



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

**SUIVI DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUE
DES LAITS DE VACHE CRU ET PASTEURISÉ AU SEIN DE LA LAITERIE
RAMDY-BÉJAIA**

Présenté par

ZANE LYLIA

SAADI SONIA

Devant le jury :

Président(e) :	RAZALI K.	MAB	ISV-Blida 1
Examineur :	KABIR W.	MAB	ISV-Blida 1
Promoteur :	GHALLAL M.	MAB	ISV-Blida 1

Année : 2018/2019

REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous tenons à remercier DIEU Tout-Puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de terminer ce travail.

En tout premier lieu nous tenons à remercier Dr **Ghallal M. (MAA, ISV-Blida1)** pour l'honneur qu'il nous a fait en nous encadrant, pour l'aide précieuse qu'il nous a donnée, pour ses remarques et ses conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

Nous aimerions également exprimer nos remerciements à Dr **Razali K. (MAA, ISV-Blida1)** d'avoir accepté de présider le jury et à Dr **Kabir W. (MAB, ISV-Blida1)** d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Nos plus vifs remerciements s'adressent au personnel du laboratoire microbiologique de la laiterie RAMDY et pour leur patience et leur précieuse aide, pendant la réalisation de ce travail.

Enfin à tous ceux et celles qui ont aidé de près ou de loin, qu'ils trouvent ici toute notre sympathie et notre profonde gratitude.

Merci à tous.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance ;

Celle qui m'a donné la vie, qui a attendu avec patience les fruits d'une bonne éducation et qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite : ma chère mère ;

Celui qui m'a donné la vie, école de mon enfance, qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, me donner l'aide et me protéger : mon cher père ;

Que Dieu gardes mes chers parents et les protégés ;

Mes chers frères et leurs femmes : Salem, Soufiane, Riadh, Rahim, Saïd et mon ange Yahia ;

Ma sœur Hassiba qui était toujours avec moi par ses conseils et son soutien moral ;

Mes petites princesses Milissa, Anais, Rokia, Imen et Israa ;

Toute ma grande famille sans exception ;

Nabil qui m'a toujours encouragé, a toujours gardé confiance malgré mes doutes, merci pour tant de patience et de force ;

Mes chères amies Wissam, Manel, Dalila, Sara, Rahma et Saida ;

Ma cousine et ma copine de chambre Asma, merci pour tous nos beaux souvenirs ;

Ma chère camarade de PFE Lylia, merci pour ta patience et ta gentillesse.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mon cher père qui a été toujours un exemple pour moi, et qui a veillé à ma réussite en déployant tous les efforts nécessaires ;

Ma chère mère qui m'a appris d'être femme et qui m'a beaucoup aidé dans mes études, pour les sacrifices qu'elle a faits, pour mon éducation et la confiance et l'amour qu'elle m'a toujours accordés ;

Mon petit frère adoré Radouane ;

Mes chères sœurs Siham, Kamelia, Sara, yasmine et Nesrine, je vous adore ;

Leurs maris Nacer, Samir et Salim ;

Koceila qui a toujours été présent pendant tout mon parcours avec ses bons conseils et son soutien moral ;

Ma petite princesse Anais, que Dieu te protège ma belle ;

Toute ma grande famille sans exception ;

Mes copines Asma, Kenza et Chanez ;

Ma chère camarade de PFE Sonia et sa famille.

RESUME

Dans un souci de mettre à la disposition du consommateur une variété de lait de bonne qualité et de garantir une fabrication de produits de qualité satisfaisante, des analyses physico-chimiques et microbiologiques sont systématiquement effectuées dans les unités de fabrication du lait, en vue de vérifier la conformité de la qualité du lait aux normes.

A cet effet, notre étude s'est inscrite dans le cadre du suivi des principales méthodes des analyses physico-chimique et microbiologique au niveau de la laiterie « Ramdy » du lait cru provenant des différentes exploitations de la région de Bejaia utilisé pour la fabrication du lait pasteurisé conditionné et du petit lait fermenté (Lben) et le lait caillé (Raib).

D'après le contrôle des protocoles fait, les méthodes appliquées par cette laiterie sont conformes à celle cités par le journal officiel de la république Algérienne.

Mots-clés : lait cru, contrôle, analyses physico-chimiques, analyses microbiologiques, qualité.

ملخص

من أجل توفير مجموعة متنوعة من الحليب جيد الجودة للمستهلك ولضمان تصنيع منتجات ذات جودة مرضية، يتم منهجياً إجراء تحاليل فيزيائية وكيميائية وميكروبيولوجية في وحدات تصنيع الحليب من أجل التحقق من امتثال جودة الحليب للمعايير الطبيعية.

تحقيقاً لهذه الغاية، تقوم دراستنا على متابعة الطرق الرئيسية للمراقبة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للحليب على مستوى ملبنة رامدي للحليب الخام القادم من مزارع مختلفة من منطقة بجاية و المستخدم لإنتاج الحليب المكثف المبستر و مصال اللبن المخمر.

وفقاً للتحكم في البروتوكولات المنجزة تتوافق الطرق التي تطبقها هذه الملبنة مع تلك التي نقلتها الصحيفة الرسمية للجمهورية الجزائرية.

الكلمات المفتاحية: الحليب الخام، التحليل الفيزيائي الكيميائي، التحليل الميكروبيولوجي، الجودة.

ABSTRACT

In order to make available to the consumer a variety of good quality milk and to ensure the manufacturing of products of satisfactory quality, physico-chemical and microbiological analyzes are systematically carried out in the milk production firms to verify the conformity of the milk quality to the standards.

To this end, our study was part of the monitoring of the main methods of physico-chemical and microbiological controls at the Ramdy dairy level of raw milk from different farm in the region of Bejaia used for the pruction of pasteurized milk conditioned, fermented whey (Lben) and curd (Raib).

According to the control of the protocols done, the methodes applied by this dairy are in conformity with those quoted by the official newspaper of the algerian republicue.

Keywords: raw milk, control, physico-chemical analysis, microbiological analysis, quality.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
1. Généralités sur le lait	3
1.1. Définition.....	3
1.2. Composition du lait	3
1.3. Qualité du lait.....	4
1.3.1. Qualité technologique	5
1.3.2. Qualité sanitaire.....	5
1.3.3. Qualité organoleptique.....	6
2. Composition chimique du lait	8
2.1. Eau :	8
2.2. Glucides :	9
2.3. Matière grasse :	9
2.4. Matière azotée :	11
2.4.1. Caséines :	11
2.4.2. Protéines du lactosérum :	11
2.5. Vitamines :	12
2.6. Minéraux :	12
2.7. Enzymes :	14
3. Propriétés physico-chimiques du lait	16
3.1. Masse volumique	16
3.2. Densité.....	16
3.3. Point de congélation	16
3.4. Point d'ébullition.....	17
3.5. Acidité du lait.....	17
4. Microbiologie du lait.....	17
4.1. Flores microbiennes du lait	17
4.1.1. Flore originelle ou indigène	17
4.1.2. Flore de contamination	18
4.1.3. Flore d'altération.....	19

4.1.4. Flores pathogènes	21
4.2. Principales activités microbiennes dans le lait	23
5. Résidus d'antibiotiques.....	25
5.1. Causes de la présence des antibiotiques dans le lait	27
5.1.1. Principales erreurs commises par les éleveurs	27
5.1.2. Mauvaise utilisation du médicament	27
5.1.3. Non-respect du délai d'attente.....	28
5.1.4. Absence d'identification des animaux	28
5.1.5. Défaut d'hygiène du matériel.....	28
5.2. Conséquences liées à la présence des antibiotiques dans le lait.....	29
5.2.1. Risques pour la santé publique.....	29
5.2.2. Risque technologique.....	30
Partie expérimentale.....	31
1. Objectif	31
2. Présentation de l'entreprise :.....	31
3. Matériel:	32
4.Méthodes.....	32
4.1. Analyses physico-chimiques du lait de vache cru.....	32
4.1.1. Détermination du pH	32
4.1.2. Détermination de l'acidité titrable	33
4.1.3.Détermination de la matière grasse	34
4.1.4.Détermination de l'extrait sec total	35
4.1.5.Détermination de la densité ou la masse volumique.....	36
4.1.6.Test d'amidon.....	37
4.1.7.Test des résidus d'antibiotiques	37
4.2. Analyses microbiologiques du lait de vache pasteurisé.....	38
4.2.1. Prélèvement.....	38
4.2.2. Préparation de la solution de Ringer.....	38
4.2.3. Recherche et dénombrement de la FAMT	39
4.2.4. Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus.....	41
4.2.5. Recherchedes entérobactéries	42

INTERPRETATION.....	44
CONCLUSION.....	45
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	46
Annexes	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :Composition de la matière grasse du lait	10
Figure 2 : Morphologie cellulaire de <i>Staphylococcus aureus</i> observée en microscopie électronique à balayage	22
Figure 3 : Mesure du pH.	33
Figure 4 : Détermination de la matière grasse par un butyromètre	34
Figure 5 : Centrifugeuse utilisée en mesure de la matière grasse	35
Figure 6 : Mesure de l'extrait sec total par un dessiccateur	35
Figure 7 : Détermination de la densité par un lactodensimètre	36
Figure 8 : Utilisation des bandelettes pour la recherche des résidus d'antibiotiques	37
Figure 9 : Préparation de la solution de Ringer en pesant les sels minéraux	39
Figure 10 : Distributeur utilisé pour attribuer la solution de Ringer aux flacons	39
Figure 11 : Diagnostic bactériologique pour la recherche de la FAMT	41
Figure 12 : Diagnostic bactériologique pour la recherche de <i>Staphylococcus aureus</i>	42
Figure 13 : Diagnostic bactériologique pour la recherche des entérobactéries	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition moyenne du lait entier	4
Tableau 2 : Composition moyenne du lait de vache	8
Tableau 3 : Composition en lipides de lait de vache	10
Tableau 4 : Propriétés des principaux nutriments du lait	13
Tableau 5 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait	15
Tableau 6 : Germes contaminant le lait cru	19
Tableau 7 : Quelques propriétés des micro-organismes de lait cru	22
Tableau 8 : Antibiotiques autorisés à but thérapeutique en élevage bovin	26

LISTE DES ABREVIATIONS

- AFNOR : Association Française de Normalisation
- AMM : Autorisation de Mise sur le Marché
- C° : Degrés Celsius
- D° : Dornic
- EST : Extrait Sec Total
- FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale
- FAO : Food and Agriculture Organization
- FTLQ : Fondation de Technologie Laitière du Québec
- g : gramme
- JORA : Journal Officiel de la République Algérienne
- MG : Matière Grasse
- ML : Millilitre
- ρ : Masse Volumique
- NOVI : Nouvelle Observation Virbac des antibiotiques
- N : Normalité
- PCA : Plat Counter Agar
- PH : Potentiel Hydrogène
- SM : Solution Mère
- T° : Température
- UFC : Unité Formant Colonie
- V : Volume
- VRBG : gélose Glucosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre

INTRODUCTION

L'Algérie est le premier consommateur du lait au Maghreb, avec près de 3 milliards de litres par an (**Kirat, 2007**). Cet aliment occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens. Il apporte la plus grande part de protéines d'origine animale, la filière du lait connaît une croissance annuelle de 8 %. Avec un taux de collecte inférieur à 15 %, cette filière reste, cependant, fortement dépendante de l'importation de poudre de lait (**SILAIT, 2008**).

Le lait est un aliment biologique qui présente un intérêt nutritionnel, et dont la production organisée remonte à plus de dix mille ans. Depuis le 19^{ème} siècle, la production ne cesse d'augmenter en raison des progrès réalisés en médecine vétérinaire, de la sélection de races performantes et des pratiques d'élevage (**Faye et Loiseau, 2002**). C'est un aliment hautement nutritif par sa richesse en glucides, protéines, lipides, vitamines et sels minéraux, peut néanmoins représenter un danger pour le consommateur, spécialement quand il véhicule des agents zoonotiques et des résidus de substances antimicrobiennes (**Aggad et al., 2009**).

