

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE SAAD – DAHLAB

Faculté des Sciences Agro-vétérinaires

**Département des Sciences
Agronomiques**



Filière : Sciences alimentaires

Option : Sciences alimentaires

MEMOIRE

Présenté par

Mr OUNNAR Djaber

Pour l'obtention du diplôme de Master

Sciences de la nature et de la vie

Effet des conditions de stockage sur les caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques du lait pasteurisé fabriqué au niveau du complexe laitier Colaital de Birkhadem en comparaison avec le lait cru.

Soutenu publiquement le : /10/2013

Devant le jury :

Mme ACHEHEB.H	MAA	Président	USDB
Mme KACLZ	MAA	Promotrice	UMMTO
Mme FERNANE	MAB	Examinatrice	USDB
Mr. BOUSBIA	MCB	Examineur	USDB

Année universitaire : 2012/2013

REMERCIEMENT

J'exprime toute ma gratitude à Madame KACI.Z, pour l'effort fourni, les conseils prodigués, sa patience et sa persévérance dans le suivi.

J'adresse également mes remerciements, à tous mes enseignants, qui m'ont donné les bases de la science,

Je remercie très sincèrement, les membres du jury d'avoir bien voulu accepter de faire partie de la commission d'examineurs,

A toute personne qui a participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail, en pensant sérieusement et sincèrement à tous ceux qui m'ont poussée à le réaliser :

Aux personnes les plus chères à moi dans cette vie, à ceux qui m'ont permis de voir ce monde, ceux qui m'ont été la source du courage, de la patience et de sagesse et ont partagé toutes mes peines en me montrant les chemins pour les surmonter afin de m'avoir arrivé à de tels niveaux...à mes parents,

A mes chers grands-parents qui m'ont aidée et encouragée,

Mes adorables frères et sœurs,

A mes très chers oncles et tantes,

A tout Mes ami(e)s, surtout Hamid Mimouni, Amine ferghani et Hamid Mouloud,

Une dédicace spéciale à Sarah Bouacheria qui m'a soutenu tout au long de ce travail,

A tout le personnel du complexe laitier « COLAITAL » de Bir Khadem .

Ounnar Djaber

Abstract

Cow's milk can be eaten raw, pasteurized or fermented or drifts into dairy products.

This study aims to investigate the effect of storage conditions (pasteurization and refrigeration) on biochemical and microbiological physico- chemical composition of milk.

The work is to analyze three samples: raw milk, pasteurized at 65 ° C / 20 min, 82 C/2min in laboratory conditions. A fourth sample pasteurized 90 ° C/15 sec comes from the dairy «COLAITAL Bir Khadem " locates in Algiers. The physico- chemical and biochemical analyzes of samples of raw milk and pasteurized showed that the pH and density and dry and the dry matter of the milk after pasteurization extract increases and acidity decreases. For cons, the content fat remains essentially constant after pasteurization. The total protein decreases.

Microbiological analyzes of samples of raw milk noted that it is contaminated. The evolution of milk during storage at temperature refrigeration (6 ° C) confirmed the high pasteurization (92 ° C/15SEC) is more interesting than the pasteurized samples at the laboratory.

Keywords: Milk / Pasteurization high / low / Refrigeration / Algiers Pasteurization.

ملخص

يمكن ان يأكل حليب البقر الخام، المبستر أو المخمرة أو المحولة إلى منتجات الألبان. تهدف هذه الدراسة إلى دراسة تأثير ظروف التخزين (البسترة و التبريد) على التكوين الفيزيائي، الكيميائي، الميكروبيولوجي و البيوكيميائية للحليب.

العمل هو تحليل ثلاث عينات: الحليب الخام، المبستر في 65 د.م/20 دقيقة، 82 د.م/2 دقيقة في ظروف المخبر. عينة رابعة المبستر 90 د.م/15 ثانية تأتي من منتجات " الألبان بئر خادم" يقع في الجزائر العاصمة.

التحليل الفيزيوكيميائية و البيوكيميائية لعينات الحليب الخام و المبستر أظهرت ان درجة الحموضة و الكثافة و المادة الجافة من الحليب ترتفع بعد البسترة و الحموضة تنقص. عكس مضمون الدهون يظل ثابت أساسا بعد البسترة. مجموع البروتين ينقص.

التحليل الميكروبيولوجية لعينات من الحليب الخام اظهرت أن هذا الأخير معدي. أكد تطور الحليب أثناء التخزين في درجة حرارة التبريد 6 د.م أن البسترة العالية 92 د.م/15 ثانية هي أكثر إثارة للاهتمام من العينات الميسورة في المختبر.

كلمات البحث: الحليب / البسترة عالية / منخفضة / تبريد / الجزائر البسترة.

RESUME

Le lait de vache peut être consommé cru, pasteurisé ou fermenté ou transformé en produits dérivés laitiers. La présente étude vise à étudier l'effet de conditions de stockage (la pasteurisation et réfrigération) sur la composition physico-chimique, biochimique et microbiologique du lait.

Le travail consiste à analyser trois échantillons : lait cru, lait pasteurisé à 65°C /20 min, 82°C/2min dans les conditions de laboratoire. Un quatrième échantillon pasteurisé 90°C/15 sec provient de la laiterie « COLAITAL de Bir Khadem » localisée à Alger. Les analyses physico-chimiques et biochimiques des échantillons de lait cru et pasteurisé ont montré que le pH et la densité et l'extrait sec et la teneur en matière sèche du lait augmentent après la pasteurisation et l'acidité diminue. Par contre, la teneur en matière grasse reste globalement constante après la pasteurisation. Celle de protéines totales diminue.

Les analyses microbiologiques des échantillons de lait cru ont relevé que celui-ci est contaminé. L'évolution du lait durant l'entreposage à la température de réfrigération (6°C) a permis de confirmer que la pasteurisation haute (92°C/15SEC) est plus intéressante que les échantillons pasteurisés au niveau de laboratoire.

Mots clés : Lait /Pasteurisation basse/Pasteurisation haute /Réfrigération/Alger.

LISTE DES ABREVIATIONS

LVC : «Lait de Vache Conditionné »

LPC : «Lait Pasteurisé Conditionné »

LFC : «Lait Fermenté Conditionné »

UHT : « Ultra Haute Température »

TMG : « Taux de Matière Grasse »

FAO : «Organisation des Nation unies l'alimentation et l'agriculture»

LTLT: « Low Temperature Long Time»

HTST: « High Temperature Short Time»

CPL : « Concentrât de Protéines du Lactosérum »

pH « potentiel Hydrogène »

AG « Acide Gras »

DLC « Date Limite de Consommation »

AW « Activité de l'eau »

C « Celsius »

Min « Minute »

Sec « Seconde»

Kg « Kilogramme »

M « Mettre »

D « Doronic »

L« Litre »

ANP « Apport Non Protéique »

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1: présentation des principaux traitements thermiques applicables au lait.

Tableau n°2 : Composition minéral du lait.

Tableau n°3: principaux oligo-éléments d'intérêt nutritionnel (en $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).

Tableau n°4: principaux vitamines du lait.

Tableau n°5 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait.

Tableau n°6 : Effets de la température sur les Constituants du lait.

Tableau n°7 : Avantages et inconvénients respectifs des différents types d'appareils.

Tableau n°8: Valeurs de D_0 et z pour quelques formes végétatives de micro-organismes du lait.

Tableau n°9 : les valeurs de réactions de dénaturation de quelques constituant du lait.

Tableau n°10 : Milieux nutritifs et conditions de culture des différents groupes microbien recherchés dans le lait de vache.

Tableau n°11 : Analyse physico-chimiques des échantillons de lait de vache pasteurisé en comparaison du lait cru.

Tableau n°12 : Analyse biochimiques des échantillons de lait de vache pasteurisé en comparaison du lait cru.

Tableau n°13 : Tableau récapitulatif de résultats de dénombrement de quelque flore de lait de vache avant et après la pasteurisation.

Tableau n°14: tableau comparatif entre la relation pH et acidité et l'état du lait.

Tableau n° 15 : Principales bactéries du lait (MONSALLIER, 1994)

LISTE DES FIGURES

Figure n°1: Composition globale du lait (g/l).

Figure n°2: Composition de la matière grasse du lait.

Figure n°3: Répartition des fractions azotées du lait.

Figure n°4: Evolution annuelles des teneurs du lait en vitamines.

Figure n°5: Cycle de contamination du lait par les spores de Clostridium.

Figure n°6: Les microflores importantes dans le lait pasteurisé.

Figure n°7: Principe de fonctionnement d'un échangeur à plaques.

Figure n°8: ligne de pasteurisation du lait.

Figure n°9 : Destruction de microorganismes et altération de quelques constituants de lait en pasteurisation.

Figure 10(a) : Evolution du pH durant l'entreposage à la température de (4°C).

Figure 10(b) : Evolution de l'acidité titrable durant l'entreposage à la température de (4°C).

Figure 11(a) : évolution de la flore aérobie mésophile du lait entreposé à (4°C).

Figure11(b) : Evolution des coliformes du lait entrepose à (4°C).

SOMMAIRE

Introduction Générale	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre I Généralités sur le lait.....	Erreur ! Signet non défini.
1. Le lait, présentation générale.....	Erreur ! Signet non défini.
1.1. Définition générale.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2. Définition légale	Erreur ! Signet non défini.
1.3. Lait cru	Erreur ! Signet non défini.
1.4. Lait traité thermiquement.....	Erreur ! Signet non défini.
2. Caractéristiques du lait.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1. Caractéristiques organoleptiques	Erreur ! Signet non défini.
2.1.1. Couleur.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1.2. Odeur.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1.3. Saveur	Erreur ! Signet non défini.
2.1.4. Viscosité.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Caractéristiques physico-chimiques	Erreur ! Signet non défini.
2.2.1. Masse volumique.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.2. Densité	Erreur ! Signet non défini.
2.2.3. Point de congélation.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.4. Point d'ébullition.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.5. Acidité du lait.....	Erreur ! Signet non défini.
3. Composition chimique du lait	Erreur ! Signet non défini.
3.1. L'eau	Erreur ! Signet non défini.
3.2. Glucides	Erreur ! Signet non défini.
3.3. Le lactose.....	Erreur ! Signet non défini.
3.4. Matière grasse.....	Erreur ! Signet non défini.
3.5. Matières azotées	Erreur ! Signet non défini.
3.5.1. Azote non protéique (ANP).....	Erreur ! Signet non défini.
3.5.2. Protéines vraies	Erreur ! Signet non défini.
3.6. Minéraux.....	Erreur ! Signet non défini.
3.7. Vitamines et enzymes.....	Erreur ! Signet non défini.
3.7.1. vitamines.....	Erreur ! Signet non défini.
3.7.2. Enzymes	Erreur ! Signet non défini.
4. Facteurs influençant la composition du lait	Erreur ! Signet non défini.
4.1. Facteurs intrinsèques	Erreur ! Signet non défini.
4.1.1. Facteurs génétiques.....	Erreur ! Signet non défini.

SOMMAIRE

4.1.2.	Facteurs physiologiques.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.1.	Stade de lactation.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.2.	Age ou numéro de lactation.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.3.	Rétention de lait.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.3.	Facteurs pathogènes : les mammites.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.	Facteurs extrinsèques.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.1.	Facteurs alimentaires.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.2.	Facteurs climatiques et saisonniers.....	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre II Composition microbiologique du lait		Erreur ! Signet non défini.
1.	Origine de la flore du lait.....	Erreur ! Signet non défini.
1.1.	Microorganismes d'origine mammaire.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2.	Contamination exogène du lait.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2.1.	Ambiance.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2.2.	Etat de l'animal.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2.3.	Etat d'hygiène du trayeur.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2.4.	Ustensiles et machines.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2.5.	Qualité de l'eau.....	Erreur ! Signet non défini.
2.	Composition microbiologique du lait.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1.	Cellules somatiques.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.	Micro-organismes.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.1.	Bactéries.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.1.1.	Flore saprophyte.....	Erreur ! Signet non défini.
I.	Bactéries lactiques.....	Erreur ! Signet non défini.
II.	Flore aérobie mésophile totale (FAMT).....	Erreur ! Signet non défini.
III.	Les coliformes.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.	Flore psychotrope.....	Erreur ! Signet non défini.
V.	Bactéries thermorésistantes.....	Erreur ! Signet non défini.
a.	Clostridium.....	Erreur ! Signet non défini.
b.	Bacillus.....	Erreur ! Signet non défini.
VI.	Streptocoques fécaux.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.1.2.	Flore pathogène.....	Erreur ! Signet non défini.
I.	Staphylococcus aureus.....	Erreur ! Signet non défini.
II.	Salmonelles.....	Erreur ! Signet non défini.
III.	Escherichia coli.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.	listeria monocytogenes.....	Erreur ! Signet non défini.
V.	Brucelles.....	Erreur ! Signet non défini.

SOMMAIRE

VI. Bacilles tuberculeux.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.2. Levures et moisissures.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.2.1. Levures.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.2.2. Moisissures.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.3. Parasites.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.4. Virus.....	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre III Méthodes de conservation du lait.....	Erreur ! Signet non défini.
1. Méthodes de conservation.....	Erreur ! Signet non défini.
2. Bases technologiques de la conservation du lait	Erreur ! Signet non défini.
2.1. Conservation par le froid	Erreur ! Signet non défini.
2.1.1. Réfrigération.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1.2. Action du froid	Erreur ! Signet non défini.
Un lait réfrigéré	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Conservation par la chaleur	Erreur ! Signet non défini.
2.2.1. Aspects physicochimiques.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.2. Aspects bactériologiques	Erreur ! Signet non défini.
3. Pasteurisation	Erreur ! Signet non défini.
3.1. Définition	Erreur ! Signet non défini.
3.2. Historique.....	Erreur ! Signet non défini.
3.3. Différentes types de pasteurisation	Erreur ! Signet non défini.
3.3.1. Pasteurisation en discontinu.....	Erreur ! Signet non défini.
3.3.2. Pasteurisation en continu.....	Erreur ! Signet non défini.
3.3.3. Radio-pasteurisation.....	Erreur ! Signet non défini.
3.3.4. Autres procédés de pasteurisation	Erreur ! Signet non défini.
3.4. Ligne de pasteurisation.....	Erreur ! Signet non défini.
3.5. Impact de la pasteurisation sur le lait.....	Erreur ! Signet non défini.
3.5.1. Cinétique de la destruction microbienne	Erreur ! Signet non défini.
3.5.2. Cinétique d'altération des constituants du lait ...	Erreur ! Signet non défini.
4. Qualité de conservation et Post contamination	Erreur ! Signet non défini.
4.1. Contrôle de la qualité	Erreur ! Signet non défini.
4.1.1. Taux de matière grasse.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2. Taux de matières protéique.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.3. Densité	Erreur ! Signet non défini.
4.1.4. Mesure de l'acidité	Erreur ! Signet non défini.
4.1.5. Qualité bactériologique.....	Erreur ! Signet non défini.
A. Méthode indirecte :	Erreur ! Signet non défini.

SOMMAIRE

B. Méthode directe.....	Erreur ! Signet non défini.
5. Normes et réglementations.....	Erreur ! Signet non défini.
5.1. Lait cru.....	Erreur ! Signet non défini.
5.1.1. Caractéristiques spécifiques de composition.....	Erreur ! Signet non défini.
5.1.1.1. Teneur en matière grasse	Erreur ! Signet non défini.
5.1.1.2. Teneur en Protéines.....	Erreur ! Signet non défini.
5.1.2. Caractéristiques microbiologiques.....	Erreur ! Signet non défini.
5.1.3. Conditionnement	Erreur ! Signet non défini.
5.1.4. Date Limite de vente	Erreur ! Signet non défini.
5.1.5. Étiquetage.....	Erreur ! Signet non défini.
5.2. Lait pasteurisé.....	Erreur ! Signet non défini.
5.2.1. Caractéristiques spécifiques de composition.....	Erreur ! Signet non défini.
5.2.1.1. Teneur en matière grasse	Erreur ! Signet non défini.
5.2.1.2. Teneur en Protéines.....	Erreur ! Signet non défini.
5.2.2. Caractéristiques microbiologiques.....	Erreur ! Signet non défini.
5.2.2.1. Lait frais pasteurisé	Erreur ! Signet non défini.
5.2.2.2. Lait Pasteurisé conditionné	Erreur ! Signet non défini.
5.2.2.3. Lait pasteurisé de haute qualité	Erreur ! Signet non défini.
5.2.3. Conditionnement	Erreur ! Signet non défini.
5.2.4. Étiquetage.....	Erreur ! Signet non défini.
5.2.4.1. Mentions générales	Erreur ! Signet non défini.
5.2.4.2. Mentions particulières	Erreur ! Signet non défini.
5.2.5. Conservation	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre IV Matériels et méthodes	Erreur ! Signet non défini.
1. Présentation de l'unité de production.....	Erreur ! Signet non défini.
1.1. Objectifs de l'entreprise	Erreur ! Signet non défini.
1.2. Produits de l'entreprise	Erreur ! Signet non défini.
2. Matériels et méthodes	Erreur ! Signet non défini.
2.1. Matériels.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1.1. Echantillons du lait	Erreur ! Signet non défini.
2.1.2. Mode d'échantillonnage	Erreur ! Signet non défini.
2.1.3. Technique de pasteurisation :	Erreur ! Signet non défini.
2.1.4. Matériel des analyses physico-chimiques et biochimiques	Erreur ! Signet non défini.
2.1.5. Matériels des analyses microbiologiques.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Analyses physico-chimiques.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.1. Détermination de l'acidité titrable.....	Erreur

SOMMAIRE

2.2.1.1. Principe.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.1.2. Mode opératoire.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.2. Mesure de pH.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.3. Dosage de la matière grasse (<i>méthode acido-butyrométrique</i>)	Erreur ! Signet non défini.
2.2.3.1. Principe.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.3.2. Mode opératoire.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.3.3. Expression des résultats	Erreur ! Signet non défini.
2.2.4. Mesure de la teneur en matières sèche totale ..	Erreur ! Signet non défini.
2.2.4.1. Principe.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.4.2. Mode opératoire.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.4.3. Expression des résultats	Erreur ! Signet non défini.
2.3. Analyses biochimiques	Erreur ! Signet non défini.
2.3.1. Dosage des protéines (méthode de Kjeldahl) ...	Erreur ! Signet non défini.
2.3.1.1. Principe.....	Erreur ! Signet non défini.
2.3.1.2. Calcul de la teneur en azote	Erreur ! Signet non défini.
2.4. Analyses microbiologiques.....	Erreur ! Signet non défini.
2.4.1. Recherche et dénombrement de différents germes	Erreur ! Signet non défini.
2.4.2. Dénombrement des micro-organismes thermorésistants	Erreur ! Signet non défini.
2.4.3. Dénombrement des micro-organismes psychrotrophe	Erreur ! Signet non défini.
2.4.4. Dénombrement des coliformes	Erreur ! Signet non défini.
2.4.5. Dénombrement des bactéries lactiques	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre V Résultats et discussion	Erreur ! Signet non défini.
1. Analyses Physico-chimiques	Erreur ! Signet non défini.
1.1. pH.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2. Acidité titrable.....	Erreur ! Signet non défini.
1.3. Matière sèche.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4. Densité	Erreur ! Signet non défini.
2. Analyses biochimiques.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1. Teneur en matière grasse	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Teneur en protéines totales	Erreur ! Signet non défini.
3. Analyses microbiologiques	Erreur ! Signet non défini.
3.1. Effets de la pasteurisation sur la flore microbienne de lait .	Erreur ! Signet non défini.
3.1.1. La flore aérobie mésophile totale (FAMT).....	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2. Les coliformes.....	Erreur ! Signet non défini.
3.1.3. Les psychrotrophes.....	Erreur ! Signet non défini.

SOMMAIRE

4. Etude d'évolution du lait au cours de stockage à basse température ($T^{\circ}=4^{\circ}\text{C}$)	Erreur ! Signet non défini.
4.1. Evolution du pH et l'acidité titrable des échantillons de lait entreposé	Erreur ! Signet non défini.
4.2. Evolution de la flore aérobie mésophiles totale	Erreur ! Signet non défini.
4.3. Evolution des coliformes.....	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion Générale	Erreur ! Signet non défini.
Références bibliographiques	Erreur ! Signet non défini.
Annexes	Erreur ! Signet non défini.

Introduction Générale

L'Algérie est un pays de tradition laitière. Le lait et les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens ils apportent la plus grosse part de protéines d'origine animale. En regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait présent une forte concentration en nutriments. Mais le lait n'a pas seulement un intérêt alimentaire, il occupe une place centrale dans l'imaginaire des algériens. Ce n'est d' ailleurs pas par hasard qu'il est offert comme signe de bienvenue, traduisant, ainsi par l'acte notre tradition d'hospitalité.

Les besoins algériens en lait et produits laitiers sont considérables. Vu que produit peut être consomme a l'état frais, mais aussi sous forme pasteurise, stérilise ou transforme en produits dérivés (**SIBEKOUR, 2007**).

Avec une consommation moyenne de 110 litres de lait par habitant et par an, l'Algérie est le plus important consommateur de lait dans le Maghreb, et une production en lait cru de 750 millions de litres en 2012, on remarque un déficit de plus de 60 % qui est satisfait par les importations.

Les microorganismes existants dans notre environnement vont trouver dans le lait un substrat idéal qui favorise la multiplication des germes provenant de mauvaises conditions d'hygiènes ainsi que l'état sanitaire de l'animal (**COORVITS et al, 2008**)

La pasteurisation du lait est une technique qui consiste à le faire chauffer à une température suffisante pendant un temps suffisant pour détruire les micro-organismes pathogènes qu'il contient. Ce procédé à double objectif permet d'obtenir un lait sain et de prolonger sa conservation (**CAROL, 2002**).

De ce fait, nous nous sommes proposés de réaliser ce travail qui vise essentiellement l'étude de l'effet de la pasteurisation sur les qualités, microbiologique et biochimique du lait cru.

Introduction générale

La présente étude s'articule autour de deux volets d'investigations complémentaires :

1. Détermination la composition physico-chimique du lait cru avant et après les traitements de pasteurisation ;
2. étude de la flore microbienne avant et après des traitements de pasteurisation.
3. détermination de la durée de stockage du lait traité par pasteurisation en comparaison avec le lait cru

Chapitre I

Généralités

Sur le lait

1. Le lait, présentation générale

1.1. Définition générale

Le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles après la naissance du jeune. Il s'agit d'un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6.6 à 6.8) légèrement acide, proche de la neutralité (**ALAIS,., 1984**).

1.2. Définition légale

En France le lait destiné à la consommation humaine a été défini en 1908 par le Congrès International de la répression des fraudes par la formule suivante : « le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non-surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum » (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

Réglementairement le colostrum est le liquide sécrété par la glande mammaire dans les jours qui suivent la mise bas (**PERREAU et CAUTY, 2003**).

La réglementation européenne a elle aussi défini la dénomination « lait ». D'après le règlement C.E.E N° 1898/87 du conseil du 2 Juillet 1987, ce terme est réservé exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction. L'origine devant être précisée si ce n'est pas du lait de vache.

Le lait sans indication de l'espèce animale de provenance correspond au lait de vache (**BOURGEOIS et al, 2009**).

Le lait est ainsi le seul aliment des nouveau-nés mammaliens et il y a autant de laits différents qu'il existe de mammifères au monde.

JEANTET et al (2008) rapportent que le lait doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation.

1.3. Lait cru

Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes). Il doit être conservé au réfrigérateur et consommé dans les 24h (FREDOT, 2006).

