

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn Badis
Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

BOUALEM Oussama

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : Contrôle de Qualité des Aliments

THÈME

***APPRECIATION DE LA QUALITE FROMAGERE DES LAITS
DE LA FROMAGERIE DE SIDI-SAADA***

Soutenu le :

Devant les membres du jury

Président	ZABOURI Younes	MCB	U. Mostaganem
Examineur	MEDJAHED Mostefa	MAA	U. Mostaganem
Encadreur	DAHOU Abdelkader ElAmine	MCB	U. Mostaganem

Travail réalisé à la Fromagerie Sidi-Saada et au Laboratoire des Sciences
et Techniques de Production Animales

Année universitaire 2020 – 2021

REMERCIEMENTS

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés, m'a permis de mener à bien ce travail. Au nom du dieu le clément et le miséricordieux louange à ALLAH le tout puissant.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon Directeur de mémoire, Monsieur DAHOU Abdelkader Elamine. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Je remercie chaleureusement les membres du jury qui me font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

M ZABOURI Younes, maitre de conférences pour m'avoir honoré en acceptant de présider le jury de soutenance de mon mémoire de fin d'études.

M MEDJAHED Mostefa, maitre de conférences pour avoir accepté de juger mon travail.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie mes très chers parents, Mâamar et Samra, qui ont toujours été là pour moi. Je remercie mes sœurs Asmaa et Ferdaous Aïcha, et mes frère Hammid et Anes , pour leurs encouragements.

Je remercie en particulier mr Bessoltane Abou et Djouwad Mokhtar , pour m'avoir donné l'occasion extraordinaire de réaliser mon travail de terrain..

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Dédicaces

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs Asmaa et Aicha pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, Anes et Hammid pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Résumé

L'étude réalisée concerne un suivi et un contrôle microbiologique et physico-chimique du lait frais collecté par la Fromagerie Sidi-Saada. Les objectifs de cette étude sont de tester avec une répétition dans le temps des tests d'aptitude fromagère utilisés sur des laits réceptionnés de collecteurs potentiels comparés au lait de mélange destiné à la fromagerie et essayer de discuter les résultats avec des critères simples de composition du lait, comme la teneur en protéines, d'étudier l'impact réel de la matière grasse et de la matière minérale sur l'aptitude de coagulation (répétition étalée sur 4 semaines). Les résultats physico-chimiques obtenus sont en général non conformes aux normes de la F.I.L (sur le plan richesse en matière protéique et en matière minérale). Du point de vue bactériologique ce lait présente une qualité non acceptable. En effet, le dénombrement de la flore totale est supérieur à la norme qui est fixée à $5 \cdot 10^5$ germes/ml. Le dénombrement des coliformes a révélé une présence moyenne de 115 à 375 germes/ml dans le lait de mélange. Pour les Staphylocoques et les Coliformes fécaux leur présence n'est pas recommandée par la norme et pour la transformation laitière. La présence de ces flores montre que les pratiques d'élevages et d'hygiène sont à améliorer à tous les niveaux. La répétition des mesures physico-chimiques sur le lait frais nous a permis de déceler les anomalies de la fluctuation d'une part des temps technologiques de la transformation fromagère et des rendements fromagers liés essentiellement à l'instabilité du taux protéique et de l'équilibre minéral des laits collectés.

Mots clés : lait frais, contrôle microbiologique, contrôle physico-chimique, aptitude fromagère.