Plusieurs facteurs interviennent dans la détermination de la composition chimique du lait. Ces facteurs sont soit liés à l'animal (facteurs génétiques, stade physiologique, état sanitaire, ...), soit au milieu (alimentation, saison, traite,...) (**Abdellaoui et Guezlane, 2010**).

La qualité du lait peut être affectée par de nombreux facteurs tels que l'adultération, les contaminations au cours et après la traite et la présence d'infections mammaires (**Aggad et al., 2009**).

La qualité physico-chimique et bactériologique du lait reste toujours irrégulière à cause de plusieurs facteurs, tels que l'alimentation des bovins, le manque d'hygiène, la race et la saison qui constituent des facteurs prépondérants de la mauvaise qualité du lait (Lederer, 1983). Il est donc important, qu'un contrôle rigoureux de la qualité physico-chimique du lait ainsi que de sa qualité hygiénique soient instaurées (**Salhi et Medjoudj,**

2013). Afin de garantir une fabrication de produit de qualité à la disposition du consommateur plusieurs méthodes d'analyses sont effectuées.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail réalisé au sein de la laiterie Ramdy à Béjaia, sur l'étude de la fiabilité des méthodes d'analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait, et la conformité des résultats aux normes internationales.

Pour ce faire, nous avons structuré notre travail en deux parties : une synthèse bibliographique mettant l'accent sur les généralités sur le lait, les propriétés physico-chimiques et microbiologiques du lait et l'impact de la présence des résidus d'antibiotiques dans le lait ; la deuxième partie concernant le suivi de la méthodologie de laboratoire pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait.

Synthèse
bibliographique

1. Généralités sur le lait

1.1. Définition :

Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée, et doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

Selon **Aboutayeb (2009)**, le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

La dénomination « lait » sans indication de l'espèce animale de provenance est réservée au lait cru de vache. Tout lait provenant d'une femelle laitière, autre que la vache, doit être désigné par la dénomination « lait », suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient (**JORA, 1993**).

Le lait est un élément essentiel de la nutrition humaine. Il est une source très essentielle de Ca, P, la riboflavine, la vitamine B12, et une grande majorité de protéines, sucres et lipides de qualité. Avec tous ces éléments nutritifs, le lait exige sa nécessité en matière de nutrition humaine (**KaanTekinsen et al., 2007**).

1.2. Composition du lait :

Le lait contient des nutriments essentiels et est une source importante d'énergie alimentaire, de protéines de haute qualité et de matières grasses. Le lait peut apporter une contribution significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothénique. Le lait et les produits laitiers sont des aliments nutritifs et leur consommation permet de diversifier les régimes à base de plantes. Le lait d'origine animale peut jouer un rôle important dans l'alimentation des enfants dans les populations ne bénéficiant que d'un très faible apport en lipides et ayant un accès limité aux autres aliments d'origine animale (**FAO, 2017**).

Fredot rappelle que le lait est constitué de quatre phases :

- une phase grasse ou émulsion de matières grasses, elle est constituée de globules gras et de vitamines liposolubles A et D ;
- une phase colloïdale qui est une suspension de caséine sous forme de micelle ;
- une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux et azote non protéique) ;
- une phase gazeuse composée d'oxygène, d'azote et de CO₂ dissous, et qui représente environ 5 % du volume du lait (**Fredot, 2006**).

Tableau 1 : Composition moyenne du lait entier (**Fredot, 2006**).

Composition	Teneurs g/100 g
Eau	89.5
Dérivés azotés	3.44
Protéines	3.27
Caséine	2.71
Protéines solubles	0.56
Azote non protéique	0.17
Matières grasses	3.5
Lipides neutres	3.4
Lipides complexes	0.05
Composés liposolubles	0.05
Glucides	4.8
Lactose	4.7
Gaz dissous	5% du volume du lait
Extrait sec total	12.8

1.3. Qualité du lait :

Le lait est un aliment équilibré et sain. Cependant, la qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du produit est l'affaire de toute une filière. La maîtrise de la qualité du lait est d'autant plus indispensable qu'elle conditionne le prix perçu et la marge par litre de lait (**Grimard, 1994**).

Les consommateurs demandent de plus en plus aujourd'hui que les éleveurs produisent un lait de qualité sans cesse améliorée. De nombreux plans de maîtrise se sont

développés. La plupart des modifications nécessaires à l'amélioration de la qualité hygiénique du lait passent par un changement des pratiques d'élevage comme l'hygiène et la technique de traite ou conduite du tarissement (**Guattéo, 2001**).

Parmi les composantes de la qualité :

1.3.1. Qualité technologique :

Elle caractérise l'existence ou le risque d'altération du lait. Cette qualité est jugée insuffisante si le produit contient un nombre de micro-organismes d'altération suffisant pour diminuer sensiblement la qualité organoleptique du produit avant sa date limite de consommation (**Bourgeois et Leveau, 1980**). Cette qualité dépend de la composition chimique (taux protéique, taux butyrique), de la qualité bactériologique et de l'aptitude à la transformation (**Cauty, 2005**).

1.3.2. Qualité sanitaire (hygiénique) :

Elle caractérise le risque pour la santé du consommateur. Cette qualité est jugée défailante si le produit contient une quantité de toxines ou micro-organismes pathogènes suffisante pour rendre le produit dangereux à consommer ou s'il existe un risque suffisant pour qu'il en soit ainsi (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

Les risques pour la santé humaine sont liés à l'existence de trois types de danger : les dangers physiques, biologiques et chimiques (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

1.3.2.1. Dangers physiques :

L'utilisation de certains produits ou matériels peut être à l'origine de corps étrangers indésirables dans le lait et les produits transformés. Les spatules en bois et les fouets (avec un manche en bois) sont utilisés dans les unités pour l'homogénéisation et le brassage du lait. Des débris de bois peuvent se retrouver dans le lait ou dans les produits transformés. Par ailleurs, si les pratiques à la traite sont défectueuses et que le lait n'est pas filtré, des graines de sable ou de poils peuvent le polluer (**Broutin et al., 2005**).

1.3.2.2. Dangers biologiques :

C'est le risque majeur à maîtriser dans le cadre de la transformation laitière. Les agents infectieux présents dans les aliments peuvent provenir de plusieurs sources : les animaux, l'environnement et le matériel du personnel de l'unité de production (**Broutin et al., 2005**). Les dangers regroupent les bactéries, les virus et les parasites dangereux pour l'homme (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

1.3.2.3. Dangers chimiques :

Ils sont plus variés et tendent à prendre une importance de plus en plus grande dans les pays à production intensive. Selon **Bourgeois et Leveau**, ces dangers chimiques ont 02 origines :

-origine intrinsèque : ce sont des contaminants naturellement présents dans l'aliment comme les composés allergènes ou les substances anti-vitaminiques ;

-origine extrinsèque : ce sont les polluants de l'environnement (métaux lourds, résidus de pesticides, contaminants industriels tel que la dioxine), les résidus de traitements vétérinaires ou les composés issus d'un accident de transformation (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

1.3.3. Qualité organoleptique :

La saveur normale d'un bon lait est douce, agréable et légèrement sucrée, ce qui est principalement due à la présence de matière grasse. Le goût et l'odeur du lait sont un indice important de sa qualité. La présence d'une mauvaise odeur dans le lait et un goût désagréable avec un rancissement reflètent un problème dans la manipulation et la conservation du lait (**Cauty, 2005 ; Amiot et al., 2002**).

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

1.3.3.1. Couleur :

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

Reumont 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 (**Reumont, 2009**).

1.3.3.2. Odeur :

Selon **Vierling**, l'odeur caractéristique du 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) et à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette) (**Vierling, 2003**).

1.3.3.3. 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 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 Guillaume, 1967**).

1.3.3.4. Viscosité :

Rheotest 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 (**Rheotest, 2010**).

2. Composition chimique du lait

Le lait est un système complexe constitué d'une solution vraie, d'une solution colloïdale, d'une suspension colloïdale et d'une émulsion (**Amiot et al., 2002**).

Sa composition varie en fonction d'une multiplicité de facteurs : race animale, alimentation, état de santé de l'animal et période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite. Il reste que la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut s'obtenir que par analyse (**Roudaut et Lefrancq, 2005**).

Tableau 2: Composition moyenne du lait de vache (**Alais et al., 2008**).

Composants	Teneur (g/l)	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) plus eau liée (37 %)
Lipides :	35	Emulsion des globules gras (3 à 5 µm)
-matière grasse proprement dite	34	
-lécithine (phospholipides)	0.5	
-insaponifiable (stérol, carotène, tocophérol)	0.5	
Protides :	34	Suspension micellaire Phosphocaseinate de calcium (0.08 à 0.12 µm) Solution (colloïdale) Solution (vraie)
-caséines	27	
-protéines solubles (globulines, albumines)	2.5	
-substances azotées non protéiques	1.5	
Sels	9	Solution ou état colloïdal
-de l'acide citrique (en acide)	2	
-de l'acide phosphorique (P ₂ O ₃)	2.6	
-de chlorure de sodium (NaCl)	1.7	
Constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces	/
Glucides (lactose)	49	Solution
Extrait sec total	127	/
Extrait sec non gras	92	/

2.1. Eau :

L'eau est le constituant majeur du lait, elle contient en solution le lactose, les sels minéraux et des protéines solubles. Elle est également l'élément dispersant des micelles de caséines et de globules de matière grasse. De ce fait les interactions entre l'eau et les autres composants sont à la base même de la stabilité du produit (**Banon et Hardy, 2002**).

2.2. Glucides :

Mathieu évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$ est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie (**Mathieu, 1999**).

Le lactose constitue la matière carbonée principale pour le développement des bactéries lactiques (**Jeant et al., 2007**).

C'est un solide blanchâtre qui est en solution vraie dans le sérum du lait. Les propriétés physiques qui comptent le plus dans les transformations industrielles sont la solubilité, la cristallisation et le pouvoir sucrant (**Amiot et al., 2002**).

2.3. Matière grasse :

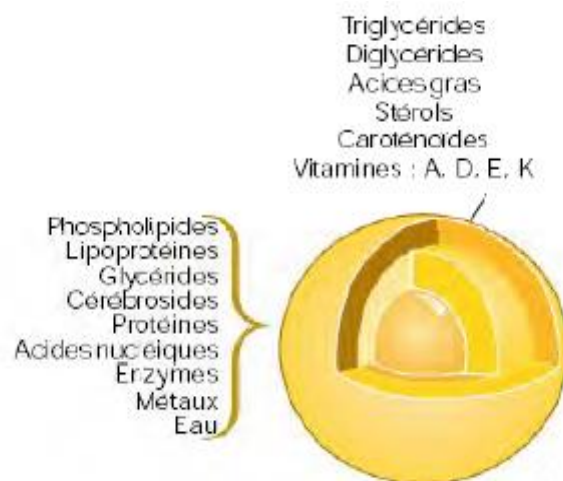
La matière grasse du lait se compose principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de β -carotène (**FTLQ, 2002**).

La matière grasse du lait se présente sous la forme de petits globules sphériques qui sont invisibles à l'œil nu (**Amiot et al., 2002**).

Tableau 3: Composition en lipides de lait de vache (Chilliard, 1996).

Composition	Lait de vache
Triglycérides	98
Glycérides partiels	0.5
Cholestérol	0.3
Phospholipides	0.9
Acides gras libres	0.4

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (Stoll, 2003).