1.4. Lait traité thermiquement

Les traitements thermiques visent à éliminer d'éventuels germes pathogènes et à allonger la durée de conservation des laits (GUIRAUD, 2003).

Le traitement thermique est défini réglementairement : « tout traitement par chauffage ayant pour conséquence, immédiatement après son application une réaction négative au Test de la phosphatase » (ANONYME, 1994).

Il existe de différents traitements thermiques qui sont applicables au lait cru, dont les principaux utilisés sont désignés dans le tableau n°1.

Tableau n°1: présentation des principaux traitements thermiques applicables au lait (JENTET et al, 2001 et GUIRAUD, 2003)

Type de traitement thermiques	Température et durée du traitement	Action sur la microflore
Pasteurisation haute température	72-75°C, 15 sec*	La plupart des formes végétatives (95 à 97%) Tous les germes pathogènes non sporules.
Stérilisation	120 °C ,20 min	
Stérilisation UHT	140-150°C, 1 à 2 sec (mélange intime du lait et de La vapeur puis refroidissement immédiat par détente sous vide)	Tous les micro-organismes sauf éventuellement quelques spores de bactéries non pathogènes.

- ❖ D'après le décret n° :65-862 du 9 octobre 1965 définissant les conditions de production et de mise en vente d'un lait pasteurisé de haute qualité.
- ❖ D'après l'Arrêté ministériel du 10 août 1964 relatif à l'emploi du procédé dit à « UHT : **Ultra Haute Température** » pour le traitement thermique des laits de consommation.

2. Caractéristiques du lait

2.1. Caractéristiques organoleptiques

L'examen organoleptique est essentiel pour apprécier les qualités de tous les produits, et s'avère le critère le plus fiable.

VIERLING (2003) rapporte que l'aspect, l'odeur, la saveur, la texture ne peuvent être précisés qu'en comparaison avec un lait frais.

2.1.1. Couleur

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

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

2.1.2. Odeur

Selon **VIERLING (2003)**, l'odeur est caractéristique le lait du fait de la matière grasse qu'il contient fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette).

2.1.3. Saveur

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et

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

2.1.4. Viscosité

RHEOTEST (2010) a montré que la viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes.

La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques.

La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur. Ainsi, un consommateur d'Europe centrale évalue de manière très positive le lait concentré à forte consistance (filandreux). Il associe la teneur élevée des composants du lait à la viscosité élevée.

2.2. Caractéristiques physico-chimiques

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique, la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (**AMIOT et al., 2002**).

2.2.1. Masse volumique

Selon **POINTURIER (2003)**, la masse volumique d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume. Elle est habituellement notée ρ et s'exprime en Kg.m^{-3} dans le système métrique. Comme la masse volumique dépend étroitement de la température, il est nécessaire de préciser à quelle température (T) elle est déterminée : La masse volumique du lait entier à 20°C est en moyenne de : 1030Kg.m^{-3} .

2.2.2. Densité

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau on a Comme la masse volumique de l'eau à 4°C est pratiquement égale à 1000Kg.m^{-3} , la densité du lait à 20°C par rapport à l'eau à 4°C est d'environ 1.030 ($d_{20/4}$). Il convient de signaler que le terme anglais «density» prête à confusion puisqu'il désigne la masse volumique et non la densité (**POINTURIER, 2003**).

2.2.3. Point de congélation

NEVILLE et JENSEN (1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

Sa valeur moyenne se situe entre - 0.54 et - 0.55°C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. On constate de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production. On a par exemple signalé des variations normales de - 0.530 à - 0.575°C. Le mouillage élève le point de congélation vers 0°C, puisque le nombre de molécules, autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue. D'une manière générale tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (**MATHIEU, 1999**).

2.2.4. Point d'ébullition

D'après **AMIOT et coll. (2002)**, on définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100.5°C.

2.2.5. Acidité du lait

Selon **JEAN et DIJON(1993)**, l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique.

L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Doronic (°D). $1^{\circ}\text{D} = 0.1\text{g}$ d'acide lactique par litre de lait.

3. Composition chimique du lait

Selon **POUGHEON, (2001)**, le lait est un milieu hétérogène dans lequel trois phases distinctes coexistent :

- I. La phase aqueuse qui contient l'eau (87% du lait) et les produits solubles pouvant donner naissance au lactosérum (lactose, sels, protéines solubles, composés azotés non protéiques, biocatalyseurs tels que vitamines hydrosolubles ou enzymes) ;
- II. la suspension colloïdale micellaire (2,6%) qui peut donner naissance au caillé obtenu par la coagulation des caséines suite à l'action de micro –organismes ou d'enzymes ;
- III. L'émulsion (4,2%) qui peut donner naissance à la crème, une couche de globules gras rassemblés à la surface du lait par effet de gravité.

Il apparaît donc que l'eau est l'élément le plus important ; en son sein des secteurs différents par leur composition et leur dimension.

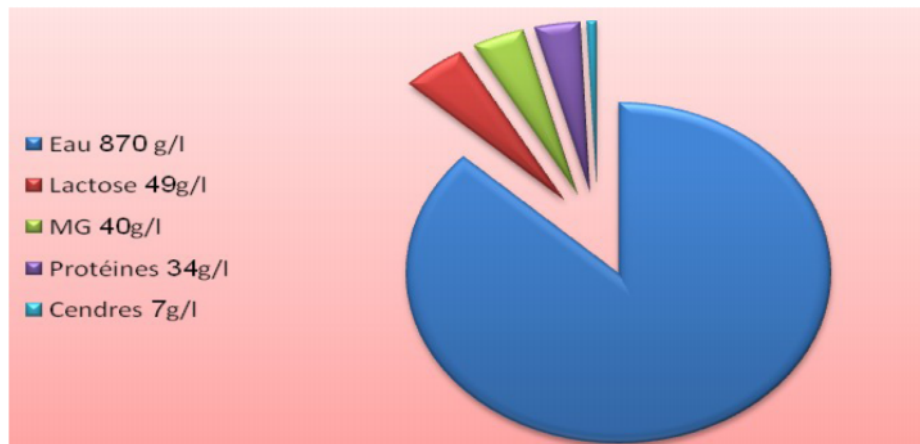
Les principaux constituants du lait sont donc par ordre décroissant :

- ❖ De l'eau très majoritairement ;
- ❖ Des glucides principalement représentés par le lactose ;
- ❖ Des lipides essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras ;

- ❖ Des protéines : caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles ;
- ❖ Des sels et minéraux à l'état ionique et moléculaire ;
- ❖ Des éléments à l'état de traces au rôle biologique important : enzymes, vitamines, oligo-éléments.

La composition moyenne du lait entier est représentée dans la figure n°1

Figure n°1: composition globale du lait (g/l) (Brulé *et al.*, 2008).



3.1. L'eau

C'est l'élément le plus important en quantité 905g /l (soit 87,8 %) ; elle joue le rôle de dispersant des différents constituants du lait (**ALAIS ,1984**).

3.2. Glucides

Le lait contient deux types de glucides :

Les glucides libres et les glucides combinés en glycoprotéines (**PIEN J., 1975**).

3.3. Le lactose

C'est le constituant majeur de la matière sèche du lait (**VEISSEYRE, 1975**), c'est un sucre extrêmement rare présent a une dose de 47a52g.kg-1, c'est le constituant le plus rapidement attaqué par action microbienne mais il joue un rôle important, lié notamment à sa fermentescibilité qui intervient lors de l'élaboration de divers produits laitiers (**MAHAUT ET AL., 2000 ET ALAIS, 1984**).

3.4. Matière grasse

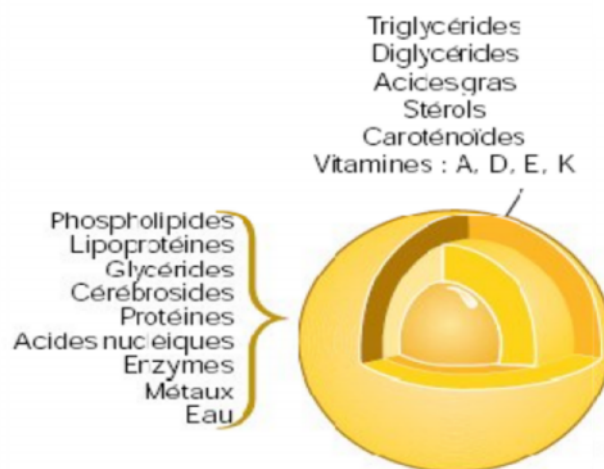
La matière grasse du lait est principalement sous forme globulaire à l'état d'émulsion (**MAHAUT ET AL., 2002a**), le diamètre moyen du globule gras du lait de vache est 3 à 5 μm (**AMIOT ET AL., 2002**). Les triglycérides (esters d'acides gras et de glycérol) représentent plus de 97 % des lipides à côté d'une faible part diglycérides, de phospholipides et de substances insaponifiables (**ABI AZAR, 2007**).

En effet, d'un point de vue nutritionnel, les lipides représentent une grande part de l'apport énergétique du lait et satisfont à une partie du besoin en métabolites essentiels.

D'autre part. Du point de vue des transformateurs, les lipides sont responsables des caractéristiques sensorielles des produits laitiers (**POUGHEON, 2001**).

La figure n° 2 présente un globule gras du lait. La membrane est constituée de phospholipides, de lipoprotéines, de cérebrosides, de protéines, d'acides nucléiques, d'enzymes et d'oligo-éléments (métaux) et d'eau (**BYLUND, 1995**).

Figure n°2: Composition de la matière grasse du lait (**BYLUND, 1995**)



3.5. Matières azotées

Le lait de vache contient environ 5,3g d'azote par kg dont **95%** sous forme de protéines, soit approximativement 32-34g.kg⁻¹ (**ABI AZAR, 2007**).

3.5.1. Azote non protéique (ANP)

L'ANP correspond à toutes les molécules renfermant de l'azote autres que les protéines (**RIBADEAU-DUMAS, 1981**). selon **ALAIS (1984)**, ce sont des substances de bas poids moléculaire. Elles ne précipitent pas dans les conditions de précipitation des protéines du lait : acidification, élévation température ou addition de présure. Elles sont peu abondantes 1,5 a 16 g/l dans le lait de vache selon (VEISSEYRE, 1975). L'urée constitue la majeure partie de l'ANP : 33 a 79% (RIBADEAU- DUMAS ,1981)

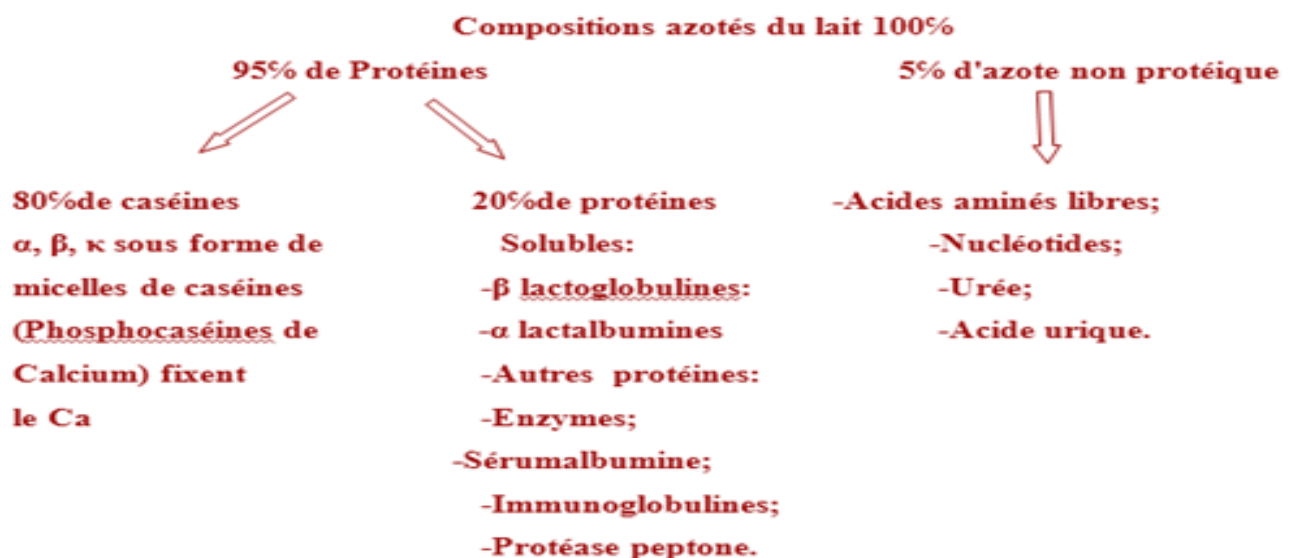
3.5.2. Protéines vraies

Ces protéines existent sous un grand nombre de structures différentes. Les protéines peuvent être subdivisées en deux grandes catégories (**CAYOT ET LORIENT ,1998**) :

1. Les protéines solubles dites protéines de lactosérum
2. Les caséines

La figure n° 3 illustre la répartition des matières azotées contenues dans un litre de lait.

Figure n°3: Répartition des fractions azotées du lait (Cheftel et *al.*, 1992).



3.6. Minéraux

Le lait contient tous les éléments minéraux indispensables à l'organisme notamment, le calcium et le phosphore (**BOUBEZARI, 2010**). La matière minérale et saline du lait constitue environ 9g/l. Les matières minérales ne se sont pas exclusivement sous la forme de sels solubles (molécules et ions). Une partie importante se trouve dans la phase colloïdale insoluble (micelles de caséines) (**GUEGUEN, 1995 ; NEVILLE et JENSEN, 1995**).

Les principaux macroéléments rencontrés dans le lait sont : le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, le sodium et le chlore (**NEVILLE et JENSEN, 1995 ; wehrmuller et RYFFEL, 2007**).

Tableau n°2 : Composition minérale du lait (Veisseyre, 1975).

Constituants	Teneurs moyennes g/l
Potassium	1.5
Calcium	1.25
Sodium	0.5
Magnésium	0.13
Chlore	1.0
Phosphore totale	0.95
Acide citrique	1.75

Le lait contient également les oligo-éléments indispensables pour l'organisme humain tels que le zinc, le fer, le cuivre, le fluor, l'iode et le molybdène (**GUEGUEN, 1995**).

Tableau n°3: principaux oligo-éléments d'intérêt nutritionnel (en $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) (Groguennec et al., 2008).

Constituants	Lait de vache
Zinc	3800
Fer	460
Cuivre	150
Manganèse	30
Iode	80
Sélénium	30
Zinc	3800
Fer	460
Cuivre	150
Manganèse	30
Iode	80
Sélénium	30
Zinc	3800
Fer	460
Cuivre	150
Manganèse	30
Iode	80
Sélénium	30

3.7. Vitamines et enzymes

3.7.1. vitamines

Selon **VIGNOLA (2002)**, les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser (tableau3).

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamines C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (**JEANTET et al.2008**).

Tableau n°4: principaux vitamines du lait (JEANTET et al.2008).

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotènes)	40µg/100ml
Vitamine D	2.4µg/100ml
Vitamine E	100µg/100ml
Vitamine K	5µg/100ml
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg/100ml
Vitamine B ₁ (thiamine)	45µg/100ml
Vitamine B ₂ (riboflavine)	175µg/100ml
Vitamine B ₆ (pyridoxine)	50µg/100ml
Vitamine B ₁₂ (cyanocobalamine)	0.45µg/100ml
Niacine et niacinamide	90µg/100ml
Acide pantothénique	350µg/100ml
Acide folique	5.5µg/100ml
Vitamine H (biotine)	3.5µg/100ml

3.7.2. Enzymes

POUGHEON (2001) définit les enzymes comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques .environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction n'est pas facile entre les éléments natifs et les éléments extérieurs voir le tableau n° 5.

Tableau n°5 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA, 2002)

Groupe d'enzymes	Classe d'enzymes	pH	Température (C°)	Substrats
Hydrolyses	Estérases			
	Lipases	8.5	37	Triglycérides Ester
	Phosphatase alcalin	9-10	37	phosphorique
	Phosphatase acide	4.0-5.2	37	Ester phosphorique
Déshydrogénases	Sulfhydrile oxydase	7	37	Protéines,
		8.3	37	peptides

ou oxydases	Xanthine oxydase			Bases puriques
Oxygénases	Lactoperoxydase Catalase	6.8 7	20 20	
	Protéases Lysozyme Plasmine	7.5 8	37 37	Parois microbiennes Caséines

4. Facteurs influençant la composition du lait

Selon **COULON (1994)** cité par **POUGHEON (2001)**, la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs.

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation).

4.1. Facteurs intrinsèques

4.1.1. Facteurs génétiques

D'après **POUGHEON** et **GOUSAUD (2001)**, il existe des variabilités de composition entre les espèces et les races mais les études de comparaison ne sont pas faciles à mener, car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevages.

Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques, or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée.

4.1.2. Facteurs physiologiques

4.1.2.1. Stade de lactation

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période claustrale), elles chutent jusqu'à un minimum au 2ème mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours.

Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (**POUGHEON** et **GOURSAUD, 2001**)

4.1.2.2. Age ou numéro de lactation

D'après les études de **COULIBALY et al, 2003**, le numéro de lactation a significativement influencé la production journalière et la durée de lactation, les jeunes vaches (aux première et deuxième lactations) ayant produit moins de lait que les vaches des autres ordres de lactation. Certaines modifications peuvent être imputées à une détérioration de l'état sanitaire de la mamelle avec l'âge. Le taux butyrique augmente avec l'âge de l'animal. À défaut d'effet significatif, on note une tendance à avoir le taux protéique le plus faible chez les primipares et le plus élevé chez la vache en seconde lactation avec ensuite une diminution progressive avec le nombre de lactations et une chute de 0,4% après 5 lactations. (**HANZEN 2009**).

4.1.2.3. Rétention de lait

Elle peut être due à un stress, une lésion du pis, une traite défectueuse, une interruption de la traite ou de la tétée ou à une absence de traite.

Les modifications de la composition du lait dépendront de l'importance de la rétention. On observe une diminution du lactose avec passage dans le sang et les urines, une diminution des matières minérales et azotées, une augmentation du chlorure de sodium et des mononucléaires. (**HANZEN 2009**).

4.1.3. Facteurs pathogènes : les mammites

Les mammites sont des inflammations presque toujours microbiennes, résultant soit d'une infection microbienne locale, soit d'une infection microbienne générale intéressant tout l'organisme (**LEVESQUE, 2006**).

D'une manière générale, plus la mammite est grave et plus la composition du lait se rapproche de celle du plasma sanguin. La mamelle lésée se comporte comme un organe d'élimination, il y a donc diminution des molécules élaborées (lactose, caséines, lipides) et augmentation des molécules élaborées (protéines solubles : immunoglobulines, matières minérales) (**HANZEN, 2009**).

4.2. Facteurs extrinsèques

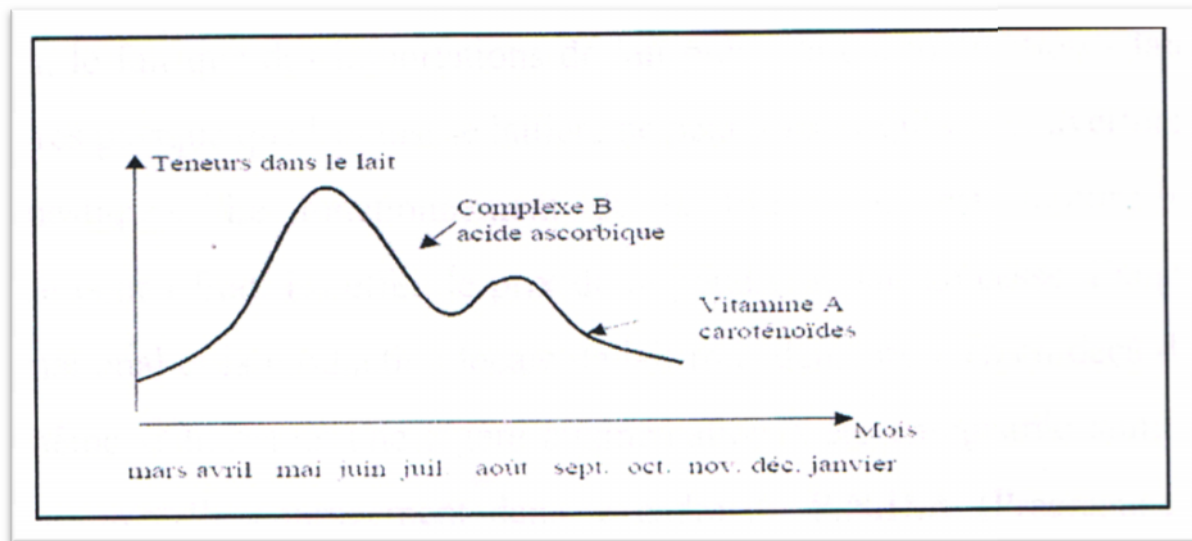
4.2.1. Facteurs alimentaires

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale du niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues). Avec un apport de fourrages à volonté un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique (ANP) et des caséines. L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus souvent une baisse du TB. Elle est due à une perturbation des fermentations ruminales, mais elle influence la composition en AG de la matière grasse du lait (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

4.2.2. Facteurs climatiques et saisonniers

D'après **POUGHEON et GOURSAUD (2001)**, la saison a une influence importante qui se rajoute aux autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge...) de façon immuable, le taux butyrique passe par un minimum en juin – juillet et par un maximum à la fin de l'automne. La teneur en protéines passe par deux minimums un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums à la mise à l'herbe et à la fin de la période de pâturage.

Un certain nombre d'études ont été effectuées sur différents troupeaux (en particulier une de **wolster, 1997**), celle-ci a démontré que la teneur en vitamines dans le lait est sujette aux variations annuelles comme le montre la figure, l'origine de ces variations annuelles est poly factorielles : elle dépend de la saison, de la photopériode mais également de l'alimentation (**REMOND et JOURNET, 1987**).

Figure n° 4 : Evolution annuelles des teneurs du lait en vitamines (WOLSTER, 1997)

Le lait est un système complexe constitué d'un solvant (l'eau) et des substances (matières grasses, micelles de caséines, protéines de sérum, glucides, minéraux).

Cet aliment complet présente une forte concentration en nutriments, sa richesse en protéines quantitativement et qualitativement, qui peuvent combler les besoins quotidiens de l'homme, en plus des nutriments énergétiques (matière grasse et lactose), en plus des minéraux Calcium (Ca), Phosphore (P) et le magnésium (Mg), nécessaire pour la croissance et le maintien d'une ossature en santé, en plus des vitamines hydrosolubles du groupe B en plupart.

Chapitre II

Composition microbiologique du lait

Le lait est un milieu favorable à la multiplication de la plupart des germes.

Dans un lait, on peut trouver des virus, des levures et moisissures, des parasites ainsi que des bactéries.

Les bactéries sont toujours présentes à un taux d'environ 10 000 à 50 000 germes/ml de lait frais. Ce nombre varie dans des proportions considérables selon l'hygiène de la traite et les conditions de conservation.

1. Origine de la flore du lait

Le lait d'un animal sain, traité de façon aseptique, est normalement dépourvu de micro-organismes. A la sortie de la mamelle, le nombre de germes est très faible, généralement inférieur à 5000 germes /ml. **(DIENG, 2001)**, le lait à ce moment est à la température de l'animal (37°C). Malgré cette condition favorable à la multiplication de nombreux germes, celle-ci est inexistante pendant les quelques heures qui suivent la traite, en raison du pouvoir bactériostatique du lait frais. Dans la mesure où l'on dispose de moyens nécessaires, il est hautement souhaitable de profiter de cette période pour refroidir le lait afin de ralentir la prolifération des micro-organismes dès la phase bactériostatique passée. **(FAO, 1998)**.

