Cirad-emvt
Campus de Baillarguet
TA 30
34 398 MONTPELLIER Cedex 5

Université Montpellier II
UFR Sciences
Place Eugène Bataillon
34 095 MONTPELLIER Cedex 5

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGION CHAUDES

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

FILIERES LAITIERES EN AFRIQUE ET POINTS CRITIQUES POUR LA MAÎTRISE DES DANGERS SANITAIRES DES LAITS ET PRODUITS LAITIERS

Par

Isabelle TOURETTE

Année universitaire 2001-2002

Résumé :

Ce document présente les points critiques des filières laitières décrites en Afrique et leur maîtrise pour éviter tout danger sanitaire des laits et produits laitiers. Il propose un tour d'horizon des dangers des laits et produits laitiers, des normes et critères microbiologiques de ces produits et les analyses qui peuvent être entreprises. Des recommandations en sont déduites aux divers niveaux que présente une filière laitière (de l'étable à la table).

Mots-clé :

Lait – produit laitier – danger sanitaire – point critique – filière laitière – Afrique – microbiologie – normes – recommandations.

INTRODUCTION 4

PARTIE I : DANGERS DES LAITS ET PRODUITS LAITIERS 5

A/ MICROORGANISMES DES LAITS ET PRODUITS LAITIERS 5
1. BACTÉRIES 5
2. VIRUS 7
3. LEVURES 7
4. MOISISSURES 7
B/ ORIGINE DES MICROORGANISMES 8
1. ORIGINE ENDOGÈNE 8
2. ORIGINE EXOGÈNE 8
C/ FACTEURS DE DEVELOPPEMENT DES MICROORGANISMES 9
1. CONTAMINATION INITIALE 9
2. TEMPÉRATURE 9
3. pH 10
4. POTENTIEL REDOX 10
D/ RESIDUS, SUBSTANCES ET PROPRIETES ANTIMICROBIENNES 11
1. RÉSIDUS ÉVENTUELLEMENT PRÉSENTS DANS LE LAIT 11
2. SUBSTANCES ANTIMICROBIENNES DU LAIT 11

PARTIE II : REFERENTIEL POUR EVALUER LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DES LPL 12

A/ NORMES ET CRITERES MICROBIOLOGIQUES 12
1. NORMES EN VIGUEUR POUR LE LAIT CRU 12
2. NORMES EN VIGUEUR POUR LE LAIT TRAITÉ THERMIQUEMENT 13
3. NORMES EN VIGUEUR POUR LES PRODUITS LAITIERS TRANSFORMÉS 14
4. NORMES EN VIGUEUR POUR L'EAU POTABLE (PISSANG TCHANGAÏ, 1992) 14
B/ ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES LAITS ET PRODUITS LAITIERS 15
1. PRÉLÈVEMENTS DES ÉCHANTILLONS 15
2. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES APPRÉCIANT LA QUALITÉ MICROBIOLOGIQUE DU LAIT 15
3. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES 16
C/ QUALITE SANITAIRE DES LAITS ET PRODUITS LAITIERS EN AFRIQUE 18

PARTIE III : POINTS CRITIQUES DES FILIERES LAITIERES EN AFRIQUE ET RECOMMANDATIONS 21

A/ ORGANISATION DES FILIERES AFRICAINES 21
B/ PRODUCTION LAITIERE ET CCP 23
1. PRATIQUES DE TRAITE ET D'ÉLEVAGE ET CCP 23
2. SANTÉ ANIMALE, ZOONOSES ET CCP 24
C/ TRANSFORMATIONS TRADITIONNELLES ET INDUSTRIELLES 25
1. EXEMPLES DE PROCESSUS DE TRANSFORMATION ARTISANALE TRADITIONNELLE AU TCHAD 25
2. EXEMPLE DE TRANSFORMATION INDUSTRIELLE : LA LAITERIE DE SHOLA 27
D/ TRANSPORT, ENTREPOSAGE ET CCP 28

CONCLUSION 29

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 30

INTRODUCTION

On assiste dans les pays du Sud à une augmentation de la demande en lait qui se traduit par une hausse des importations. En effet, la diminution des aides alimentaires entraîne un approvisionnement de plus en plus important sur le marché mondial. Le développement des filières laitières entre en raisonnance avec deux problèmes majeurs : l'alimentation et la santé humaine. En Afrique de l'Ouest en 1995, 90 % des produits laitiers consommés sont des produits d'importation. Il existe donc un enjeu réel à développer les filières locales, l'offre doit pouvoir augmenter et atteindre un prix compatible avec le pouvoir d'achat moyen du pays. Mais les contraintes sont nombreuses : coût de la collecte, baisse de la production laitière en saison sèche (au moment où la demande est la plus importante), nécessité d'intensification (contrainte techniques, foncières, sociales), etc. Les « ceintures laitières » se développent peu à peu mais le lait frais local reste en concurrence avec le lait en poudre d'importation. Il devient alors nécessaire d'améliorer la productivité des troupeaux, de diminuer les coûts de production, de lever les contraintes de la collecte, de soutenir les initiatives et les agents du secteur laitier informel (Metzger *et al*., 1995). La substitution aux exportations doit passer par le développement des filières émergentes ! et ceci dans un souci de qualité répondant aux exigences du consommateur et pour la santé publique.

PARTIE I : DANGERS DES LAITS ET PRODUITS LAITIERS

A/ MICROORGANISMES DES LAITS ET PRODUITS LAITIERS

1. Bactéries (Carlier *et al*., 1984)

Gram+

COCCI

Catalase+

Aérobie : *Micrococcus*. Peau, sol, eau. Altère le lait.

Aéro-anaérobie : *Staphylococcus*. Peau et muqueuse. Intoxication, abcès, mammite.

Catalase-

Aéro-anaérobie : *Streptococcus*. Ubiquiste, tube digestif.

type A, B, C, R : abcès, mammite

type D : contamination fécale (streptocoques fécaux)

BATONNETS

Non sporulant *Lactobacillus*. Fermente le lait.

Propionibacterium. Fromages à pâte pressée et cuite.

Corynebacterium. Ubiquiste.

Mycobacterium tuberculosis. Tuberculose transmissible par le lait cru.

Listeria monocytogenes. Agent de la listériose.

Coxiella burnetii. Agent de la fièvre Q.

Sporulant (production de toxine après activation par chauffage, modifications de pH, …)

Aéro-anaérobie : *Bacillus anthracis*. Agent du charbon bactéridien.

B. cereus. Toxi-infection alimentaire.

B. subtilis, B. stearothermophilus. Altérations, utiles en fromagerie.

Anaérobie : *Clostridium*. Tube digestif, sol, eau. Germes pathogènes et d'altération.

Cl. botulinum : intoxication alimentaire.

Cl. perfringens : toxi-infection alimentaire.

Cl. butyricum : altération des matières grasses.

Gram-

Aéro-anaérobie

Entérobactéries : contamination fécale.

Lactose + : coliformes, *E. coli*. Sensibles à la chaleur.

Enterobacter, Klebsiella.

Lactose - : *Salmonella*. Tube digestif.Toxi-infection , typhoïde et paratyphoïde.

Shigella. Tube digestif de l'Homme. Gastro-entérite grave.

Yersinia. Tube digestif, sol, gastro-entérite, abcès, péritonite.

Serratia, Proteus. Tube digestif, eau polluée. Putréfaction.

Vibrio : tube digestif, eau. Agent du choléra.

Campylobacter : tube digestif des animaux. Toxi-infection.

Brucella : agent de la brucellose.

Aeromonas : altérations.

Chromobacterium, Flavobacterium.

Aérobie strict : tube digestif, eau. Altération superficielle des produits réfrigérés.
Pseudomonas, Acinetobacter, Moraxella, Alcaligenes.
Anaérobie strict : tube digestif. Altérations. *Bacteroïdes*.

Les bactéries du lait peuvent être classées d'une manière plus fonctionnelle en trois catégories : les germes d'altération, les germes indicateurs et les germes pathogènes (Maurice, 1996).

Germes pathogènes

Germes dangereux dont la présence n'est pas tolérable :

Salmonella typhi
Clostridium botulinum
Mycobacterium bovis et *tuberculosis*
Brucella abortus

Germes courants mais dangereux s'ils sont présents en grande quantité :

Staphylococcus aureus (portage : sphère bucco-nasale, peau, plaies)
Bacillus cereus.

Germes indicateurs

Ce sont des germes indicateurs de l'état microbiologique du lait. Leur dénombrement donne une idée du niveau global de contamination du lait.

Bactéries aérobies mésophiles, l'un des indicateurs les plus utilisés en microbiologie du lait puisqu'il permet d'établir une contamination globale.

Bactéries coliformes : coliformes fécaux et *E. coli*.

Entérobactéries totales, qui comprennent des pathogènes tels *Salmonella* et *Shigella*.

Entérocoques : *Streptococcus faecalis* et *faecium* qui sont un bon indicateur du niveau d'hygiène d'une usine puisqu'ils résistent bien aux détergents et températures élevées.

Germes d'altération

Ce sont des germes provoquant l'autolyse des aliments, et donc leur altération. Ils ne sont en général pas dangereux pour le consommateur parce que leur présence en grande quantité est visible par l'état du produit (changement d'aspect, odeur désagréable, etc.).

Germes psychrotropes : leur développement n'est pas stoppé par la réfrigération.

Pseudomonas
Achromobacter
Flavobacterium
Alcaligenes

Germes thermorésistants : ils résistent aux traitements thermiques comme la pasteurisation et se développent à des températures élevées. Certaines espèces des genres suivants sont en cause :

Streptococcus
Micrococcus
Lactobacillus
Bacillus
Clostridium

Germes lipolytiques : ils détériorent les beurres et crèmes.

Pseudomonas
Achromobacter

Staphylococcus
Moisissures : *Rhizopus, Geotricum, Aspergillus, Penicillium*
Levures : *Candida, Rhodotulora, Hansenula, …*

Germes protéolytiques : ils altèrent saveur et odeur des produits. Certaines espèces de :
Bacillus
Clostridium
Pseudomonas
Proteus
Streptococcus faecalis liquefaciens

Germes acidifiants :
Streptococcus
Leuconostoc
Pediococcus
Lactobacillus
Bacillus
Clostridium
Acetobacter…

Germes anaérobies sporulés mésophiles : ils provoquent la putréfaction des produits et témoignent d'une désinfection insuffisante du matériel.