**Figure 1 :** Composition de la matière grasse du lait (Bylund, 1995).

Il est bon de noter que la dimension des globules de matières grasses varie selon l'espèce (les globules sont plus petits dans le lait de chèvre) et selon la période de lactation (la dimension de globules diminue vers la fin de lactation). Le diamètre moyen des globules étant de 3 à 4 μm , on estime qu'il y a environ de trois à quatre milliards de globules de gras par millilitre de lait entier. Les globules gras dans le lait sont en émulsion de type « l'huile dans l'eau » (Vignola, 2002).

2.4. Matière azotée :

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers (**Amiot et al., 2002**).

On distingue deux grands groupes de protéines dans le lait : les caséines et les protéines du lactosérum (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

2.4.1. Caséines :

Elles forment près de 80 % de toutes les protéines présentes dans le lait, les caséines se regroupent sous forme sphérique appelée micelle constituée de 92 % de protéines et de 8 % de minéraux (**Amiot et al., 2002**).

2.4.2. Protéines du lactosérum :

Elles présentent 15 à 28 % des protéines du lait de vache et 17 % des matières azotées. Elles demeurent en solution dans le « sérum isoélectrique », leur teneur est élevée en lysine, tryptophane et cystéine (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

Thapon définit les protéines du lactosérum comme protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et en tryptophane. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique (**Thapon, 2005**).

2.4.2.1. α -lactalbumine :

L' α -lactalbumine est une protéine de 123 résidus d'acides aminés comportant deux variantes génétiques. Métalloprotéine qui représente environ 22 % des protéines du sérum (**Vignola, 2002**).

2.4.2.2. β -lactoglobuline :

La β -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55 %, son point isoélectrique est 5,1. La β -lactoglobuline est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques (A, B, C, D, E, F, G). Lors

du chauffage, la fixation d'une molécule de caséine Ket d'une β -lactoglobuline se fait également par un pont disulfure (**Debry, 2001**).

2.4.2.3. Immunoglobulines :

Ce sont des glycoprotéines de haut poids moléculaire responsable de l'immunité. On distingue trois grandes classes d'immunoglobulines : IgA, IgG et IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont des protéines du sérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (**Thapon, 2005**).

2.4.2.4. Sérum albumine bovine (SBA) :

Il représente environ 7 % des protéines du sérum. C'est une protéine constituée de 582 résidus d'acides aminés comptant un seul variant génétique A et est identique au sérum albumine sanguin (**Vignola, 2002**).

2.5. Vitamines :

Selon **Vignola**, les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser (**Vignola, 2002**).

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

Le lait renferme un taux élevé de vitamine A lorsque le rationnement des animaux est riche en herbes fraîches (fourrage vert) (**Vignola, 2002**).

2.6. Minéraux :

Selon **Gaucheron**, le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions (**Gaucheron, 2004**).

Tableau 4: Propriétés des principaux nutriments du lait (Debry, 2001).

Nutriment	Fonction	Intérêt sanitaire
Minéraux : Calcium	Formation de l'os, contraction musculaire, coagulation du sang, régulation d'enzymes.	Prévention de l'ostéoporose, des fractures, de l'hypertension artérielle, du cancer du côlon.
Phosphore	Métabolisme énergétique(ATP), coenzyme (NADP), phospholipide des membranes cellulaires.	Développement et maintien de la masse osseuse.
Magnésium	Cofacteur dans plus de 300 réactions métaboliques, transmission de l'influx nerveux.	Prévention des troubles du système nerveux : convulsion, hallucination.
Potassium	Contrôle de la contraction musculaire, équilibre des échanges cellulaires (avec Na).	Maintien de la force musculaire, prévention de l'hypertension artérielle.
Zinc	Constituant de l'insuline et de plus de 200 enzymes engagés dans la croissance, la circulation, l'immunité.	Croissance, puberté et appétit normaux, défense contre les infections.
Vitamines : Riboflavine (vitamine B2)	Coenzyme FAD et FMN du métabolisme énergétique.	Protection des muqueuses et de la peau, vision normale.
Cobalamine (vitamine B12)	Cofacteur dans la synthèse des acides nucléiques (avec folate).	Prévention de l'anémie pernicieuse.
Biotine (vitamine B8)	Cofacteur de réaction carboxylation-décarboxylation.	Activité cardiaque et appétit normaux.
Pantothénate (vitamine B5)	Coenzyme A du métabolisme énergétique et de la synthèse des constituants lipidiques.	Prévention de l'insomnie et de la fatigue.
Niacine B3 ou	Coenzyme NAD du métabolisme énergétique et	Prévention contre la pellagre (dermatite, démence,

pp	de synthèse des acides gras.	diarrhée).
Rétinol vitamine A	Constituant d'un pigment visuel de la rétine, développement des os, des dents, de la peau.	Prévention contre la cécité, les infections, le dessèchement de la peau et des yeux.
Calciférol vitamine D	Facteur favorisant le système actif d'absorption intestinale de calcium.	Prévention de problème de développement osseux.
Pyridoxine B6	Cofacteur de réaction de synthèses et de modification de l'acide aminé.	Prévention des convulsions (déficit en sérotonine).
Thiamine B1	Coenzyme de réactions de métabolisme des glucides.	Prévention du bériberi (déficit mental, cardiaque, musculaire).
Protéine : Leu, Lys, Met, Thr, Trp, Phe, Val	Sources d'acides aminés essentiels à la synthèse des protéines des parois cellulaires, fibres musculaires, enzymes et hormones.	Prévention contre les retards de croissance. résistance et défense contre les infections.

2.7. Enzymes :

Pougheon et Goursaud (2001), définissent 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 pouvant jouer un rôle très important, soit par la lyse des constituants originaux du lait, soit assurant un rôle antibactérien (protection du lait), soit des indicateurs de qualité hygiénique, de traitement thermique et d'espèce (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température (**Amiot et al., 2002**).

Tableau 5: Caractéristiques des principaux enzymes du lait (Vignola, 2002).

Groupe d'enzymes	Classe d'enzymes	pH	Température	Substrat
Hydrolases	Estérases : Lipase	8.5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4.0-5.2	37	Esters Phosphoriques
	Protéase : Lysozyme	7.5	37	Paroi cellulaire microbienne
Déshydrogénases ou oxydases	Plasmine	8	37	Caséines
	Sulfhydrile oxydase	7	37	Protéine, peptides
	Xanthine oxydase	8.3	37	Bases puriques
Oxygénases	Lactoperoxydase	6.8	20	Composés réducteurs+H ₂ O ₂
	Catalase	7	20	H ₂ O ₂

3. Propriétés physico-chimiques du lait

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 (Vignola, 2002).

3.1. Masse volumique :

Le lait contient différents éléments dispersés (micro-organismes, globules gras, micelles de caséines) qui peuvent être séparés selon leur masse volumique. Selon Pointurier, 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 (Pointurier, 2003).

La masse volumique, le plus souvent exprimée en gramme par millilitre ou en kilogramme par litre, est une propriété physique qui varie selon la température puisque le volume d'une solution varie selon la température (Vignola, 2002).

3.2. Densité :

La densité du lait d'une espèce donnée n'est pas une valeur constante, elle varie d'une part, proportionnellement avec la concentration des éléments dissous et en suspension et d'autre part, avec la proportion de la matière grasse (Alais, 1984).

D'après Vignola, la densité du lait augmente avec l'écémage et diminue avec le mouillage (Vignola, 2002). Elle oscille entre 1,028 et 1,034. Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20 °C. La densité des laits de grand mélange des laiteries est de 1,032 à 20 °C. La densité des laits écrémés est supérieure à 1,035. Un lait à la fois écrémé et mouillé peut avoir une densité normale (Vierling, 2008).

3.3. Point de congélation :

Neville et Jensen 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 (Neville et Jensen, 1995).

3.4. Point d'ébullition :

D'après **Amiot** et ses collaborateurs, le point d'ébullition est 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 (**Amiot et al., 2002**).

3.5. Acidité du lait :

L'acidité du lait est une notion importante pour l'industrie laitière. Elle permet de juger l'état de conservation du lait. Elle est exprimée en degré Dornic (°D), ce dernier exprime la teneur en acide lactique: 1 °D = 0,1 g d'acide lactique. L'acidité titrable est comprise entre 15 °D et 18 °D (**Alais, 1984**).

Elle varie entre 0,13 et 0,17 % d'équivalent d'acide lactique (**Vignola, 2002**).

4. Microbiologie du lait

Les micro-organismes principalement présents dans le lait sont les bactéries. Mais on peut aussi trouver des levures et des moisissures, voire des virus. De très nombreuses espèces bactériennes sont susceptibles de se développer dans le lait qui constitue, pour elles, un excellent substrat nutritif (**Billon et al., 2009**).

4.1. Flores microbiennes du lait :

Les micro-organismes du lait sont répartis selon leur importance en deux grandes classes : la flore indigène ou originelle et la flore de contamination, cette dernière est subdivisée en deux classes : la flore d'altération et la flore pathogène (**Vignola, 2002**).

4.1.1. Flore originelle ou indigène :

Le lait contient relativement peu de micro-organismes quand il est sécrété à partir de la mamelle d'un animal en bonne santé. Il devrait contenir moins de 5000 Unité Formant Colonie (UFC). La flore naturelle du lait cru est un facteur particulièrement essentiel à ces propriétés organoleptiques (**Fotou et al., 2011**).

Le lait cru est protégé contre les bactéries par des substances inhibitrices appelées « lacténines » mais leur action est de très courte durée environ 1 heure. Il s'agit de microcoques, mais aussi streptocoques lactiques et lactobacilles. Ces micro-organismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation et n'ont aucun effet significatif sur la qualité du lait et sur sa production (**Guiraud, 2003**).

Les bactéries lactiques appartiennent à un groupe de bactéries bénéfiques, dont les vertus se ressemblent, et qui produisent de l'acide lactique comme produit final du processus de fermentation. Elles sont partout dans la nature, et se trouvent aussi dans le tube digestif de l'homme. Si elles sont surtout connues pour le rôle qu'elles jouent dans la préparation des laitages fermentés, elles sont utilisées également dans le saumurage des légumes, la boulangerie, la fabrication du vin, le saurissage des poissons, des viandes et des salaisons (**Prescott et al., 2010**).

4.1.2. Flore de contamination :

La flore de contamination est l'ensemble des micro-organismes contaminant le lait, de la collecte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (**Vignola, 2002**).

Tableau 6: Germes contaminant le lait cru (Jakob et al., 2009).

Sources de contamination		Psychrotrophes
Germes à Gram positif Germes sporulés aérobies	Terre, poussière, foin (très répandus)	Certaines espèces
Germes sporulés anaérobies (clostridies)	Ensilage, fourrage vert en fermentation, boue	Non
Entérocoques	Fèces, résidus de lait	Non
Staphylocoques	Peau, muqueuses	Non
Microcoques	Peau, résidus de lait	Certaines espèces
Bactéries propioniques	Peau, résidus de lait, fourrage vert en fermentation, ensilage	Non
Bactéries lactiques	Plantes, ensilages, résidus de lait, muqueuses	Non
Bactéries corynéformes	Peau, sol	Certaines espèces
Germes à Gram négatif Coli-bactéries (<i>E. coli</i>)	Fèces, eaux usées	Non
Entérobactéries	Plantes, fèces, eaux usées	Certaines espèces
Pseudomonas	Eau, sol (très répandus)	Oui
Alcaligènes, <i>Flavobacterium</i>	Eau, sol (très répandus)	Oui
Levures	Sol, plantes, résidus de lait (très répandues)	Oui

La flore aérobie mésophile totale est constituée d'un ensemble de micro-organismes variés correspondant aux germes banaux de contamination. Son dénombrement reflète la qualité microbiologique générale du lait cru et permet de suivre son évolution au cours de sa transformation. Ainsi le nombre de germes totaux pourra donner une indication de l'état de fraîcheur ou de décomposition (altération) du lait (Guiraud et Rosec, 2004).