1.1. Microorganismes d'origine mammaire

D'après **MAYER et DENIS (1999)**, il existe deux modes de pénétration des germes dans la mamelle :

- ❖ **voie « ascendante »** par le canal du trayon. c'est le chemin suivi, le plus fréquemment, par les germes banaux et certains germes pathogènes.
- ❖ **voie « endogène »**: certains microbes pathogènes peuvent atteindre la mamelle par la circulation sanguine.

Dans le cas d'infections de la mamelle, le nombre de germes augmente peu (sauf dans le cas de mammites cliniques), mais ils sont en majorité constitués de bactéries pathogènes notamment les staphylocoques et les streptocoques **(KONTE, 1985)**.

1.2. Contamination exogène du lait

La contamination exogène est en général massive par rapport à la contamination d'origine mammaire. Elle est extrêmement variable selon les conditions de production et de conservation du lait. Les principales sources de

1.2.1. Ambiance

Ainsi, l'atmosphère des étables est souvent chargée de germes provenant des excréments de la paille et des aliments. Ces germes sont véhiculés sous forme de poussière qui se dépose peu à peu (**FREVEL, 1985**).

1.2.2. Etat de l'animal

Les saletés se trouvant dans le lait proviennent le plus souvent de la chute, au moment de la traite, de particules d'excréments, de terre, de végétaux ou de litière, attachées à la peau de l'animal et aussi des poils et des cellules épithéliales.

1.2.3. Etat d'hygiène du trayeur

Le trayeur malpropre et vêtu d'habits poussiéreux et sales est une cause supplémentaire de pollution dont la nature est semblable aux précédentes (**BOUBEZARI, 2010**).

La présence de germes pathogènes d'origine humaine a été souvent mise en évidence dans le lait.

1.2.4. Ustensiles et machines

Sont habituellement la source de contamination la plus importante .ce sont des milliards de germes qui peuvent exister sur les parois d'ustensiles laitiers mal lavés et mal séchés. La machine à traire mal nettoyée est certainement une source de contamination d'une importance considérable (**HEUCHEL et al, 2001**).

1.2.5. Qualité de l'eau

Les eaux impures servant au rinçage des récipients et des machines peuvent être la cause de contaminations très géantes, surtout pour la crème et le beurre » (**DUMOULIN et PERETYZ, 1993**).

2. Composition microbiologique du lait

2.1. Cellules somatiques

Comme tout liquide biologique le lait contient des cellules somatiques. Elles sont de natures hétérogènes. Outre les cellules d'origine sanguines (les Polynucléaires (0-11%), les Lymphocytes (10-27%), les Macrophages (6

essentiellement dans les défenses immunitaires de la mamelle, le lait contient également les cellules épithéliales (0-7%) qui ne jouent aucun rôle physiologique particulier (**BOUBEZARI ,2010**)

Selon (**SERIEYS, 1985**), la concentration cellulaire d'un lait normal, issu d'une vache non infectée, est inférieure à 100 000 cellules somatiques par millilitre et ne dépasse que rarement le seuil des 300 000 cellules.

Les cellules somatiques ne présentent pas en elles-mêmes un pouvoir pathogène ou toxique mais elles sont le reflet d'un désordre dans la sécrétion lactée (**BADINAND, 1994**) ou un signe révélateur d'existence de germes ou de produit indésirables (**BAAZIZE, 2006**). Le statut infectieux de la mamelle est le facteur influençant le plus le taux cellulaire du lait (**BADINAND, 1994**).

(**SERRIEYS ,1985**) a constaté que la numérotation cellulaire varie aussi en fonction : de l'âge et du numéro de lactation, du stade de lactation, du niveau de production laitière, ainsi de la saison.

2.2. Micro-organismes

Dans un lait, on peut trouver des virus, des levures et moisissures, des parasites ainsi que des bactéries (**SINA ,1992**)

2.2.1. Bactéries

L'activité biochimique des bactéries est considérable. A l'aide de nombreuses enzymes qu'elles secrètent, elles peuvent dégrader profondément les matériaux organiques entrant dans la composition des milieux au sein desquels elles vivent. Ces dégradations caractérisent les phénomènes fermentaires lorsque les bactéries mènent une vie libre et les maladies bactériennes lorsque ces microorganismes se développent au sein d'êtres vivants (**DIENG, 2001**).

Les bactéries rencontrées peuvent être classées selon :

- ❖ L'affinité tinctoriale dans cette classification, les bactéries divisent en bactéries à Gram positif (G+) et en bactéries à Gram négatif (G-) (voir tableau 5)
- ❖ Le comportement biochimique : dans cette classification nous distinguons les bactéries saprophytes et les bactéries pathogènes (**DIENG ,2001**) dans le

cadre de cette étude, nous nous sommes beaucoup plus inspirés de cette seconde classification .voir tableau n°15 en annexe.

2.2.1.1. Flore saprophyte

Elle peut avoir un intérêt technologique (bactéries lactiques) ou être une flore d'altération qui est représenté par l'ensemble des micro-organismes qui sont capables de dégrader le lactose, les protéines et les lipides du lait cru, ce qui entraîne l'apparition de défauts de goût, d'aromes et de texture (**VIGNOLA, 2002**) ou peuvent être, tout simplement, le reflet d'une mauvaise hygiène à la ferme (**RICHARD ,1987**) et auront des conséquences en technologie laitière. La contamination du lait par ces bactéries est souvent due à une mauvaise hygiène de la traite ou par contamination externe par l'intermédiaire d'aliments ou eau (**POUGHEON, 2001**).

I. Bactéries lactiques

Elles font partie de la flore normale du lait et se caractérisent par leur aptitude à fermenter le lactose avec production d'acide lactique et donc un abaissement du pH .elles sont immobiles, Gram +, catalase -, anaérobies facultatifs ou micro aérophiles, entraînent une coagulation du lait débutant surtout en profondeur et sont très exigeantes en azote (**ALAIS ,1984**), très peu d'espèces parmi elles résistent à la pasteurisation basse (63°C en 30 minutes) (**SINA, 1992**). On distingue principalement :les lactocoques, les leuconostocs, les pédiocoques, les streptocoques thermophiles, les lactobacilles mésophiles et thermophiles et thermophiles et le entérocoques .Elles ont pour rôles essentiels d'acidifier le lait et le caillé , de participer à la formation du goût (protéolyse, production d'aromes), de la texture des produits laitiers (fromage, beurre, yaourt , lait fermenté), ainsi elles produisent des substances inhibitrices et antibiotiques tels que la nisine, la "diplococcine" et " l'acidophiline" qui inhibent les bactéries non lactiques au profit des

bactéries lactiques. Ces bactéries sont maintenant largement utilisées sous formes de levains sélectionnés (**BEUVIER, 2005 ; BOURGEOIS et LARPENT, 1996 ; BOUISE et LEVEAU, 1993 ; SINA, 1992**)

II. Flore aérobie mésophile totale (FAMT)

La flore microbienne totale quantifiée lors des analyses de lait sous terme « germes totaux » représente une image (non exhaustive) de l'ensemble des micro-organismes vivants présents dans l'échantillon de lait (**BEUVIER, 2005**).

Il s'agit de l'ensemble des micro-organismes capable de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance comprises entre + 20°C et +45°C. Ces micro-organismes sont aptes à donner naissance à des colonies visibles après trois jours d'incubation à 30°.

En principe une flore totale aérobie mésophile peut être considérée comme flore d'altération car la présence des micro-organismes indique un processus de dégradation en cours (**BONFOH et al .2002**). La non-conformité de la flore aérobie à 30°C est signe d'un manque d'hygiène, d'un traitement thermique insuffisant ou de conditions de conservation défectueuses (**DELLARAS, 2007**).

III. Les coliformes

En microbiologie alimentaire, on appelle « coliformes » les entérobactéries fermentant le lactose avec production de gaz à 30°C (**GUIRAUD et ROSEC, 2004**). Ce sont des bacilles, Gram négatif non sporulant, Aéro-anaérobies facultatif, ne possédant pas d'oxydase, capable de se multiplier en présence de sels biliaires (**DELLARAS, 2007**).

Du point de vue technologique, certaines assurent la fermentation du lactose, produisant, outre des acides, des gaz (hydrogène et gaz carbonique) qui font gonfler les fromages. De plus, elles élaborent diverses substances conférant aux produits des goûts et des odeurs très désagréables (**FAO, 1998**), (une amertume due à la protéolyse intense provoquée par ces bactéries et à la libération de peptides amers) (**AIT ABDELOUHAB, 2001**).

Du point de vue hygiénique, un grand nombre d'entre elles étant les hôtes habituels de l'intestin des mammifères, leur présence dans le lait est l'indice d'une contamination fécale. Cet indice est mis à profit dans l'examen de la qualité sanitaire des produits. Certaines espèces peuvent être responsables d'infections gastro-intestinales (**FAO, 1998**).

Pratiquement, étant donné leur abondance dans le fumier, le sol, le tractus intestinal de l'homme et des animaux, sur les ustensiles souillés ; les coliformes polluent presque toujours le lait cru.

IV. Flore psychotrope

Le terme « psychotrope » désigne des micro-organismes qui ont la faculté de se développer à une température inférieure à +7°C (**LAHELEC et COLIN ,1991**). Parmi les micro-organismes qui composent ce groupe, nous pouvons citer :

- ❖ Gram (-) : pseudomonas, Alcaligens, Aeromonas, Serratia, etc.
- ❖ Gram (+) : Micrococcus, coryneebactérium,... etc.

(**DIENG, 2001**) dont le Pseudomonas fortement psychotropes ce sont des germes de pollution, véhiculés par l'homme, l'animal, les fourrages et l'eau. Ils produisent des enzymes thermostables qui provoquent la protéolyse.

(**MONSALLIER, 1994**) ayant pour conséquence l'apparition de goûts très désagréables dans les produits laitiers : goût amer, rance, putride,... etc.

(**DIENG ,2001**). Dans des laits refroidis, cette flore peut devenir la flore dominante, notamment quand ceux-ci ne sont pas récoltés dans d'excellentes conditions hygiéniques et qu'ils sont maintenus plus de 24à48 heures dans les conditions habituelles de réfrigération (+3à+4°C).

V. Bactéries thermorésistantes

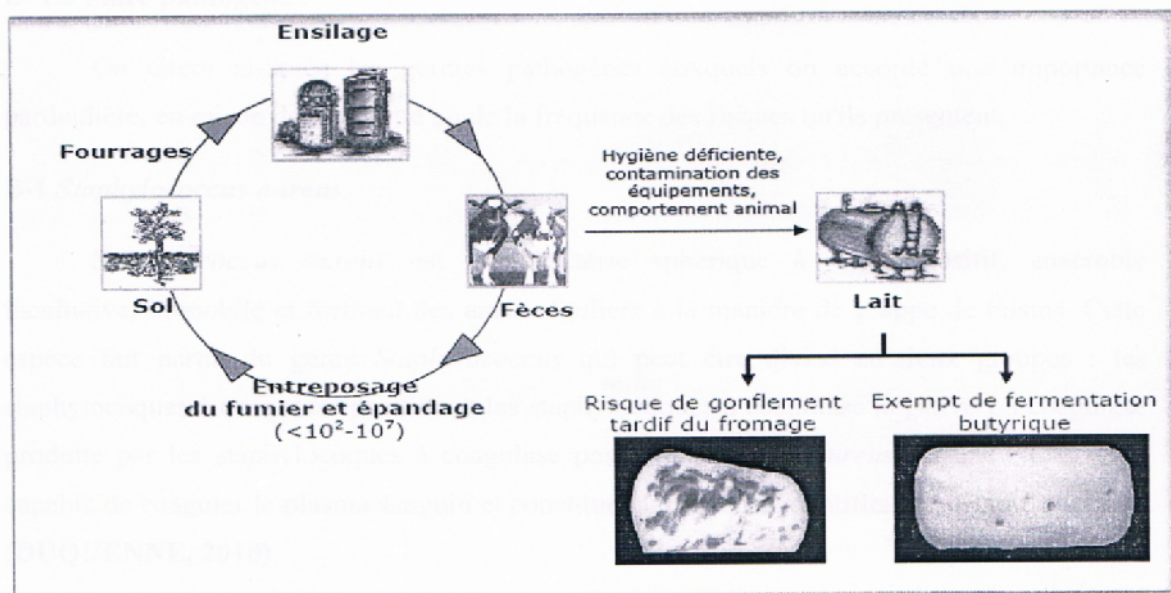
Ce sont des bactéries sporulées qui résistent à la pasteurisation et peuvent provoquer des gonflements avec défauts de goûts (**HAMOUILLI et ELFODIL, 2005**). La flore thermorésistante est notamment apportée dans le lait par le sol, les ensilages, les fèces et les résidus dus à l'insuffisance de nettoyage et de désinfection des matériels en contact du lait (FAO, 1998).

Les bactéries sporulées rencontrées sont :

a. Clostridiums

Le genre clostridium est constitué de bacilles à Gram positif et anaérobie stricts, les germes appartenant à ce genre sont largement répandus dans le sol et se rencontrent dans l'alimentation du bétail, dans l'environnement des étables et les souillures apportées par les animaux. Ils peuvent donc contaminer le lait au moment de la traite.

Figure n°5: cycle de contamination du lait par les spores de Clostridium (Vignola, 2002)



Le genre *Bacillus* réalise en outre des activités enzymatiques pouvant être responsables de l'acidification, la coagulation ou la protéolyse des laits de longue conservation **(DIENG, 2001)**

Les streptocoques fécaux sont des streptocoques du groupe D, cocci ovoïdes à Gram positif, disposés en courtes chaînettes, catalase négatif, non sporulés, aéro-anaérobie facultatifs. Ce sont des bactéries ubiquistes, d'origines fécales et moins souvent associées aux germes pathogènes que les coliformes fécaux (**Bourgeois et al, 1990**).

La croissance en milieu « hyperesalé », contenant 6,5g/l de Na Cl et leur capacité à tolérer la présence de 40% de bile permet de les distinguer des streptocoques, elles peuvent se développer à pH 9,6 et à des températures de 10 à 45 °C (**BEUVET et COUVRY, 1994**) ; **EUZEBY, 2002**).

Après 1 à 3 jours d'incubation, les troubles se manifestent par des maux de gorge, céphalées, vomissements et de la fièvre, la contamination des produits est d'origine respiratoire. (**GUIRAUD, 1998**)

2.2.1.2. Flore pathogène

On citera ci-après les germes pathogènes auxquels on accorde une importance particulière, en raison de la gravité ou de la fréquence des risques qu'ils présentent.

I. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est une bactérie sphérique à Gram positif, anaérobie facultative, immobile et formant des amas réguliers à la manière de grappe de raisins. Cette espèce fait partie du genre *Staphylococcus* qui peut être divisé en deux groupes : les staphylocoques à coagulase positive et les staphylocoques à coagulase négative. La coagulase produite par les staphylocoques à coagulase positive tels que *S. aureus* est une exoenzyme capable de coaguler le plasma sanguin et constitue un moyen d'identification simple et rapide (**DUQUENNE, 2010**).

Staphylococcus aureus est une bactérie ubiquiste, commensale de la peau des animaux et de l'homme. Elle peut également se retrouver sur les vêtements ainsi que dans l'environnement (**GUIRAUD, 2003 ; ORLANDINI, 1999**). Ses deux principaux réservoirs sont l'homme et les animaux à sang chaud. Un portage sain existe, aussi bien chez l'homme que les animaux. Pour l'homme, les fosses nasales sont considérées comme le site de portage le plus fréquent, mais la bactérie peut également être localisée au niveau de la peau, du cuir chevelu, de la gorge, de l'intestin. L'importance du portage chez les animaux est moins bien connue. Il se situe au niveau de la peau des mamelles et des trayons.

Des mammites à *Staphylococcus aureus* entraînent une contamination importante du lait (**SUTRA et al, 1998**). Ce n'est pas la bactérie qui a un effet pathogène sur l'homme mais la toxine qu'elle produit. Le consommateur se contamine en ingérant la toxine préformée dans l'aliment (**ORLANDINI, 1999**). Les espèces de staphylocoques capables de produire des

considérées comme pathogènes pour l'homme .Il est plus juste de parler d'intoxication que de toxi-infection puisque seule la toxine est responsable de la symptomatologie (**BOURGEOIS et al., 1996**) .la caractère coagulase positive est fortement lié à la capacité toxinogénèse de la bactérie (**PUJOL-DUPUY ,2004**).

La contamination par *Staphylococcus aureus* se fait principalement par l'homme, elle peut survenir :

- ❖ Au cours de la fabrication du produit, par manipulation directe ou par l'intermédiaire d'aérosols respiratoires.
- ❖ lors de la préparation domestique du produit (**PUJOL-DUPUY, 2004**)

L'homme n'est pas la source unique de contamination des aliments par *Staphylococcus aureus*. L'animal peut être source de contamination, cette bactérie peut coloniser les pis des femelles laitières dans les élevages ovins, caprins ou bovins, et provoquer des infections de la glande mammaire, la mammite est principale pathogène rencontrée en élevage laitier, elle se manifeste de deux façons :

- a) La mammite sub-clinique ne présente pas de symptôme visible bien que la composition du lait soit altérée (augmentation du nombre de cellules somatiques) et la production diminue.
- b) La mammite clinique présente des symptômes visibles localisés sur la mamelle (inflammation, œdème, gangrène...), des symptômes fonctionnels (modifications de la qualité et de la quantité du lait) et des symptômes plus généraux dans les cas les plus graves (fièvre, anorexie, faiblesse...) (**BERGONIER et BERTHELOT ,2003**)

L'environnement peut être l'un des sources de contamination.la contamination peut se faire par l'air ambiant, les expectorations, le matériel ou les insectes.

Une intoxication alimentaire due à *S.aureus* est suspectée lorsque des symptômes tels que nausées, vomissements, crampes abdominales et diarrhée, affectent des individus 1 à 8 h après l'ingestion d'aliments.ces symptômes sont dus à l'action des entérotoxines que la bactérie peut produire au cours de sa croissance (**DUQUENNE, 2010**)

II. Salmonelles

Les salmonelles appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae sont des bactéries à Gram négatif (**SUTRA, 1998**), aéro-anaérobies facultatif, mobile grâce à une ciliature, non capsules, oxydase négative et catalase positive (**PUJOL-DUPUY, 2004**) les Salmonelles peuvent se multiplier à des températures comprises entre 5°C et 45°C avec un optimum à 35°C -37°C et à des pH de 4,5 à 9 avec un optimum compris entre 6,4 et 7,5. La plupart des salmonelles peuvent se développer dans les aliments présentant une activité de l'eau (A_w comprise entre ,945 et ,999 (**D'AOUST, 1989**).

Au sein du genre Salmonella différents sérovars se distinguent et constituent deux groupes :

- ❖ Les sérovars responsables de TIAC. Ils ont une répartition mondiale et de très nombreux hôtes possibles. Des hybridations ADN-ADN ont montré l'existence de deux espèces génomiques au sein de ce groupe :
 - Salmonella enterica : très fréquente, répartition mondiale et nombreux hôtes possibles (**SUTRA, 1998**).
 - Salmonella bongori : rare (**PUJOL-DUPUY, 2004**).

Les salmonelles sont des parasites intestinaux des animaux vertébrés. Leur réservoir est très large. Il s'étend à tout le monde animal.

Elles ont deux caractéristiques expliquant leur large distribution :

- La diversité des animaux susceptibles de les héberger (mammifères, oiseaux, reptiles, insectes).
- Leurs grandes capacités de survie dans l'environnement (**MOLL et MOLL, 2002**)

Les salmonelles sont très résistantes dans le milieu extérieur et peuvent survivre dans des effluents d'élevage (lisiers, fumiers...) pendant des mois voire des années (**SUTRA, 1998**).

Ce réservoir des salmonelles est essentiellement l'animal, l'homme n'est qu'un maillon de la chaîne contaminante. Les salmonelles se repartissent dans l'environnement à partir de ces réservoirs. Ce sont les aliments, principalement ceux d'origine animale, qui assurent la liaison entre le vaste réservoir animal et l'homme **(PUJOL-DUPUY, 2004)**

Les toxi-infections à salmonelles représentent actuellement la cause la plus fréquente de survenue de diarrhées aiguë bactérienne d'origine alimentaire **(MOLL et MOLL, 2002)**.

C'est également le deuxième agent responsable d'accidents alimentaires liés à la consommation de laits et de produits laitiers, après les staphylocoques, cependant, à la différence de ces derniers, l'infection par les salmonelles est d'une plus grande gravité et peut entraîner la mort des sujets atteints.

La pathogénie des salmonelloses est double : un pouvoir pathogène de la bactérie et la production et libération de toxines.

Les symptômes observés sont tout d'abord une phase de diarrhée liquidienne, fétide et glaireuse, parfois sanglante, associée à des coliques, puis des nausées pouvant s'accompagner de vomissements. Des douleurs abdominales, des céphalées et un malaise général peuvent également être observés. **(PUJOL-DUPUY, 2004)** mais chez les sujets fragiles (jeunes enfants, personnes âgées, sujets immunodéprimés...) des complications sévères peuvent intervenir (déshydratation, septicémie) évoluant parfois fatalement **(HEUCHEL et MEFFE, 2000)**.

La contamination des laits et produits laitiers par salmonelles se fait soit par l'animal d'où les principales sources dans les élevages laitiers bovins sont les déjections des animaux **(HEUCHEL et al, 2003)**.

Les bovins peuvent être atteints de salmonellose clinique, comme il existe de nombreux porteurs sains qui constituent une source de contamination beaucoup plus insidieuse. **(MOLL et MOLL, 2002)**. Les animaux deviennent ainsi une source de contamination de l'environnement et de contamination fécale de surface des produits livrés à la consommation **(SUTRE, 1998)**. Les salmonelles sont très rarement responsables de mammites **(GAUCHARD et al, 2002)**.

La contamination peut provenir aussi d'un manipulateur malade ou porteur sain. Après infection et guérison, une proportion variable de malades reste « porteur de la bactérie » au niveau de l'intestin. (**GUIRAUD, 2003**).

L'hygiène du logement joue un rôle important dans la contamination : une litière humide ou l'absence de vide sanitaire favorise la contamination du lait par les salmonelles.

La contamination par le biais de l'eau se réalise soit par l'abreuvement des animaux, soit par l'eau utilisée lors des opérations d'hygiène de la traite (**HEUCHEL et al.2003**).

III. *Escherichia coli*

Le genre *Escherichia* appartient à la famille des Enterobacteriaceae (**GREATOREX et THORNE ,1994**). Les genres constituant cette famille sont des bacilles à G ram négatif, aéroanaérobies facultatifs qui peuvent fermenter les nitrates et qui ne possèdent pas d'oxydase (**VIMONT, 2007**).

Le genre *Escherichia* regroupe cinq espèces : *E. blattae*, *E. coli*, *E. fergusonii*, *E. hermanii* et *E. vulneris* Grimont. (**VIMONT ,2007**)

E. coli est un hôte normal de l'intestin de l'homme, dans les fèces son nombre est voisin de $10^8 - 10^9$ par gramme (**CUQ, 2007**). A ce titre *Escherichia coli*, et plus largement les coliformes thermo tolérants, sont recherchés dans les aliments comme indicateurs de contamination fécale (**VIMONT, 2007**).