Ajoutons qu'il existe des germes sous forme **Viable Non Cultivable** (VNC). Une bactérie stressée parce que carencée en nutriments (dans de l'eau par exemple) peut entrer en état VNC ; elle n'est plus détectable par les méthodes classiques de laboratoire. Mais dès que des conditions favorables reviennent, les formes VNC sortent de leur état de dormance et se multiplient. Peuvent entrer en état VNC bon nombre de pathogènes : *E. coli, Salmonella enteritidis, Campylobacter jejuni, Legionella pneumophila, Shigella sp.* Du fait de l'existence de ces formes, on peut donc aboutir à une sous-estimation du niveau de contamination de l'eau utilisée (Cappelier *et al*., 1996).

2. Virus

Les virus intestinaux humains résistent aux pH acides ; ils persistent longtemps dans les eaux résiduaires :

- hépatite virale
- poliomyélite
- entérovirus.

3. Levures

Une quarantaine de genres ont un intérêt en hygiène alimentaire. Elles sont responsables essentiellement d'altérations.

4. Moisissures

Les genres d'intérêt sont nombreux. Les moisissures poussent sur milieux acides. Ce sont des microorganismes d'altération très utilisés en fromagerie.
Les principaux genres intéressants en laiterie sont :
Alternaria : rancissement et mauvaises odeurs des produits laitiers

Aspergillus : production d'une enzyme voisine de la présure. *A. flavus* et *A. parasiticus* produisent des aflatoxines
Scopulariopsis : mauvaises odeurs de certains fromages.

B/ ORIGINE DES MICROORGANISMES

1. Origine endogène

Les pathogènes peuvent provenir de l'animal malade en phase de bactériémie ou de septicémie. Ils peuvent être disséminés à partir de sites bactériens (tuberculose, brucellose). Pour les animaux sains, il existe un portage dans les voies respiratoires, le tube digestif, la mamelle, l'utérus. Les microorganismes du tube digestif sont extrêmement variés et nombreux *(Bacteroïdes*, flore lactique, entérobactéries, salmonelles, clostridies). Ils peuvent être disséminés dans l'environnement mais aussi dans l'organisme ; ils remontent par exemple dans la mamelle par le canal du trayon (*Streptococcus lactis*). Il s'ensuit que moins de 2,5 % des laits sont stériles dans la glande de primipares ! (Carlier *et al*., 1984). Pissang Tchangaï rapporte que le lait normal contient des microcoques saprophytes de la mamelle ainsi que des ferments lactiques (Pissang Tchangaï, 1992).

2. Origine exogène

Les contaminations des laits et produits laitiers sont nombreuses de la production à la transformation, ce sont des contaminations secondaires (Carlier *et al*, 1984) :

- L'homme est un agent de contamination majeur : mains et vêtements sales, personnes malades (affections respiratoires, digestives et cutanées), porteurs sains. L'homme peut être porteur de

  Salmonelles : *Salmonella typhi* est éliminé pendant plusieurs années et de façon discontinue, un traitement antibiotique n'élimine pas le portage

  Staphylocoques : ils sont portés sur la peau et se multiplient dans les glandes sudoripares. Ils sont présents sur la peau quelques heures après un lavage soigneux des mains et d'autant plus si les mains sont moites. Ils sont présents dans les cavités nasales, buccales et l'appareil respiratoire. Leur dissémination est majeure en cas de rhume, acné, impétigo, etc.

- Les animaux comme les hommes sont porteurs de germes: tube digestif, peau et phanères, appareil respiratoire, lésions, etc. Ajoutons que les Insectes sont également vecteurs de microorganismes. Leur rôle a été mis en évidence dans le transport de shigelles, salmonelles et autres.

- L'environnement est une source de contamination majeure.

  Le sol abrite des germes dit telluriques et des spores de levures, moisissures, *Bacillus* et *Clostridium*.

  Quant à l'eau (de ruissellement notamment), elle est susceptible de receler toutes les espèces bactériennes puisqu'elle draine la litière, le foin, etc. Les germes Gram – aérobies comme *Pseudomonas* sont fréquents dans les eaux douces.

  L'air véhicule spores, bactéries, matières vaporisées, postillons...

  Les supports matériels et en particuliers les étoffes sont un formidable site de concentration des microorganismes.

Dans son étude sur les facteurs de variation de la qualité du lait à la Réunion, E. Tillard montre que les laits de vache les plus concentrés en cellules somatiques sont associés à une hygiène de traite insuffisante et à la saison des pluies (Tillard, 2001).
De même, une étude réalisée en Bretagne montre que la présence de mammite et une forte concentration du lait en cellules somatiques sont associées à des vaches sales et maigres et/ou à des vaches âgées. On note une contamination du tractus génital si des manipulations malheureuses au vêlage ont permis une contamination fécale (Faye *et al*., 1997). Enfin, les mamelles lésées sont propices à déclarer des mammites à *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus dysgalactiae* ou *E. coli* (Francis, 1984 ; Jones, 1986). Reste à mentionner l'effet des saisons sur l'incidence des mammites et les germes en cause : Schukken met en évidence un pic de mammites à *Staphylococcus aureus* et *E. coli* au printemps (Schukken *et al*., 1988).

C/ FACTEURS DE DEVELOPPEMENT DES MICROORGANISMES
(Carlier *et al.*, 1984)

1. Contamination initiale

L'intensité de la contamination initiale conditionne la rapidité avec laquelle la multiplication bactérienne commence. Plus le nombre initial de germes est élevé, plus la phase de latence de la croissance bactérienne est courte.

2. Température

La température influe sur la durée de la phase de latence, la vitesse de croissance et le métabolisme des microorganismes. Par exemple, les *Pseudomonas* libèrent plus de protéases et lipases lorsque la température est inférieure à 10°C ; ils altèrent les laits réfrigérés. *Leuconostoc* et *Pediococcus* produisent des dextranes qui donnent un aspect visqueux au lait.

Tableau 1 : températures de croissance des bactéries (Carlier, 1984).

Bactéries...	Minimales	Optimales	Maximales
Thermophiles (*Clostridium, Bacillus, Lactobacillus, Streptococcus*)	35 à 45	55 à 75	60 à 90
Mésophiles (germes pathogènes et d'altération)	5 à 10	30 à 45	35 à 47
Psychrotrophes (*Pseudomonas*, levures, moisissures)	-5 à + 5	20 à 30	30 à 35
Psychrophiles	-5 à + 5	12 à 15	15 à 20

Les germes thermophiles justifient l'intérêt de refroidir rapidement les produits après pasteurisation (ils peuvent survivre à la pasteurisation mais pas à la réfrigération). De même, la réfrigération du lait avant pasteurisation favorise les psychrotrophes qui seront efficacement détruits par la pasteurisation vu leur sensibilité à la chaleur (et les germes thermorésistants auront été inhibés par le froid et les psychrotrophes).

La température favorise donc des populations différentes de germes, ainsi dans du lait à 10°C, les streptocoques lactiques sont majoritaires alors qu'à 0°C, les entérobactéries, salmonelles et shigelles dominent.

3. pH

Le pH a également une influence qui varie avec le type de bactéries.

Tableau 2 : pH de croissance des microorganismes (d'après Carlier, 1984).

pH	minimum	optimum	maximum
BACTERIES			
E. Coli	4,3	6,0 à 8,0	9 à 10
Klebsiella			
Salmonella	4,5	6,0 à 7,5	8 à 9
Staphylococcus	4,2	6,8 à 7,5	9,3 à 9,8
Streptococcus			
Bacillus			
Cl. sporogenes	5	6,0 à 7,6	9
Cl. perfringens			
B. subtilis	4,2	6,8 à 7,2	10
Cl. botulinum	4,7		8,5
Pseudomonas	5,6		8
Vibrio	4,8		11
Lactobacillus	3	5,5 à 6	8
LEVURES			
Candida	2,3	4 à 6,5	9,8
Saccharomyces	2	4 à 5	8,6
MOISISSURES			
Penicillium	1,6	4,5 à 6,7	11
Aspergillus		3 à 6,8	9,3

Les pH basiques (< 4,7) inhibent la germination des spores et la toxinogenèse de *Cl. botulinum* mais ne détruisent pas la toxine. Les pH inférieurs à 4,6 diminuent la résistance des

spores bactériennes.
Les germes peuvent par ailleurs acidifier ou alcaliniser le milieu.
Sont acidifiants : streptocoques et lactobacilles
Sont alcalinisants : *Pseudomonas, Proteus*, clostridies.
Les pH acides inhibent ainsi les germes de putréfaction au profit des ferments lactiques. Sur des produits très acides comme le yaourt, seules des moisissures et levures pourront s'installer.

4. Potentiel redox

Le potentiel redox du milieu agit sur les bactéries. En conditionnement imperméable par exemple, l'oxygène est réduit et les aérobies laissent place à une flore lactique (en raison du pH) dont les effets délétères sont très lents. Le produit voit alors sa durée de vie augmenter.
Par ailleurs, la croissance bactérienne fait chuter le potentiel redox du milieu.

D/ RESIDUS, SUBSTANCES ET PROPRIETES ANTIMICROBIENNES

1. Résidus éventuellement présents dans le lait

Outre des microorganismes, il peut exister dans le lait des substances inertes mais néanmoins dangereuses pour la consommation humaine. Les résidus les plus fréquents sont les antibiotiques, soit qu'ils aient été administrés à l'animal par voie générale soit qu'ils aient été injectés directement dans le trayon. La présence d'antibiotiques dans le lait pose des problèmes divers (Carlier *et al*., 1984) :

d'ordre toxique : le consommateur peut être allergique à ces molécules
d'ordre microbiologique : sélection de germes antibiorésistants
perturbation des analyses de laboratoire
inhibition de ferments utiles pour la transformation du lait

On peut déceler des résidus de nature différente comme des métaux lourds, des résidus d' antiparasitaires, etc.