4.1.3. Flore d'altération :

La flore d'altération causera des défauts sensoriels de goût, d'arôme, d'apparence ou de texture et réduira la vie du produit laitier. Parfois, certains microorganismes nuisibles peuvent aussi être pathogènes (Essalhi, 2002).

Les principaux genres identifiés comme flore d'altération, les coliformes, et certaines levures et moisissures (Essalhi, 2002).

4.1.3.1. Bactéries de type coliforme :

Les coliformes sont des bactéries à Gram négatif non sporulées, aérobies ou anaérobies facultatives (**Billon et Sauve, 2009**).

Les coliformes se répartissent en deux groupes distincts :

-les non fécaux dont l'origine est l'environnement général des vaches, ils sont détectés dès 30 °C ;

-les fécaux dont l'origine essentielle est le tube digestif, qui sont plus thermotolérants (détectés à 44 °C), *Escherichia coli* fait partie de ce dernier groupe (**Jakob et al., 2009**).

Dans le domaine de la microbiologie des denrées alimentaires, *E. coli* sert en général d'indicateur de contaminations fécales. Leur présence dans le lait peut être due soit à une contamination excessive du lait, soit à un stockage du lait à une température trop élevée ou encore à une mauvaise acidification due à la présence de substances inhibitrices (**Jakob et al., 2009**).

4.1.3.2. Flore thermorésistante :

Un certain nombre de bactéries est capable de résister aux traitements thermiques usuels utilisés dans le but d'assainir ou de conserver le lait. Elles sont dites thermorésistantes (**Guiraud, 2003**).

Les composantes de cette flore sont : *Micrococcus*, *Microbacterium* et *Bacillus* dont l'espèce *Bacillus cereus* qui produit une entérotoxine stable après pasteurisation. Le genre *Bacillus* réalise, en outre, des activités enzymatiques lactiques pouvant être responsables de l'acidification, la coagulation ou la protéolyse des laits de longue conservation (**FAO, 1995**).

4.1.3.3. Levures et moisissures :

4.1.3.3.1. Levures :

Les levures sont de forme arrondie ou ovale, volumineuses et unicellulaires. Les levures sont utiles en industrie laitière car elles peuvent servir comme agents

d'aromatisation. Elles sont aérobies facultatives et se développent en surface formant les boutons de nature mycélienne **(Rozier, 1990)**.

Par contre, d'autres levures comme *Kluyveromyces fragilis*, *Kluyveromyces fragilis*, *Saccharomyces fragilis* et *Saccharomyces lactis*, peuvent avoir des effets néfastes dans les aliments. Les levures supportent des pH de 3 à 8 avec un optimum de 4,5 à 6,4. Ce qui explique leur présence dans le lait cru comme dans le lait caillé **(Bouix et Leveau, 1988)**.

Les levures entraînent des altérations rendant le produit final indésirable: aspect trouble, odeurs ou goûts indésirables, gonflement des produits ou de leur emballage **(Rozier, 1990)**.

4.1.3.3.2. Moisissures :

Les moisissures sont des champignons microscopiques .Ce sont des eucaryotes hétérotrophes, ils sont obligés de prélever le carbone et l'azote nutritifs de la matière grasse, le sucre et les protéines **(Cahagnier, 1998)**.

D'une façon générale, les aliments sont des substrats très favorables à leur développement, ces fermes peuvent y causer des dégradations par défaut d'apparence, mauvais gout, ou plus gravement production de mycotoxines **(Cahagnier, 1998)**.

4.1.4. Flores pathogènes :

Les germes pathogènes auxquels on accorde une importance particulière, en raison de la gravité ou de la fréquence des risques qu'ils présentent, sont cités ci-dessous:

-les principales bactéries infectieuses sont *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens* et *Campylobacter sp* **(Vignola, 2002)**.

-les principales bactéries toxigènes sont *Staphylococcus sp.* et *Clostridium botulinum* **(Vignola, 2002)**.

Tableau 7: Quelques propriétés des micro-organismes de lait cru.

Micro-organismes	Caractéristiques	Effets	Références
<i>Clostridium</i>	Gram positif Anaérobies strictes	Contamination du lait au moment de la traite	(Bourgeois et Leveau, 1991)
<i>Escherichia coli</i>	Mobiles Pathogènes	Capable de fermenter le glucose et le lactose	(Carip, 2008)
<i>Salmonella</i>	Pathogènes Gram négatif Mobiles sensibles au pH acide Aéro-anaérobies facultatifs	-Capable de fermenter le glucose -Incapable de fermenter le lactose	(Carip, 2008)
<i>Staphylococcus</i>	Gram positif Immobilés Non capsulés Non sporulés	Capable de fermenter le glucose	(Lory et al., 2004 ; Carip, 2008)

4.1.4.1. *Staphylococcus aureus* :

C'est une bactérie à caractère mono ou oligoclonal, une à deux souches au maximum sont responsables des infections à *Staphylococcus aureus* dans un troupeau (Durel, 2004 ; Ficher, 2003).

Il s'agit d'un modèle contagieux strict, les animaux sains se contaminent à partir d'animaux infectés particulièrement au moment de la traite (machine, trayeurs) (Durel, 2004 ; Ficher, 2003).



Figure 2: Morphologie cellulaire de *Staphylococcus aureus* observée en microscopie électronique à balayage (Grosjean et al., 2011).

4.1.4.2. Salmonelles :

Salmonella est une bactérie naturellement présente dans l'intestin des animaux, en particulier chez les volailles et les porcs, mais aussi oiseaux, reptiles, certains animaux de compagnie et certaines personnes. Elle est également présente dans l'environnement et peut contaminer le lait à la production à la ferme (**Van Kessel et al., 2004**).

Les personnes qui consomment du lait contaminé par *Salmonella* sont susceptibles de contracter la salmonellose. Comme dans le cas d'autres toxi-infections alimentaires les symptômes de la salmonellose ressemblent à ceux de la grippe (**Streit et al., 2006**).

Dans le genre *Salmonella*, plus de 2000 sérotypes ont été décrits, tous présumés pathogènes pour l'homme. Ce sont des bactéries aéro-anaérobies facultatives, leur survie voir leur multiplication est possible dans un milieu privé d'oxygène. Elles se développent dans une gamme de température variant entre 4 °C et 47 °C, avec un optimum situé entre 35 et plus de 40 °C. Elles survivent aux basses températures et donc résistent à la réfrigération et à la congélation. En revanche, elles sont détruites par la pasteurisation (72 °C pendant 15 secondes). Elles sont capables de se multiplier dans une plage de pH de 5 à 9, mais sont sensibles à la fermentation lactique, lorsque celle-ci entraîne des concentrations en acide lactique supérieures à 1 % et un pH inférieur à 4,55 (**Jay, 2000 ; Guy, 2006**).

4.2. Principales activités microbiennes dans le lait :

Les activités métaboliques des micro-organismes présents dans le lait peuvent avoir des effets positifs ou négatifs sur l'apparence, l'odeur, la consistance ou la texture et le goût des produits laitiers (**Vignola, 2002**) :

-Acidification : c'est la transformation physico-chimique du lactose par les bactéries lactiques présentes dans le lait ou ajoutées lors de différentes étapes de fabrication (**Vignola, 2002**).

-Production de gaz : certaines bactéries lactiques ne produisent que de l'acide lactique lors de la fermentation du lactose. On dit qu'elles sont homofermentaires. Toutefois, d'autres bactéries lactiques produisent du CO₂ et d'autres sous-produits. On qualifie ces bactéries d'hétérofermentaires ou gazogènes (**Vignola, 2002**).

-Production d'alcool : la production d'alcool est souvent liée à la présence des levures dans un produit laitier. La principale conséquence est l'apparition d'une odeur levurée ou alcoolisée (**Vignola, 2002**).

-Lipolyse : la lipolyse est une réaction enzymatique de dégradation de la matière grasse qui se traduit dans le lait par une augmentation de la teneur en acides gras libres. Au-delà de certains seuils, cette augmentation peut provoquer l'apparition de défauts de goûts (rance, savon, ...) dans les produits laitiers (**Heuchel et al., 2003**).

-Protéolyse : au cours de leurs activités métaboliques, certains micro-organismes, grâce à l'action des protéases, dégradent des fractions protéiques du lait. Ce phénomène produit la libération de sous-produits très variés, dont des peptides à longue ou courte chaînes à l'origine des goûts amers, des saveurs non désirées et atypiques (**Vignola, 2002 ; Guiraud, 2003**).

5. Résidus d'antibiotiques

Le lait peut contenir des substances ingérées ou inhalées par l'animal sous la forme soit du constituant original, soit de composés métaboliques. Les substances étrangères peuvent provenir des aliments (engrais et produits phytosanitaires), de l'environnement ou des médicaments prescrits à l'animal (produits pharmacocinétiques comme les antibiotiques et les hormones) (**Mahieu et al., 1977**).

On distingue deux groupes de substances inhibitrices : le groupe des substances d'origine endogène ou naturellement retrouvées dans le lait et le groupe des substances exogènes constituées essentiellement de résidus pharmaceutiques (**Vignola, 2002**).

Les résidus pharmaceutiques et particulièrement les antibiotiques, constituent les substances inhibitrices les plus souvent retrouvées dans le lait (**Videaud, 1973**).

L'antibiothérapie joue un rôle important dans le traitement et la prévention des infections mammaires chez les vaches laitières. On injecte ces antibiotiques par voie intramammaire ou par voie parentérale. Ils peuvent donc se retrouver dans les diverses excréments de l'organisme, dont le lait, où ils peuvent persister pendant plusieurs jours. On estime que la voie mammaire est responsable de 72 % des cas d'antibiotiques retrouvés dans le lait (**Mol, 1975**).

Le nombre d'antibiotiques utilisés en médecine vétérinaire ne cesse d'augmenter d'année en année. Bien que la disponibilité et l'usage de ces antibiotiques diffèrent d'un pays à l'autre, cinq familles d'antibiotiques demeurent largement utilisées à travers le monde, à savoir les β -lactames dont le chef de file est les pénicillines, les aminoglycosides, les macrolides et essentiellement l'érythromycine, les sulphonamides et les tétracyclines. Ce sont les groupes d'antibiotiques qui sont souvent retrouvés dans les échantillons de lait analysés (**Vignola, 2002**).

Tableau 8: Antibiotiques autorisés à but thérapeutique en élevage bovin (EMEA, 1999).

Famille d'antibiotique	Molécules	Voies d'administration
Bêta-lactamines	Pénicillines Ampicilline / Amoxicilline Amoxicilline + acide clavulanique Isoxazolyl-pénicillines	I, M, T O, I, M, U O, I, M M, U, T
Céphalosporines	Cefalexine, Ceftiofur	I, M, U
Aminoglycosides	Dihydrostreptomycine Néomycine Kanamycine Gentamicine Apramycine Spectinomycine Framycétine	I, M, U O, M I OIM O, I I O, I
Tétracycline	Oxy/Chlor-tétracycline Doxycycline	O, I, M, T, U O
Lincosamides	Lincomycine	I, U
Macrolides	Tylosine, Erythromycine, Spiramycine Tilmicosine	O, I, M I
Polypeptides	Colistine Bacitracine	O, I, M I
Sulfamides	Sulfaguanidine	O, I, U, T
Sulfamides potentialisés	Sulfaguanidine + Triméthoprim	O, I
Quinolones	Fluméquine Acide oxolinique	O, I O
Fluoroquinolones	Enrofloxacin Marbofloxacin Danofloxacin	O, I I I
Phénicoles	Florfénicol Thiamphénicol	I T
Divers	Novobiocine Rifampicine	M M

O = voie orale ; I = voie injectable ; U = voie utérine ; M= voie intra-mammaire

5.1. Causes de la présence des antibiotiques dans le lait :

5.1.1. Principales erreurs commises par les éleveurs :

Les erreurs commises par les éleveurs constituent une source importante de contamination de lait, elles peuvent être résumées de la manière suivante:

- un mélange accidentel du lait d'une vache traitée avec des laits d'autres vaches au sein d'un cheptel ;
- une traite, par erreur, d'une vache tarie, récemment traitée par des antibiotiques ;
- une désinfection défectueuse de la machine à traire entre les traites ;
- une non-vérification de l'ancien traitement administré aux vaches en lactation, récemment achetées ;
- un matériel défectueux utilisé pour récupérer le lait de vaches traitées, tel qu'une fuite au niveau des valves des pots, et qui peut être à l'origine d'une contamination du lait ;
- un mélange accidentel de l'aliment médicamenteux avec la ration des vaches en lactation **(Edmonson, 2003)**.