En outre, bien que la majorité des souches de *E. coli* soient commensales banales, certaines d'entre elles sont pathogènes et connues des médecins comme étant à l'origine de pathologies intestinales (**LEVINE ,1987**) ou extra-intestinales (**POHL, 1993**). Les principaux pathotypes intestinaux, décrits en fonction des facteurs de pathogénicité et signes cliniques engendrés sont :

➤ **Les *E. coli* Entérotoxinogènes (ETEC)**. Les ETEC sont caractérisés par la production d'une ou deux toxines, l'une thermolabile (LT), l'autre thermostable (ST). La maladie est caractérisée par une diarrhée aqueuse accompagnée de douleurs abdominales, de malaises et de nausées. (**LECLERC, 1993**)

➤ **Les E .coli Entéropathogènes (EPEC)** peuvent provoquer des troubles digestifs, leur implication a été démontrée dans certaines gastro-entérites, notamment dans les diarrhées infantiles et dans la « **diarrhée des voyageurs** » ou « **tourista** » (**CUQ, 2007**). ce phénotype est caractérisé par l'effacement des microvillosités intestinales et par l'adhérence intime entre les bactéries et la membrane cytoplasmique des entérocytes (**VIMONT, 2007**).

➤ **Les E. coli Entéroaggrégatifs (EAEC)** présentent un phénotype d'adhésion aux cellules Hep-2 proche de celui des EPEC mais toutefois différent puisqu'il s'agit d'une adhérence non pas localisée mais diffuse (**VIAL et al, 1998.**) en revanche, ces souches ne produisent aucune entérotoxine ;

➤ **Les E. coli Entéroinvasifs (EIEC)** les EIEC sont caractérisés par des signes de toxémies avec malaise et fièvre. les EIEC prolifèrent dans les tissus épithéliaux de l'intestin jusqu'à provoquer des nécroses (**LECLERC, 1993**).

➤ **Les E .coli à adhésion diffuse (DAEC)** sont responsables de diarrhées et d'infections urinaires. L'expression d'une adhésine fimbriale et d'une protéine de membrane externe confère aux bactéries un phénotype d'adhésion <<diffuse >>, sur les lignées cellulaires en culture (**VIMONT ,2007**).

➤ **Les E. coli entérohémorragiques (EHEC)** sont à l'origine de troubles plus ou moins sévères allant d'une << simple >> diarrhée peu hémorragique à des colites hémorragiques. voir à un Syndrome Hémolytique et Urémique (SHU) chez l'enfant ou à un purpura Thrombotique et Thrombocytopénique (PTT) chez l'adulte, pouvant conduire parfois à la mort du patient (**VIMONT, 2007**). les E. coli 0157 :H7 sont le plus souvent responsables de ces colites hémorragiques. Ces E. coli peuvent produire deux puissantes cytotoxines (toxines VT) (**LECLERC, 1993.**)

Les principaux vecteurs de E. coli sont la peau des trayons, souillée par les fèces, et le matériel de traite mal conçu et de ce fait se nettoyant mal , que les bactéries coliformes peuvent coloniser entre les traites . En dehors de la source fécale, la contamination du lait peut être due à l'excrétion mammaire en cas d'infection à E.coli, à une contamination de l'eau utilisée pour les différentes opérations de nettoyage. (**RICHARD ,1983**).

IV. *Listeria monocytogenes*

Listeria monocytogenes est un petit bacille à Gram positif, asporulé et non capsulé peu ou pas mobile à 37°C, et mobile à 22-25°C. C'est un germe aéro-anaérobie facultatif, elle est également hémolytique pour les globules rouges de lapin et d'homme, ce caractère est intimement lié à la pathogénicité des souches (**LABRES ,2006**).

Listeria monocytogenes est une espèce pathogène, saprophyte, ubiquiste, hydro-tellurique, de ce fait très largement répandue dans l'environnement (**PORTALIER, 2002**)

Il a été expérimentalement que *Listeria* pouvait se développer à des températures comprises entre +1 à +2°C et +45°C, avec un optimum de croissance entre 30 et 37°C (**PUJOL-DUPUY,2004**) . C'est donc une bactérie psychrotrophe (capable de se développer à une température inférieure ou égale à 7°C) et qui se multiplie donc dans les aliments réfrigérés (**ORLANDINI , 1999 ; GAGNIN ,1993**)

Elles sont résistantes à : (**PUJOL-DUPUY ,2004**)

- La réfrigération et la congélation.
- La thermisation (55à68°C pendant 15 secondes).
- NaCl

Ces bactéries sont cependant sensibles a :

- La pasteurisation, à 60°C.
- Aux désinfectants, Aux radiations ionisantes, Aux rayons ultra-violets, Aux hautes pressions (**MOLL et MOLL, 2002**).

La listériose est donc une infection acquise principalement par voie digestive (**PUJOL-DUPUY, 2004**). Cette maladie touche essentiellement les personnes dites à risque c'est-à-dire toute personne pouvant avoir une altération de son état immunitaire : cancer, hémopathie, transplanté, dialysé, insuffisance hépatique, diabète, sujet séropositif vis-à-vis du VIH, traitement par immunosuppresseurs, cytolytiques, corticoïdes mais aussi les femmes enceintes (**GOULET et al, 2001**)

Listeria monocytogènes est la seule espèce du genre *Listeria* à possède un pouvoir hémolytique (**ORLANDINI, 1999 ; CAGNIN, 1993**) .c'est une bactérie invasive, passant chez l'hôte de cellules, en provoquant bact

méningo-encéphalite et avortement (**PUJOL-DUPUY, 2004**). Sa pathogénicité réside essentiellement dans sa capacité à se multiplier dans l'organisme, notamment en intra cellulaire. Il s'agit donc d'une infection. C'est pour cela que cette bactérie n'est pas incluse dans la liste des TIAC (**BERCHE P, 1999 ; ORLANDINI, 1999 ; CAGNIN ,1993**). La durée d'incubation de la maladie reste actuellement mal connue aussi bien chez l'homme que l'animal ; néanmoins, elle est estimée entre 3 à 4 jours semaines (**LABRES, 2006**).

La listériose humaine se décline sous deux formes

a. Forme fœto-maternelle et néonatale

Cette forme est, le plus souvent, réduite à un épisode fébrile pseudo grippal, peu dangereux pour la mère (**MOLL et MOLL, 2002**). L'infection peut même passer inaperçue. Mais une rechute fébrile, avec bactériémie, peut être observée lors de l'accouchement. Cette forme peut se traduire par un avortement ou la naissance d'un enfant infecté.

La forme fœto-maternelle touche le fœtus alors que la forme néonatale touche l'enfant à la naissance. (**PUJOL-DUPUY, 2004**)

b. Listériose de l'adulte et de l'enfant

La symptomatologie repose sur des bactériémies (dans les deux tiers des cas), des infections de système nerveux central (méningites, méningo-encéphalite, encéphalites), mais aussi des formes rares (endocardites, abcès de localisations diverses, hépatites, pleurésies, ostéomyélites, arthrites....). Il est à noter que des cas de listériose non invasive sont de plus en plus observés (**MOLL et MOLL, 2002**). Les formes cliniques semblent être en relation avec l'intervention de causes favorisantes : diabète, alcoolisme, maladies virales, cancer... (**cagnin ,1993**).

Il existe deux principaux modes de contamination :

❖ **L'animal**

D'une part, les animaux dont l'état physiologique est bon pourront ingérer des quantités importantes de *Listeria* sans manifester de signes cliniques. Cependant, ils excréteront de façon plus ou moins importante les germes, entre autres dans les fèces et le lait. (**LABRES, .2006**) toutefois, une seule vache extériorise peut

contaminer une très quantité de lait il convient donc de repérer rapidement l'animal atteint et de l'éliminer. **(PUJOL-DUPUY, 2004)**

D'autre part, et pour des raisons divers, les animaux vont présenter une baisse de l'immunité et l'ingestion de quantités de *Listeria* va faire apparaître des signes cliniques **(LABRES, 2006)**

❖ L'environnement

Dans ce cas, la charge microbienne est faible et une pasteurisation correcte suffit à détruire les germes présents **(CUQ, 2007)**. La contamination du lait se fait de différentes façons :

- contamination par l'intermédiaire de la peau des trayons.
- Contact du lait avec des fèces : des animaux sains sont porteurs de *Listeria* et les excrètent dans leur fèces ; il peut y avoir contamination de la salle de traite, des trayons, de la laitière, des manchons trayeurs ... **(MOLL et MOLL, 2002 ; PORTALIER, 2002)**.
- Contact avec la terre, de la paille **(MOLL et MOLL, 2002)** .
- Présence d'ensilages dans l'exploitation : les ensilages sont souvent contaminés, et ce d'autant plus que le pH est élevé. **(SANAA et MENARD, 1994 ; CUQ, 2007)**
- L'eau de boisson des animaux : elle peut être contaminée par des fèces et servir de relais amplificateur **(PORTALIER, 2002, SCHELCHER et al, .2001)**.
- Le matériel de traite.
- La présence d'insectes.
- La personne effectuant la traite. **(PUJOL-DUPUY, 2004)**
- Les conditions de logement des animaux : propreté insuffisante des vaches, entretien défectueux de l'aire d'exercice, surface de couchage par vache inférieure à 5 m² **(SANAA et MENARD, 1994)**.

V. Brucelles

La brucellose, connue historiquement sous le nom de fièvre de Malte ou mélitococcie, est une zoonose due à des bactéries du genre *Brucella* **(CHAKROUNE et BOUZOUAIA, 2007)** qui sont actuellement classées dans les Proteobacteria groupe alpha 2 **(BAAZIZE, 2006)**, six espèces pouvant être isolées de mammifères terrestres : *Brucella abortus* (infecte principalement les bovins), *B. melitensis* (infecte principalement les ovins et caprins), *B. canis* (infecte principalement les chiens), *B. maritima* (infecte principalement les poissons), *B. pinnipedialis* (infecte principalement les pinnipèdes), *B. cetaceae* (infecte principalement les cétacés).

B. canis et *B. neotomae*. (**KOOH et LAILLER, 2006 ; CHAKROUNE et BOUZAOUAIA, 2007**).

Brucella est un coccobacille à Gram négatif intracellulaire facultatif, de 0.5 à 0.7 µm de diamètre et 0.5 à 1.5 µm de longueur. Les bactéries du genre *Brucella* sont aérobies strictes, mais certaines souches nécessitent une atmosphère enrichie en CO₂ (5 à 10%) pour leur croissance.

Le pH optimal de croissance varie entre 6 et 7.4. La température optimale de croissance est de 34°C. La plupart des souches se développent entre 20 et 4 °C sur milieu adéquat.

Dans le lait cru, la survie de *Brucella* est 24 h à 25 – 37°C ? 48h à 8°C : (**KOOH et LAILLER, 2006**).

La brucellose est une maladie chronique dont la physiopathologie fait intervenir plusieurs phases successives :

- **Forme aiguë septicémique** (fièvre de malte) : après une incubation de 8-21 jours, fièvre ondulante surtout nocturne, avec sueurs et douleurs, des algies diffuses et un malaise générale pendant environ 15 jours (**HADDAD, 2005 ; CHAKROUNE et BOUZAOUAIA, 2007**).

Chez la femme enceinte, la brucellose peut être responsable d'avortements, d'accouchements prématurés et de mort in utero (**CHAKROUNE et BOUZAOUAIA, 2007**).

- **Forme subaiguë ou localisée** : affectant n'importe quel Organe, les localisations sont le plus fréquemment ostéo-articulaires, mais aussi génitales, voire méningées, hépatospléniques, cardiaques, pulmonaires, cutanées et ophtalmiques. (**KOOH et LAILLER, 2006**).
- **Forme chronique** : sans fièvre caractérisée par une grande fatigue, avec douleurs ostéo-articulaires. (**HADDAD, 2005**).

La transmission de la brucellose se fait soit :

- Par ingestion de lait cru ou de produits à base de lait cru. (fromage peu affiné, beurre, crème glacée) provenant d'animaux infectés.

- Par contact de la peau (même apparemment saine) ou des muqueuses (digestives, conjonctivales et naso-pharyngées) avec des animaux infectés vivants ou morts.
- Par contact avec des produits souillés (produits d'avortement , laitière , fumier ..) mais aussi les organes infectés, foie , rate ,mamelle, notamment , ou par ingestion accidentelle de *Brucella* en portant à la bouche un objet souillé (cigarette.....).
- Par inhalation de poussières lors de la manipulation de produits souillés.
- Par contact accidentel avec une souche vaccinale (**KOOH et LAILLER, 2006 ; HADDAD, 2005. GLYNN et DRAGON ,2008**).

VI. Bacilles tuberculeux

La tuberculose bovine est une maladie infectieuse et contagieuse d'évolution chronique transmissible à l'homme et à de nombreuses espèces animales, provoquée par une bactérie du genre *Mycobacterium*. Elle est due essentiellement à *Mycobacterium bovis* ou à *Mycobacterium tuberculosis* (ou bacille de Koche ou BK) (BENET, 2004). Cette bactérie est également pathogène pour l'homme et est transmise par le lait cru. (**BROUTIN et al, 2005**)

La tuberculose fait partie de la liste des maladies réputées légalement contagieuses (MRLC) donc à déclaration obligatoire. (**BROUTIN et al ,2005**).

Les bactéries du genre *Mycobacterium* appartiennent à la famille des mycobacteraceae, elles se présentent habituellement sous la forme de petits bacilles, immobiles, ayant parfois des éléments renflés, cunéiformes ou ramifiés (0.2-0.6µm sur 1.0-10µm), aérobies, ne forment pas de spores ni de capsules. Elles sont caractérisées par leur aptitude à conserver la coloration malgré l'action combinée de l'alcool et acides dilués sont acido-alcool-résistants. La température optimale des mycobactéries s'étend approximativement de 28°C à 45°C avec un PH optimum de 6à6.5 pour *Mycobacterium bovis*. (**WAYNE et KUBIKA, 1984**)

Les modes de transmission de la tuberculose à l'homme sont divers :

- inoculation du germe par une lésion cutanée ou des souillures de la muqueuse oculaire (ce mode de transmission représente un danger pour les éleveurs, vétérinaires, agents travaillant à l'abattoir) ;
- inhalation de la poussière (provenant des abattoirs et exploitations infectées) lors des opérations de nettoyage ou autres manipulations ;
- ingestion des produits (viande, lait) et produits dérivés contaminés (ce mode de transmission représente du danger pour les consommateurs du lait ou produits laitiers contaminés par la bactérie) (**BROUTIN et al, 2005**)
- la transmission des bacilles par l'intermédiaire d'objets contaminés (laiterie, couverts, livres) est pratiquement exclue car ces bacilles tuberculeux ne peuvent survivre très longtemps en dehors de l'organisme du malade (très sensible aux rayons ultraviolets) (**VAN SPRUNDEL et al, 2005**).

Les micro-organismes inhalés peuvent provoquer plusieurs types de tuberculose à savoir :

➤ **Tuberculose primaire**

La tuberculose primaire est en général asymptomatique, mais peut se manifester par un état fébrile, une perte pondérale et une baisse de l'état général, parfois aussi d'adénopathies hilaires unilatérales, d'un infiltrat parenchymateux et/ou d'un épanchement pleural.

➤ **Tuberculose pulmonaire**

La tuberculose de réactivation est habituellement caractérisée par une toux lentement progressive sur des semaines ou des mois, la fièvre est présente chez deux tiers environ des malades, des anomalies biologiques, une toux persistante depuis plusieurs semaines, amaigrissement et sudations nocturnes.

➤ **Tuberculose chez l'enfant**

Les formes redoutées chez l'enfant en bas âge sont la méningite et la miliaire tuberculeuses. Les formes cliniques contagieuses, similaires à celles de l'adulte, peuvent cependant s'observer à l'âge et à l'adolescence.

➤ Tuberculose extra pulmonaire

Elle peut être Lymphadénite, pleurale, génito-urinaire, osseuse, miliaire ou Méningite tuberculose (**BRONDLI et al ,2007**) .

L'infection causée cette bactérie est qualifiée de yersiniose : la forme la plus commune est une gastroentérite et ce sont les enfants qui sont plus sévèrement affectés avec des douleurs abdominales intenses, diarrhée, vomissement et fièvre (pseudo-appendicite). Des syndromes plus sérieux comme une septicémie, une méningite, une polyarthrite ou une adénite, peuvent subvenir. La mortalité reste rare et les signes cliniques disparaissent généralement au bout de 48 heures. Le plus souvent ce sont des aliments, et en particulier le lait, les produits laitiers, les coquillages, les viandes et les volailles qui sont impliqués dans cette maladie. Seules certaines souches sont pathogènes. Ce microorganisme psychrophile est très sensible à la chaleur et est facilement détruit par cuisson ou pasteurisation. Dans un milieu entreposé à 7°C, une centaine de cellules contaminantes donnent après 10 jours 107 germes par g (**CUQ, 2007**).

2.2.2. Levures et moisissures

2.2.2.1. Levures

Dans le lait cru on trouve fréquemment des cellules rondes ou ovales, de levures non sporulant appartenant au genre *Candida*. Ces levures forment des gaz et peu ou pas d'alcool, et sont la cause du lait mousseux.

On peut également trouver dans le lait des levures sporulant, telles que *Saccharomyces fragilis* et *Saccharomyces lactis* qui fermentent le lactose en produisant de l'alcool. (**ALAIS, 1984**).

Elles sont souvent présentes dans le lait et certaines sont utilisées dans la production de lait fermenté. En fromage, de nombreuses levures participent à l'affinage des fromages. Les levures peuvent être néfastes ; la présence des levures à la surface des yaourts, fromages crème et beurre sont l'indice d'une pollution qui déprécie l'aspect et le goût des produits.

Les levures associées au lait sont les espèces suivantes : *Debaryomyces hansenii*, *Kluyveromyces lactis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida kefyr*, *Torulopsis lactis-condensi* (**BOURGEOIS et LARF**

2.2.2.2. Moisissures

Les moisissures n'ont pas d'importance dans le lait liquide, mais elles intéressent un grand nombre d'autres produits laitiers. Elles sont productrices de lipase et de protéase. Les mêmes moisissures peuvent aussi être indésirables (**FAO, 1998**).

Les moisissures liées aux produits laitiers : *Penicillium*, *Geotrichum*, *Fusarium*...(**BOURGEOIS et LARPENT, 1996**)

2.2.3. Parasites

Il est certain que quelques unes des affections parasitaires de l'homme transmissibles par les aliments peuvent être véhiculées par le lait ; tel est notamment le cas des affections au cours desquelles le stade infectant du parasite peut être propagé par les manipulateurs de lait : Kystes amibiens et autres, œufs de *Taenia solium* et de *Enterobius*. Mais les caractéristiques épidémiologiques de ces infections sont telles qu'il difficile sinon impossible de déceler les causes de transmission des agents infectieux au lait.

Toxoplasma gondii est à notre connaissance, le seul parasite animal qui excrété dans le lait de vache, soit infectieux pour l'homme ; mais on ignore si les humains peuvent être aussi infectés par l'intermédiaire du lait, la contamination du lait et des produits laitiers par des sols infectés d'œufs de *Ascaris* ou de *Trichuris*, ou de larves d'helminthes, semble possible bien que difficile , de bonnes techniques sanitaires , le traitement thermique du lait et l'adoption de mesures d'hygiène par les manipulateurs **de** lait devraient convenablement prévenir la transmission de ces infection. (**BAAZIZE et BENGHODBANE ,2009**)

2.2.4. Virus

Très peu de travaux sur le rôle des aliments tels le lait et les produits laitiers dans la transmission de maladies virales et rickettsiennes ont été menés.

Toutes fois selon **KAPLAN et al** cite par (**BAAZIZE et BENGHODBANE ,2009**) certains entérovirus pathogènes notamment les virus de la poliomyélite et les virus coxsackie provoquent de graves épidémies de « diarrhées estivales »chez les nourrissons et chez les enfants.ils ont soupçonne le lait d'être responsable de quelque cas de poliomyélite, ce dernier est facilement inactivable par la pasteurisation contrairement au virus coxsackie qui est plus résis

Le lait de peut êtreensemencé par de nombreuses espèces microbiennes.

Pour certaines, il constitue un bon milieu de culture, ce qui leur permet de s'y développer. Pour d'autres germes banals ou pathogènes, il n'est qu'un véhicule occasionnel. En raison de la grande diversité des bactéries présentes dans le lait, et en se basant sur un certain nombre de propriétés importantes qu'elles ont en commun, on les divise en deux catégories: les bactéries saprophytes et les bactéries pathogènes.

Chapitre III

Méthodes de conservation du lait

1. Méthodes de conservation

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

2. Bases technologiques de la conservation du lait

2.1. Conservation par le froid

2.1.1. Réfrigération

La réfrigération est une technique, qui permet d'allonger a courte durée de conservation du lait, elle complète dans une certaine mesure l'action de la pasteurisation.

Le lait pasteurisé se conserve au réfrigérateur a 4-6 °C pendant une semaine avant ouverture (**Ebing et Rutgers ,2006 ; Rutgers et al, 2004 ; Guiraud ,2003**).

Selon **Cheftel et al (1992)**, les basses températures mises en jeu lors de la réfrigération permettent un ralentissement du métabolisme cellulaire et préservent la texture du lait.

En dépit du fait que le lait pasteurisé doit se conserver une semaine de nombreux travaux montrent qu'il devrait être possible d'augmenter nettement cette durée de conservation (**Bernard ,1972 ; Finly 1968 ; Hendrick, 1970 ; Myhr, 1972**).

Il est bien démontré en effet que la durée de conservation du lait pasteurisé dépend avant tout des recontaminations que le lait subit après le chauffage, dans les circuits de refroidissement, de stockage, de conditionnement et dans les emballages eux même (**Mouragues et al, 1973**).

2.1.2. Action du froid

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

- accroissement de la stabilité du lait par ralentissement des réactions biochimiques;

- ralentissement du développement microbien (flore de contamination) et inhibition de la flore pathogène;
- modification de la nature des espèces microbiennes qui se développent: (sélection des psychotrophes et psychrophiles aux dépens de la flore mésophiles) ce qui peut entraîner l'apparition d'altérations particulières aux basses températures;

L'action bactéricide du froid est discrète ou nulle. Selon MAR JOUB et BOUDABOUS (30) les Gram- sont plus sensibles que les Gram+ dont certaines sont pratiquement insensibles telle *Staphylococcus aureus*.

La congélation a un effet bactéricide ou létale, il n'est jamais total et varie selon des germes et les conditions de sa réalisation:

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

2.2. Conservation par la chaleur

L'action de la Chaleur se distingue nettement de celle du froid par le fait Qu'elle permet de tuer les microbes et non d'entraver simplement leur développement.

Le traitement par la chaleur n'est donc pas seulement une méthode de conservation, c'est également et surtout un procédé d'assainissement.

2.2.1.Aspects physicochimiques

En fonction de la température et du temps de chauffage la chaleur agit de différentes façons sur les caractéristiques physicochimiques du lait:

- elle modifie la stabilité de la solution colloïdale et de la matière grasse, la couleur, le goût du lait et elle diminue sa teneur en biocatalyseurs.
- les protéines solubles sont plus sensibles à la chaleur et peuvent être irréversiblement dénaturées au delà de 56° C pendant 30 mn.

- Les caséines sont plus résistantes au chauffage et supportent des températures de l'ordre de 80°C pendant plusieurs heures

Le tableau n° 6 montre le taux de protéines dénaturées en fonction de la température et de la méthode de chauffage utilisées. Ce taux peut atteindre une dénaturation complète des protéines.