2. Substances antimicrobiennes du lait

Il existe naturellement dans le lait des substances qui inhibent la croissance bactérienne comme
- le lysozyme qui détruit la paroi des Gram +
- la lactoperoxydase, protéine antibactérienne
- la lactoferrine qui chélate les métaux bivalents (absorption intestinale du fer)
- la lacténine qui est une agglutinine, anticorps spécifique des bactéries lactiques
- des anticorps
- des acides gras qui ont une action inhibitrice par abaissement du pH et interférence avec le métabolisme microbien (inhibition d'autant plus efficace que la chaîne est longue et insaturée) (Carlier *et al.*, 1984).

L'activation du système lactoperoxydase (LPS) permet de retarder le développement de la flore microbienne du lait sans détruire les ferments lactiques (ce qui présente un grand intérêt dans les systèmes de collecte ne disposant pas de chaîne du froid). L'activité du LPS dépend de l'activité et de la quantité de trois composants, naturellement présents dans le lait :

- la lactoperoxydase, enzyme thermosensible présente uniquement dans le lait cru
- le thiocyanate
- le peroxyde d'hydrogène.

L'efficacité du système LPS dépend de la température et du nombre initial de germes. Il a un effet bactériostatique sur les germes Gram - / catalase + et bactéricide si on ajoute du peroxyde d'hydrogène. L'effet sur les Gram + / catalase – est généralement seulement bactériostatique.
Pour activer le LPS, il faut ajouter à 50 litres de lait :

- 0,25 mM de thiocyanate, soit 1,012 g de thiocyanate de sodium
- 0,25 mM de peroxyde d'hydrogène, soit 1,65 g de percarbonate de sodium

Ce traitement coûte 0,52 F Cfa par litre de lait.
Une telle manipulation bloque le développement microbien pendant quatre heures et stabilise le pH. L'activation du LPS présente un intérêt majeur pour des laits moyennement contaminés ; sa mise en application permettrait d'augmenter le rayon de collecte du lait cru (Loiseau *et al*., 1998 ; Degre, 1998 ; Soukehal, 1996).

PARTIE II : REFERENTIEL POUR EVALUER LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DES LPL

A/ NORMES ET CRITERES MICROBIOLOGIQUES

L'objectif des critères microbiologiques est de pouvoir porter un jugement sur la salubrité d'un aliment connaissant sa contamination et la comparant aux normes et critères. Sachant que la répartition des microorganismes dans un lot de produits n'est pas homogène, il convient d'analyser plusieurs échantillons et d'interpréter statistiquement les résultats obtenus. On se base souvent sur un plan d'échantillonnage à trois classes. Soit a la norme fixée pour le produit analysé. 3a est alors la limite supérieure tolérable et 10a, la limite intolérable qui condamnera le lot à être éliminé. On tolère que 2/5 des résultats soient compris entre 3a et 10a, le lot est alors admissible. Si tous les résultats sont en dessous de 3a, le lot est satisfaisant.
Si le danger est important, un seul résultat défavorable entraînera le rejet du lot (c'est le cas avec les salmonelles, clostridies ou autres) (Carlier *et al*., 1984).

1. Normes en vigueur pour le lait cru

Le lait doit être produit par des animaux sains, il doit être propre et ne pas contenir de résidus ni de germes pathogènes. Un lait de bonne qualité doit être normal d'aspect et d'odeur, les épreuves de filtration, d'ébullition et à l'alcool doivent être négatives. Son acidité titrable doit être inférieure à 21°D, il doit contenir moins de 100 coliformes par ml et moins de 50 germes sulfitoréducteurs par ml. Un lait de très bonne qualité doit contenir moins de 30 000 germes par ml et réduire le bleu de méthylène en plus de 4 heures (Guiraud, 1998).
Sont impropres à la consommation les laits (Guiraud, 1998) :

provenant d'animaux malades,
contenant des résidus (antibiotiques, antiseptiques),
contenant du colostrum,
coagulant à l'ébullition,
ne satisfaisant pas aux épreuves de dénombrement cellulaire légales.

- Lait cru destiné à la vente, arrêtés des 6 août 1985 et 30 mars 1994 (normes AFNOR entre parenthèses)

Pathogènes, toxines et résidus	absence
Salmonelles	absence dans 25 grammes (idem), n = 5, c = 0
Streptocoques β-hémolytiques	absence dans 0,1 ml, n = 5, c = 0
Cellules somatiques	moins de 4.10^5 cellules / ml
Flore Aérobie Mésophile (FAM)	moins de 5.10^4 cellules / ml au conditionnement moins de 3.10^5 cellules / ml à la DLC

	(moins de 2.10^5 cellules / ml)
Coliformes totaux	moins de 10^2 cellules / ml au conditionnement
	moins de 10^3 cellules / ml à la DLC
	n = 5, c = 2, m = 100, M = 1000
	(moins de 10^2 cellules / ml)
Acidité Dornic	entre 14 et 18 °D
Staphylococcus aureus	moins de 10^2 germes / ml
	n = 5, c = 2, m = 100, M = 500
	(absence dans 0,1 ml)
(*E. coli*)	(absence dans 0,1 ml)
(*Mycobacterium sp.*)	(absence)

- Lait cru matière première (arrêté ministériel du 18 mars 1994)

Tableau 3 : critères microbiologiques relatifs au lait cru matière première.

Désignation	Germes à 30°C	Cellules somatiques / ml	*Staphylococcus aureus* / ml
Lait cru de vache	$< 10^5$	$< 4.10^5$	m = 500 M = 2 000
Lait cru de bufflonne destiné à traitement thermique	$< 10^6$	$< 5.10^5$	
Lait cru de bufflonne non destiné à traitement thermique	$< 5.10^5$	$< 4.10^5$	m = 500 M = 2 000
Lait cru de chèvre et brebis destiné à traitement thermique	$< 1,5.10^6$		
Lait cru de chèvre et brebis non destiné à traitement thermique	$< 5.10^5$		

m = valeur seuil du nombre de bactéries
M = valeur limite du nombre de bactéries

- Lait destiné à transformation ou traitement thermique, arrêté du 18 mars 1994

Cellules somatiques	moins de 4.10^5 germes / ml
Flore Aérobie Mésophile (FAM)	moins de 10^4 germes / ml (lait à traiter)
	moins de 10^5 germes / ml (lait à transformer)
Staphylococcus aureus	moins de 5.10^2 germes / ml
Note en résazurine	2 ou 3 (arrêté du 17 septembre 1984)

2. Normes en vigueur pour le lait traité thermiquement

- Lait pasteurisé, arrêtés des 21 juin 1982, 30 décembre 1988 et 30 mars 1994

Pathogènes, toxines et résidus	absence
Salmonelles et Listeria	absence dans 25 grammes, n = 5, c = 0
Clostridies sulfitoréductrices	absence dans 50 ml
Flore Aérobie Mésophile (FAM)	moins de 5.10^4 / ml
Coliformes totaux	absence dans 1 ml, n = 5, c = 1, m = 0, M = 5

Coliformes fécaux	moins de 1 / ml
Acidité Dornic	entre 14 et 18 °D
Epreuve à la phosphatase	négative
Epreuve à l'ébullition	négative

Il faut préciser que la pasteurisation ne détruit pas les bactéries sporulées, qu'elles soient
- aérobies : *Bacillus coagulans, B. stearothermophilus, B. licheniformis, B. subtilis*
- anaérobies : *Cl. thermosaccharolyticum, Cl. nigrificans,* Clostridies butyriques (Jouve, 1993).

- Laits stérilisé et UHT, arrêtés des 21 novembre 1983 et 30 décembre 1989

Pathogènes, toxines et résidus	absence
Défaut organoleptique	absence
Flore Aérobie Mésophile (FAM)	moins de 10 germes / 0,1 mL
Flore sporulée	moins de 5 germes / mL
Acidité Dornic	inférieure à 18 °D
Epreuve à l'ébullition	négative

3. Normes en vigueur pour les produits laitiers transformés

Normes européennes (Journal Officiel de la République Française, 19 janvier 1980) :

Tableau 4 : normes européennes de produits laitiers (J.O. 1973).

	FAM	Coliformes totaux (à 30°C)	Coliformes fécaux (à 37°C)	*Staphylococcus aureus*	*Salmonella* dans 25 grammes
Laits fermentés (yaourt, kéfir)		10 germes / g	1 germe / g		absence
Lait caillé	10^3 germes /	10 germes / g	1 germe / g		absence
Fromage frais pasteurisé		10 germes / g	1 germe / g	10 germes / g	absence
Crème pasteurisée	3.10^4 germes / g	10 à 100 germes / g	1 germe / g	10 germes / g	absence
Glace et crème glacée	3.10^5 germes / g	100 germes / g	1 germe / g	10 germes / g	absence
Beurres	10^3 germes / g	10 germes / g	1 germe / g	10 germes / g	absence

4. Normes en vigueur pour l'eau potable (Pissang Tchangaï, 1992)

Pathogènes et parasites	absence
E. coli	absence dans 100 ml
Streptocoques fécaux	absence dans 50 ml

Clostridies sulfitoréductrices absence dans 20 ml

B/ ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES LAITS ET PRODUITS LAITIERS

1. Prélèvements des échantillons

Un échantillon est soit un produit tel qu'il est commercialisé soit un prélèvement effectué de manière aseptique dans un récipient stérile. Dans les plans d'échantillonnage à 2 ou 3 classes, chaque prélèvement doit être constitué d'au moins 5 échantillons. Lorsque la qualité bactériologique d'un lot important de lait doit être déterminée, un minimum de 10 échantillons est nécessaire. Lorsque les analyses sont pratiquées dans le cadre d'un marché ou au moment de la traite, il convient de réaliser 3 prélèvements par échantillon afin de palier à d'éventuels résultats contradictoires.
Les techniques de prélèvements sont normalisées. Le matériel de prélèvement doit être stérile, le produit prélevé doit être homogénéisé avant le prélèvement (à l'aide d'un agitateur ou d'une pipette stérile). Pour réaliser des prélèvements dès le pis de la vache sans contamination extérieure, il est nécessaire de nettoyer la mamelle puis de la rincer à l'eau stérile et de la sécher avec un linge stérile. La traite se fera alors avec des gants stériles, dans un récipient stérile et après élimination des premiers jets.
Les échantillons doivent être étiquetés et maintenus entre 0 et 4°C si nécessaire. L'échantillon sera homogénéisé par agitation avant l'analyse. L'ouverture du conditionnement doit être aseptique (Guiraud, 1996).