5.1.2. Mauvaise utilisation du médicament :

Des études sur l'origine des résidus dans le lait avaient déjà montré que les trois quart des résidus retrouvés dans le lait des éleveurs pénalisés sont des antibiotiques et que leur présence est liée à une mauvaise utilisation du médicament **(Le Poutre et Petit, 2000)**.

-l'usage anormal et hors AMM (autorisation de mise sur le marché) des médicaments, comme l'administration par voie intra-mammaire de suspensions destinées à la voie IM (intramusculaire) pour traiter des mammites en lactation, est également recensé. Le délai d'attente est inconnu mais il est fréquent qu'on applique le délai prévu pour la voie IM, ce qui est tout à fait inadéquat. De même, l'emploi de spécialité destinée au tarissement pendant la lactation a été rencontré **(Faroult et al., 2004)**.

5.1.3. Non-respect du délai d'attente :

Le non-respect du délai d'attente est encore trop souvent constaté, alors que dans la plupart des cas il est connu de l'éleveur (**Brouillet, 1994**). Ceci peut être dû essentiellement à :

- un acte volontaire de la part de l'éleveur par ignorance des risques réels d'un tel acte ;
- un défaut de communication entre le vétérinaire et l'éleveur (**Brouillet, 1994**).

5.1.4. Absence d'identification des animaux :

L'absence d'identification des animaux traités, pouvant être traités par un autre trayeur qui n'a pas eu connaissance du traitement, est un problème constant, surtout pour les traitements hors lactation, c'est une des causes de l'augmentation des pollutions des laits lors du week-end. Les bracelets ou rubans permettant de repérer les animaux traités sont maintenant largement diffusés sur le terrain, mais ne sont pas toujours utilisés par les éleveurs. D'après Form, l'enquête NOVI (Nouvelle Observation Virbac des antibiotiques) réalisée en 2002 montre clairement qu'un déficit de communication est la principale source des accidents rencontrés dans 60 % des élevages, des trayeurs différents interviennent en fonction des traites, notamment durant les week-ends (**Form, 2003**).

5.1.5. Défaut d'hygiène du matériel :

Une mauvaise vidange est une absence de rinçage de la griffe qui vient de traire une vache sous délais d'attente (une cuillerée à soupe de lait d'une vache traitée à la pénicilline peut contaminer un tank). Cela est régulièrement mis en cause et dans ce cas l'éleveur, qui trait à part l'animal traité, est persuadé de respecter le délai d'attente (**Brouillet, 1994 ; Fabre et al., 1996**).

5.2. Conséquences liées à la présence des antibiotiques dans le lait :

Au début, les résidus d'antibiotiques dans le lait ont été recherchés car ils posaient des problèmes technologiques dans le processus de transformation du lait (**Sachot et Puyt, 2001**).

Les substances inhibitrices se retrouvant dans le lait agissent en inhibant la croissance des bactéries lactiques utilisées comme ferments. Ce phénomène, relativement répandu, engendre chaque année des pertes économiques considérables pour l'industrie laitière. En plus de ces pertes économiques, certaines de ces substances, notamment les antibiotiques, sont particulièrement dangereuses pour le consommateur du fait qu'elles peuvent causer des désordres de la microflore digestive, des phénomènes d'hypersensibilité et d'allergie et aussi l'apparition d'antibiorésistance (**Vignola, 2002**).

5.2.1. Risques pour la santé publique :

5.2.1.1. Risque de toxicité directe :

Cette toxicité résulte d'une action pathogène de l'antibiotique lui-même ou de l'un de ses métabolites sur des structures cellulaires bien précises. Elle dépend du terrain, de la dose et de la voie d'administration (**Laure, 2004**).

Dans la quasi-totalité des cas, la seule protection du consommateur contre une toxicité potentielle des résidus aboutirait à des limites maximales des résidus plus élevées que celles aujourd'hui appliquées. La plupart des antibiotiques sont considérés comme offrant une grande marge de sécurité (**Laure, 2004**).

5.2.1.2. Risque allergique :

Pour qu'une allergie ou hypersensibilité se déclare, il faut que l'organisme ait été en contact au moins deux fois avec l'allergène :

-un premier contact sensibilisant qui permet à l'organisme de reconnaître l'allergène ;

-un deuxième contact déclenchant qui va provoquer la crise (**Laure, 2004**).

Il s'agit généralement d'une manifestation de faible gravité comme de l'urticaire ou de l'œdème de Quincke. Il existe des manifestations plus graves comme le choc anaphylactique ou des syndromes dermatologiques et viscéraux **(Laure, 2004)**.

Les résidus d'antibiotiques présents dans le lait n'ont qu'un pouvoir déclenchant. Ces faibles doses d'antibiotiques absorbées par voie orale n'auraient pas de pouvoir sensibilisant, la sensibilisation ayant eu lieu lors de traitements antérieurs **(Laure, 2004)**.

5.2.1.3. Risque de résistance bactérienne :

La résistance « naturelle » est présente dans toutes les souches de l'espèce considérée et préexiste à l'usage des antibiotiques. Elle constitue une caractéristique propre à l'espèce considérée et délimite le spectre d'activité des antibiotiques **(Laure, 2004)**.

En revanche, la résistance « acquise » n'est présente que chez quelques souches d'une espèce normalement sensible et apparaît étroitement liée à l'utilisation des antibiotiques. Toute utilisation d'antibiotique pour lutter contre une bactérie peut conduire à la sélection de bactéries résistantes à cet antibiotique. Les résidus présents dans les produits pourraient contribuer à sélectionner, chez les consommateurs, des souches résistantes qui ne pourraient pas être éliminées par un traitement antibiotique **(Laure, 2004)**.

5.2.2. Risque technologique :

La présence de substances inhibitrices dans le lait, à une certaine concentration, engendre une inhibition partielle ou totale des phénomènes fermentaires d'origine bactérienne nécessaires à la fabrication de la plupart des produits laitiers. L'inhibition des ferments par les résidus antibiotiques peut prendre de multiples aspects, touchant à la fois à la qualité du produit fini de chaîne de production et au rendement de fabrication **(Alais, 1984)**.

Les accidents les plus courants sont les défauts de coagulation du lait, l'insuffisance de l'égouttage et les risques de prolifération incontrôlée de germes gazogènes insensibles aux antibiotiques (coliformes, bacilles, Clostridium) **(Brouillet, 1994 ; Labie, 1981)**.

Partie
expérimentale

Partie expérimentale

1. Objectif

La qualité du lait et ses dérivés est en relation étroite avec ses paramètres physico-chimiques et microbiologique, donc le non-respect de l'un de ces derniers conduit à l'altération de la composition et la qualité organoleptique du lait. Pour cela, notre travail a pour but le suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du lait pasteurisé conditionné fabriqué au sein de la laiterie « Ramdy » (Akbou).

2. Présentation de l'entreprise :

La S.A.R.L. « Ramdy », l'ex-S.A.R.L. « laiterie Djurdjura », a été créée le 01/01/1983.

Elle s'est spécialisée dans la production des yaourts, crèmes-desserts et les fromages frais et fondus. Le 15 octobre 2001, le groupe français « Danone » s'est associé à la laiterie Djurdjura pour les activités yaourts, pâtes fraîches et desserts .Dès lors, l'activité de la laiterie Djurdjura s'est consacrée à la production des fromages fondus, fromages à pâte molle (camembert) et du lait pasteurisé.

Deux années plus tard, elle s'est implantée dans une nouvelle unité située en plein cœur de la zone d'activité « Taharacht » à Akbou-Béjaia, triplant ainsi sa capacité de production en fromages fondus.

Dans le souci de répondre à une demande croissante du consommateur, la laiterie s'est équipée d'un matériel hautement performant dont une nouvelle conditionneuse de 220 portions/minute, et une ligne complète de fromage « barre ».

En juin 2004, la S.A.R.L. « laiterie Djurdjura » a changé de réseau social pour devenir S.A.R.L. « Ramdy ».

Aujourd'hui, les produits « laiterie Djurdjura » s'affichent sous la nouvelle dénomination « Ramdy ».

En Octobre 2009, la S.A.R.L. « Ramdy » a repris la production de yaourts et crèmes-desserts.

Les principaux produits fabriqués par l'entreprise sont : yaourts : aromatisés, naturels, brassés aux fruits, crèmes-desserts ; fromages : en portions, en barres, en vrac ; lait pasteurisé : à base de lait de vache, à base du lait en poudre ; et babeurre ou petit-lait fermenté (Lben) et lait caillé (Raib).

3. Matériel:

3.1 Matériel biologique : lait.

3.2 Matériel non biologique : L'ensemble de réactifs, verreries, produits chimiques et appareillages sont représentés dans l'annexe A.

4. Méthodes :

4.1. Analyses physico-chimiques du lait de vache:

On réalise le prélèvement par une louche qu'on plonge à l'intérieur du tank.

4.1.1. Détermination du pH :

- **Principe :**

La mesure du pH est réalisée par un pH-mètre qui mesure la différence du potentiel entre deux électrodes qui sont émergées dans l'échantillon du lait.

- **Mode opératoire :**

Etalonner le pH-mètre avec les solutions tampon (pH = 7 et pH = 4). Plonger l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon (flacon du lait),

- **Expression des résultats :**

Lire la valeur du pH affiché sur l'écran de l'appareil.



Figure 3 : Mesure du pH par un pH-mètre.

4.1.2. Détermination de l'acidité titrable :

- **Principe :**

Il se base sur un titrage de l'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré (NF V04-206).

- **Mode opératoire :**

-Transvaser 10 ml du lait dans un bécher.

-Ajouter 3 à 4 gouttes de phénolphtaléine.

-Titrer avec la soude (0,11N) jusqu'à un virage du milieu au rose pâle.

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en degré Dornic en appliquant la formule suivante :

$$\text{Acidité} = 10 \times V$$

V : volume de la chute de la burette (ml)

4.1.3. Détermination de la matière grasse (MG) :

- **Principe :**

Cette méthode est basée sur la dissolution de la matière grasse à doser par l'acide sulfurique. Sous l'influence d'une force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'alcool isoamylique, la matière grasse se sépare en couche claire dont les graduations du butyromètre révèlent le taux.

- **Mode opératoire :**

-Introduire 10 ml d'acide sulfurique (1.82) dans un butyromètre de Gerber (5 %).

-Ajouter 11 ml du lait sur la paroi, en évitant de mélanger les liquides, et 1 ml d'alcool isoamylique.

- Fermer le butyromètre à l'aide d'un bouchon.

- mélanger jusqu'à la dissolution totale du mélange.

- Centrifuger pendant 10 minutes.

-Lire directement la valeur sur le butyromètre.



Figure 4 : Détermination de la matière grasse par un butyromètre.



Figure 5 : Centrifugeuse utilisée en mesure de la MG.

4.1.4. Détermination de l'extrait sec total (EST):

- **Principe :**

Le taux de l'EST exprime la teneur en éléments secs, débarrassée de la MG. Il est mesuré à l'aide d'un dessiccateur.