Tableau n°6 : Effets de la température sur les Constituants du lait
(VEISSEYRE, 1979)

Traitement thermique	Inconvénients
Pasteurisation basse 63° C / 30 mn	Négligeable
Pasteurisation haute 75° C / 15 s	dénaturation - 20p .100
U.H.T (140° C / 2 s)	Des protéines - 60p .100
Stérilisation (1200 C / 20 mn)	100 %
Stérilisation (1200 C / 20 mn)	100%
Stérilisation (1200 C / 20 mn)	Hydrolyse de la caséine
78° C- 80°C plusieurs heures	dégradation des glycérides et formation de lactones
Température > à 80°C	Les phosphates de calcium dissous sont voisins du point de saturation

2.2.2. Aspects bactériologiques

La température agit aussi sur les germes et se traduit par une destruction des microorganismes. Les conditions de chauffage ainsi que les combinaisons température-temps sont choisies de manière à limiter ou annuler le nombre de germes sans modifier les caractéristiques physicochimiques du lait.

Le principe est donc de respecter le goût, l'aspect et la valeur nutritive du lait, ce qui explique à l'heure actuelle l'utilisation massive des procédés UHT (Ultra High Température) dans l'industrie laitière et dans de nombreuses autres industries alimentaires.

3. Pasteurisation

Produit vivant, facilement contamine, le lait doit être traité pour être conservé, transporté et vendu ; les traitements qui permettent la conservation du lait sont essentiellement thermiques (**ROUDAUT ET LEFRANCQ, 2005**).

3.1. Définition

La pasteurisation est un traitement thermique appliqué à un produit en vue d'éviter les risques pour la santé publique que pourrait faire naître les microorganismes pathogènes liés au lait. En tant que traitement thermique, la pasteurisation ne doit entraîner que des modifications chimiques, physiques et organoleptiques minimales » (**FAO ,2001**)

La pasteurisation correspond à la destruction à des températures comprises entre 60 et 100 °C des seules formes végétatives des microorganismes, incluant la flore banale et certains pathogènes (*Salmonella*, *Brucella*, *Listeria*.etc) tout en laissant intactes les équilibres chimiques ainsi que les éléments biochimiques. Elle permet d'allonger la durée de vie des produits stockés en froid positif de quelques jours à quelques semaines : on parle dans ce cas DLC (date limite de consommation) (**JENTET et al, 2006 ; MEYER et al ,2004 ; LANSING et al ,2003**). Certains microorganismes peuvent résister au traitement de la pasteurisation .On dira de ces microorganismes qu'ils sont thermostables (**VIGNOLA, 2002**).

3.2. Historique

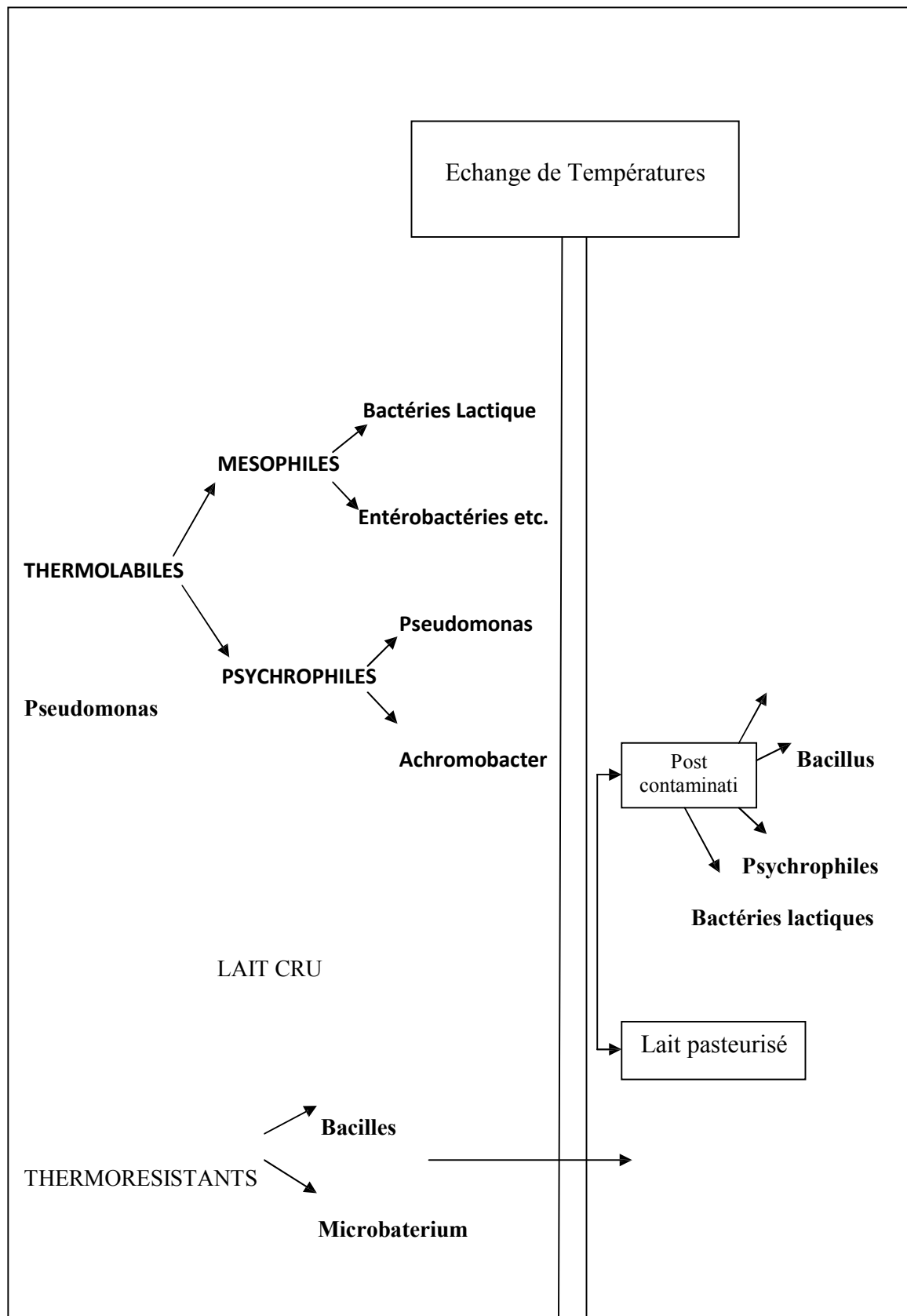
C'est à PASTEUR que l'on doit le principe de la méthode de conservation qui porte aujourd'hui son nom.

En étudiant les altérations du vin et de la bière, de 1866 à 1876, il découvrit en effet qu'un chauffage modéré ne dépassant 60° C, était capable d'éviter certaines d'entre-elles en entravant le développement des microbes qui les provoquent.

C'est seulement vers 1880 que les Allemands puis les Danois appliquèrent cette méthode au lait.

Un peu plus tard on s'aperçoit que la pasteurisation appliquée selon certaines modalités, pouvait permettre également la destruction des germes pathogènes fréquemment présents dans le lait.

Figure n°6 : les microflores importantes dans le lait pasteurisé (ALAIS, 1984)



3.3. Différentes types de pasteurisation

Pour limiter les risques de prolifération d'agents pathogènes, les barèmes sont définis sur la base de la thermorésistance de *Clostridium botulinum*, un des microorganismes les plus thermostables et les plus pathogènes (**JENTET et al, 2006**).

La pasteurisation est la première opération technologique que subit un lait destiné à l'industrie laitière. Elle se fait par divers procédés utilisant des appareils appelés pasteurisateurs.

Selon **FANICA (2008)**, La pasteurisation a connu plusieurs évolutions technologiques ; on distingue deux types.

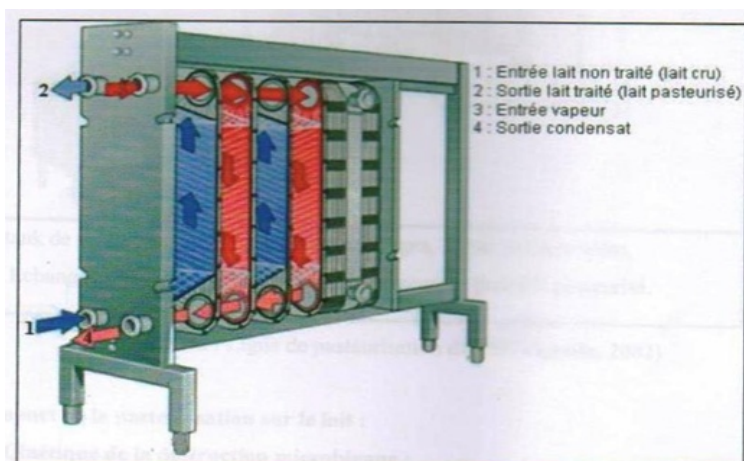
3.3.1. Pasteurisation en discontinu

C'est le cas de la pasteurisation basse (LTLT ou low température long time) qui est un chauffage à 63 °C pendant 30 minutes, (varie de 60°C à 65,5 suivant les pays : c'est-à-dire suivant la conception des marges de sécurité). Le lait est alors refroidi à 10°C ou moins (KAY, 1953). Elle est pratiquement abandonnée actuellement.

3.3.2. Pasteurisation en continu

C'est le cas de la pasteurisation haute (HTST ou High température short time) qui est un chauffage à 75 °C pendant 15 secondes, ou encore à 80-85 °C pendant 5 secondes. Dans le cas de cette pasteurisation, le travail se fait en circuit fermé à l'abri de l'air, des contaminations extérieures et sous pression évitant ainsi les pertes de gaz en dissolution et les oxydations.

Actuellement, c'est le procédé en continu, à haute température (HTST), au moyen de systèmes en plaques (Figure 5), qui est le plus en usage .C'est une méthode économique, précise et fiable. L'équipement peut fonctionner à grands débits et être complètement automatisé (**ABOUTAYEB, 2009**).

Figure 7 : principe de fonctionnement d'un échangeur a plaques (**Aboutayeb, 2009**)

3.3.3. Radio-pasteurisation

C'est un traitement utilisant des doses de rayonnements ionisants suffisantes pour renforcer la conservabilité du lait en produisant une baisse sensible dans le nombre des microorganismes responsables de la détérioration ou pathogènes. L'énergie ionisante est supérieure à 300 ° K. rads.

3.3.4. Autres procédés de pasteurisation

Parmi les autres traitements thermiques des produits laitiers, on retrouve le séchage et la concentration.

Le séchage du lait (concentrât de protéines du lactosérum CPL 35 %) consiste à chauffer le produit dans des conditions contrôles afin d'évaporer la majorité de l'eau qu'il contient, Afin d'obtenir le lait sous forme de poudre.

La concentration se fait évaporation d'une partie de l'eau contenue dans le lait.

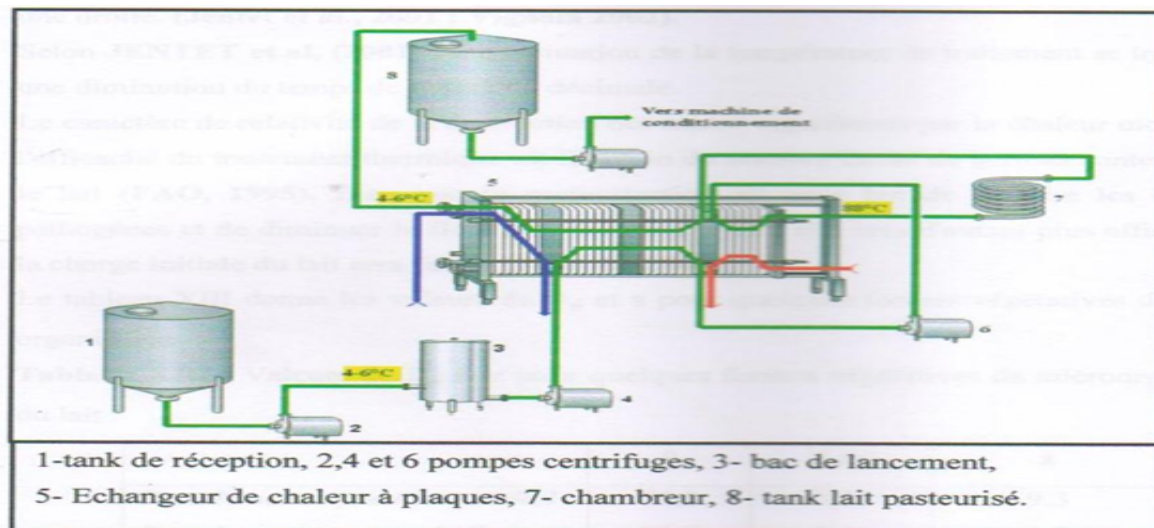
3.4. Ligne de pasteurisation

Selon la **FAO (2008)** :

- Le lait est chauffé à une température inférieure a 100°C dans un échangeur thermique conçue pour la pasteurisation haute température / courte durée ;
- Puis retenu dans un chambreur tubulaire pour la durée requise .

- Puis refroidi rapidement.

FIGUE 8 : ligne de pasteurisation du lait (VIGNONLA, 2002)



Le tableau n°7 illustre les avantages et les inconvénients des différents types d'appareils

Tableau n°7 : Avantages et inconvénients respectifs des différents types d'appareils

Types de matériels	à gaz	-pasteurisateur à plaques -pasteurisateur tubulaire -pasteurisateur électrique
	Cuves Electrique	
Avantages	-coûts d'investissements plus faibles -polyvalence : utilisation possible en stockage et refroidissement à d'autres phases de process. -simplicité et facilite de nettoyage.	-rapidité -économie d'énergie -précision dans les barèmes (montée en températures, séjour et refroidissement)
Inconvénients	-durée plus longue de changement thermique -utilisables seulement en pasteurisation basse.	-couts d'investissements très élevé. -matériels sophistiqué généralement importes. -nettoyage long et parfois difficile.

3.5. Impact de la pasteurisation sur le lait

3.5.1. Cinétique de la destruction microbienne

Pour caractériser la cinétique de destruction d'une population d'une souche donnée, à une température donnée et dans un milieu défini, on utilise le « temps de réduction décimal (**FAO, 1995**), c'est le temps nécessaire pour détruire 90% de la flore initiale (**Mathieu, 1998**)

L'évolution du nombre de microorganismes (N) dans le lait en fonction du temps à une température constante est calculée à partir de l'expression :

$$\text{Log}(N) = \log(N_0) - t/D_0$$

- N le nombre de micro-organismes à l'instant t
- N_0 est la population microbienne au temps 0
- t le temps
- D_0 , qui a la dimension d'un temps, est appelé temps de réduction décimale.

La représentation graphique de cette expression en coordonnées semi-logarithmiques est une droite. (**Jentet et al, 2001 ; Vignola 2002**).

Selon **JENTET et al, (2001)** l'augmentation de la température de traitement se traduit par une diminution du temps de réduction décimale.

Le caractère de relativité de la destruction des micro-organismes par la chaleur montre que l'efficacité du traitement thermique est fonction du nombre initial de germes contenus dans le lait (**FAO, 1995**). Bien que la pasteurisation ait pour but de détruire les bactéries pathogènes et de diminuer la flore nuisible dans le lait, elle sera d'autant plus efficace que la charge initiale du lait sera faible (**Vignola, 2002**).

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de D_0 et z pour quelques formes végétatives des micro-organismes.

Tableau n°8 : Valeurs de D_0 et z pour quelques formes végétatives de micro-organismes du lait (**Kessler, 1981**)

formes	θ	D_0 (s)	z
Pseudomonas pseudomonallei	73,3	0,52	9,3
Pseudomonas caryophylli	73,7	0,44	8,7
Enterobacter aérogènes	61,8	0,45	2,8
Enterobacter liquefaciens	73,9	0,56	6,9
Aeromonas hydrophilia	74,8	0,31	6,8
Brevibacterium linens	70,3	0,125	5,3
Salmonella	60	12-390	4-5
Staphylococcus aureus	60	26-474	4,5-10

θ : Température de destruction du micro-organisme (°C),

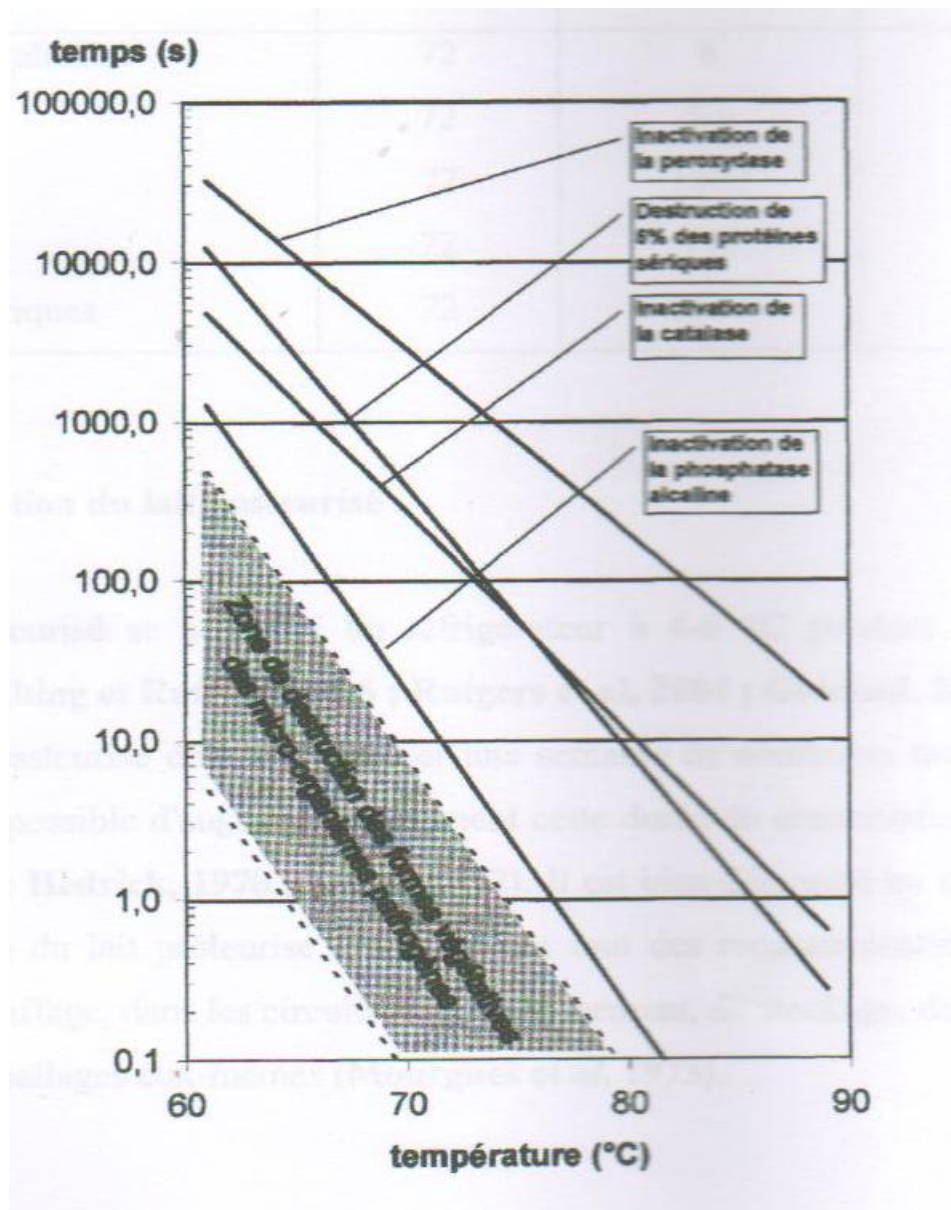
D_0 : Temps de réduction décimale(s) z : l'élévation de la température (°C).

3.5.2. Cinétique d'altération des constituants du lait

Tout traitement thermique s'accompagne de modifications de la structure des constituants du lait. Cette observation constitue la base de l'optimisation des traitements thermiques en agro-alimentaire (**Roudaut et le francq, 2005**)

Un traitement (temps long /basse température) conduit à une modification plus importante qu'un traitement (temps court /haute température), ces deux traitements étant équivalents au plan de la destruction des microorganismes (**Mathieu, 1998**).

Figure 9 : Destruction de microorganismes et altération de quelques constituants de lait en pasteurisation (Jentet et al ,2001).



Le chauffage du lait cause la perte de gaz carbonique, peut décomposer le lactose en acides organiques divers ou causer le blocage des groupements amines des protéines et provoque alors une augmentation de l'acidité. De même, aux températures élevées, le phosphate tricalcique peut précipiter et causer une augmentation de l'acidité déclenchée par la dissociation des radicaux phosphates (Aboutayeb, 2008).

Le tableau n°9 donne les valeurs de D_0 et z des réactions de dénaturation de quelque constituant du lait.

Tableau n°9 : les valeurs de réactions de dénaturation de quelques constituant du lait (kessler, 1981)

Constituants	θ	$D_0(s)$	z
Phosphatase alcaline	72	8	5
Lipase	72	5,9	6,4
Peroxydase	72	1600	9
Catalase	72	142	7,2
Protéines sériques	72	8100	6

4. Qualité de conservation et Post contamination

La qualité de conservation du lait frais pasteurisé dépend:

- du contenu en germes thermorésistants et/ou psychrophiles (pouvant donc se développer dans les enceintes refroidies) ;
- d'une éventuelle post contamination ou recontamination.
- La durée de conservation du lait frais pasteurisé doit être d'au moins 7 jours avant qu'apparaisse un défaut.
- Le conditionnement aseptique en empêchant la post contamination améliore la qualité de conservation du lait

4.1. Contrôle de la qualité

La qualité se définit comme étant l'ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confère l'aptitude à satisfaire les besoins exprimés ou implicites.

4.1.1. Taux de matière grasse

Le contrôle du taux de matière grasse a un intérêt technologique (écrémage et butyrication). Il permet aussi de détecter les fraudes.

On distingue trois (03) groupes de produits:

- Lait entiers (T.M.G > 35 g/l)

- Laits demi-écrémés (TMG = 18 à 15 g/l)
- Laits écrémés ou diététique (moins de 1 g/l)

4.1.2. Taux de matières protéique

Il est nécessaire dans certains produits (fromage, yaourt), c'est un est un indice du type d'alimentation de la vache.

4.1.3. Densité

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

4.1.4. Mesure de l'acidité

Le contrôle de l'acidité à un intérêt double hygiénique et technologique. il permet :

- éliminer les laits trop acides qui coagulent à l'ébullition
- éliminer les laits de mammites (alcalins) provenant d'animaux malades
- de contrôler le degré de fermentation

4.1.5. Qualité bactériologique

L'appréciation de la qualité bactériologique s'effectue selon deux méthodes

A. Méthode indirecte :

❖ Activité de catalase

Enzyme capable de décomposer l'eau oxygénée (H_2O_2) avec libération d'oxygène (O_2) moléculaire se dégrade à l'état gazeux.

❖ réductase microbienne

Le principe est basé sur la réduction des colorants. La plupart des bactéries se multipliant dans le lait sont capables grâce à leur réductase, d'abaisser le potentiel d'oxydoréduction jusqu'à la décoloration complète d'un indicateur redox.

Le contrôle de l'activité réductrice est réalisé en utilisant le bleu de méthylène ou la résazurine.

B. Méthode directe

Il s'agit de l'analyse microbiologique classique:

- Coloration Gram ;
- Recherche du bacille tuberculeux ;
- Dénombrement de la flore totale ;
- Dénombrement des flores particulières.