2. Analyses physico-chimiques appréciant la qualité microbiologique du lait

- Test de filtration

Il s'agit de filtrer 500 ml de lait à l'aide d'un lactofiltreur ou autre puis d'examiner le filtre lorsqu'il est sec. Ce test est destiné à étudier la propreté du lait.

- Mesure de l'acidité

Elle se fait à l'aide d'un pH-mètre, d'un papier pH ou par titrage acido-basique. Le titrage de l'acidité Dornic se fait avec 10 ml de lait additionnés de 0,1 ml de phénolphtaléine, dans un bécher auquel on ajoute de la soude Dornic à N/9 à l'aide d'une burette et jusqu'au virage de l'indicateur coloré. Le nombre de degré Dornic correspond alors au nombre de dixièmes de mL de soude N/9 qui ont été nécessaires au virage de la phénolphtaléine.

- Estimation de l'activité microbienne : réduction des colorants

Les bactéries abaissent le potentiel redox du milieu dans lequel elles se multiplient. On peut ainsi utiliser des indicateurs redox pour estimer la population bactérienne d'un échantillon. Le bleu de méthylène est le plus fréquemment utilisé, il est bleu et devient incolore lorsqu'il est réduit. La résazurine est un indicateur caractérisé par plusieurs couleurs selon son potentiel redox. Un échantillon de 10 ml est placé dans un tube à essais auquel est ajouté 1 ml d'une solution de bleu de méthylène ou de résazurine à 5 mg / ml. Le tube est fermé hermétiquement et agité par retournements puis placé dans un bain-marie à 37°C.

Pour le bleu de méthylène, le tube est agité toutes les heures ou demi-heures, le temps au bout duquel l'indicateur est décoloré est soigneusement noté.
Pour la résazurine, le tube est laissé au bain-marie pendant une heure, puis la couleur est comparée à celle d'un disque étalon qui permet d'attribuer une note à l'échantillon allant de 0 à 6. Le tableau 5 donne les significations des résultats à ces deux tests de réduction (Guiraud, 1996).

Tableau 5 : qualification des laits en fonction des tests de réduction (Guiraud, 1996).

Qualité de l'échantillon	Temps de réduction du bleu de méthylène	Teinte après 1 heure avec la résazurine
Lait contaminé	T < 2 heures	0, 1 et 2
Lait peu contaminé	2 heures < T < 4heures	3 et 4
Lait de bonne qualité	4 heures > T	5 et 6

- Estimation de la concentration du lait en cellules somatiques

Le nombre de leucocytes (ou cellules somatiques) augmente lorsque la mamelle est infectée ou inflammatoire. Une concentration anormalement élevée de ces cellules peut être mise en évidence par des tests basés sur l'évaluation de la viscosité de l'échantillon.
Whiteside Test (WST) : un volume de soude molaire est ajouté à environ 5 volumes de lait sur un récipient plan qui est agité par rotations. Le test est positif s'il y a floculation, le lait contient alors plus de 5.10^5 cellules / ml.
Californian Mastitis Test (CMT) : 1 volume de teepool est ajouté à 1 volume de lait dans un bécher agité par rotations. Le test est positif s'il y a formation de grumeaux. La couleur obtenue donne une estimation du pH de l'échantillon : gris à violet pour un lait normal, violet pour du lait de mammite, verdâtre pour du colostrum et jaune pour du lait acide (Guiraud, 1996).

- Test de lactofermentation

Un tube de 10 ml de lait est placé à 37°C puis examiné au bout de 6, 9, 12, 18, 24 ou 48 heures. Un lait normal ne coagule pas avant 12 heures. Si le coagulum obtenu est homogène et sans gaz, on a à faire à une fermentation lactique franche et le lait est bon pour la fromagerie. Si le coagulum est floconneux ou présente des gonflements, c'est signe de fermentations parasites ; le lait n'est pas bon pour la laiterie (Guiraud, 1996).

- Epreuve à l'alcool

L'addition d'alcool éthylique entraîne une coagulation des laits altérés par un développement microbien. 5 ml de lait et 5 ml d'alcool éthylique à 70° sont mélangés dans un tube fermé. Si le lait est altéré, des précipitats de protéine adhèrent à la paroi du tube (Guiraud, 1996).

- Epreuve d'ébullition

Les laits acides, de mammite et le colostrum coagulent à l'ébullition. Un échantillon de 5 ml est placé au bain-marie à 100°C pendant 5 minutes. Un lait de plus de 21°D commence à coaguler, un lait de plus de 28°D prend totalement en masse, un lait normal ne coagule pas (Guiraud, 1996).

3. Analyses microbiologiques

Il s'agit ici soit de dénombrer un type de flore bactérienne afin d'évaluer la qualité sanitaire d'un produit, soit d'identifier des germes pathogènes dont on souhaite l'absence dans le produit.

- Examen microscopique

La numération des germes et cellules par microscopie est intéressante parce qu'elle est rapide et qu'elle permet de dénombrer les germes vivants mais aussi les germes morts (qui ne sont pas mis en évidence par les cultures bactériennes). 0,01 ml de lait est prélevé à l'aide d'une boucle d'öse et étalé sur une lame de verre. Le frottis est fixé à l'étuve à 55°C puis refroidi et coloré au bleu de méthylène pendant 30 secondes (ou au colorant de Charlett-Newman pendant 10 secondes). La lame est lavée à l'eau puis regardée à l'objectif à immersion. On peut alors compter le nombre de germes ainsi que le nombre de cellules. Il est à noter qu'un lait de mammite contient plus de 5.10^5 leucocytes / ml et des cellules épithéliales (Guiraud, 1996).

- Dénombrement de la FAM (Flore Aérobie Mésophile)

La FAM est un bon indicateur de la qualité globale du produit. L'ensemencement peut se faire sur divers milieux, il conviendra de choisir le milieu le plus adéquat au type de produit analysé. De même, on choisira les dilutions à ensemencer selon le niveau de contamination du produit et les normes qu'on se fixe. On prendra soin d'ensemencer trois boîtes par dilution. Le milieu le plus couramment utilisé est le PCA (Guiraud, 1996).

- Flore thermorésistante

Cette flore résiste à la pasteurisation basse (63,5°C pendant 30 minutes). Le dénombrement de cette flore permet d'évaluer la pollution due à la traite et de contrôler l'efficacité des traitements thermiques appliqués. Le dénombrement de cette flore s'effectue de la même manière que précédemment ; on incubera au préalable l'échantillon de 10 ml à 63,5°C pendant 35 minutes (Guiraud, 1996).

- Flores psychrophile et thermophile

Le dénombrement se fait de la même manière, l'incubation se fait à 55°C pendant 24 à 48 heures pour la flore thermophile et à 5°C pendant 7 à 10 jours pour la flore psychrophile (Guiraud, 1996).

- Levures et moisissures

Leur dénombrement exige des milieux sélectifs comme les milieux PDA pH 4,5, malt extract pH 4,5, OGA, gélose glucosée au chloramphénicol. L'incubation se fait de 20 à 25°C pendant 3 à 5 jours (Guiraud, 1996).

- Flore sporulée aérobie

Cette flore résiste aux traitements thermiques. Un échantillon de 5 à 10 ml de lait est homogénéisé et incubé de 70 à 80°C pendant 10 minutes puis refroidi. L'ensemencement se fait ensuite normalement sur une gélose nutritive ordinaire ou sur milieu liquide DTB (qui favoriserait le développement des spores) (Guiraud, 1996).

- Flore lipolytique

Ensemencement sur gélose au bleu Victoria, incubation à 30°C pendant 3 jours (Guiraud, 1996).

- Flore coliforme

Les coliformes témoignent d'une contamination fécale et mettent en évidence la possibilité d'une contamination par des entérobactéries pathogènes. Elles sont par ailleurs un bon témoin de l'efficacité des traitements thermiques puisqu'elles sont sensibles à la chaleur.

L'ensemencement se fait avec un milieu VRBL ou désoxycholate-lactose en surfusion. L'incubation dure 24 heures à 30°C pour les coliformes totaux et à 37°C pour les coliformes fécaux. On peut alors procéder à une identification des germes obtenus par repiquage sur milieu BLBVB incubé à 44°C pour *E. Coli* et sur milieu EMB pour les autres coliformes (Guiraud, 1996).

- Recherche de pathogènes
  - *Brucella* : le test à appliquer est celui du « ring test » sur lait cru individuel
  - *Salmonella* : enrichissement, culture sur milieu sélectif puis identification
  - *Shigella* : culture sur milieu au sélénite puis isolement sur milieu XLD
  - *Streptococcus* : longue chaînette en pelote visible après une coloration de gram. Il s'agit alors d'isoler et d'identifier l'espèce du streptocoque.
  - *Staphylococcus aureus* : gélose de Baird-Parker et épreuve de la coagulase
  - *Cl. perfringens* : milieu de Wilson Blair sulfité puis test de Willis et Hobbs
  - *Listeria* : enrichissement 24 heures sur bouillon LEB puis isolement sur gélose Oxford ou LCA ou PALCAM (Guiraud, 1996).

C/ QUALITE SANITAIRE DES LAITS ET PRODUITS LAITIERS EN AFRIQUE

- Togo 1992, qualité microbiologique de laits à la production et à la vente (Pissang Tchangaï, 1992)

Pissang Tchangaï a réalisé des analyses microbiologiques de lait à la production et à la vente au Togo en 1992. Il s'avère que le lait était conforme aux normes à la production mais pas à la vente et que 70 % des laits analysés étaient contaminés par des staphylocoques.

Tableau 6 : pourcentage des laits contaminés par divers germes au Togo (Pissang Tchangaï, 1992).