- **Méthode :**

Mettre une coupelle en aluminium dans un dessiccateur à une température de 105 °C. Etaler 2 g du lait. Lire les résultats affichés sur l'écran.



Figure 6 : Dessiccateur.

4.1.5. Détermination de la densité ou la masse volumique (ρ) :

- **Principe :**

C'est le rapport de masse à 20 °C d'un même volume d'eau et de lait, elle se mesure par un lactodensimètre : appareil destiné à la mesure de la densité des liquides, constitué par un cylindre lesté, surmonté d'une tige cylindrique graduée plongé dans un liquide (NF V04-204).

- **Mode opératoire :**

Verser le lait dans une éprouvette tenue inclinée, afin d'éviter la formation de mousse. Plonger le thermo-lactodensimètre dans le lait et attendre quelques minutes pour faire la lecture.

Si le lait est à une température de 20 °C, la densité correspond à la valeur directement lue sur le lactodensimètre.

Si le lait est à une autre température, on applique la formule suivante :

$$(T^{\circ} - 20) \times 0,2 + \rho$$

T° : Température lue

ρ : Valeur de la densité lue

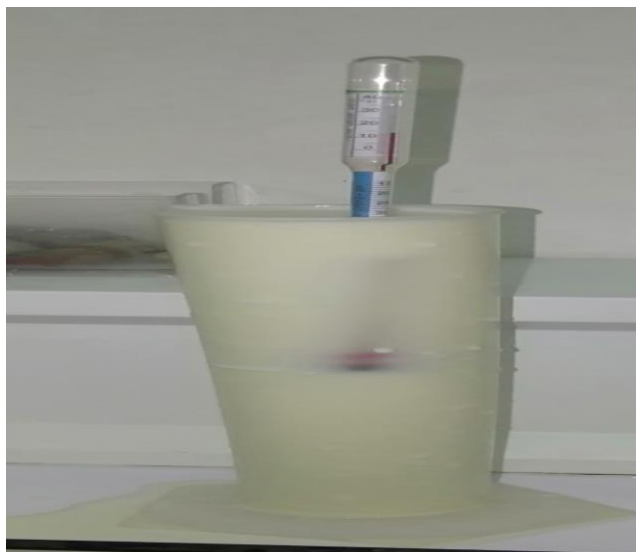


Figure 7 : Lactodensimètre.

4.1.6. Test d'amidon :

- **Principe :**

C'est un test qui mesure le taux d'amidon dans le lait. Le test est réalisé en mettant en emploi une solution de lugol.

- **Mode opératoire :**

Dans un bécher contenant du lait, ajouter quelques gouttes de la solution lugol.

Les résultats sont comme suit :

-si la couleur change vers le bleu : présence d'amidon ;

-si la couleur change vers le jaune : absence d'amidon.

4.1.7. Test des résidus d'antibiotiques :

- **Principe :** La recherche d'antibiotiques se fait par un appareil «BetaStar® » avec l'utilisation des bandelettes de 8 à 9 cm. Ce test permet de détecter la présence ou l'absence d'antibiotiques dans le lait cru.

- **Mode opératoire :**

Allumer l'appareil jusqu'à l'apparition d'un voyant rouge. Prélever 1 ml du lait cru avec la micropipette et le mettre dans un tube, y introduire une bandelette de migration, puis placer le tube dans l'incubateur pendant 5 minutes.

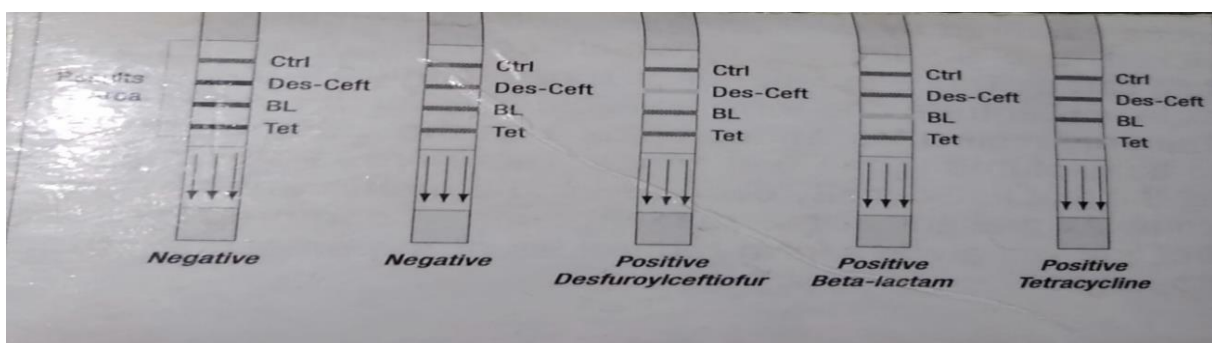


Figure 8 : Utilisation des bandelettes pour la recherche des résidus d'antibiotiques.

4.2. Analyses microbiologiques du lait de vache pasteurisé :

Les analyses microbiologiques du lait de vache pasteurisé est une étape très importante qui sert à conserver les caractères organoleptiques de ce dernier (allonger sa durée de vie) et prévenir les cas d'empoisonnement alimentaire lié à la présence des micro-organismes pathogènes et leur transmission aux consommateurs.

Selon le journal officiel (**JORA, 2016**), les germes recherchés dans le lait pasteurisé sont les suivants :

-la flore aérobie mésophile totale (FAMT) à 30 °C ;

- les entérobactéries à 37 °C ;

-*Staphylococcus aureus* à 37 °C.

4.2.1. Prélèvement :

Le prélèvement s'effectue à partir du robinet disposé à la partie inférieure de la cuve, dans un flacon stérile bouché au coton cardé ou avec un bouchon à vis. Le robinet est flambé au préalable, les premiers jets sont éliminés, et les deux tiers d'un flacon sont remplis de lait, constituant ainsi la solution « mère » (SM).

Les analyses microbiologiques sont réalisées sur des milieux de culture liquides ou solides. Les dénombrements de germes sont effectués en réalisant une série de dilutions successives de la SM ou dans une solution de Ringer ou dans de l'eau physiologique.

4.2.2. Préparation de la solution de Ringer :

A trois (03) litres d'eau distillée, peser et ajouter 4 sels minéraux :

-0,18 g de chlorure de calcium ;

-0,33 g de chlorure de potassium ;

-6,75 g de chlorure de sodium ;

-0,15 g de lactate de sodium.

Remplir les flacons par 9 ml de solution de Ringer à l'aide d'un distributeur, et les mettre dans l'autoclave.



Figure 9 : Préparation de la solution de Ringer en pesant les sels minéraux.



Figure 10 : Distributeur utilisé pour attribuer la solution de Ringer aux flacons.

4.2.3. Recherche et dénombrement de la FAMT :

Les micro-organismes aérobies et aéro-anaérobies facultatifs peuvent se développer dans un milieu nutritif non sélectif. Incubés à 30 °C pendant 72 heures, ils donnent des colonies de tailles et de formes différentes.

- **Mode opératoire :**

- Introduire 1 ml des différentes dilutions dans des boîtes de Petri.

- Ajouter une couche de gélose PCA (Plat Counter Agar) maintenue en surfusion.
- Homogénéiser lentement le mélange en imprimant des mouvements circulaires.
- Après solidification, ajouter une deuxième couche de gélose et laisser se solidifier.
- Incuber les boîtesensemencées, couvercle en bas, à 30 °C pendant 72 heures.

Les bactéries de la FAMT donnent des colonies blanchâtres.

Le comptage des colonies se fait sur les boîtes possédant un nombre de colonies compris entre 20 et 300.

Le dénombrement est réalisé en appliquant la formule AFNOR (Association Française de Normalisation) : Nombre de germes par ml de lait est égal à :

$$\frac{\sum c}{V \times d \times (N1 + 0,1.N2 + 0,01.N3 + \dots)}$$

V : volume d'inoculum par boîte = 1 ml ;

$\sum c$: somme des colonies comptées sur les boîtes choisies ;

d : 1^{ère} dilution (valeur correspondant à la dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements ont été retenus) ;

N1 : nombre de boîtes comptées à la 1^{ère} dilution (dilution la plus faible) ;

N2 : nombre de boîtes comptées à la 2^{ème} dilution (dilution la plus élevée).

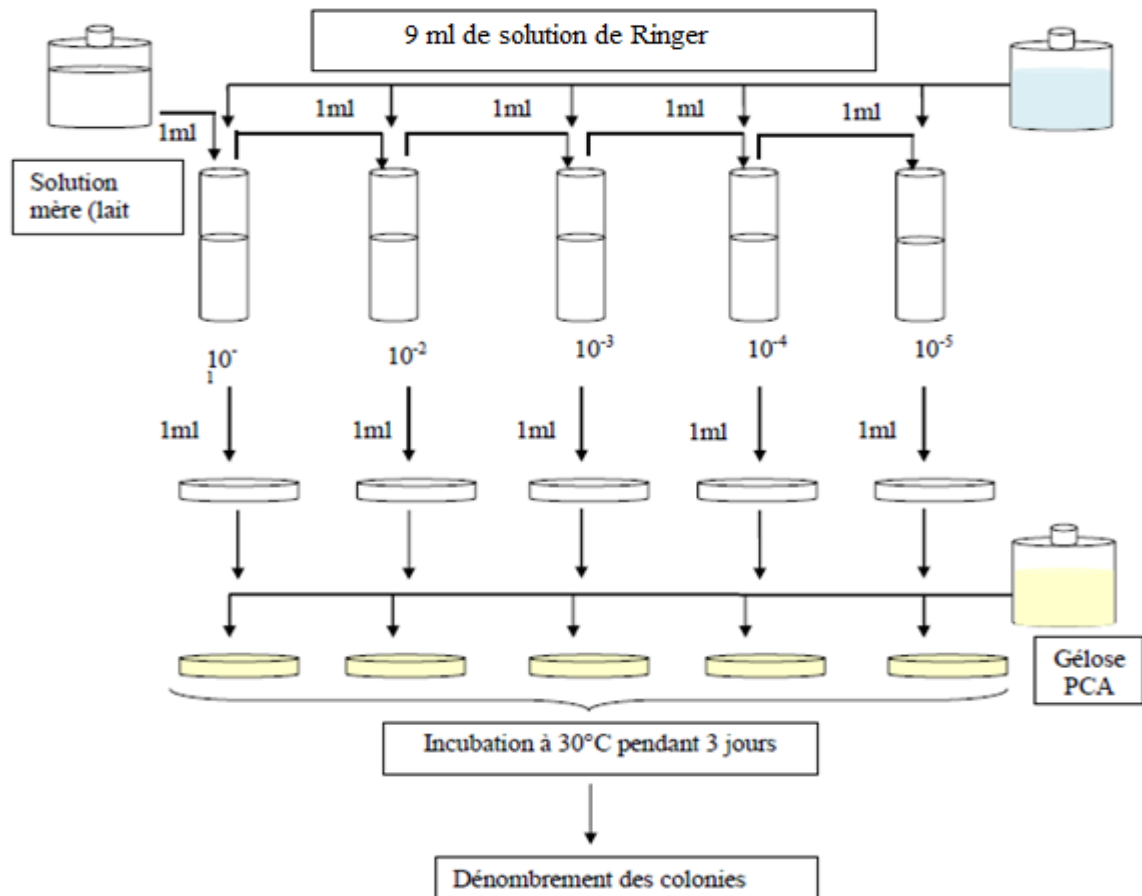


Figure 11 : Diagnostic bactériologique pour la recherche de la FAMT.