5. Normes et réglementations**5.1. Lait cru**

Le lait cru doit présenter les caractéristiques suivantes :

- provenir d'animaux bien nourris et en bonne santé.
- provenir d'une traite opérée plus de sept jours après la mise bas ou le part.
- être exempt de colostrum
- dépourvu de couleur d'odeur, de saveurs anormales
- N'avoir subi aucun mouillage
- Être exempt de microorganismes pathogènes
- Satisfaire à l'épreuve de dénombrement cellulaire
- Être exempt d'antibiotiques et d'antiseptiques
- Être collecté, transporté et mis en vente dans des récipients propres

5.1.1. Caractéristiques spécifiques de composition**5.1.1.1. Teneur en matière grasse**

La teneur en matière grasse du lait cru doit être égale ou supérieure à 25 grammes par litre. Il ne peut pas être écrémé.

5.1.1.2. Teneur en Protéines

La teneur en protéines du lait cru doit être égale ou supérieure à 28 grammes par litre

5.1.2. Caractéristiques microbiologiques

Le lait cru ne doit pas décolorer le bleu de méthylène en moins de trois heures au moment de la vente au consommateur.

5.1.3. Conditionnement

Les bouteilles pour la vente des laits destinés à la consommation humaine devront contenir une quantité de liquide égale à un litre, un demi litre, 25 centilitres.

5.1.4. Date Limite de vente

La date limite de vente du lait cru est un jour (01) après la récolté si la vente est effectuée sur les lieux de traite.

Cette date est repoussée a trente-six(36) heures si le lait est conditionne et conserve au froid.

5.1.5. Étiquetage

La dénomination de vente "Lait cru", la raison sociale ou la marque, la date limite de validité et la température de conservation doivent être indiquées en lettres de 3 cm.

5.2. Lait pasteurisé

Le lait pasteurise doit présenter les caractéristiques suivantes :

- être dépourvu de couleur, d'odeur et de saveur anormale
- présenter une réaction négative à l'épreuve de la phosphatase alcaline
- être exempt de germes pathogènes, et une faible charge de flore banale.

5.2.1. Caractéristiques spécifiques de composition

5.2.1.1. Teneur en matière grasse

La teneur en matière grasse du lait pasteurisé doit être :

- égale ou supérieure à 25 grammes par litre ou 2,5 % pour le lait entier
- supérieure ou égale à 15,45 grammes par litre et strictement inférieure à 25 grammes par litre pour le lait demi-écrémé.
- inférieure ou égale à 3,09 grammes par litre pour le lait écrémé

5.2.1.2. Teneur en Protéines

La teneur en protéine du lait pasteurisé doit être au moins de 28 grammes par litre (28g/l).

5.2.2. Caractéristiques microbiologiques

5.2.2.1. Lait frais pasteurisé

Le lait frais pasteurisé doit être :

- être exempt des microorganismes pathogènes
- contenir moins de 100 000 germes par millilitres à la sortie de l'atelier
- contenir moins de 200 000 germes/millilitres à la vente au consommateur

5.2.2.2. Lait Pasteurisé conditionné

- exempt de germes pathogènes
- contenir moins de 1 bactérie coliforme par millilitres (1 germe/ml)
- contenir moins de 10 bactéries coliformes par millilitre au moment de la vente au consommateur
- contenir moins de 30 000 germes par millilitre pour la flore mésophile totale

5.2.2.3. Lait pasteurisé de haute qualité

Le lait pasteurisé de haute qualité doit :

- être exempt de germes pathogènes
- contenir moins d'une(1) bactérie coliforme par millilitre au moment du conditionnement
- contenir moins de dix (10) bactéries coliformes au moment de la vente au consommateur
- contenir moins de 30.000 germes par millilitre pour la flore mésophile totale.

5.2.3. Conditionnement

Le lait frais pasteurisé doit être conditionné dans des récipients de contenance supérieure à un litre, maintenus fermes jusqu'au moment de la vente au consommateur.

5.2.4. Étiquetage

Les mentions suivantes doivent figure sur l'étiquetage

5.2.4.1. Mentions générales

- nom ou réseau sociale de l'unité de pasteurisation
- dénomination de vente « lait pasteurisé » ou « lait pasteurisé de haute qualité »
- contenance
- composition

5.2.4.2. Mentions particulières

- date de fabrication
- date limite de consommation
- température de conservation

5.2.5. Conservation

Le lait pasteurisé doit être conservé au frais entre 0°C et +10°C jusqu'à la vente au consommateur.

Chapitre IV

Matériels et méthodes

1. Présentation de l'unité de production

Le complexe laitier d'Alger fait partie du groupe COLAITAL S.P.A qui se situe au niveau des vergers, à l'ouest ouest de Birkhadem, dans la wilaya d'Alger.

1.1. Objectifs de l'entreprise

Dans le cadre de la mise en œuvre de la politique nationale en matière de lait et des produits laitiers, l'office régional s'est fixé les objectifs suivants :

- la participation à l'organisation et au développement de la production laitière nationale ;
- le développement et la gestion des industries de traitement et de transformation du lait ;
- la réalisation d'un approvisionnement régulier du marché par une répartition nationale et équilibré du lait et des produits laitiers.

Ainsi cette entreprise est chargée :

- de contribuer à l'organisation des éleveurs laitiers et ceci par le biais de l'encouragement des coopératives d'élevages en moyens de production et écoulement de leurs productions laitières ;
- d'entreprendre des relations avec les structures techniques compétentes pour augmenter et régulariser la production en quantité ;
- de réaliser pour son compte ou pour celui des coopératives des autres groupes la collecte et le stockage du lait ;
- d'assurer le contrôle officiel des rendements laitiers et participer à la formation professionnelle du personnel chargé d'exploiter les installations de traitement mécanique.

1.2. Produits de l'entreprise

Le marché du complexe COLAITAL est limité à la métropole algéroise, il comporte plusieurs produits adéquats aux besoins de sa clientèle à savoir le :

- **LAIT LPC** : «Lait Pasteurisé Conditionné »
- **LAIT LFC** : «Lait Fermenté Conditionné »

- **LAIT LVC** : «Lait de Vache Conditionné »
- **LAIT UHT** : «le lait Ultra Haute Température »
- **PATE FRAICHE** : «Petit Suisse »
- Crème Fraîche (500g, vrac 1L)
- Beurre (en vrac, 250g, 10g)

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériels

2.1.1. Echantillons du lait

Le lait utilisé dans la présente étude provient de la laiterie de Birkadem située dans la wilaya d'Alger. Deux échantillons, l'un de lait cru et l'autre de lait pasteurisé, ont été prélevés et transportés dans une glacière jusqu'au laboratoire de l'Institut des Techniques d'Elevages «ITELV» de Baba Ali wilaya d'Alger.

2.1.2. Mode d'échantillonnage

L'échantillonnage est un point clef pour l'obtention de résultats analytiques valides, en effet, sa bonne mise en œuvre permettra d'obtenir une bonne représentativité de l'échantillon prélevé (*POINTURIER, 2003*).

Le lait recueilli des citernes de collecte est versé dans le tank de stockage d'où on va prendre les échantillons qui vont être répartis en deux groupes en l'occurrence :

- Lait cru : prélevé directement à la sortie du robinet du tank dont une partie subira une pasteurisation pour éviter tous types de recontamination du produit (canalisation, tank de stockage, conditionneuse, personnel et l'ambiance)
- Lait pasteurisé : prélevé directement à la sortie du pasteurisateur.

2.1.3. Technique de pasteurisation :

Dans la présente étude des échantillons sont pasteurisés au niveau de la laiterie à 90 °C pendant 15 secondes dans un pasteurisateur à plaques.

Concernant les échantillons pasteurisés au niveau de laboratoire, la technique est résumée ci- dessous

Une partie de lait cru est répartie dans des flacons de 125 ml bien fermés, qui vont être placés dans un bain marie maintenu à 65°C pendant 15min, puis refroidis dans de l'eau froide.

La même manière en ce qui concerne la pasteurisation à 82°C pendant 2min.

Les flacons des échantillons sont numérote comme suit :

- **P0** : échantillon de lait cru prélevé au niveau du tank de réception du lait cru ;
- **P1** : échantillon de lait pasteurisé prélevé au niveau de la sortie de pasteurisateur ;
- **P2** : échantillon de lait pasteurisé à 85°C pendant 2 min ;
- **P3** : échantillon de lait pasteurisé à 65°C pendant 20 min.

2.1.4. Matériel des analyses physico-chimiques et biochimiques

- Verrerie usuelle (erlenmeyers, béchers, fioles, pipettes graduées, tube à essais, burettes)
- pH-mètre
- Centrifugeuse
- Densimètre, bain marie, balance électronique
- Solvants (acides acétiques, acides sulfuriques)

2.1.5. Matériels des analyses microbiologiques

- Verrerie usuelle (pipettes pasteur, tube à essai, boîte de pétri stérile)
- Appareils : étuve, autoclave, compteur de colonies, réfrigérateur, glacière.
- Milieux de culture : PCA, ELLIKER, Desoxycolate, gélose nutritive.

2.2. Analyses physico-chimiques

2.2.1. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable du lait est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait (AFNOR, 1985)

2.2.1.1. Principe

Titration de l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaline comme indicateur.

2.2.1.2. Mode opératoire

- Dans un b cher, introduire 10 ml de lait prélevé à la pipette, ou poser à 0.001g près environ 10g de lait.
- Ajouter dans le b cher quatre gouttes de la solution de phénolphthaléine.
- titrer par la solution d'hydroxyde de potassium 0.1 N jusqu'à virage au rose, facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même lait. On considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose persiste pendant une dizaine de secondes.
- Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon préparé.

2.2.2. Mesure de pH

La valeur du pH à une importance exceptionnelle par l'abondance des indications quelle donne sur la richesse du lait en certains de ces constituants, sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité (**MATHIEU, 1998**). On détermine le pH à l'aide de pH-mètre (HANNA instruments- HI 212).

2.2.3. Dosage de la matière grasse (*méthode acido-butyrométrique*)

La méthode acido-butyrométrique est une technique conventionnelle qui lorsqu'elle est appliquée à un lait entier de teneur en matière grasse moyenne et de masse volumique moyenne à 20 C donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100g de lait ou 100 ml de lait (**AFNOR, 1985**).

2.2.3.1. Principe

Après dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique, séparation de la matière grasse du lait par centrifugation, dans un butyromètre, la séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool amylique.

Obtention de la teneur en matière grasse (en grammes pour 100g ou 100 ml de lait) par la lecture directe sur l'échelle du butyromètre

2.2.3.2. Mode opératoire

❖ Préparation du butyromètre à la prise d'essai

- A l'aide d'une pipette ou micropipette, mesurer 10 ml d'acide sulfurique et les introduire dans le butyromètre.
- Retourner doucement trois ou quatre fois le récipient contenant l'échantillon préparé.
- Prélever immédiatement à la pipette à lait le volume fixé de lait et le verser dans le butyromètre sans mouiller le col de celui-ci de façon qu'il forme une couche au - dessus de l'acide.
- A l'aide d'une pipette ou micropipette mesurer 1ml d'alcool amylique et l'introduire dans le butyromètre sans mouiller le col du butyromètre ni mélanger les liquides.
- Bien boucher le butyromètre sans perturber son contenu.

❖ Centrifugation

Placer immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse GERBER, amener la centrifugeuse à la vitesse requise (1200 tr/mn) puis maintenir cette vitesse pendant 4 minutes.

2.2.3.3. Expression des résultats

La teneur en matière grasse de lait est calculée par la formule suivante : **$B-A$** ou :

A : est la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse.

B : est la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de matière grasse.

La teneur en matière grasse est exprimée soit en gramme pour 100g de lait, soit en grammes pour 100ml.

2.2.4. Mesure de la teneur en matières sèche totale

On entend par matière sèche du lait le produit résultant de la dessiccation du lait dans les conditions décrites par la présente norme (**AFNOR, 1985**)

2.2.4.1. Principe

Dessiccation par évaporation d'une certaine quantité de lait et pesée du résidu.

2.2.4.2. Mode opératoire

- Dans la capsule séchée et tarée à 0.1 mg près introduire 5ml de l'échantillon pour essai à l'aide de la pipette ou peser à 1 mg près environ 5g de lait.
- placer la capsule dans l'étuve réglée à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et l'y laisser 3 heures.
- Mettre ensuite la capsule dans le dessiccateur et laisser refroidir jusqu'à la température ambiante.
- Peser à 0.1 mg près, effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon préparé.

2.2.4.3. Expression des résultats

$$\text{MST} = (M1 - M0) \times 1000/V$$

Ou :

M0 : est la masse en grammes de la capsule vide

M1 : est la masse en grammes de la capsule vide et du résidu après dessiccation et refroidissement

V : est le volume en millilitres de la prise d'essai

2.3. Analyses biochimiques

2.3.1. Dosage des protéines (méthode de Kjeldahl)

Kjeldahl est la méthode de référence internationale pour déterminer la quantité de protéines du lait (**AOAC, 1997**).

2.3.1.1. Principe

Le dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl s'effectue en trois étapes : la minéralisation (digestion), la distillation et le titrage,

La méthode Kjeldahl permet de doser différentes fractions protéiques du lait : l'azote total (**NT**), l'azote non protéiques (**NPN**), l'azote non caséique (**NCN**) et les protéines vraies.

Pour le dosage des protéines vraies, on fait précipiter les protéines du lait avec du **TCA 12%**, le précipité récolté sur le filtre est directement analysé afin de connaître le contenu en azote,

On détermine le dosage de protéines vraies par la différence entre l'azote total et l'azote non protéique.

2.3.1.2. Calcul de la teneur en azote

On calcule la teneur en azote, exprimée en pourcentage par unité de masse, de la façon suivante :

$$N(\%) = \frac{(14 \times (V_s - V_b) \times \text{Norm}) \times 100}{m}$$

Ou:

V_s : Volume de HCL nécessaire pour titrer la solution de l'échantillon (mL)

V_b : Volume de HCL nécessaire pour titrer le blanc (permet d'éliminer les interférences possibles occasionnées par les différents réactifs (mL)

Norm : normalité de la solution de HCL exprimée en mol/1000 mL

m : masse en grammes de l'échantillon

14 : masse moléculaire de l'azote (g d'azote /mol)

Un facteur de conversion moyen de 6,38 multiplié par le pourcentage d'azote permet d'obtenir le résultat en pourcentage de protéines (**Adler, Nissen 1986**).

2.4. Analyses microbiologiques

L'objectif assigné à cette partie du travail vise à étudier l'effet de la pasteurisation sur quelques groupes microbiens susceptibles de faire partie de la flore originelle et de contamination du lait lors de son entreposage à 4°C.

2.4.1. Recherche et dénombrement de différents germes

Nous avons procédé dans cette étude au dénombrement de quelques groupes susceptibles d'évoluer dans les échantillons de lait de vache cru et pasteurisé entreposés à la température de 4°C, les ensemencements ont été réalisés en triple

exemplaire, en boîtes de pétri les dénombrements ont été effectués à l'aide d'un compteur de colonies, on ne tient compte que des boîtes contenant un nombre convenable c'est -à-dire compris entre 30 et 300 colonies par boîte (**GUIRAND et GALZY,1980 ;LEVEAU et ROUX,1981**) pour cela il est nécessaire de procéder à des dilutions de l'échantillon de lait (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}).

Le tableau n° 10 résume les conditions de culture utilisées :

Tableau n°10 : Milieux nutritifs et conditions de culture des différents groupes microbien recherchés dans le lait de vache

Microorganismes recherchés	Milieux de culture	Type d'ensemencement	Température et durée d'incubation
Bactéries thermorésistantes	PCA	p	30°C/3 jours
Bactéries psychrotrophes	Gélose nutritive	p	5°C/ 7à 10 jours
Coliformes	Dèsoxycolates-Lactose	p	37°C / 48 h
Bactéries lactiques mésophiles	Elliker	p	30°C / 48 h
Bactéries lactiques thermophiles	Elliker	p	45°C / 48 h

2.4.2. Dénombrement des micro-organismes thermorésistants

Selon **MOURAGUES et AUCLAIR (1973)** l'absence de toute recontamination post-pasteurisation, la qualité de conservation du lait pasteurisé est limitée par des bactéries provenant du lait cru, donc thermorésistantes ; pour dénombrement on emploie le milieu conseillé pour le dénombrement des germes aérobies du lait (PCA), l'incubation est réalisée à 30°C Pendant 3jours (**LARPENT, 1997**)

2.4.3. Dénombrement des micro-organismes psychrotrophe

Certains micro-organismes sont capables de se développer à des températures inférieures à 7°C les opérations de dénombrement classique sont utilisées, le milieu de culture utilisé est de la gélose nutritive, les boîtes de pétri ensemencés sont placées pendant 7 à 10 jours au réfrigérateur à 5 °C certains auteurs recommandent

une incubation d'une durée de 16 heures à 17 °C puis de 4 à 5 jours à 5°C pour accroître la rapidité des résultats (**GUIRAUD ,1998**).

2.4.4. Dénombrement des coliformes

Les coliformes sont des micro-organismes d'altération, leur présence indique une faute hygiénique relevant soit d'une mauvaise qualité du lait utilisé, soit de la malpropreté du matériel de fabrication (**LARPENT, 1997**), pour leur dénombrement le milieu au dèsoxycholate-lactose est utilisé, l'ensemencement est effectué en profondeur et les cultures sont incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures (**SIBOUKEUR, 2007**).

2.4.5. Dénombrement des bactéries lactiques

Le dénombrement des lactocoques se fait sur milieu Elliker (**LEVEAU et BOUIX, 1980**), ce milieu permet aussi le développement des Streptocoques lactiques, l'ensemencement se fait en profondeur, l'incubation est réalisée à 30°C pendant 48heures pour les bactéries lactiques mésophiles et à 45°C pendant heures pour les bactéries lactiques thermophiles (**SIBOUKEUR, 2007**)

Chapitre V

Résultats

et

discussion

Le présent travail a été réalisé au niveau de deux laboratoires : le laboratoire du complexe laitier de Birkhadem (COLAITAL) et celui de l'institut des techniques des élevages à Baba Ali (ITELV, Alger).

1. Analyses Physico-chimiques

Les résultats physico - chimiques des échantillons de lait pasteurisé à trois différentes températures en comparaison avec du lait cru obtenus à partir des échantillons prélevés au niveau de l'unité de Birkhadem sont consignés dans le Tableau n°11

Tableau n°11 : Analyse physico-chimiques des échantillons de lait de vache pasteurisé en comparaison du lait cru.

Lait de vache	Echantillon E1 Lait cru		Lait pasteurisé					
			Echantillon E2 pasteurisé à 65°C/15SEC		Echantillon E3 pasteurisé à 82°C/20min		Echantillon E4 pasteurisé à 90°C/2min	
Paramètres	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart Type
pH	6,64	0,07	6,60	0,06	6,59	0,05	6,66	0,05
Acidité dornic	16	0,53	16	0,62	16.5	1.16	16	0,13
Densité	1026	0,002	1,026	0,003	1,025	0,001	1,027	0,001
Extrait sec total (g/l)	107,4 6	6,52	112,28	5,67	115,1	5,49	108,2	5,38

1.1. pH

La valeur moyenne du pH du lait cru analysé est égale à $6,64 \pm 0,08$. Ce lait de vache est moins acide que celui de chamelle (6,41) et légèrement acide que celui des humains (7,01).

Ces valeurs de Ph relevées se rapprochent de celles rapportées par CAROLE, année(2002) (6,6 à 6,8).

Sachant que le pH ne mesure pas la concentration des composés acides mais plutôt la concentration des ions H^+ en solution, les valeurs du pH représentent l'état

de la fraîcheur du lait, plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité. D'après GORBAN et IZZELDIN (1997), le pH ainsi que le goût du lait dépendent de la nature des fourrages et de la disponibilité de l'eau.

Les échantillons du lait pasteurisé à trois températures présentent des différentes valeurs moyennes. Pour l'échantillon E2, sa valeur est plus élevée que celle de lait cru, cela peut-être du à la réduction de la charge microbienne présente déjà dans le lait cru sous l'effet de la température, ce qui entraîne l'abaissement de la production d'acide lactique.

Selon **CAROLE(2002)**, le pH dépendrait également de la présence de caséines et d'anions phosphoriques et citriques.

Par contre les deux échantillons pasteurisés au laboratoire E 3 et E4 présentent un pH légèrement en dessous de celui du lait cru, cela revient à la sensibilité du lait au traitement thermique,

Un lait est considéré anormal lorsque son pH est inférieure à 6,5 et supérieur à 6,9.

1.2. Acidité titrable

Les échantillons de lait cru (E1) analysés, présentent une acidité titrable de l'ordre de $16^{\circ}\text{D} \pm 007$, cette valeur est égale à celle rapportée par CAROLE (2002) et c'est l'acidité naturelle (Mathieu, 1998)

L'acidité titrable du lait dépend du nombre de moles d'acides présents dans ce produit est inversement proportionnelle à son pH (MATHIEU, 1998).

Les valeurs moyennes du lait pasteurisé ont montré que la teneur en acide dornic, reste globalement constante après la pasteurisation pour l'échantillon (E2 et E3), ceci est probablement du à la réduction de la charge microbienne sous l'effet de la température, ce qui en traine l'abaissement de la production d'acide lactique.

Par contre l'autre échantillon du lait pasteurisé (E4), il devient un peu plus acide a cause du traitement thermique prolongé a une température un peu élevée.

Selon **ABOUTAYEB (2008)** le chauffage élevé du lait cause la perte de gaz carbonique, peut décomposer le lactose en acides organiques divers ou causer le blocage des groupements amines des protéines et provoque une augmentation de l'acidité.

1.3. Matière sèche

La teneur en matière sèche totale des échantillons de lait cru analyses est égale à $107,46 \pm 6,52$ (tableau n°10). Celle-ci semble plus faible par rapport à celle rapporté par ALAIS (1984) (128g/l) . Cette valeur peut être exprimé par un mouillage du produit.

Concernant, les échantillons de lait pasteurisés présentent des valeurs supérieures par rapport au lait cru, du fait de l'élimination d'une part de l'eau par évaporation (chaleur). Dans ce sens (HRDING, 1999) a indiqué que la réduction dans le taux de la matière sèche durant le stockage est dû de l'effet des micro-organismes fermentatifs.

1.4. Densité

La valeur de la densité des échantillons de lait cru est égale à $1026 \pm 0,002$ (tableau n°7), inférieure à celle rapporté par CAROLE (2002) (1028 à 1035).

Par ailleurs, les échantillons de lait pasteurisé présentent des valeurs supérieures à celle de lait cru, cela est exprimé par l'évaporation d'une partie d'eau.

Selon CAROLE (2002) la densité est une propriété physique qui varie selon la température, puisque le volume d'une solution varie selon la température.

La densité dépend directement de la teneur en matière sèche liée fortement à la fréquence d'abreuvement (**SIBOUKEUR, 2007**). Ce qui semble expliquer cette petite différence de densité entre le lait cru et le lait pasteurisé.

2. Analyses biochimiques

Le tableau n°12 regroupe les résultats relatifs aux caractéristiques biochimiques du lait pasteurisé en comparaison du lait cru.

Tableau n°12 : Analyse biochimiques des échantillons de lait de vache pasteurisé en comparaison du lait cru

Lait de vache	Echantillon E1 Lait cru		Lait pasteurisé					
			Echantillon E2 pasteurisé à 65°C/15SEC		Echantillon E3 pasteurisé à 82°C/20min		Echantillon E4 pasteurisé à 90°C/2min	
Paramètres	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart Type
Matière grasse (g/l)	32,33	0,63	31,73	0,75	31,16	1,32	31,89	0,51
Protéines totales (g/l)	24,43	0,20	23,29	0,94	20,46	0,95	21,15	0,44

2.1. Teneur en matière grasse

La teneur moyenne en matière grasse du lait cru analysé est égale à 32g/l±0,68. Elle semble légèrement inférieure à celle rapportée par CAROLE(2002) (37g/l).