Germe recherché	Lait à la production	Lait à la vente
Staphylocoques	63 %	83 %
Streptocoques et coliformes fécaux	7 %	97 %
E. coli	37 %	67 %

La qualité microbiologique du lait subit une détérioration majeure entre la production et la vente : des laits qui étaient consommables au moment de la traite peuvent être considérés comme impropres à la consommation au moment de la vente.

- Zone périurbaine de N'djamena Tchad 1997, qualité microbiologique de laits frais et transformés (Bornarel *et al*., 1997)

Les analyses microbiologiques portent sur des laits frais et du lait transformé traditionnellement. Les produits sont généralement contaminés par des bactéries commensales et ubiquistes non pathogènes (ou pathogènes opportunistes). Néanmoins, les risques pour le consommateur sont d'autant plus grands que la contamination du produit est abondante et variée. Ont été identifiées dans :

le lait frais de vache : *Enterobacter*
le lait frais de chèvre : *Klebsiella* et *Candida*
le lait caillé : *Achromobacter, Acinetobacter, Enterobacter, Erwinia, Escherichia, Pseudomonas, Micrococcus, Staphylococcus, Brucella, Candida, Saccharomyces* et *Trichosporon*.

Les laits caillés sont plus contaminés que les laits frais, malgré leur plus forte acidité, ce qui peut laisser supposer une mauvaise hygiène lors des manipulations du lait ou une contamination des récipients utilisés. De même, le beurre fondu est plus contaminé que le beurre solide alors que le premier est chauffé, à l'inverse du second ; les raisons invoquables sont les mêmes. Enfin, le lait est contaminé quasi-systématiquement en levures et champignons du fait de son exposition à l'air ambiant.

- Tchad 1997, qualité bactériologique de produits traditionnels (Bourzat et Hugoo, 1997)

Des produits laitiers traditionnels sont analysés.
Laits caillés : contiennent 10^6 à 10^{10} germes / ml
Staphylococcus aureus, E. coli, Acinetobacter, Enterobacter, Achromobacter, Candida. Un échantillon est contaminé en *Brucella*.
Beurres fondus : contiennent 10^4 à 10^6 germes / ml
Candida
Absence de germes fécaux
Fromages : contiennent 10^4 à 10^5 germes / ml.
Les techniques traditionnelles de transformation du lait ne réduisent pas la flore abondante de contamination mais maîtrisent bien les risques puisque la flore pathogène est quasi inexistante.

- Tchad 1998, qualité bactériologique de l'eau (Pissang Tchangaï, 1998)

L'eau de ménage utilisée pour le nettoyage du matériel ainsi que le lait produit ont subi des analyses microbiologiques. Les éleveurs transhumants ont les résultats sanitaires les moins bons, sans doute parce qu'ils utilisent l'eau des mares.

Tableau 7 : contamination des eaux de ménage et laits crus au Tchad (Pissang Tchangaï, 1998).

	Flore totale (FAM)	Coliformes totaux
Eau de ménage	$7,4.10^3$ à $1,7.10^5$ germes / ml	33 à $2,1.10^4$ germes / ml
Lait cru	$2,4.10^4$ à $1,9.10^6$ germes / ml	$1,7.10^2$ à $3,5.10^3$ germes / ml

- Ethiopie 1996, qualité sanitaire de lait pasteurisé industriellement (Maurice, 1996)

86,6 % des échantillons de lait pasteurisé par la laiterie ne répondent pas aux normes européennes. Si la pasteurisation du lait est réalisée en laboratoire, alors 30 % des échantillons ne répondent pas à ces normes. Il apparaît ainsi que la non conformité du lait pasteurisé à la laiterie de Shola est due, outre à une technique et un matériel déficients, à une mauvaise qualité sanitaire du lait cru traité. 16 espèces bactériennes différentes ont été recensées dans des échantillons de lait avant traitement ; 25 ont été identifiées dans des échantillons pasteurisés ! Il existe donc une contamination industrielle responsable notamment de la présence de :

- Entérobactéries

- *Staphylococcus aureus* (produit des toxines)
- *Bacillus cereus* (produit des toxines)
- Psychrotrophes (dénaturent le lait)

- Mauritanie 2001, qualité sanitaire du lait à la production (Tourette, 2002)

Des laits de vaches et de chamelles sont analysés au moment de la production.

Tableau 8 : moyenne des résultats des analyses microbiologiques de laits de vaches et chamelles (Tourette, 2002)

Analyse	Lait de vache	Lait de chamelle
FAM en germes / ml	$1,6.10^5$	$1,6.10^6$
Coliformes totaux en germes/ml	$4,1.10^4$	$3,5.10^4$
Réduction de la résazurine	4	3
Temps de réduction du bleu de M.	4 heures 35 minutes	4 heures et 20 minutes
Acidité Dornic	19,8 °D	19,4 °D

Un délai important entre le moment de la traite et la réception du lait au centre de collecte pénalise les laits quant au dénombrement de la FAM et le temps de réduction du bleu de méthylène. Des laits qui répondaient aux normes au moment de la traite sont refusés au centre de collecte parce qu'ils ne sont plus de qualité sanitaire suffisante. Cela est surtout vrai lorsque le délai de transport dépasse trois heures et demie.

PARTIE III : CCP DES FILIERES LAITIERES EN AFRIQUE ET RECOMMANDATIONS

A/ ORGANISATION DES FILIERES AFRICAINES

Les filières sont d'organisation complexe ne serait-ce que par l'atomisation de la production, le manque global d'infrastructures, le caractère informel et la relative jeunesse de ces filières. En effet, la lait local vient remplacer peu à peu le lait en poudre jusqu'alors importé. Les circuits de distribution multiplient les intermédiaires et font preuve d'une grande flexibilité qui fait coïncider l'offre avec la demande. L'élevage extensif impose une certaine distance entre les lieux de production et de consommation, ainsi le lait transformé est plus facilement commercialisable que le lait cru. Les LPL sont vendus selon de nombreux circuits, variables à l'infini. La figure 1 schématise grossièrement le cheminement des LPL, elle fait apparaître les principaux acteurs d'une filière locale et les trois volets de cette filière qui sont production, transformation et distribution.

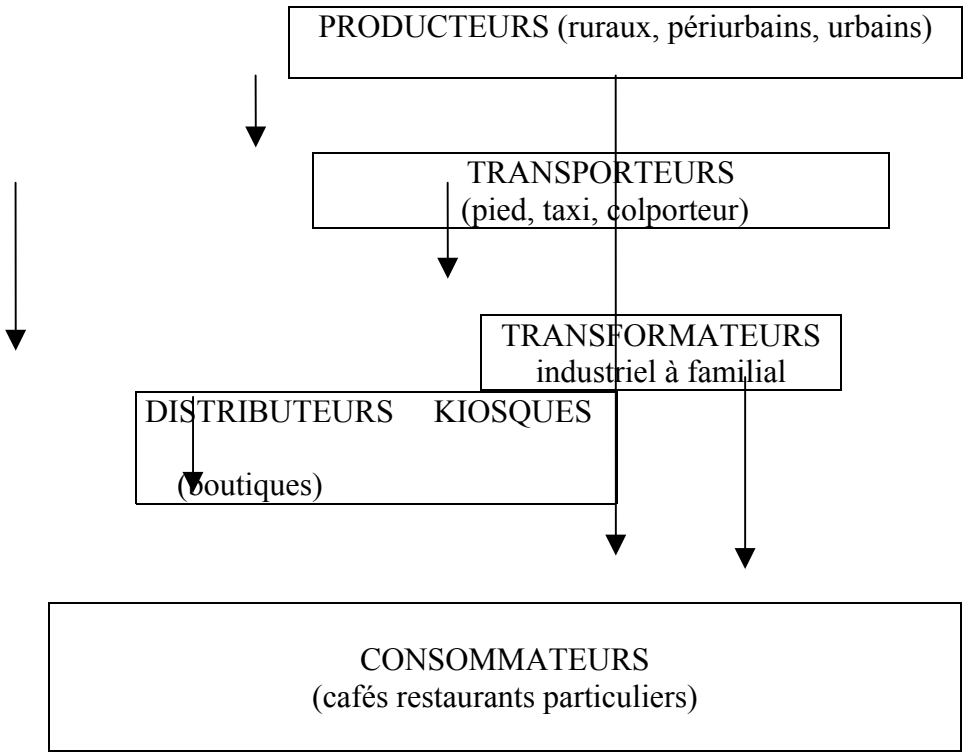


Figure 1 : schématisation d'un réseau de distribution local de LPL en Ethiopie (Metzger *et al.*, 1995).

Un transporteur à pied peut couvrir une distance de 8 à 10 km. Pour les distances supérieures, le transport se fait en taxi, à vélo ou à mobilette ; ce sont souvent des collecteurs / colporteurs

qui approvisionnent les marchés et les particuliers. Les unités de transformation de grosse taille peuvent collecter le lait dans un rayon plus large et acheter le lait à moindre prix. Les petites unités de transformation sont souvent contraintes d'additionner du lait en poudre pour améliorer les rendements de transformation et rester rentables.
La filière beurre est bien structurée à Addis Abeba car le beurre représente un gros marché. Il existe même des colporteurs spécialisés dans le beurre uniquement. La figure 2 schématise la structuration de ce réseau.