Abstract

The study carried out concerns a monitoring and a microbiological and physico-chemical control of fresh milk collected by the Fromagerie Sidi-Saada. The objectives of this study are to test with a repetition in time of the tests of cheese aptitude used on milk received from potential collectors compared to the milk mixture intended for the cheese factory and try to discuss the results with simple criteria of composition of milk, as the protein content, to study the real impact of fat and mineral matter on the ability to coagulate (repetition spread over 4 weeks) The physico-chemical results obtained are in general not in conformity with the F.I.L. standards (in terms of protein and mineral content). From the bacteriological point of view, the quality of this milk is not acceptable. Indeed, the total flora count is higher than the standard which is fixed at 5.10^5 germs/ml. The enumeration of coliforms revealed an average presence of 115 to 375 germs/ml in the blended milk. For Staphylococci and Faecal Coliforms their presence is not recommended by the standard and for dairy processing. The presence of these flora shows that the breeding and hygiene practices need to be improved at all levels. The repetition of physico-chemical measurements on fresh milk allowed us to detect the anomalies of the fluctuation of the technological time of the cheese transformation and the cheese yields linked essentially to the instability of the protein rate and the mineral balance of the collected milk.

Key words: fresh milk, microbiological control, physico-chemical control, cheese aptitude.

ملخص

الدراسة التي أجريت تتعلق بالرصد والمراقبة الميكروبيولوجية والفيزيائية والكيميائية للحليب الطازج الذي تتمثل أهداف هذه الدراسة في اختبار ، Fromagerie Sidi-Saada. تم جمعه بواسطة مجبنة سيدي سعادة مع التكرار بمرور الوقت ، اختبارات الكفاءة في صنع الجبن المستخدمة على الحليب المستلم من جامعي الحليب مقارنة بالحليب المخروط المخصص لصنع الجبن ومحاولة مناقشة النتائج بمعايير بسيطة لتكوين الجبن والحليب ، مثل محتوى البروتين ، دراسة التأثير الفعلي للدهون والمواد المعدنية على القدرة على التخثر (تكرر المراقبة على مدى 4 أسابيع). النتائج الفيزيائية والكيميائية التي تم الحصول عليها لا تتوافق من حيث الثراء في البروتين والمواد المعدنية). من (F.I.L بشكل عام مع معايير الفيدرالية العالمية للحليب وجهة نظر للنوعية الميكروبيولوجية ، فإن جودة هذا الحليب غير مقبولة. في الواقع ، فإن عدد الميكروبات أعلى من المعيار المحدد عند 5.10^5 جرثومة / مل. أظهر عدد القولونيات وجود متوسط من 115 إلى 375 جرثومة / مل في خليط الحليب. بالنسبة للمكورات العنقودية والقولون البرازي ، لا يوصى بوجودها وفقاً للمعايير ولمعالجة الألبان. يظهر وجود هذه الميكروبات على أن ممارسات الإنتاج والنظافة بحاجة إلى التحسين على جميع المستويات. لقد مكننا تكرار القياسات الفيزيائية والكيميائية على الحليب الطازج من اكتشاف اسباب التقلبات وعدم الاستقرار من ناحية الأوقات التكنولوجية لمعالجة الجبن وعوائد الجبن المرتبطة بشكل أساسي بعدم استقرار مستوى البروتين و إلى جانب عدم توازن مستوى المعادن في الحليب.

الكلمات المفتاحية: حليب طازج ، تحكم ميكروبيولوجي ، تحكم فيزيائي-كيميائي ، ملائمة الجبن

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumés	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Introduction	
Partie 01 :Étude bibliographique	
Chapitre 01 : Généralités sur le lait	
1- Définitions du lait	06
2- Composition chimique du lait	06
3- Qualité organoleptique du lait :	12
Chapitre II Microbiologie du lait	
1- Microbes de l'intérieur de la mamelle	15
2- Microbes de l'extérieur de la mamelle	16
3- Microorganismes utiles	17
4- Microorganismes contaminants	18
5- Principales activités des microorganismes dans le lait	20
Chapitre III Aptitude fromagère du lait	
1- Impact de la qualité physicochimique du lait cru sur la qualité fromagère et le rendement	23
2- Facteurs de la transformation du lait	26
Parti 02: Recherche Expérimentale	
Chapitre I :Matériel et Méthodes	32
Chapitre II : Résultats et Discussion	41
Conclusion	60
Annexes	
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