4.2.4. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* :

Au moment de l'emploi, fondre un flacon de 180 ml de gélose Baird Parker, le refroidir dans un bain Marie à 45°C , puis ajouter 10ml d'une solution de jaune d'œuf et 2 ml de tellurite de potassium ; mélanger le tout soigneusement et aseptiquement. Enfin, répartir le milieu dans des boîtes de Petri, et le laisser se solidifier sur la paillasse.

Porter aseptiquement et étaler, à l'aide d'un râteau stérile, 0.1 ml de la dilution 10^{-1} sur toute la surface du milieu Baird Parker.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Staphylococcus aureus donne des colonies brillantes, noires à grises et entourées d'un halo clair (zone d'éclaircissement du jaune d'œuf suite à la protéolyse). Une zone opaque peut apparaître plus tardivement dans le halo clair (action de lipases).

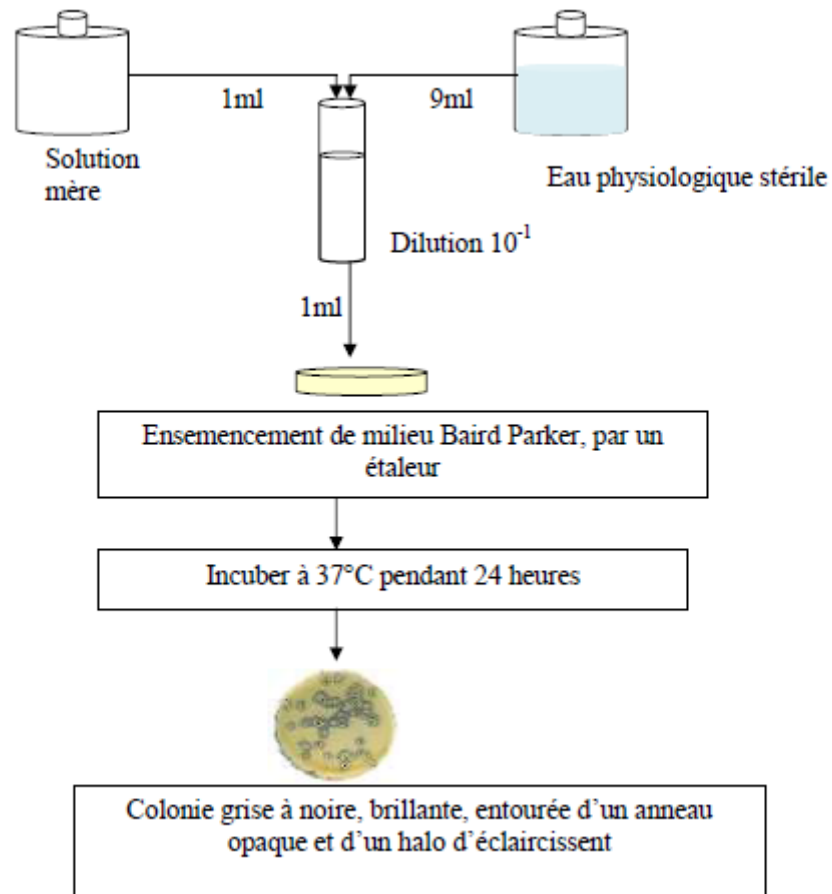


Figure 12 : Diagnostic bactériologique pour la recherche de *Staphylococcus aureus*.

4.2.5. Recherche des entérobactéries :

Ensemencer 1 ml de la SM dans une boîte de Petri. Ajouter une couche de gélose VRBG (gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre). Mélanger lentement par des mouvements circulaires et laisser se solidifier. Ensuite, mettre une autre couche de gélose et laisser se refroidir.

Incuber à 37 °C pendant 24 heures.

Une culture positive se traduit par l'apparition de colonies roses.

1 ml

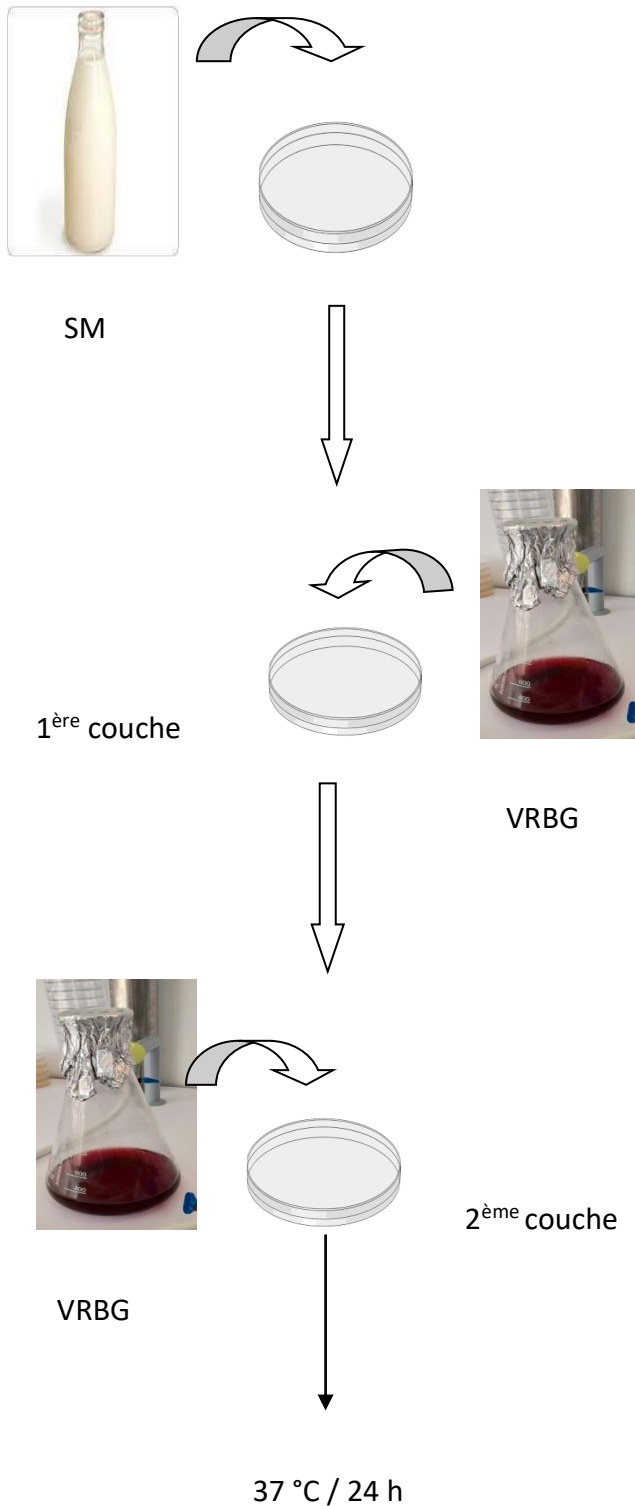


Figure 13 : Diagnostic bactériologique pour la recherche des entérobactéries.

INTERPRETATION

La présente étude est orientée vers l'appréciation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du lait cru destiné à la fabrication d'une variété de produits laitiers par la laiterie RAMDY.

Il est important de signaler à ce niveau que les vaches produisent un lait riche, ayant :

- Un taux de matière grasse estimé en moyenne à 34-40 g/l
- Une moyenne d'extrait sec total de 10-11 g/l
- Une densité appréciable avec une moyenne de 1.028-1.036
- Un pH de 6,30-6.80
- Une acidité qui a donné une moyenne de 14-18° D.

Donc, à la réception du lait, une telle valeur de l'un ou de plusieurs paramètres physicochimiques non conforme aux normes déjà citées, induit le refus du produit réceptionné.

Sur le plan bactériologique, après pasteurisation du lait on doit noter une absence totale de *Staphylococcus aureus* et des entérobactéries. Cela prouvera l'efficacité du traitement thermique appliqué.

Concernant la flore aérobie mésophile totale on doit constater une valeur de 2×10^1 UFC.

A la lumière de tout ça, la qualité microbiologique finale du lait pasteurisé dépend bien de l'hygiène au cours des opérations d'obtention, de conservation et de transport du lait cru ainsi que la désinfection des appareils par les désinfectants et les détergents.

CONCLUSION

Le lait de vache est un produit de consommation courante présentant de nombreuses qualités nutritionnelles et considéré comme un allié important de la santé, ce dernier reste l'un des produits alimentaires d'origine animale les plus intéressants sur le plan économique et d'imposantes filières industrielles reposent sur ce produit. Actuellement plusieurs questions sont soulevées concernant la qualité et la sécurité des produits de l'industrie alimentaire, notamment dans l'industrie laitière où la qualité est devenue un critère indispensable et une exigence majeure pour les entreprises confrontées à une compétitivité.

C'est dans cette optique que nous avons focalisé notre travail sur l'étude de la fiabilité des méthodes d'analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait, et sur la conformité des résultats de ces dernières aux normes internationales.

Le stage effectué au sein de la laiterie RAMDY nous a permis de découvrir l'industrie laitière où des technologies modernes sont mises en œuvre pour la fabrication des produits laitiers dans le strict respect des règles d'hygiène et de qualité haute gamme.

D'après le contrôle des protocoles fait, les méthodes appliquées par cette laiterie sont conformes à celles citées par le journal officiel de la République Algérienne.

D'autres études complémentaires peuvent être effectuées dans cette même thématique, à savoir le contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique des dérivés laitiers produits par la laiterie Ramdy, notamment le petit lait, le caillé, yaourts et les différents fromages.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Abdellaoui, L., Guezlane, L., 2010. Impact de l'alimentation sur la qualité physico-chimique du lait de vache au niveau d'une exploitation de la région du centre, ITELV, Ecole nationale supérieure vétérinaire d'Alger, p50.

Aboutayeb, R., 2009. Technologie du lait et dérivés laitiers, <http://www.azaquar.com>.

Aggad, H., Mahouz, F., Ahmed Ammar, Y., Kihal, M., 2009. Evaluation de la qualité Hygiénique du lait dans l'ouest algérien, Revue Med. Vet., 160, 12, pp590-595.

Alais, C., 1984. Science du lait, Principes des techniques laitières, Tome 1, 3^{ème} éd., Paris, p807.

Alais, C., 1984. Sciences du lait, Principes des techniques laitières, 4^{ème} éd., Editions Sepaic, Paris, 814p.

Alais, C., Linden, G., Miclo, L., 2008. Biochimie alimentaire, 6^{ème} éd., Paris, pp86-88.

Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R., Turgeon, H., 2002. Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait *In Vignola, C.,L., Science et technologie du lait - Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, pp3-25-29.*

Banon, S., Hardy, J., 2002. L'eau dans les produits laitiers, *In l'eau dans les aliments.*

Billon, P., Sauve, O., 2009. Traite des vaches laitières, 3^{ème} éd., France, p555.

Bouix, M., Leveau, J.Y., 1988. Les microflores responsables des transfonnations, *In techniques d'analyses et de contrôle dans les IAA : le contrôle microbiologique, Vol. III.*

Bourgeois, C.M., Leveau, J.Y., 1980. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires, Tome III, Ed. Science Tech. et Doc., Paris, p331.

Bourgeois, C.M., Leveau, J.Y., 1991. Technical analysis and control in the food industry, *In Plusquellec, A., Ed., Plants Products, Lavoisier - Technical and Documentation Apria, Paris, 379.*

Brouillet, P., 1994. Maîtrise de la présence d'inhibiteurs dans le lait, Rec. Méd. Vét., n° 170 (6/7), p445-455.

Broutin, C., Diedhiou, Y., Dieng, M., 2005. Maîtrise de la qualité dans la transformation laitière, Guide de bonne pratique d'hygiène, Sénégal, p19-30.

Bylund, G., 1995. Dairy processing handbook, Editions Tetra Pak Processing Systems A.B., Lund, Sweden, p436.

Caghanier, B., 1998. Moisissures des aliments peu hydratés, Collection sciences et techniques agroalimentaires, Editions Tec. et Doc., Lavoisier, pp39.