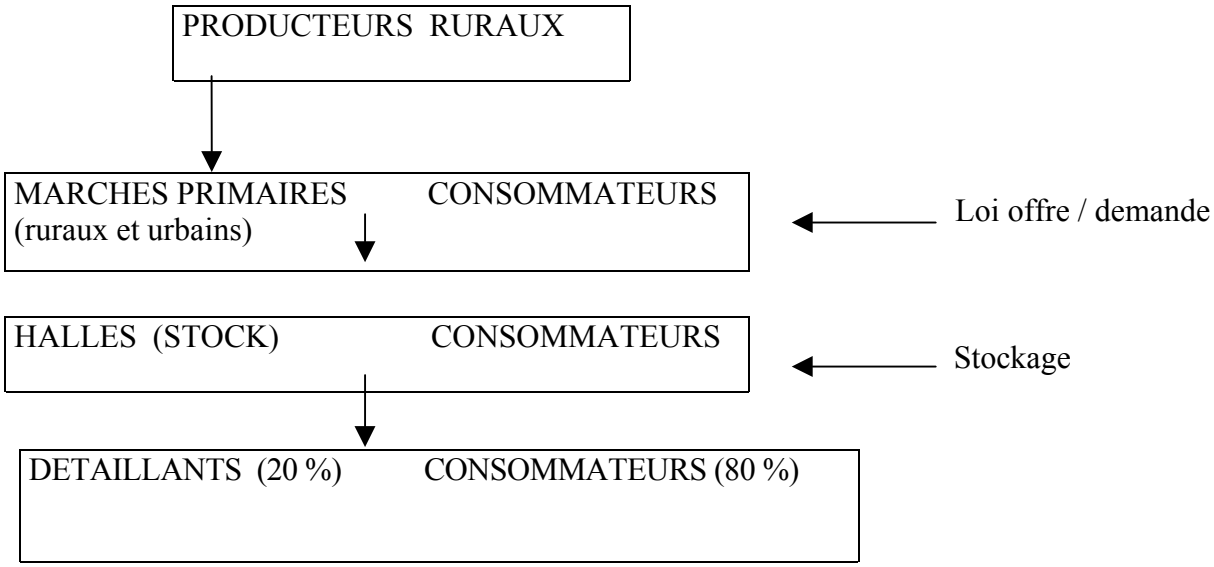
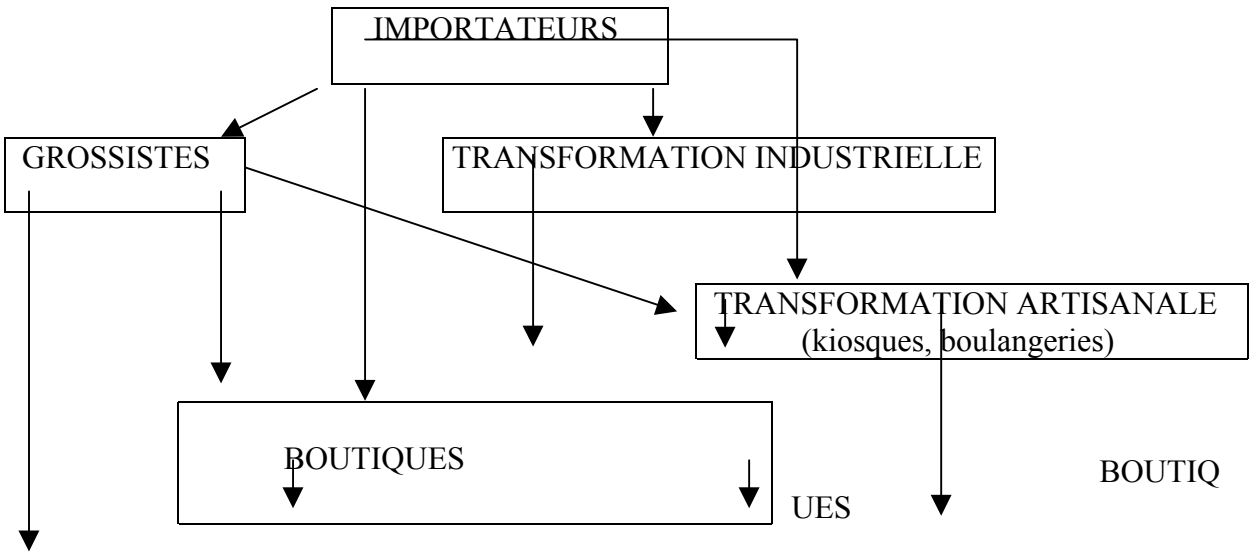


Figure 2 : schématisation de la filière beurre d'Addis Abeba (Metzger *et al.*, 1995).

Il faut ajouter à ces réseaux ceux d'importation de lait en poudre puisque le lait importé tient une place importante sur le marché laitier africain. Il existe dans ces réseaux des acteurs qui sont à la fois importateurs, grossistes et détaillants (les Libanais par exemple). La figure 3 donne un aperçu de ce que peut être la place des LPL importés dans une filière laitière d'Afrique de l'Ouest.



CONSOMMATEUR RURAL	CONSOMMATEUR URBAIN

Figure 3 : circuits d'importation des LPL en Afrique de l'Ouest (Metzger *et al.*, 1995).

Dans la complexité des réseaux de ces filières, l'usine laitière est une interface entre producteurs et consommateurs, c'est également un relais entre le lait en poudre et le lait frais (Metzger *et al.*, 1995).

Quelle que soit la structure et l'importance de la filière laitière à laquelle on s'intéresse, il existe un certain nombre de CCP ou points critiques pour la maîtrise des dangers des LPL. Ces CCP se retrouvent à chacun des maillons de la filière. Nous tâcherons de lister les CCP en divisant la filière en trois parties : production, transformation et distribution.

B/ PRODUCTION LAITIERE ET CCP

En agroalimentaire, de nombreux dangers sont déjà présents dans les matières premières. L'application d'une démarche qualité (et l'utilisation de l'outil HACCP par exemple) devrait commencer dès l'exploitation agricole. Pour limiter les dangers, il convient de connaître l' écologie de certains pathogènes pour en réduire le nombre dès le début de la filière. Il s'agit de comprendre comment les pathogènes sont introduits au stade primaire de la production. L'incidence des dangers peut être réduite par l'application de bonnes pratiques d'élevage (éventuellement basées sur une approche HACCP) (Réunion technique FAO, Vancouver, 1994). Il est judicieux de minimiser la contamination initiale, ne serait-ce que pour augmenter le temps de latence de la croissance bactérienne (Carlier *et al*., 1984).

1. Pratiques de traite et d'élevage et CCP

- Milieu

L'environnement est source de contamination. La traite doit se faire dans un environnement sain, à distance des déchets du troupeau. Les aires de traite et d'alimentation doivent être distinctes(Tourette, 2002).

- Méthode

Quelques règles de base à respecter :

- Se laver les mains et laver les récipients de traite (avec du savon) avant chaque traite
- Attacher la queue de l'animal si nécessaire
- Ne pas poser le récipient de traite, cordes et autres ustensiles au sol (surtout si le sol est souillé) car le trayeur se recontamine les mains en reprenant le matériel
- Nettoyer les trayons

- Ne pas tremper les doigts dans le lait (certains éleveurs ont cette pratique dont le but est de lubrifier la mamelle)
- Ne pas filtrer le lait si le filtre est sale, les étoffes concentrant les germes (Carlier *et al.*, 1984)
- Eliminer les premiers jets de chaque quartier
- Jeter le lait de mammite

Certaines pratiques telles qu'enduire la mamelle de bouse pour empêcher le petit de téter (Bornarel, 1997) sont tout à fait contraires aux bonnes pratiques d'hygiène et représentent une source majeure de contamination du lait. En effet, une contamination fécale du lait entraîne un dénombrement important de coliformes fécaux et notamment en *E. coli* et streptocoques fécaux qui sont des pathogènes (Maurice, 1996).
Des mauvaises manipulations au vêlage peuvent entraîner une contamination fécale du tractus génital avec infection intra-mammaire, le lait contient alors des germes pathogènes mineurs (Faye *et al*., 1998).

- Main d'oeuvre

La personne effectuant la traite doit être vêtue d'une tenue propre, se laver les mains avant chaque traite, nettoyer les pis des animaux. Sa santé devrait être bonne et ses mains sans plaie sous risque de contaminer le lait, en staphylocoques notamment (Carlier, 1984).

- Matériel

Tout le matériel de traite doit être propre ; filtres, récipients de traite, agitateurs, récipients de stockage, etc. sont à « stériliser » entre deux traites, deux opérations de caillage, etc. En effet, les bactéries peuvent se fixer aux parois et s'y développer, et notamment *E. coli* (Bornarel *et al*., 1997). La désinfection du matériel connaît plusieurs modalités : les peuples transhumants du Tchad aseptisent la « buxa » par la fumée (Bourzat et Hugoo, 1997), d'autres utilisent des désinfectants. Les récipients en bois doivent être proscrits.

- Matière première

L'eau utilisée pour le nettoyage du matériel, des mamelles ou autre doit être propre (voire potable si possible) ; les produits laitiers des transhumants au Tchad sont de qualité microbiologique moindre du fait de leur approvisionnement en eau à des mares (Pissang Tchangaï, 1998). La traite devrait avoir lieu aux heures les plus fraîches ; si le lait doit attendre un collecteur, le stocker à l'ombre ou dans un trou du sol humidifié pour le refroidir au mieux. Le lait ne doit pas être exposé trop longtemps à l'air ambiant pour éviter les contaminations par des moisissures et levures (Bornarel *et al*., 1997).

« L'éleveur est l'acteur central du système de production, ses décisions ont un rôle moteur » (Faye et Loiseau, 2001).

2. Santé animale, zoonoses et CCP

- Les mammites sont une cause majeure de contamination du lait. Les vaches sales sont plus susceptibles de faire des infections mammaires que les vaches propres ; les trayons doivent rester propres et il faut nettoyer les mamelles. De même, une grande attention doit être portée aux mamelles blessées puisqu'il existe une association entre mammites et oedèmes et/ou lésions des mamelles, avec une contamination du lait par *Staphylococcus aureus, Streptococcus dysgalactiae, E.coli.* Les primipares trop maigres (ou trop grasses) sont plus fréquemment sujettes à mammite de même qu'elles sont sensibles aux changements de saison.

Les vaches âgées produisent des laits à fort taux cellulaire : le SCC augmente avec l'âge des animaux (Faye *et al.*, 1998).