C : Caséines

Ca/P : rapport calcium sur le phosphore du lait

F.I.L : Fédération Internationale du Lait

M.G : Matière grasse

M.P : Matière protéique

M.S : Matière sèche

MRS : milieu de culture Man Rogosa Sharp spécifique pour les Lactobacilles

M17 : milieu de culture spécifique pour les Streptocoques lactiques

pH : potentiel hydrogène

SNG : solides non gras

RF : rendement fromager

TP : taux protéique

Liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
1	Composition moyenne du lait de vache (g/l) (Mathieu, 1998)	07
2	Composition moyenne du lait de différentes espèces animales. (Vignola et al., 2002)	07
3	Teneurs des différents minéraux dans le Lait (FIL, 2018)	10
4	Teneur moyenne des principales vitamines du lait (Veisseyre, 1975).	11
5	Les principales contaminations du lait (Michel, Hauwuy <i>et al.</i> , 2001)	19
6	Flores dénombrées et dilutions utilisées dans l'analyse microbiologique des laits (Institut Pasteur d'Algérie, 2017).	36
7	Evaluation de la qualité microbiologique du lait du collecteur de Msila	42
8	Evaluation de la qualité microbiologique du lait de la vache du collecteur EL Boustane	43
9	Evaluation de la qualité microbiologique du lait de la vache du collecteur de Mazouna	44
10	Evaluation de la qualité microbiologique du lait de mélange destiné à la fromagerie	45
11	Evaluation de la qualité physico-chimique du lait du collecteur de Msila	50
12	Evaluation de la qualité physico-chimique du lait du collecteur El Boustane Mostaganem	51
13	Evaluation de la qualité physico-chimique du lait du collecteur de Mazouna	52
14	Evaluation de la qualité physico-chimique du lait du mélange destiné à la Fromagerie	53
15	Normes d'évaluation de la qualité hygiénique et microbiologique du lait (D'après FIL, 2018)	68
16	Normes d'évaluation de la qualité physico-chimique du lait (d'après FIL, 2018)	69

Introduction

Introduction

Introduction

L'Algérie est le premier consommateur laitier du Maghreb avec une consommation près de 3 milliards de litres par ans (Kirat, 2007).

La production du lait en Algérie, reste très insuffisante malgré tous les efforts déployés par l'état pour subvenir à une demande qui ne cesse d'accroître d'une année à l'autre. La production nationale étant limitée à 2,2 milliards de litres, dont 1,6 milliard de lait cru. C'est donc près d'un milliard de litres de lait qui est ainsi importé chaque année, majoritairement sous forme de poudre de lait. Chaque année, l'Algérie importe 60% de sa consommation de lait en poudre, et la croissance annuelle moyenne du marché algérien des produits laitiers est estimée à 20%. L'office national interprofessionnel du lait affirme que le marché algérien du lait est dominé par le secteur privé. "On recense 19 laiteries publiques et 78 laiteries privées. On compte environ 190 000 exploitations laitières, dont 80% sont familiales (ONIL, 2018).

Le lait est une matière première aux ressources considérables. Face à la demande du consommateur qui sollicite de plus en plus de produits innovants et de bonne qualité, l'industrie doit répondre à ces exigences en exploitant toutes les richesses du lait si simples en apparence et si complexe dans sa composition.

Plusieurs facteurs interviennent dans la détermination de la composition chimique du lait. Ces facteurs sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire,...), soit au milieu (alimentation, saison, traite,...) (Ghazi et Niar ; 2011 et Dahou *et al.*, 2021).

L'industrie laitière a donc mis en place, au niveau de la production, une politique qualité qui a permis, au cours des dernières années, d'acquérir une meilleure maîtrise des caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques du lait.

Cependant, la difficulté réside dans la notion de qualité. En effet, celle-ci reste très subjective et elle a des définitions différentes à chaque niveau de la filière :

Introduction

Pour le producteur, la qualité est une absence d'impuretés et une présence du taux de matières utiles élevé; l'industriel réclame une matière première au rendement de transformation élevé, tandis que le consommateur désire un produit sans risque pathogène et aux qualités organoleptiques satisfaisantes (Pougheon, 2001).

