78p
44. **ZINSSTAG J., BIDJEH K. et ALFAROUKH I., 1998.** L'interface entre la santé humaine chez les nomades en Afrique vers «une médecine unie » : 53-62 In Les populations nomades et la santé humaine et animale en Afrique et notamment au Tchad Sous la direction de Wiese M. et Wyss K.-N'Djamena

Annexe 1 : Transformation du lait en images



Traite



Chauffage du lait



Remplissage du Bidon



Transport des bidons



Tamissage et sucrage



Embouteillage



Refroidissement



Réfrigération

Annexe 2 : Quelques changements visibles



Apport du matériel et produits adaptés



Remplacement du bidon vissé et application du lavage adapté



Ajout du tamisage du lait au village



Nettoyage de la laiterie et séparation du secteur sains et du secteur souillé



Mise en place de la technique de ND adaptée et en dehors de la laiterie

A l'exploitation

Date: Séquence

Lieu:

Remarque et impression :

- ◆ Source d'eau:
- ◆ Nombre de vaches laitières: _____, Effectif du cheptel: _____
- ◆ Quantité de lait par jour (traite matin): _____ Traite soir : _____)
- ◆ Lieu de stockage du lait :
- ◆ Prix de vente du lait :
- ◆ Nombre de traites par jour:
- ◆ Etat des vaches:

lieu de traite

Dans l'enclos	
En dehors de l'enclos	

Trayeurs

	Adulte	Enfant
Masculin		
Féminin		

Etat de lieu de traite

Propre	
moyen	
Sale	

Etat des ustensiles

Propre	
Moyen	
Sale	

Ustensiles utilisés:

	Matériel (volume)	Prix	Durée
1.			
2.			
3.			
4.			

Méthodes de lavage:

Désinfectant / Détergent	Unité	Prix	Durée

Description de la traite

--

Destination du lait trait le soir

--

Traitement appliqué au lait

--

- ◆ Température ambiante au début de la traite:
- ◆ Température ambiante à la fin de la traite :
- ◆ Heure début / fin de traite:

Distributeur

- ◆ Heure d'arrivé
- ◆ Moyen de transport.....

Ustensiles utilisés:

	Matériel (volume)	Prix	Durée de vie
1.			
2.			
3.			
4.			

Méthodes de lavage:

Désinfectant / Détergent	Unité	Prix	Durée

- ◆ Heure d'achat / départ...../.....
- ◆ Heure d'arrivée au Marché/ Distance...../.....
- ◆ Température ambiante au départ:
- ◆ Température ambiante au Marché:
- ◆ Prix d'achat du lait au marché

Vendeur

Ustensiles utilisés:

	Matériel (volume)	Prix	Durée de vie
1.			
2.			
3.			
4.			

Méthodes de lavage:

Désinfectant / Détergent	Unité	Prix	Durée

- ◆ Heure d'achat
- ◆ Température ambiante au départ:
- ◆ Température ambiante au Marché:
- ◆ Prix d'achat du lait au marché
- ◆ Prix de vente du lait au marché