- Des zoonoses peuvent être transmises par le lait. La brucellose est causée par *Brucella melitensis, B. abortus* ou *B. bovis*. Le danger de contamination humaine est quasi-nul si le lait est pasteurisé, en revanche les brucella résistent plusieurs semaines dans les fromages même fermentés. *Coxiella burnetii* est l'agent de la fièvre Q, il persiste dans le lait traité en pasteurisation basse. Citons la présence possible dans le lait de *Listeria monocytogenes* si la vache est atteinte de listériose. Une vache atteinte de mammite tuberculeuse excrète *Mycobacterium bovis* dans son lait, le consommateur peut déclarer une tuberculose intestinale s'il consomme ce lait cru (Carlier *et al.*, 1984). La vache peut elle-même être atteinte de tuberculose digestive, on le suspecte lorsque le dénombrement du lait cru en coliformes fécaux est important (Gobena, 1996).
- L'alimentation des animaux peut être une source de contamination du lait par des toxiques, toxines et pathogènes. Les aflatoxines présentes dans les tourteaux mal conservés passent dans le lait et il convient donc de contrôler les aliments distribués aux animaux laitiers (Balata et Bahout, 1996). Il faut éviter la contamination des aliments du bétail mais aussi de l'eau, éviter les engrais contenant des pathogènes viables, contrôler l'utilisation des insecticides et pesticides (Réunion technique FAO, 1994).

- Le lait des animaux sous traitement (antibiotique, antiparasitaire, anti-inflammatoire, etc.) ne doit pas être consommé par l'homme avant un certain délai correspondant au temps d'attente du médicament utilisé. Les temps d'attente sont disponibles sur les notices des médicaments.

C/ TRANSFORMATIONS TRADITIONNELLES ET INDUSTRIELLES

1. Exemples de processus de transformation artisanale traditionnelle au Tchad (Bourzat et Hugoo, 1997)

- Lait caillé

Il est obtenu par inoculation du lait frais avec le lait caillé de la veille. Il subit au préalable un chauffage ou non, un barattage ou non. En saison froide, l'ajout de latex de *Calatropis procera* facilite le caillage. Les techniques de caillage du lait diffèrent légèrement selon l'ethnie.

- Les sédentaires produisent le lait caillé le plus acide. L'hygiène de traite est tout à fait sommaire, les récipients contenant le lait sont sales. Le lait est filtré sur un tamis puis chauffé et versé dans la buxa (sorte de calebasse) alors qu'il est encore tiède. Les laits de traite de 3 jours sont ainsi versés dans la buxa, le tout est baratté au troisième jour. Le caillé vendu sur le marché hebdomadaire est produit à partir du lait de la semaine, baratté la veille du marché.
- Les transhumants non Peuls produisent un caillé d'acidité intermédiaire. La calebasse utilisée est aseptisée par la fumée puis rincée à l'eau claire. Le lait

n'est pas chauffé. Il est ensemencé avec quelques millilitres du lait de la vieille ou bien n'est pas ensemencé.

- Les Peuls produisent le caillé le moins acide. Les laits des traites du matin et du soir sont tamisés et chauffés puis versés dans deux calebasses propres, sans ferment. Les contenus des deux calebasses sont mélangés le lendemain matin et barattés. En saison froide, le caillage est facilité par l'addition de quelques millilitres du caillé de la veille.

Le chauffage du lait est une étape critique : le couple temps / température doit être suffisant et les étapes de transformation suivantes doivent se faire proprement (matériel et manipulations). Un lait est stérilisé par chauffage à 140°C pendant 4 secondes. L'ajout de latex ou le tamisage du lait sont une source potentielle de contamination du produit.

- Beurre solide

Le beurre est obtenu par barattage du lait acidifié ; il est conservé par immersion dans du lait caillé ou de l'eau pendant huit jours. Il est parfois utilisé comme médicament traditionnel.

- Les non Peuls barattent le beurre dans la buxa, ajoutent de l'eau pour agréger les grains de beurre qu'ils rassemblent à mains nues. Le beurre est lavé à l'eau. Certains chauffent le beurre, ils tamisent alors l'écume brune formée et conditionnent le beurre encore tiède.
- Les Peuls versent le lait dans la buxa à l'aide d'une louche puis le barattent. Les grains de beurre sont récupérés avec la louche puis agrégés avec un agitateur en bois. Il n'y a jamais de contact direct avec le produit.

Les ustensiles doivent être propres et l'eau potable.

- Beurre fondu (ou ghee)

Le beurre fondu est obtenu par chauffage du beurre solide. Il est conservé dans des bouteilles en verre ou en plastique pendant plusieurs mois. Il est utilisé pour la cuisine et comme cosmétique. Les bouteilles de conditionnement du beurre alimentaire doivent être particulièrement désinfectées.

- Fromage traditionnel

Le caillé est chauffé à 60 – 70 °C pendant 10 à 15 minutes puis pressé à la main et séché au soleil pendant plusieurs jours. Il se conserve plusieurs mois.

Des étapes de transformation telles que la caillage ou le chauffage sont des étapes clé pouvant prolonger la durée de vie du produit laitier en en réduisant la charge microbienne. La fermentation acétique du lait produit de l'acide lactique qui acidifie le milieu. Ce dernier se révèle alors moins propice à la multiplication bactérienne. Cependant la fermentation n'assainit pas un lait contenant des pathogènes, il est nécessaire de le pasteuriser au préalable. Si le caillé se fait à partir de lait cru, il est alors préférable d'ensemencer rapidement après la traite (De Roissart et Luquet, 1994).
La désinfection du matériel est facilitée par un rinçage immédiat, il pourra ensuite être immergée dans une eau chlorée (à 250 mg / L) à 40°C pendant 20 minutes (Ramet, 1993). On évitera les récipients en plastique qui permettent l'ancrage des bactéries (Maurice, 1996) ainsi que les récipients en bois.

2. Exemple de transformation industrielle : la laiterie de Shola

La laiterie de Shola est la seule laiterie industrielle d'Ethiopie. Elle a une capacité de traitement de 60 000 litres de lait par jour. Les produits fabriqués sont du lait pasteurisé, de l'irgo (lait fermenté), de l'ayib (fromage frais), du beurre, du fromage type Edam, des glaces et des crèmes. Maurice rapporte les facteurs de risque sanitaire liés au fonctionnement de la laiterie (Maurice, 1996).

- Main d'oeuvre

Les employés ne sont équipés ni de masque ni d'une tenue vestimentaire adéquate.
Le beurre est emballé à mains nues par les employés, ceux-ci doivent donc se laver les mains très fréquemment.

- Milieu

Les circuits propres et sales se croisent, il faudrait repenser l'utilisation des diverses salles et le cheminement du lait dans l'usine afin de respecter au mieux le principe de la marche en avant.
La salle de barattage est le lieu de fuites et de condensation de la vapeur d'eau et c'est aussi la salle d'entreposage des bidons de crème qui restent ouverts ! Les bidons devraient au moins être fermés pour éviter leur contamination par l'eau qui a ruisselé le long des murs. Surtout si l'on sait que les murs de la chambre froide sont recouverts de moisissures.

- Méthode

Nettoyage : le matériel est nettoyé dans la salle de pasteurisation, ce qui risque de contaminer celle-ci, lieu d'un point critique de la transformation laitière. Les bouteilles de conditionnement sont nettoyées avec une eau peu renouvelée susceptible de contaminer les bouteilles en pathogènes. L'eau chaude et la vapeur sont utilisées en trop petite quantité par rapport à la taille des installations, il convient de ne pas faire d'économie sur l'eau de nettoyage en laiterie ! L'eau de nettoyage est à 70°C, ce qui est insuffisant. La stérilisation à la vapeur est de trop courte durée. Les bidons sont laissés ouverts après nettoyage, ils sont ainsi recontaminés au contact de l'air ambiant.
Suivi des produits : toutes les opérations manuelles introduisent un risque de contamination des produits laitiers, surtout qu'il n'existe pas de fiches de suivi / contrôle et que les employés ne sont pas responsabilisés. Les lots ne sont nullement identifiés, on ne peut donc effectuer aucun rappel de produit s'il y a un problème. Les autocontrôles sont trop peu nombreux.

- Matériel

Conditionnement : les bouteilles de conditionnement du lait pasteurisé ne sont pas capsulées ce qui permet un mouillage frauduleux par le vendeur, avec le risque que l'eau utilisée soit impropre à la consommation. Le plastique pour l'ensacheuse est importé sauf à l'occasion de ruptures de stock où est utilisé le plastique de mauvaise qualité produit en Ethiopie : l'emballage n'est plus apte à assurer son rôle et la qualité du produit se dégrade. Les emballages des produits finis ne portent pas d'affichage de DLC (Date Limite de Consommation) ni d'indication de modalité de conservation.
Le lait arrive à l'usine dans des bidons en plastique, matériau proscrit en industrie laitière.
Appareillage : les appareils de l'usine ne font pas l'objet d'une bonne maintenance et se dégradent peu à peu. Les machines s'entartrent parce que l'eau est calcaire et que le système

d'élimination du calcaire ne fonctionne plus. Le matériel est vétuste et donc enclin à des défaillances mécaniques ; il n'existe pas de pièces de rechange en stock.
Traitements thermiques : les fréquentes coupures d'électricité exigent que la laiterie s'équipe d'un groupe électrogène plus puissant afin de maintenir la chaîne du froid et d'appliquer les bons barèmes de traitements thermiques. Les enregistreurs de températures sont d'ailleurs hors-service et il n'existe pas de régulateur automatique de la température de chauffage. La pasteurisation se fait manuellement car il n'y a pas de dispositif automatique de pasteurisation. Il paraît ici difficile que les traitements thermiques soient appliqués correctement, or cette étape constitue un point critique majeur de l'industrie laitière. Ajoutons à cela que le circuit de pasteurisation n'est pas fermé mais discontinu, ce qui augmente le risque sanitaire.
Le lait cru trop acide est utilisé en fromagerie mais il n'est pas pasteurisé au préalable, ce qui n'interdit pas le risque tuberculeux : il faudrait chauffer ce lait à 70°C pendant 55 secondes afin de réduire ce risque à zéro tout en conservant au lait ses qualités organoleptiques.

- Matières premières

L'eau employée pour standardiser la crème à 60 % de matières grasses vient du puits de l'usine ou du réseau urbain. Ces eaux ne font jamais l'objet de contrôles bactériologiques et ne sont pas forcément potables (l'eau du puits a été analysée une fois il y a 7 ans, elle devrait faire l'objet de contrôles une fois par an).