L'objectif de notre étude est de tester par une répétition dans le temps des tests d'aptitude fromagère (aptitude à la coagulation-rendement fromager) utilisés sur des laits collectés au niveau de la fromagerie Sidi-Saada, essayer d'expliquer ces tests avec des critères simples de composition du lait comme très précisément la teneur en protéines, et d'étudier leur impact sur l'aptitude à la coagulation de nos laits (répétition étalée sur 4 semaines)

Le manuscrit a été établi comme suit :

-Une première partie relative une étude bibliographique qui met l'accent sur les volets de l'appréciation de la qualité du lait et de sa fromageabilité.

-Une deuxième partie exposant le matériel et les méthodes mis en œuvre dans le cadre de la réalisation de cette étude, les analyses réalisées permettant d'apprécier l'aptitude fromagère de nos laits.

- Une troisième partie relative aux résultats et à leur discussion avec une conclusion sur le travail réalisée permettant de donner notre approche scientifique à l'amélioration des résultats au niveau de la fromagerie Sidi-Saada.

Partie 01 : Étude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le lait

Généralités sur le lait

1- Définitions du lait

Le lait a été 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. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum» (Alais, 1975)

Le Codex Alimentarius en 1999, le définit comme étant la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur.

Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (Amiot *et al.*, 2002).

Selon Deforges *et al.*, en 1999, le lait cru est un lait non chauffé au-delà de 40°C ni soumis à un traitement non thermique d'effet équivalent notamment du point de vue de la réduction de la concentration en micro-organismes.

2- Composition chimique du lait

Les principales compositions du lait sont : Les lipides (triglycérides), les protéines (caséines, albumines, globulines), les glucides essentiellement le lactose, les sels (sels d'acide phosphorique, sels d'acide chlorhydrique, etc.) (Larpent, 1997).

Le lait contient également des anticorps, des hormones et peut parfois contenir des résidus d'antibiotiques (Vilain, 2010).

Tableau 01 : Composition moyenne du lait de vache (g/l) (Mathieu, 1998).

Constituant du lait	Teneur en gramme par litre
Eau	90,2
Constituant salins minéraux	6,9
Gaz dissous	0,1
Constituant organique	1,7
Lactose	49
Matière grasse	38
Caséine	32
Protéines dites solubles	26
constituants azotés non protéiques	6
Autres constituants	

Le tableau suivant montre la composition des différentes espèces animales

Tableau N° 02: Composition moyenne du lait de différentes espèces animales. (Vignola et al., 2002)

Animaux	Eau(%)	Matière grasse (%)	Protéines (%)	Glucides (%)	Minéraux (%)
Vache	87,5	3,7	3,2	4,6	0,8
Chèvre	87,0	3,8	2,9	4,4	0,9
Brebis	81,5	7,4	5,3	4,8	1,0
Chamelle	87,6	5,4	3,0	3,3	0,7
Jument	88,9	1,9	2,5	6,2	0,5
Femme	87,1	4,5	3,6	7,1	0,2

Les principaux constituants du lait par ordre croissant selon (Pougheon et Goursaud, (2001) sont :

- L'eau, très majoritaire,

- Les glucides principalement représentés par le lactose,
- Les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras,
- Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire,
- Les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles,
- Les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments.

2.1-Eau

L'eau est un élément quantitativement le plus important, elle représente environ 9/10 (81 à 87 %) du lait. Le lait est riche en eau : ½ litre de lait (2 grands verres) apporte 450 ml d'eau Il participe donc à la couverture des besoins hydriques de l'organisme (Fredot, 2005).

2.2-Matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (Luquet, 1985). Elle est constituée par 98,5% de glycérides (esters d'acide gras et de glycérol), 1% de phospholipides polaires et 0,5% de substances liposolubles cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K (Goursaud, 1985)

La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante qu'est le lait écrémé (Boutonnier, 2008).