Carip, C., 2008. Microbiologie - Hygiène : bases microbiologiques de la diététique, Ed. Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, pp153-675.

Chilliard, Y., 1996. Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre, Comparaison avec les laits de vache et humain, Intérêts nutritionnel et diététique du lait de Chèvre, Actes du colloque : le lait de chèvre, un atout pour la santé, INRA, Niort, France, pp51-65.

Cauty, I., Perea, J.M., 2005. La conduite de troupeau laitier : la qualité du lait, 1^{ère} Ed., France agricole, p55-67.

Debry, G., 2001. Lait, nutrition et santé technique et documentation, Lavoisier, paris.

Durel, L., 2004. Mammites des bovins (cliniques et subcliniques) : La dépêche : démarches diagnostiques et thérapeutiques (Supplément technique n° 87) du 20 décembre 2003 au 2 janvier 2004, p39.

Edmonson, P., 2003. Avoidance of medicines residues in milk, *In practice*, p278-283.

EMA (European MEdecine Agency), 1999. Antibiotic authorised for Therapy in Food Producing Animals in the EU, *In Antibiotic Resistance in the European Union Associated with Therapeutic Use of Veterinary Medicines*, Report and qualitative risk assessment by the committee for veterinary medicinal products, p15.

Essalhi, M., 2002. Relation entre les systèmes de production bovine et les caractéristiques du lait, Mémoire d'ingénieur, Institut agronomique et vétérinaire Hasan II, Rabat, p104.

Fabre, J.M., Moretain, J.P., Asher, F., Brouillet, P., Berthelot, X., 1996. Les principales causes d'inhibiteurs dans le lait, Résultat d'une enquête dans un millier d'élevages Français, Bull. Group. Tech. Vét., 3-b, n° 522, p27-31.

FAO (Food and Agriculture Organization), 1995. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Collection FAO, Alimentation et nutrition, n° 28.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2017. Le lait et produits laitiers, La composition du lait.

Faroult, B., Le poutre, D., Brouillet, P., Le page, P., 2004. Mammites des bovins (cliniques et subcliniques) : démarche diagnostique et thérapeutique, La Dépêche technique, Supplément technique, n° 8, p39.

Faye, B., Loiseau, G., 2002. Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches qualité, Ed. CIRAD-FAO, Montpellier, France, pp1-5.

Ficher, L., 2003. Contrôler les mammites à *Staphylococcus aureus*, Le point vétérinaire, 33(228), p50-54.

Form, G., 2003. Les résidus inhibiteurs dans le lait : évolution des méthodes de détection, facteurs de risques en région Rhône-Alpes, Thèse Doc. Vét., Lyon, p102.

Fotou, k., Tzorzi, A., Voidarou, C.H., Alexopoulos, A., Plessas, S., Avgeris, I., Bezirtglou, E., Akrida-Demertzi, K., Demertzi, P.G., 2011. Isolation of microbial pathogens subclinical mastitis from raw sheep's milk of Epirus (Greece) and their role in its hygiene, Anaerobe, pp17-315-319.

Fredot, E., 2005. Connaissance des aliments - Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Editions Tec. et Doc., Lavoisier, pp10-14.

Fredot, E., 2006. Connaissance des aliments - Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Editions Tec. et Doc., Lavoisier, p397.

FTLQ (Fondation de Technologie Laitière du Québec Inc), 2002. Science et Technologie du lait, Ed. Presses Internationales Polytechniques, Québec, Canada, pp28-44.

Gaucheron, F., 2004. Minéraux et produits laitiers. Editions Tec. et Doc., Lavoisier, p922.

Grimard, B., Seegers, H., 1994. Qualité du lait, Res. Méd. Vét, n° 6/7, Tome 170, p331.

Grosjean, J., Clavé, D., Archambaud, M., Pasquier, C., 2011. Bactériologie et virologie pratique, 2^{ème} éd. Révisée, Boeck, 290, p73-76.

Guattéo, R., 2001. Maîtrise de la concentration en cellules somatiques du lait en troupeaux bovins laitiers : efficacité d'une démarche de correction des points de maîtrise identifiés par un audit spécifique : la démarche Querellait, Thèse de Doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Nantes, p103.

Guiraud, J.P., 2003. Microbiologie Alimentaire, Ed. Dunod, Paris, pp136-139.

Guiraud, J., Rosec, J., 2004. AFNOR (Association Française de Normalisation), Pratique des normes en microbiologie alimentaire, p50.

Guy, F.I., 2006. Elaboration d'un guide méthodologique d'intervention lors de contaminations par les salmonelles de produits laitiers au lait cru en zone de productions fromagères AOC du massif central, Thèse de Doctorat d'état, Université Paul-Sabatier de Toulouse, France. 17p ; *In cow's milk*, Ed. Dairy Science, p815 ; Industrielle commercialises sur le Marché Dakarois, Th. Méd. Vét., n° 10, Dakar, Sénégal, p111.

Heuchel, V., Chatelin, Y.M., Breau, S., Sobolewski, F., Blancard, N., Baraton, Y., Ayerbe, A., 2003. Lipolyse du lait de vache et qualité organoleptique des produits laitiers, Renc. Tech. Ruminant, n° 10, pp223-226.

Jakob, E., Winkler, H., Haldemann, J., 2009. Critères Microbiologiques Pour La Fabrication Du Fromage, Ed. Agroscope Liebfeld-Posieux, Groupe de discussions n° 77, F, pp5-31.

Jay, J.M., 2000. Taxonomy, role, and significance of microorganisms in food, Dans Modern Food Microbiology, Aspen Publishers, Gaithersburg MD, p13.

Jeanetet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., Brule, G., 2008. Les produits laitiers, 2^{ème} éd., Editions Tec. et Doc., Lavoisier, p185.

Jeant, R., Thomas, C., Michel, M., Pierre, S., Gerard, B., 2007. Produit laitiers, Ed., Tec. et Doc., Lavoisier.

JORA (Journal Officiel de la République Algérienne), 1993. Arrêté interministériel de 27 Octobre 1993, n° 69, Relatif aux spécifications microbiologiques et physico-chimiques de certaines denrées alimentaires.

Kaan Tekinsen, K., Elmali, M., Ulukanli, Z., 2007. Microbiological Quality of UHT Milk Consumed in Turkey, Journal of Food Safety, Vol. 7, p45-4, laiterie, p15, p3-4, p164, 171, 174.

Kirat, 2007. Les conditions d'émergence d'un système d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouges bovines - Cas de la Wilaya de Jijel en Algérie, Montpellier (France), CIHEAMIAMM, p13.

Labie, CH., 1981. Disposition législative destinée à éviter la présence de résidus dans le lait, Rec. Med. Vet., p157-161-167.

Laure, M.M., 2004. Dépistage des antibiotiques dans le lait.

Lederer, J., 1983. Le lait, Encyclopédie de l'hygiène alimentaire, Tome 2, 2^{ème} éd., Paris, p132.

Le Poutre, Petit, C., 2000. Maîtrise des résidus dans le lait : le rôle de vétérinaire praticien, Bull. Group. Tech. Vet., n° 8, p199-203.

Mahieu, H., Jaouen, J.C., Luquet, G.M., Mouillet, L., 1977. Etude comparative de la composition et de la contamination des laits des espèces laitières bovines, ovines et caprines, Le lait, pp565-568.

Mathieu, J., 1999. Initiation à la physico-chimie du lait, Editions Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, p220.

Mol, H., 1975. Antibiotics and milk, Thèse, Département of Veterinary, Pharmacology and Toxicology, Faculty of Veterinary Science, University of Utrech ,Rotterdam.

Neville, M.C., Jensen, R.G., 1995. The physical properties of human and bovine milks, *In* Jensen, R., Handbook of milk composition - General description of milks, Academic Press, Inc, pp82.

Pointurier, H., 2003. La gestion matière dans l'industrie laitière, Editions Tec. et Doc., Lavoisier, France, pp64.

Pougheon, S., Goursaud, J., 2001. Le lait : caractéristiques physicochimiques, *In* Debryg., Lait, nutrition et santé, Editions Tec. et Doc., Paris, p566.

Prescott, L.M., Harley, J., Klein, DA., 2010. Microbiologie, 2^{ème} éd., De Boeck, Paris, p979, Par Luquet, F.M, Produits laitiers, Vache, brebis, chèvre, Tome 1.

Reumont, P., 2009. Licence Kinésithérapie, [HTTP://WWW.MEDISPORT.BE](http://www.medisport.be).

Rheotest, M., 2010. Rhéomètre Rheotest® RN et viscosimètre à capillaire, RHEOTEST® LK – Produits alimentaires et aromatisants, <http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf>.

Roudaut, H., Lefrancq, E., 2005. Alimentation théorique, Ed. Sciences des Aliments.

Rozier, J., 1990. Cité par **Dieng, 2001**, Using High Temperature, Short-Time Pasteurization, J. DairySci, 90:3202-3211.

Salhi, K., Medjoudj, K., 2013. Analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait cru collecté au niveau de la laiterie d'Amizour, Mémoire de Master II en biotechnologie Agro ressources, Aliment et Nutrition, Faculté de la science de la nature et de la vie, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, p65.

Sachot, E., Puyt, J.D., 2001. Les différents calculs du temps d'attente, Point Vét., n° 212, 48-51.

Silait (Salon International du LAIT), 2008. Acte du 1^{er} Salon international du lait et de ses dérivés du 27 au 29 mai 2008, Alger.

Stoll, W., 2003. Vaches laitières - L'alimentation influence la composition du lait, vol. 9, <http://www.db-admin.ch/fr/publication/en/docs/2612.pdf>.

Streit, J.M., Jones, R.N., Toleman, M.A., Stratchounski, L.S., Fritsche, T.R., 2006. Prevalence and antimicrobial susceptibility patterns among gastroenteritis-causing pathogens recovered in Europe and Latin America and *Salmonella* isolates recovered from blood stream infections in North America and Latin America: report from the SENTRY Antimicrobial Surveillance Program 2003, International Journal of Antimicrobial Agent, 27:378-386.

Thapon, J.L., 2005. Science et technologie du lait, Agro campus-Rennes, France, p77.

Thieulin, G., Vuillaume, R., 1967. Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des œufs, Revue générale des questions laitières, 48 avenue, Président Wilson, Paris, pp71-73.

Van Kessel, J.S., Karns, J.S., Gorski L., McCluskey, B.J., Perdue, M.L., 2004. Prevalence of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and fecal coliforms in bulk tank milk on US dairies, Journal of Dairy Sciences, 87:2822-2830.

Videaud, D., 1973. Les antibiotiques et la résistance des bactéries, les associations d'antibiotique, Anim. Cie., (31), 155-170.

Vierling, E., 2003. Aliments et Boissons Filières et Produits, 2^{ème} éd., Editions Doin, Centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine, pp11.

Vierling, E., 2008. Aliments et Boissons Filières et Produits, 3^{ème} éd., Bioscience et Techniques, Paris, pp15-16.

Vignola, C.L., 2002. Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN, p600.

Annexes A

Matériel et produits de laboratoires

1. Matériel :

Appareillage	Verriers et petits matériels
-butyromètre -bain marie -étuve -bec bunsen -dessiccateur -centrifugeuse -appareil BetaStar ^R -pH mètre -lactodensimètre	-erlenmeyer -pipette Pasteur -bécher, spatule -tubes à essai -micropipette, pipette graduée -éprouvette -boîtes de Pétri -butyromètre -fiolle

2. Produits :

Milieux de culture	Réactifs et produits chimiques
-gélose PCA -gélose VRBG -gélose Baird Parker	-acide sulfurique -alcool isoamylique -indicateur coloré phénolphtaléine -soude NaOH -sel de chlorure de potassium -sel de chlorure de sodium -sel de chlorure de calcium -sel de lactate de sodium