Les résultats des échantillons pasteurisés donnent des valeurs proches de celle du lait cru avec une petite perte sous l'effet de la température surtout pour l'échantillon(E4).

La matière grasse du lait renferme des acides gras à courtes chaînes non saturés prédominantes (**SIBOUKEUR, 2007**).

2.2. Teneur en protéines totales

Les résultats du tableau n°11 montrent que la teneur en protéines totales est égale à 24,43 g/l±0,44. Celle-ci est inférieure à celle rapportée par CAROLE (2002) (32 g/l).

La teneur en protéine semble dépendre non seulement de la race mais aussi du stade de lactation (**SIBOUKEUR, 2007**).

Concernant les échantillons pasteurisés on distingue des valeurs inférieures à celle de lait cru à cause du traitement thermique, notamment pour l'échantillon(E4) qui illustre l'effet de la température sur les protéines du lait.

Selon **CAROLE (2002)** :

- Un chauffage du lait jusqu'à 60°C provoque des changements dans la structure des protéines, puisqu'ils sont réversibles, on remarque peu ces changements dans les propriétés physico-chimiques.
- Un chauffage supérieur à 75°C peut provoquer la dénaturation des protéines du sérum
- Un chauffage à 90°C la β -lactoglobuline se dénature et se fixe sur la micelle de caséine par un pont disulfure (-S-S-).

3. Analyses microbiologiques

3.1. Effets de la pasteurisation sur la flore microbienne de lait

Le lait est une matière première aisément périssable, les bactéries susceptibles de le contaminer peuvent se multiplier rapidement et le rendre impropre aussi bien à la transformation qu'à la consommation pour l'être humain. Afin de déterminer l'effet de la pasteurisation sur la qualité microbiologique de lait de vache, nous avons procédé au dénombrement de quelques groupes bactériens du lait avant et après la pasteurisation selon les différents barèmes. Les résultats sont compilés dans le tableau n°13.

Tableau n°13 : Tableau récapitulatif de résultats de dénombrement de quelque flore de lait de vache avant et après la pasteurisation

Groupe de micro-organisme	Nombre des germes (UFC/ml)			
	Lait cru	Lait pasteurisé à 62°C/15 sec	Lait pasteurisé à 80°C/30min	Lait pasteurisé A 90°C/2min
Flore aérobie mésophile	$5,6 \times 10^6$	$3,8 \times 10^5$	$2,4 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$
Bactéries Psychrotrophes	$5,4 \times 10^3$	$3,6 \times 10$	$1,5 \times 10$	$1,2 \times 10$
Coliformes	$2,3 \times 10^5$	-	-	-

Bactéries lactiques mésophiles	$3,4 \times 10^5$	-	-	-
Bactéries lactiques Thermophiles	$6,6 \times 10^3$	$4,9 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$	$2,4 \times 10^3$

Absence totale des germes

3.1.1. La flore aérobie mésophile totale (FAMT)

Dans l'analyse microbiologique, la flore aérobie mésophile totale ou connu sous le nom « les germes totaux » constitue le premier paramètre à prendre en considération dans un contrôle bactériologique du lait cru.

Le dénombrement de la FAMT est un indicateur utile pour surveiller les conditions sanitaires de productions du lait ,mais leurs présences ne pourrait pas indiquer la source directe de contamination (**ROBINSON,2002**), il peut être du au manque d'hygiène des étables (**VERDIER METZ et al,2008**), au non respect des pratiques d'hygiène au cours de la traite (**MILLOGO et al,2010**),à l'absence de citerne de réfrigération dans les fermes, au non respect de la chaine de froid et à la saleté des moyens de collecte (**BONFOH et al,2006 ;GRAN et al,2002**).

En effet, un animal est parfaitement sain traité aseptiquement est normalement dépourvu de microorganismes, à la sortie de la mamelle le nombre de germes est très faible, est généralement inférieur à 5000/ml (**FAO, 1998**)

La totalité des échantillons de lait cru analysés sont non-conformes à la norme préconisé par le décret n°69 du JORA du 27 octobre 1993 précisant un taux maximal de 2×10^6 germes par millitre.

Cette situation est très inquiétante comparativement à celle rapportée à New York par **BOOR et al, (1998)** et en Bretagne par **RAYNAUD (2005)** ou seulement 5% et 2% respectivement des laits des élevages comportaient une flore supérieure a 10 5 UFC/ ml.

- les travaux en Algérie par **BAAZIZE, (2006)** montrent que 81% des laits analyses sont contaminés par la FAMT.
- ceux de **FEKNOUS, (2006)** montrent une moyenne de $7,3 \times 10^5$ UFC/ml.

- **BENSALEM et KHALFAOUI (2010)** ($2,36 \times 10^6$ et 21×10^6 UFC/ml) pour le lait d'élevage du circuit de collecte (DANONE-DJURDJURA).

Selon **BENSALEM et KHALFAOUI (2010)**, cette mauvaise qualité hygiénique du lait est la conséquence du non respect des bonnes pratiques d'hygiène et du mauvais entretien des équipements de traite et de stockage du lait.

Concernant les échantillons pasteurisés la charge moyenne en germes totaux varie de :

- Pour l'échantillon (E1), sa charge moyenne en germes totaux est égale à $5,6 \times 10^6$ UFC/ml, cette valeur peut nous informer sur l'état de la charge microbienne du lait recueilli au niveau de l'unité.
- Pour l'échantillon (E3) prélevé à la sortie du pasteurisateur ($90^\circ\text{C}/15\text{sec}$), la charge est de $1,7 \cdot 10^3$ UFC/ml, et de $2,4 \cdot 10^3$ UFC/ml pour l'échantillon (E4) pasteurisé à $85^\circ\text{C}/2\text{mi}$. Ces deux résultats présentent un taux acceptable de réduction qui a touché les 99,68% pour le 1^{er} échantillon, ce résultat peut être expliqué par l'article 17 du JORA n° 69 du 27 octobre 1993, qui stipule qu'un lait doit être pasteurisé instantanément à une température de **95°C** .
- Par contre l'échantillon pasteurisé à $65^\circ\text{C}/20\text{ min}$ (E3) était de $3,8 \cdot 10^5$ UFC/ml, un taux qui est non conforme à la norme en vigueur (décret n°35 du JORA du 27 mai 1998) qui tolère une charge maximale en germes totaux de $30 \cdot 10^3$ UFC/ml dans le lait pasteurisé quelque soit sa nature.

Donc pour assurer une bonne pasteurisation du lait, il faut lui appliquer un couple de température/temps plus importante que celui-ci.

3.1.2. Les coliformes

Les coliformes sont des hôtes habituels de l'intestin des mammifères, leur présence dans le lait est l'indice d'une contamination fécale.

Cet indice est mis à profit dans l'examen de la qualité sanitaire des produits, certaines espèces peuvent être responsables d'infections gastro-intestinales.

D'après les résultats du tableau n°13, les coliformes sont complètement détruits, après la pasteurisation quel que soit le barème utilisé, ces bactéries étant sensibles à la chaleur, constituant un bon témoin de l'efficacité des traitements thermiques et/ou

d'une recontamination (**GUIRAUD, 1998**).

3.1.3. Les psychrotrophes

Le dénombrement de cette flore peut nous renseigner sur la présence probable de ces bactéries responsables de diverses dégradations.

D'après les résultats du tableau n°13, le dénombrement moyen des psychrotrophe varie entre les différents échantillons pasteurisés:

Pour le lait pasteurisé (E3) à 90°C/15sec, le taux de réduction est égale à 55,56%, pour l'échantillon(E4) à 85°C/2min, il est à 68,28% et pour la pasteurisation à 65°C/30 min le taux est à 58,36%.

Cette légère résistance peut être expliquée par la présence de quelques espèces thermorésistante, parmi les micro-organismes qui compose ce groupe on peut citer *Micrococcus*, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Corynebactérium*, le genre *Pseudomonas* étant prédominant (**DINGUE, 2001**).

Ces germes peuvent produire des lipases et des protéases thermorésistantes ayant pour conséquence l'apparition de goûts très désagréables dans les produits laitiers : goût amer, rance, putride, etc.

3.1.4. Les bactéries lactiques

La flore lactique à une grande importance en laiterie. Sa principale propriété est de produire de l'acide lactique par fermentation du lactose, certaines produisent en outre du gaz carbonique et divers composés, dont certains contribuent à l'aromatisation des produits laitiers.

D'après le tableau, la flore lactique représente une sensibilité différente à la pasteurisation selon les espèces.

Par exemple, les bactéries lactiques mésophiles tels que le genre ***Lactoccus***, ont montrées une sensibilité très importante à la pasteurisation avec un taux de réduction de 100% pour tous les barèmes de pasteurisation.

Ces bactéries sont utilisées pour la production de lait fermenté présentent des caractéristiques organoleptiques spécifiques (**BOURGEOIS, 1996**).

Par contre, les bactéries lactiques thermophiles, tels que l'espèce ***Streptococcus thermophilus*** peuvent provenir de l'environnement, des canaux galactophores des vaches, des équipements de la traite et du stockage de lait (LARPENT, 1997).

Ces résultats illustrent que l'effet thermique sur ce genre de bactéries est minime en comparaison avec les précédentes, donc une résistance de ce genre des bactéries à la pasteurisation.

Selon VEISSEYE(1975), les streptocoques résistent à une température de 88°C pendant 10 minutes.

Enfin, on peut dire que la pasteurisation permet d'améliorer la qualité hygiénique du lait, cependant, il faut prendre les mesures de prévention contre la présence et le développement des germes pathogènes et/ou d'altération (thermorésistantes et psychrotrophes).

4. Etude d'évolution du lait au cours de stockage à basse température (T°=4°C)

L'évolution du pH et de l'acidité d'échantillons du lait cru (E1) et pasteurisés (E2, E3, E4), ont fait l'objet d'un suivi .Afin d'estimer la durée de conservation DLC, les flacons des échantillons du lait cru et pasteurisé sont entreposés à une température ambiante de réfrigération avec le suivi de l'évolution de différents germes tels que (flore aérobie mésophile FAMT et les Coliformes).

Les valeurs de pH mesurées pour l'échantillon de lait cru (E1) et des autres laits pasteurisés (E2, E3, E4) sont de normes acceptables, donc nous pouvons les conditionner sans aucun problème.

L'acidité titrable, qui témoigne l'état de fraîcheur du lait varie en sens inverse avec le pH ;

Les valeurs de l'acidité des échantillons soit du lait cru relevée $16^{\circ}\text{D} \pm 0,53$, ou des laits pasteurisés (E2, E3, E4) sont ($16^{\circ}\text{D} \pm 0,23$, $16^{\circ}\text{D} \pm 0,62$, $16,5^{\circ}\text{D} \pm 1,16$) ces résultats sont conformes aux normes rapportées par le journal officiel (JORA 1998) et qui doivent être comprise entre 15 et 18°D .

Toutefois, nous pouvons juger que les échantillons du lait analysé sont de qualités hygiéniques acceptables, vu que l'acidité globale ne dépasse pas la norme (GUIRAUD, 1998).

Le lait doit être réfrigéré aussi vite que possible à une température inférieure à 4°C pour prévenir la multiplication bactérienne.

A 37°C, il faut 6 à 7 minutes pour doubler la population bactérienne présente dans le lait. Les coliformes peuvent dans des conditions optimales doubler leur nombre toutes les vingt minutes. Certaines bactéries dites psychotropes (*Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Listeria*..) présentes dans l'air et l'environnement de l'étable peuvent néanmoins se multiplier à une température inférieure à 7°C. (HANZEN, 2001).

4.1. Evolution du pH et l'acidité titrable des échantillons de lait entreposé

Pour faire une comparaison d'état de fraîcheur d'un lait au cours de stockage, le couple (pH, acidité) est nécessaire, parce que deux laits peuvent avoir des pH identiques, est à dire être dans le même état de fraîcheur, mais avoir des acidités titrables différentes, par contre, eux laits peuvent avoir des acidités titrables identiques, soit la même concentration de composés acides, mais avoir des pH différents (voir exemple dans le tableau n°14)

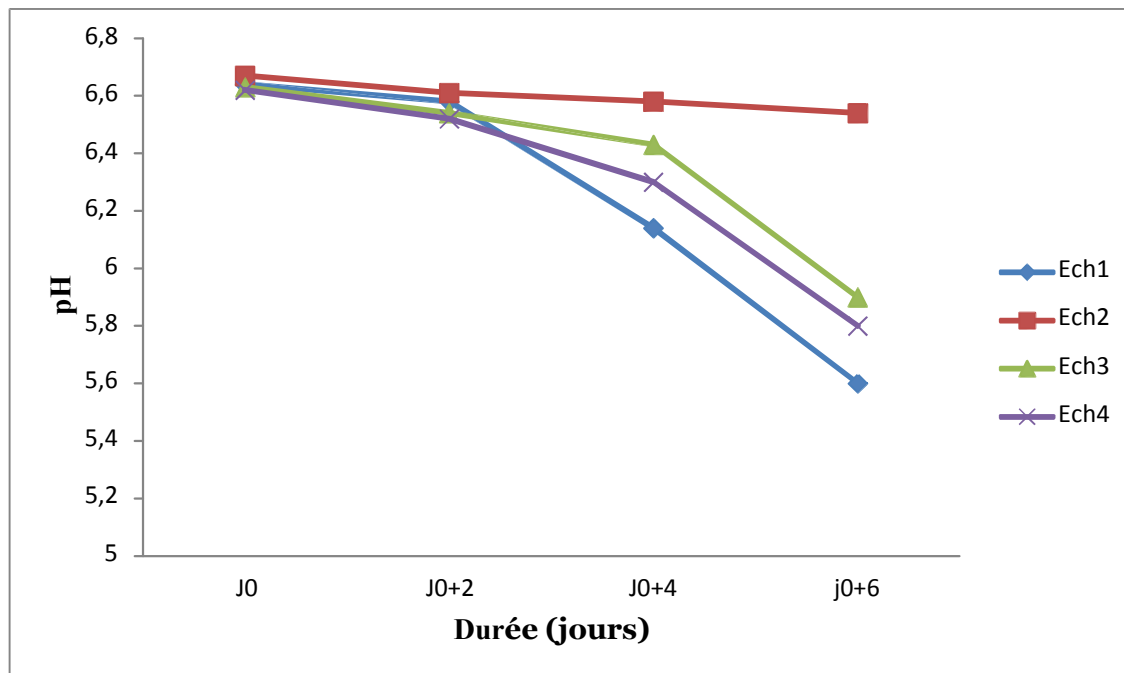
Tableau n°14: tableau comparatif entre la relation pH et acidité et l'état du lait

Echantillon du lait	pH	Acidité titrable	Etat du lait
Lait n°1	6,7	14°C	normal et stable
Lait n°2	6,7	18°C	riche en protéines, en phosphate et stable.
Lait n°3	6,4	18°C	Acidité développée, dans un état de fraicheur douteux.

Les échantillons de lait sont entreposés à température de réfrigération (4°C) dans flacons stériles bien fermés.

Le pH et l'acidité titrable sont mesurés chaque jour jusqu'à l'acidification du lait, les résultats obtenus sont illustrés par les figures n° **10(a)**.

Figure 10(a) : Evolution du pH durant l'entreposage à la température de (4°C)



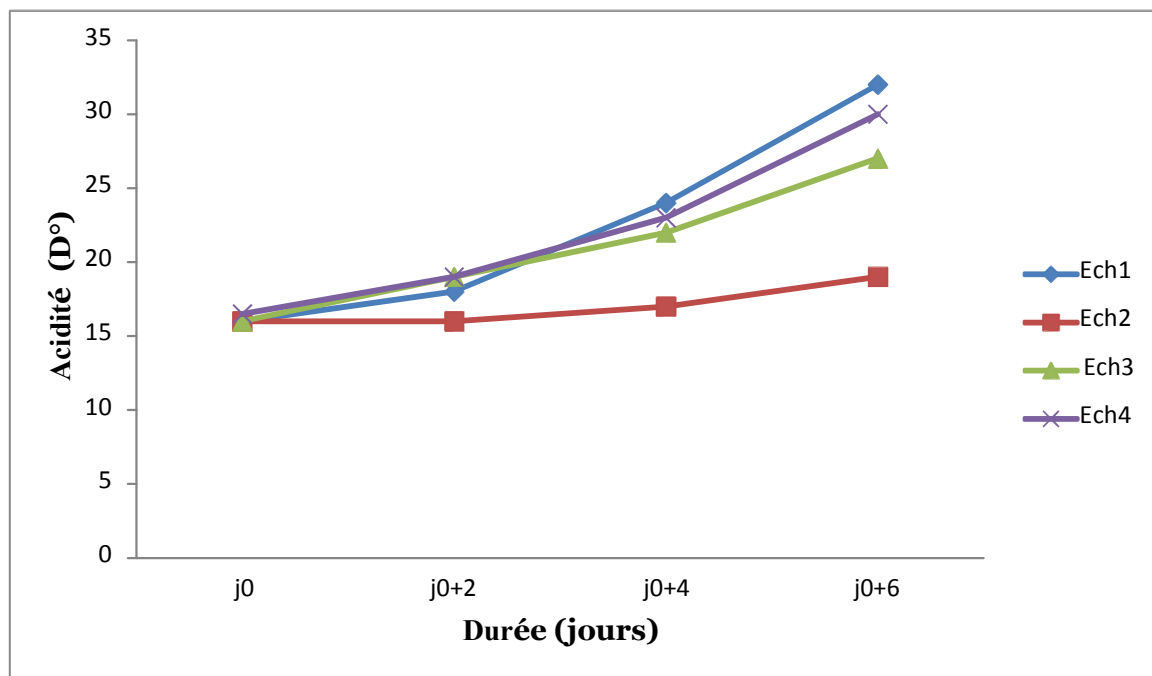
Ech 1 : échantillon du lait cru prélever à la sortie du tank de stockage du lait de collecte.

Ech 2 : échantillon du lait pasteurisé à (92°C/10Sec) prélevé a la sortie du pasteurisateur.

Ech 3 : échantillon du lait pasteurisé au bain marie à (65°C/30Min).

Ech 4 : échantillon du lait pasteurisé au bain marie à (82°C/2Min).

Figure 10(b) : Evolution de l'acidité titrable durant l'entreposage à la température de (4°C)



Le suivi est arrêté lorsqu'on remarque une modification de l'aspect du lait : coagulation par test d'ébullition et odeur désagréable.

Au cours de l'entreposage du lait, les variations mesurées au jour J0, J0+2, J0+4, J0+6 figure 10(b), montrent que :

➤ le lait cru (Ech1) a tendance à s'acidifier plus vite que le lait pasteurisé (E2, E3, E4) ceci qui peut être expliqué par l'augmentation de la charge microbienne durant l'entreposage dans le lait cru plus que celle pasteurisé.

La figure 10(a) montre que le pH de lait cru (Ech1) diminue progressivement, Au 4^{ème} jours d'entreposage le pH-mètre affichera une chute vers (pH=6,14) qui explique un début d'acidification (Acidité Ech1= 24°D) prouvé par un test d'ébullition (pH < 6,3),

Jusqu'au 6^{ème} jours ou le (pH=5,6) a une acidité de 32°D avec un dégagement d'une odeur désagréable.

Cette augmentation est due aux acides organiques notamment l'acide lactique et aux acides gras libres issus de l'hydrolyse des triglycérides, liée principalement à la contamination du lait.

Donc, on conclue que le lait de vache cru peut être conservé 2 à 3 jours à une température de 2 à 4 °C.

Cette durée peut être expliqué par le potentiel antimicrobien du lait par les différents constituants tels (lysozyme, lactoferine, immunoglobuline, caséine) cette dernière (protéine majeur du lait) assure son rôle jusqu'au point isoélectrique $pH=(4,64)$ ou on observe la formation d'un gel lactique acide.

Pour les échantillons pasteurisés, on observe une stabilité tout le long de la durée d'entreposage pour l'échantillon (Ech2), jusqu'au dernier jour ou on observe une diminution de pH prouvée par l'acidité ($19^{\circ}D$), une valeur limite de fraîcheur, instable au test d'ébullition (lait anormale).

Donc l'échantillon (Ech2) du lait pasteurisé au niveau de l'unité peut être entreposé pendant 5 jours en gardant toute sa fraîcheur.

Par contre les échantillons (Ech3) et (Ech4), présentent une valeur limite dès le 2^{eme} jour d'entreposage surtout pour l'échantillon pasteurise à ($85^{\circ}C/2min$).

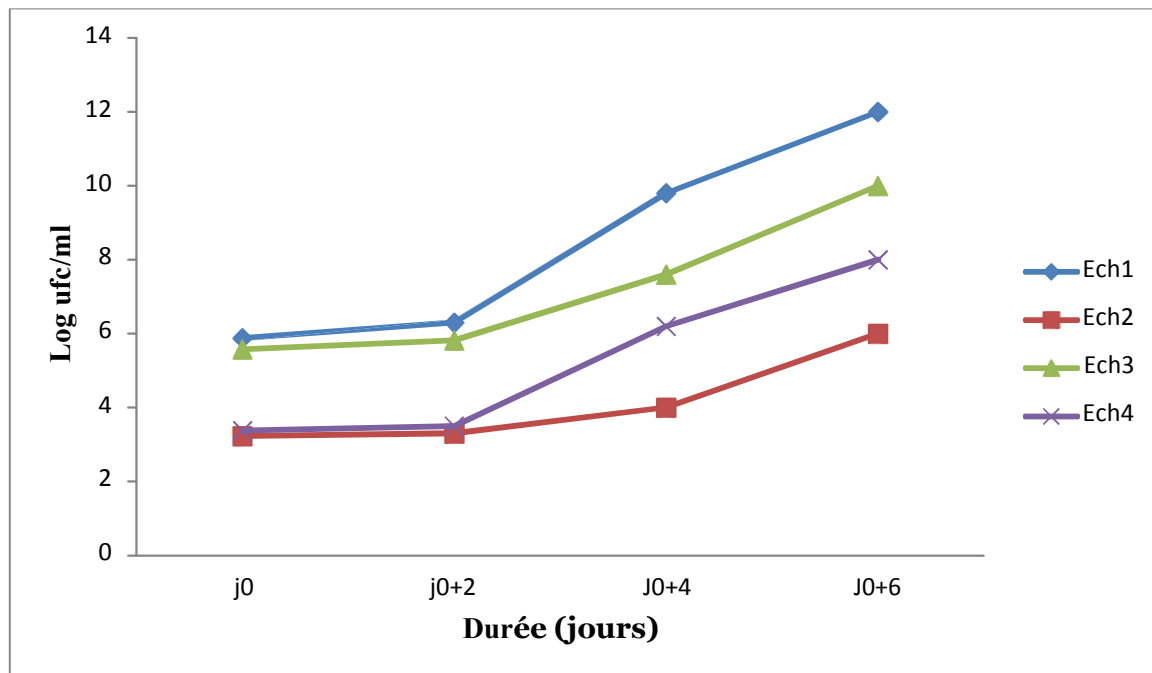
La comparaison des acidités titrables moyennes de différents laits aboutisse à la conclusion suivante:

- la stabilité d'un lait au cour du stockage à une température basse dépend de sa charge microbienne initiale et de l'efficacité du traitement thermique exercé (Température/temps).