Cet état globulaire est fragile ; toute altération de la membrane par voie chimique, physique et microbienne conduit à la déstabilisation de l'émulsion. Cette évolution peut être accidentelle, elle se traduit alors le plus souvent par une séparation de la phase grasse sous forme d'huile ou d'agrégats et/ou par l'apparition de saveurs indésirables (rancidité-oxydation) ; lorsqu'elle est dirigée, elle permet la concentration de la phase grasse sous forme de beurre après barattage, ou sous forme d'huile de beurre et de matière grasse laitière anhydre après chauffage et centrifugation (Boutonnier, 2008 .Madji, 2009 et Pougheon, 2001).

2.3-Protéines

Elles constituent avec les sels la partie la plus complexe du lait. Leur importance tient à plusieurs raisons : quatrième groupe de substances par son abondance après l'eau, le lactose et les matières grasses (Mathieu, 1998). On distingue deux grands groupes de protéines dans le lait : les caséines et les protéines (Pougheon *et al.*, 2001)

1. Les caséines ont une teneur de 27 g/l ; elles se répartissent sous forme micellaire de phosphocasinat de calcium et elles sont facilement dégradées par toutes protéolytique.
2. Les protéines solubles du lactosérum se répartissent entre (Luquet, 1985) :
 - ✓ – Les albumines : β lactoglobuline : 3 g
 - ✓ Lactalbumine : 1,2 g
 - ✓ Sérum albumine : 0,4 g
 - ✓ – Les globulines : Immunoglobulines : 0,7 g
 - ✓ Lacto-transferrine : 0,3 g
 - ✓ – Les enzymes : Lipase, protéase, phosphatase alcaline,
 - ✓ Xanthine-oxydase, lactoperoxydase

La majeure partie des protéines du lait est naturellement synthétisée dans les cellules sécrétoires de la glande mammaire. Cependant certaines proviennent de plasmocytes spécialisés, d'autres du sang (Ribadeau-Dumas *et al.*, 1989).

2.4-Matières azotées non protéiques (ANP)

Il représente chez la vache 5% de l'azote total du lait. Il est essentiellement constitué par l'urée (33 à 79% de l'azote non protéique du lait). On y trouve également et par ordre d'importance les acides aminés, l'acide urique, l'ammoniac, la créatinine. Il y a une corrélation étroite entre la teneur en urée du lait et celle du sang (Hanzen, 1999).

2.5-Glucides

Le lactose et le glucide, ou l'hydrate de carbone, le plus important du lait puisqu'il constitue environ 40 % des solides totaux. D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose.

En outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines. Ainsi, le lait contient près de 4,8 % de lactose, tandis que la poudre de lait écrémé en contient 52% et la poudre de lactosérum, près de 70% (Pougheon, 2001).

2.6-Eléments minéraux

Les minéraux jouent un rôle important dans l'organisation structurale des micelles de caséine. Les principaux minéraux présents dans le lait sont présentés dans le tableau 2 et de nombreux autres sont présents à l'état de traces. Les minéraux sont répartis entre l'état soluble, sous la forme d'ions ou de sels, et l'état colloïdal, associés à la micelle de caséine (Amiot, 2002).

Tableau 03: Teneurs des différents minéraux dans le Lait (FIL, 2018)

Minéraux	Teneur en (mg/kg)
Sodium (Na)	445
Magnésium (Mg)	105
Phosphore (P)	896
Chlore (Cl)	958
Potassium (K)	1500
Calcium (Ca)	1180
Fer (Fe)	0,50
Cuivre (Cu)	0,10
Zinc (Zn)	3,80

2.7-Enzymes

Sont 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 natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (Blanc, 1982). Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés :

Lyse des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipase, protéase) ;

Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme) - Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétyl estérase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthine-oxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre) (Blanc, 1982).

2.8-Vitamines

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. On les retrouve en très petite quantité dans les aliments. Le lait figure parmi les aliments qui contiennent la plus grande variété de vitamines, toutefois, les teneurs sont souvent assez faibles (Jakob *et al.*, 2011, Lucey, Lee. 2010).