D'après la réunion technique de la FAO de 1994, la majorité des accidents sont imputables (aux USA) à des couples temps / températures erronés, des contaminations croisées (lorsque le produit n'est plus sous le contrôle du fabricant) et une manutention incorrecte.
Dans le cadre des auto-contrôles, il faut savoir que la péroxydase thermorésistante du lait de chamelle n'est pas utilisable pour vérifier l'efficacité de la pasteurisation.

En industrie laitière, l'application d'un plan HACCP peut être d'une grande utilité pour limiter les risques de contamination des produits. Précisons ici qu'un risque microbien comprend l'introduction, le développement et la survie du microbe (Arthaud et Jouve, Arilait). En attendant la mise en place de l'outil HACCP, on peut recommander l'application des bonnes pratiques d'hygiène pour lesquelles il existe des guides. L'amélioration de la qualité sanitaire des laits et produits laitiers passe de toute manière par la volonté de mettre en place une démarche qualité. C'est le cas par exemple de la « Laitière de Mauritanie » qui met en oeuvre une telle démarche, de la production au consommateur (Abeiderrahmane, 1998).

D/ TRANSPORT, ENTREPOSAGE ET CCP

Il existe des risques à chaque étape des filières laitières et chaque intermédiaire peut augmenter ce risque. La collecte du lait cru se fait souvent sans chaîne du froid (que ce soit à vélo ou véhicule à moteur). Il convient donc que celle-ci soit la plus rapide possible et en particulier inférieure au temps de latence qui caractérise le développement microbien (Pissang Tchangaï, 1992 et Tourette, 2002). Cette phase de latence étant d'autant plus longue que le nombre de germes initial est bas (Carlier *et al.*, 1984), il convient de minimiser la contamination initiale du lait de traite si le temps nécessaire à la collecte est long. On pourra

également utiliser le système d'activation de la lactopéroxydase si le coût reste raisonnable à l'échelle de la filière.
Avec le transport est impliquée la chaîne du froid qui est le facteur principal de risque selon Carlier. Le respect de la chaîne du froid est donc d'une importance capitale, surtout après les phases de traitement thermique.
Les recommandations de la FAO sur ce point sont les suivantes (Réunion technique FAO, 1994) :

- Manutention correcte
- Nettoyage / désinfection efficace des véhicules
- Prévention des excès de température
- Prévention des possibilités de contamination croisée
- Respect des bonnes pratiques d'hygiène.

CONCLUSION

La mise en place d'une démarche qualité dans les filières traditionnelles et industrielles suppose de (Faye et Loiseau, 2001) :

- Disposer de systèmes d'analyses et de contrôles de la qualité des productions afin de répondre aux exigences du commerce international et à l'attente des consommateurs ;
- Définir des critères de qualité acceptables au niveau international et en relation avec l'utilisation attendue du produit par le consommateur ;
- Appuyer les équipements de laboratoire ;
- Former divers acteurs de la filière et des acteurs privés.

Dans cette volonté de marche vers la qualité, les gouvernements ont un rôle certain à jouer. Il leur incombe de (Réunion technique FAO, 1994) :

- Déterminer et prescrire des niveaux nationalement acceptables de risque en matière d'innocuité des aliments ;
- Mettre en place une infrastructure favorisant l'introduction de systèmes HACCP par les industriels : réglementation, formation, inspection, directives et coordination.

Le système HACCP est en effet un outil qui permet d'accroître le degré d'innocuité des produits issus de l'agroalimentaire. L'adoption d'un tel système peut de plus favoriser la conclusion d'accords d'acceptabilité mutuelle pour le commerce international.

GLOSSAIRE DES ABREVIATIONS UTILISEES :

CCP : Critical Control Point (point critique)
CMT: Californian Mastitis Test (test de dépistage des mammites)
DLC: Date Limite de Consommation
FAM : Flore Aérobie Mésophile
HACCP : Analyse des risques et points critiques pour leur maîtrise

LPL : Laits et Produits Laitiers
SCC : Somatic Cell Count
WST: Whiteside Test

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

a. Abeiderrahmane N. ; 2001. Collecte, transformation et commercialisation du lait pour l'approvisionnement de Nouakchott : l'expérience de la Laitière de Mauritanie In : Duteurtre et Meyer ; Actes de l'atelier international « Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne », 9-19 septembre 1998, Cirad Montpellier (France), p.157-168

b. Arthaud M., Jouve P. ; 1994. Le HACCP et l'Industrie Laitière, Volume 1, la méthode : guide d'application. Ed. Arilait Recherches, Paris, 75 p.

c. Balata M.A., Bahout A.A. ; 1996. Aflatoxin M1 in camel's milk; 4th Sci. Cong. Proc., april 3-6, 1996, Vet. Med. J. Giza, vol. 44, 2 (1996), p. 109-111

d. Bornarel P., Boulbaye N., Hugoo P., Mian-Oudanang Koussou.; 1997. Etat de la situation sanitaire des produits laitiers commercialisés dans la zone périurbaine de N'Djamena, Niamey (Niger). Projet régional de Recherches sur les petits ruminants, Comité scientifique, p. 91-100

e. Bourzat D., Hugoo P. ; 1997. Données préliminaires sur les techniques de transformation du lait et produits laitiers au Tchad, Niamey (Niger). Projet régional de Recherches sur les petits ruminants, 7-12 février 1994, p.103-113

f. Cappelier J.M., Federighi M., Rossero A., Magras-Resch C., Pilet M.F., Dromigny E.; 1996. La carence en nutriments chez les bactéries : conséquences en hygiène et bactériologie alimentaire; Revue Med. Vet., 1996, 147, 4, p. 273-282

g. Carlier V., Rozier J., Bolnot F.; 1984. Bases microbiologiques de l'Hygiène des aliments. Ecole Vétérinaire de Maisons-Alfort, France, 232 p.

h. De Roissart H., Luquet F.M. ; 1994. Bactéries lactiques, aspects fondamentaux et technologiques. Uriage, France, Lorica en 2 vol., p. 118-119

i. Degre M. ; 2001. Amélioration de la stabilité du lait cru par activation du système lactoperoxydase : l'expérience de Bio Serae. In : Diteurtre et Meyer , Actes de l'atelier international « Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne », 9-19 septembre 1998, Cirad Montpellier (France), p.147-152

j. Gobena A. ; 1996. Bovine tuberculosis : evaluation of diagnostic tests prevalence and zoonotic importance (Ethiopia). DVM thesis, Addis-Ababa University, Faculty of Veterinary Medicine.

k. Jouve J.L. ; 1993. La qualité microbiologique des aliments : maîtrise et critères ; CNERCA-CNRS, polytechnica, 349 p.

l. Loiseau G., Roy L., Bohuon P., Montet D., Gauthier J. ; 2001. Etude d'une méthode permettant de différer l'utilisation du lait au Tchad : l'activation de la lactoperoxydase ; Actes de l'atelier international « Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne », 9-19 septembre 1998, Cirad Montpellier (France), p.153- 156

m. FAO ; 1994. Application des principes du système de l'analyse des risques, points critiques pour leur maîtrise (HACCP) dans le contrôle des produits alimentaires. Réunion technique 1994, Vancouver (Canada), 28 p.

n. Faye B., Loiseau G. ; 2001. Mise en place d'une démarche qualité dans la filière des « laits traditionnels » au Kazakhstan et au Turkménistan. Rapport de mission Cirad-emvt n°2001-050, Octobre 2001, Montpellier (France), 46 p.

o. Faye B., Perochon L., Dorr N., Gasqui P.; 1998. Relationship between individual-cow udder health status in early lactation and dairy cow characteristics in Brittany, France. Inra, Vet. Res. (1998) 29, p. 31-46

p. Francis P.G. ; 1984. Teat skin lesions and mastitis. Br. Vet. J. 140 (1984), p 430-436.

q. Jones T.O.; 1986. A review of teat factors in bovine *E. coli* mastitis, Vet. Res. 118 (1986), p. 507-509

r. Laurent C.; 1981. Conservation des produits d'origine animale en pays chauds; Presses Universitaires de France, 157 p.

s. Maurice Y. ; 1996. Analyse industrielle de la laiterie de Shola : points critiques et facteurs de risques sanitaires, rapport Cirad-emvt N° 96057, septembre 1996, Montpellier (France), 43 p.

t. Metzger R., Centres J.M., Thomas L., Lambert J.C. ; 1995. L'approvisionnement des villes africaines en lait et produits laitiers : un potentiel pour le développement rural ; Rome FAO / GRET, étude FAO, Production et santé animale, vol. 124, 98 p

21. Pissang Tchangaï D. ; 1992. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits et produits laitiers commercialisés au Togo. Thèse vétérinaire n°19, E.I.S.M.V., Dakar (Sénégal), 89 p.

22. Pissang Tchangaï D. ; 2001. Evaluation de la qualité du lait et des produits laitiers dans les systèmes traditionnels de transformation au Tchad. In : Duteurtre et Meyer, Actes de l'Atelier International « Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne » 9-10 septembre 1998, Cirad Montpellier (France).

23. Ramet J.P. ; 1993. La technologie des fromages au lait de dromadaire (*Camelus dromaderius*). Etude FAO Production et Santé animale n°113 (1993), Rome (Italie), 116 p.

24. Schukken Y.H., Erb H.N., Sears P.M., Smith R.D. ; 1988. Ecologic study of the riskfactors for environmental mastitis in cows. Am. J. Vet. Res. 49 (1988), p.766-771

25. Soukehal A.; 1996. Programme de mise en oeuvre du système lactoperoxydase pour l'amélioration de la collecte du lait cru. Rapport de mission au Tchad décembre 1996, FAO, Rome (Italie), 24 p.

26. Tillard E. ; 2001. Etude des facteurs de variation de la qualité du lait en élevages bovins laitiers à la Réunion, Rencontres autour des recherches sur les ruminants, 8, Paris (France), INRA, Cirad-emvt, p.94

27. Tourette I. ; 2001. Etude de l'influence des pratiques de traite et d'élevage sur la qualité sanitaire du lait de chamelle en République Islamique de Mauritanie. Thèse vétérinaire n° 2002 – TOU 3 – 4072, ENVT, Toulouse (France), 63 p.