Donc un bon traitement peut prolonger la durée de conservation d'un lait dans des bonnes conditions.

4.2. Evolution de la flore aérobie mésophiles totale

Les résultats relatifs à l'évolution de la flore aérobie mésophile du lait cru et pasteurisé entreposés à $4^{\circ}C$ sont illustrés par les figures n°11(a) et 11(b) respectivement.

Figure 11(a) : évolution de la flore aérobique mésophile du lait entreposé à (4°C)

L'évolution de la flore aérobique mésophile des échantillons entreposés à 4°C est lente durant les deux premiers jours pour les tous échantillons. L'effet bactériostatique exercé par la réfrigération est plutôt semble responsable.

Dès le 2^{ème} jour, l'échantillon cru (Ech1) a eu une multiplication exponentielle des bactéries qui explique l'évolution de l'acidité de cet échantillon.

Après ce jour l'évolution est relativement plus rapide, ceci peut être du au développement de la flore psychrotrophe qui poursuit son développement devenant progressivement plus nombreuse et dépasse le nombre de germes initial du lait **(WEBER, 1989)**.

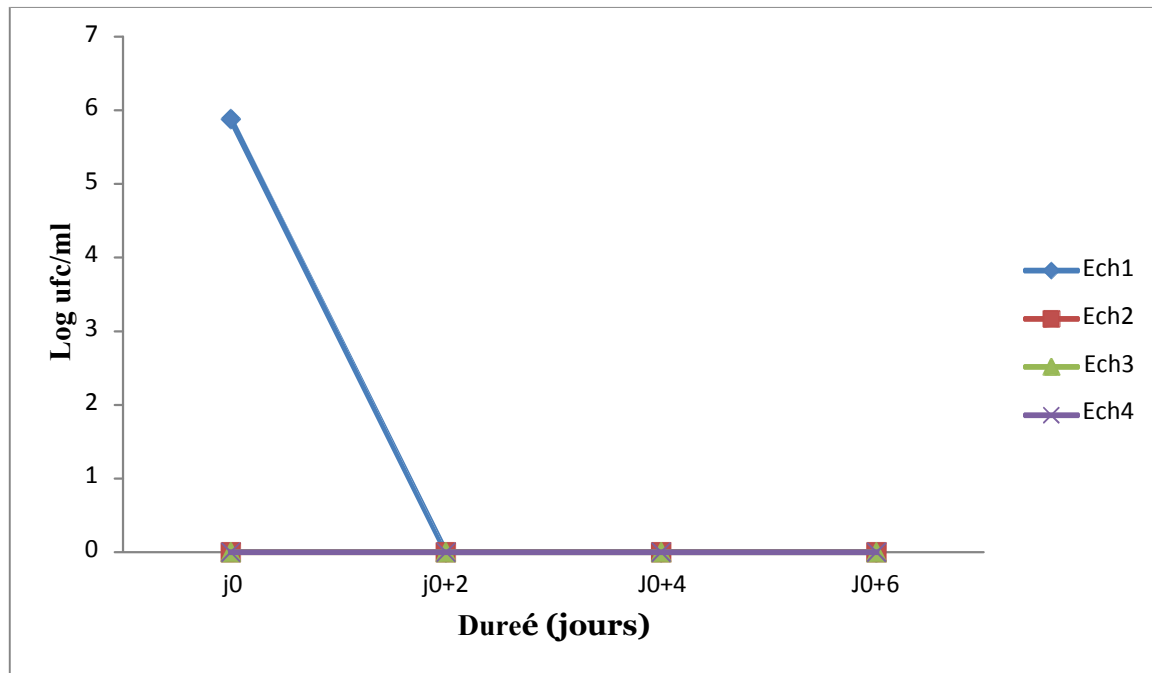
Donc une contamination initialement faible en psychrotrophe est associée a une dégradation lente du lait a la température habituelle de réfrigération de 4°C, cela aura pour conséquence de prolonger la durée de conservation du lait.

Pour les courbes des échantillons pasteurisés(Ech3) et(Ech4), continuent l'accroissement qui signifie leur développement, chose qui illustre une activité des bactéries psychrotrophes après l'adaptation au milieu (phase exponentiel de multiplication).

Par contre l'échantillon (Ech2) garde une croissance constante, indice d'une bonne pasteurisation.

4.3. Evolution des coliformes

Figure11(b) : Evolution des coliformes du lait entreposé à (4°C)



La figure n°11(b) montre l'évolution des coliformes dans les échantillons de lait cru et pasteurisé entreposé à (4°C).

Cette flore de contamination cultivée sur le milieu de désoxycholate-lactose diminue au cours de l'entreposage.

Ces germes sont absents au bout du 2^{ème} jour d'entreposage du lait cru (Ech1).

Ce résultat suggère que cette flore est inhibée probablement par des autres facteurs présents dans le milieu tels que les protéines et les peptides à activité antimicrobiennes.

Pour le lait pasteurisé aucune réapparition de ces germes dans tous les échantillons.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Le lait de vache, comme celui des autres mammifères est un milieu de compositions complexes des différents constituants physicochimiques qui permet une couverture suffisante des besoins énergétiques et nutritionnels pour l'homme.

Ce milieu est facilement périssable par suite de sa forte teneur en eau (87%), de son pH peu acide en plus de sa richesse en lactose qui le rend rapidement altérable par voie microbienne et enzymatique.

Le lait présente une grande valeur nutritive à l'état frais. Néanmoins cette valeur nutritive et cette composition peuvent se maintenir ou pas intactes après la pasteurisation, cette méthode peut être l'un des soucis de l'homme qui tente à trouver des procédés de conservation de ce lait pour différer dans le temps et dans l'espace sa consommation.

A travers cette étude, nous avons tenté d'étudier la méthode de conservation du lait, commençant par son traitement par la chaleur (pasteurisation) et ses effets arrivant au stockage dans le but de définir la bonne durée de consommation limite du lait de vache DLC.

Pour un bon traitement, nous avons effectué trois types de pasteurisation différentes et qui changeant par leur couplet Température /Temps.

L'analyses physicochimique et biochimique du lait de vache avant et après la pasteurisation a montré que la valeur moyen du pH de lait cru (E1) est $(6,64 \pm 0,07)$, alors que celles des échantillons pasteurisés est de $[(6,6 \pm 0,06), (6,59 \pm 0,05), (6,66 \pm 0,05)]$ pour les échantillons $[(E2, E4, E3)]$ respectivement, alors que l'acidité est de $(16 \pm 0,53)$ pour le lait cru (E1), et de $[(16 \pm 0,62), (16,5 \pm 1,16), (16 \pm 0,13)]$.

Ces résultats ont prouvés que ce traitement est responsable de :

- La stabilité d'acidité d'origine
- l'augmentation de la densité, à cause de l'élimination d'une partie d'eau.
- la diminution de taux des protéines sous l'effet thermique.

Pour l'étude microbiologique, après les analyses effectuées sur le lait cru prélevé du tank de stockage de la laiterie, nous avons obtenus des résultats alarmants car le lait comporte une charge microbienne importante, donc **100%** des échantillons de lait cru

sont non-conformes aux normes donc contaminé.

Pour les échantillons pasteurisés, on distingue un grand effet sur les germes totaux et les coliformes et bactéries lactique mésophiles, plus ou moins sur les bactéries lactiques thermophiles.

Concernant le stockage du lait, les échantillons sont conservés à une température de 4°C.

Nous avons essayé de faire un suivi de pH et d'acidité jusqu'à l'acidification, nous avons remarqué qu'après la pasteurisation à 92°C/15sec (prélevé du pasteurisateur) le lait peut se conserver 5 jours.

Donc la haute pasteurisation est plus efficace pour le lait de vache.

Dans ce sens, Selon **GUIRAUD(2003)** le lait pasteurisé se conserve au réfrigérateur pendant une semaine avant ouverture.

Pour les résultats des échantillons pasteurisés au niveau du laboratoire, on constate une inefficacité du traitement concernant la conservation du produit chose qui peut être exprimé par une mauvaise manipulation.

Si on prend le facteur de temps et du coût de production, la pasteurisation industrielle est la plus rapide et la plus rentable au même temps.

A la lumière des résultats, on ne constate que les trois traitements précédents (65°C /30min, 85°C/2min, 90°C/15sec) peuvent assurés une bonne qualité du lait a condition d'avoir un lait non contaminé.

Les règles à observer pour obtenir un lait de bonne qualité microbienne sont les suivantes:

- La mamelle est souvent fortement souillée par la litière ou les excréments; un nettoyage préalable à la traite est donc indispensable; celui-ci peut être réalisé à sec à l'aide d'une serviette en papier à usage unique ou à l'aide d'un linge à usage multiple préalablement trempé dans une solution désinfectante, tiède; la mamelle doit ensuite être séchée ;
- Les premiers jets de lait provenant de chaque quartier de la mamelle sont toujours plus fortement chargés en germes; il y a lieu de les collecter

séparément et de ne pas les mélanger au lait recueilli ultérieurement ; Les premiers jets de lait provenant de chaque quartier de la mamelle sont toujours plus fortement chargés en germes; il ya lieu de les collecter séparément et de ne pas les mélanger au lait recueilli ultérieurement;

- Une contamination microbienne peut être également provoquée par le trayeur lorsque celui-ci ne possède pas la technique requise. Les précautions suivantes sont nécessaires pour l'obtention d'un lait de bonne qualité:
- Choisir une personne en bonne santé et ne présentant pas de plaies sur les mains;
- Se laver soigneusement et se sécher les mains avant la traite ;
- Ne pas toucher les matériels (manchons trayeurs-vaisselle laitière) avec des mains souillées;
- Pratiquer un nettoyage et une désinfection rigoureux de tous les matériels en contact avec le lait;
- Réaliser la traite dans un local propre, clair, exempt de poussières, d'insectes, de fumier, d'eaux stagnantes, etc.
- Assurer une réfrigération rapide du lait (0-4° C), si la transformation ou la consommation n'intervient pas dans les 5–8 heures suivant la collecte.
- Ne pas toucher les matériels (manchons trayeurs-vaisselle laitière) avec des mains souillées.

Il est sûr que si ces règles sont respecté une pasteurisation basse (63°C/20min) suffirait. La pasteurisation basse a pour avantage de ne pas détruire les protéines du lait.

Parmi les perspectives qui donnent profit a cette unité :

- Réaménagement de l'unité de production.
- Renouvellement totale des machines
- Formation du personnel
- Installation du système HACCP
- Prendre des mesures plus strictes concernant le lait recueille.

A

- ABOUTAYEB., 2009.** Technique du lait et divers laitiers, <http://www.azaquar.com>.
- ABI AZAR ,2007.** Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier propriétés technologiques des coagulums obtenus, thèse de Doctorat de AgroParisTech, école doctorale ABIES.
- ADLER, NISSEN ,1986.** l'hydrolyse enzymatique des protéines alimentaire, Elsevier Applied Science Publishers, London.
- AIT ABDELOUAHAB N ,2001.** Microbiologie alimentaire. Office des publications universitaires 3^{ème} édition. Alger.
- ALAIS C ,1984.** Science du lait : principes des techniques laitières, Edition sepaic .Paris .
- AMIOT et COLL, 2002,** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique du lait, transformation du lait, école polytechnique de Montréal, ISBN : 3-25-29.

B

- BAAZIZE S .et BENGHODBANE H, 2009.** Les maladies transmises par le lait .Université Badji Mokhtar, Annaba, Biologie (ecotoxicologie).
- BAAZIZE DJ, 2006.** Evolution de la qualité microbiologique du lait cru de vache de la région de Metidja, thèse de Magister en sciences vétérinaires, ISV, Université de Blida.
- BADINAND F, 1994,** Maitrise du taux cellulaire du lait, Rec. Med. Vet,170(6/7),419-427.
- BOUBEZARI, M-T, 2010.** Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimique et mycologiques du lait chez quelques races bovines, ovines et caprines dans quelques élevages de la région de Jijel, thèse se Magister en médecine Vétérinaire, Option : hygiène alimentaire, université Mentouri de Constantine-Faculté des Science.
- BOURGEOIS C.M, MESCLE J, ZUCCA J, 1998,** Microbiologie alimentaire,: aspects microbiologiques de la sécurité et la qualité des aliments. Tom 1 , 2^{ème} édition, Tec et Doc.
- BONFOH B , TRAOR AN , FANE A ,COULIBALY Z,NICOLET J,2002,** Qualité microbiologique du lait et des produits laitiers vendus en saison chaude dans ka district de Bamako au Mali,Bioterre,Rev .Inter,Sci.de laVie et de la terre .
- BRULE G, 2004,** Progrès technologiques au sein des industries alimentaires impact sur la qualité des produits, La filière laitière, Rapport commun de l'Académie des technologies et de l'Académie d'Agriculture de France.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BYLUND G, 1995, Dairy processing handbook-Tetra pack systems AB S-221 86, Lund, Sweden: 18-23-381.

BOUVET A ,COUVRY G,1994,Identification des entérocoques en microbiologie Clinique,Med,mal,Infect,24,132,140 .

BOUIX M et LEVEAU J .Y, 1988 : Les microflores responsables des transformations In : Techniques d'analyses et de contrôle dans les IAA ; le contrôle microbiologique. Vol III, Tec et Doc, Paris.

C

CAROLE et VIGNOLA ,2002 .Science et technologie du lait.Transformation du lait.Fondation de technologie laitière du Québec.600p.

CAGNIN C, 1993, La microflore Bactérienne psychotrophe des laits et produits laitiers. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard, Lyon.

CAYOT, P.H et LORIENT, D ,1998 .Structure et Technofonctions des protéines du Lait .Ed Lavoisier, 20-82.

CHAKROUNE M.et BOUZOUAIA N, 2007, La Brucellose : une zoonose toujours d'actualité, Service des Maladies Infectieuses. EPS Fattouma-Mounastir, Rev Tun Infectiol, Vol 1, n°2,1-10.

COULON J.B,1994 ,Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation.INRA Prod Anil,4 : 303-309 In **POUGHEON S**, Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière,These pour obtenir le grade de docteur Veterinaire,Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France :59 .

CHEFTEL J.C et CHEFTEL H, 1992, Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Vol 1, 7ème édition, Tec et Doc, Paris.

CUQ J-L, 2007, Microbiologie alimentaire, Université Montpellier, sciences et Techniques du Languedoc, 134 p.

D

DELARRAS C, 2007, Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire : aliment, cosmétique, eaux et produits pharmaceutiques, éd Tec et Doc. Lavoisier, 319 p.

DIENG M, 2001, Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur le marché dakarais, Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire, école inter-états des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar, Université Cheikh Anta Diop, Dakar.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DUQUENNE M, 2010. Indice de paramètres technologiques sur l'expression de gènes et la production d'enterotoxines de staphylococcus aureus au cours des 72h suivant l'emprésurage des laits en fabrication fromagère. Thèse de Doctorat en Microbiologie, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech), Paris.

E

EUZEBY J-P, 2002. Dictionnaire de Bactériologie Vétérinaire, www.bacterio.cict.fr

F

FAVIER J.C, 1985, Composition du lait de Vache-laits de consommation, www.horizon.documentation.fr

FREDOT, 2006, Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier : 25.

G

GAUCHARD F, BRISABOIS A, ESPIE, 2002, Salmonelles d'origine bovine et sante publique, Bulletin des Groupements Techniques Vétérinaires, Juillet /Septembre 2002,16, pages 41 et 47.

GUENGUEN, L, 1995, Apports minéraux par le lait et les produits laitiers, cah, nut dit, 3,213-217.

GUIRAUD J-P, ROSEC, 2004, Pratique des normes en microbiologie alimentaire. AFNOR.ISBN 2-12-44.

H

HASSOUNA et MASRAR ,1995 cite par **SIBOUKLEUR, 2007**

HADDAD N, 2005, BRUCELLOSES, Ministère de l'Agriculture et de la pêche, Direction générale de la foret et des affaires rurales, Direction générale de l'alimentation, France, 2p.

HAMOUILLI L, ELFODIL M, 2005, Etude de la qualité bactériologique et physico-chimique du lait cru provenant des élevages de la Wilaya d'Alger .Thèse d'ingénieur en biologie option CQA, Université de Blida.

HENZEN, 2009, Lait et production laitière, Faculté de Médecine Vétérinaire, Service de Theriologénologie des animaux de production.

HEUCHEL V, MEFEE N, 2000, Origine et moyens de maîtrise a la production de la contamination du lait de vache par les salmonelles.Rapport final des travaux conduits par l'institut de l'élevage.70 p.

J

JEANTET R, CROGUENEC T, MAHAUT M, SCHUCK P, BRULE G ,2008, Les produits laitiers ,2éme édition, Tec et Doc, Paris ,164 pages.

JEAN C, DIJON C, 1993, Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.

JOURNAL OFFICIELLE DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, (1993), Arrêt interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 aout 1993 relatif aux spécifications et a la présentation de certains laits de consommation, N° JORA : 069 du 27-10-1993.

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2001, Bulletin officiel N° 4862 du 9 chaoual 1421(4 janvier 2001), Décret N°2-00-425 du 10 Ramadhan 1421 (7decembre 2000) relatif au contrôle de la Production et de la commercialisation du lait et produits laitiers.

K

KONTE M, 1985, Ecologie bactérienne des parties distales du tractus génital chez les bovins au Sénégal. Mémoire de confirmation : ISRA, Dakar, 11p.

L

LAHELEC C, et COLIN P, 1991, Méthode d'évaluation des différentes microflore à incidence technologique : la flore psychrotrophe. In techniques d'analyses et contrôle dans les IAA ,144-1LI9 Vol3 : le contrôle microbiologique, 2e Ed, Paris, APRIA, Lavoisier, tec et Doc, 499p.

LABRES EHA, 2006, Etude de prévalence et analyse du risque de *Listeria monocytogenese* dans les laits crus dans la région centre .Thèse doctorale en Science Vétérinaire, Option Microbiologie, Centre Universitaire d'El Taref, 186 P.

LAFRANIERE C, 2007, Les ensilages butyriques-pas dans mon silo, Centre de référence en agriculture et Agroalimentaires du Québec, comite bovin laitier, 31ème Symposium sur les bovins laitiers, 13p.

LARPENT J-P, 1997, Microbiologie alimentaire technique de laboratoire. Edition Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 705-729.

LECLERC H, 1993, Les Escherichia coli responsables des diarrhées. Arch. Fr. Pédiatre ,50 ,57-67.

M

MAHAUT M, JEANTET R, BRULE G, 2000, Initiation a la technologie fromagère. Tec et Doc, Paris, France ,1-21.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MATHIEU J, 1998, Initiation à la physico-chimie du lait. Tec et Doc, Lavoisier.

MEYER, C ; DENIS Jp., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale, .Editions Quae, 316.

MOLL M., MOLL N., 2002.Sécurité alimentaire du consommateur 2ème édition .Edition Tec et Doc, Paris, 442.

N

NEVILLE M.C et JENSEN R.G., 1995.The physical properties of humain and bovine milks
In **JENSEN R.**, Handbook of milk composition-General description of milks, Academie Press, Inc: 82(919 pages).

O

ORLANDINI, 1999, Les bacteries pathogenes à l'origine d'accidents alimentaires en France: rappels risks from consumption of informally marketed milk in Kenya. Paper presented at the faculty of veterinary medicine Biennial Scientific Conference, University of Nairobi Kenya.

P

PERREAU J-M et CAUTY I, 2003.La conduite du troupeau laitier .Ed . France Agricole, Paris .PP ,49-229.

PIEN, J., 1975, Physicochimie du lait, Tech lait, 841 ,13-14.

POHL, P.1993 .Les souches pathogènes d'*Escherichia coli*, *histoire* et classification. Annales de médecine vétérinaire 137 :325-333 .

POUGHEON S., 2001 .Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse de Doctorat, école nationale vétérinaire Toulouse, 102 p.

PUJOL-DUPUY C., 2004 .Accidents alimentaires d'origine bactérienne lies à la consommation de laits et produits laitiers, Thèse de Doctorat, Ecole nationale Vétérinaire de Lyon, 183P.

S

SIBOUKEUR O., 2007.Etude du lait camelin collecte localement : caractéristique physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de doctorat, Institut national agronomique El Harrach, Alger, 135p.

SINA L., 1992.Contrôle de qualité du lait et des produits laitiers fabriques par la Soca.These de Doctorat , Université Cheikh Anta Diop, Dakar.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

V

VEISSEYRE R., 1975 .Technologie du lait : constitution, récolte, traitement et transformation du lait.iii ème Edition. Paris : la maison rustique.714p.

VIGNOLA C.L., 2002 .Science et technologie du lait-Transformation du lait, Ecole polytechnique de Montréal, ISBN : 29-34.600p.

W

WAYNE L.G et KUBIKA G.P.,1984 .The mycobacteria In Bergy's manual of systematic bacteriology.Sneath P.H.A Main N.S sharp M.E.Holt J.G (Vol2),WILLIAMS et WILKINS.Balti more. Section 16, 945,946p.

WOLSTER, R., 1997.Alimentation de la vache laitiere.Ed.France Agricole-3ème édition, Paris, Toulouse, 2001.

ANNEXES

ANNEXES

1. Tableau n° 15 : Principales bactéries du lait (MONSALLIER, 1994)

Caractéristiques		Familles	Genres	Rôles
Coques Gram ⁺		Micrococcacées	Micrococcus Staphylococcus	
		Streptococcacées	Streptococcus Leuconostoc Lactococcus	Bactéries lactiques
Bacilles Gram ⁺ Non sporulés	Non sporulés	Lactobacillacées	Lactobacillus	
		Brevibactériacées	Brevibacterium Microbacterium	
		Actinomycetacées	Bifidobacterium Corynebacterium	Pathogène
			Listeria	Pathogène
		Mycobacteriacées	Mycobacterium Campylobacter	
			Coxiella	Pathogène
			Propionibacterium	
	Sporulés	Bacilliacées	Bacillus Clostridium	Butyrique
Bacilles Gram ⁻		Pseudomonadacées	Pseudomonas Alcaligenes Acinetobacter Flavobacterium Aeromonas	Psychotrophes
		Parvobactericées	Pasteurella Brucelle	Pathogènes
			Escherichia Citrobacter Klebsiella Enterobacter	Coliformes
			Serratia Morganella (proteus)	
			Salmonella Shigella Yersinia	Pathogènes

2. Milieux de culture

2.1. PCA

Tryptone.....	5,0 g
Extrait de levure.....	2,5 g
Glucose.....	1,0 g
Agar.....	15,0 g
pH	7,0

2.2. Gélose nutritive

Extrait de viande.....	1,0 g
Extrait de levure.....	2,0 g
Peptone	5,0 g
Chlorure de sodium.....	5,0 g
Agar.....	15,0 g
pH	7,4

2.3. Désoxycholate -Lactose

Peptone (mélange spécial)	10,0 g
Lactose.....	5,0 g
Saccharose.....	5,0 g
Citrate de sodium.....	10,5 g
Désoxycholate de sodium.....	2,5 g
Rouge neutre.....	0,03 g
Thiosulfate de sodium.....	5,0 g
Agar.....	12,0 g
pH	7,3

2.4. ELLIKER

Tryptone	20,0 g
Extrait autolytique de levure.....	5,0 g
Gélatine.....	2,5 g
Lactose	5,0 g
Saccharose	5,0 g
Glucose	5,0 g
Acétate de sodium	1,5 g
Chlorure de sodium.....	4,0 g
Acide ascorbique	0,5 g
pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 6,8 ± 0,2.	