Tableau 04: Teneur moyenne des principales vitamines du lait (Veisseyre, 1975).

Vitamine	Teneur Moyenne
Vitamine 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 B1 (thiamine)	45µg/100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175µg/100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50µg/100ml
Vitamine B12 (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- Qualité organoleptique du lait :

Selon Vierling (1998), la qualité organoleptique est définie par :

3.1-Odeur : La présence de la matière grasse dans le lait lui confère une odeur caractéristique. Au cours de la conservation, le lait est caractérisé par une odeur aigre due à l'acidification par l'acide lactique.

3.2-Saveur : Il a une saveur légèrement sucrée due à la présence d'un taux de lactose. Elle évolue en fonction de la température du lait lors de la dégustation.

3.3-Couleur : Elle est blanche opaque, plus ou moins jaunâtre due à la présence du β -carotène et à la matière grasse.

4- Propriétés du lait :

4.1-Propriétés physicochimiques du lait

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

4.1.1-Masse volumique et densité du lait

La masse volumique du lait (ρ_L , kg.m⁻³) est le rapport de sa masse (m_L , kg) sur son volume (V_L , m³) : $\rho_L = m_L / V_L$

La masse volumique du lait à 20°C est environ 1030 kg.m⁻³. Elle varie en fonction de la composition du lait, notamment de sa teneur en matière grasse qui a un effet prépondérant en raison de sa variabilité suivant la race et l'alimentation (Croguennec *et al.*, 2008).

4.1.2-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).

4.1.3-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. Cette propriété physique diminuant avec la pression, on applique ce principe dans les procédés de concentration du lait.

4.1.4-Acidité du lait

4.1.4.1-Acidité titrable

L'acidité titrable mesure la quantité d'acide lactique présente dans un échantillon de lait. On l'exprime en pourcentage d'acide lactique. Cette acidité peut varier de 0,10 à 0,30 %. Les laits ont normalement une acidité de 0,13 à 0,17 % à la traite. L'acidité naturelle du lait est attribuable à la présence de caséine, des substances naturelles, de traces acides organiques et de réactions secondaires dues aux phosphates. L'acidité développée du lait est causée par l'acide lactique et d'autres acides provenant de la dégradation microbienne du lactose dans les laits altérés (Amiot *et al.*, 2002).

4.1.4.2-pH

Le pH permet de mesurer la concentration des ions H⁺ en solution. Les valeurs de pH représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement sa stabilité du fait que le pH influence la solubilité des protéines. Le pH du lait de vache se situe généralement entre 6,6 et 6,8 (Vignola, 2002).

Chapitre II : Microbiologie du lait

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10^3 germes/ml). Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores : microcoques mais aussi streptocoques lactiques (*Lactococcus* et *Lactobacillus*). 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 (Lemire, 2007).

D'autres microorganismes peuvent se trouver dans le lait lorsqu'il est issu d'un animal malade. Ils sont généralement pathogènes et dangereux au point de vue sanitaire.

On répartit les microorganismes du lait, selon leur importance, en deux grandes classes : les microorganismes indigènes ou originels et les microorganismes contaminants. Les microorganismes contaminants sont subdivisés en deux sous-classes : microorganismes d'altération et microorganismes pathogènes (Guiraud, 1998).

1- Microbes de l'intérieur de la mamelle

Quand une vache a une mammite dans un quartier de sa mamelle, le responsable de cette maladie est un microbe qui, venant de l'extérieur, a pénétré à l'intérieur par le canal du trayon et s'est rapidement multiplié. Il provoquera soit une mammite visible (clinique) soit une mammite (subclinique). Plusieurs de ces microbes peuvent contaminer le lait à un point tel que la santé du consommateur pourrait en être affectée. Par ordre d'importance ce sont : *Staphylocoques dorés*, *E. coli*, *Listeria monocytogènes* et *Salmonelles*. Ces 4 microbes ne sont pas utiles, ils font l'objet d'une réglementation, car ils peuvent être responsables d'une toxoinfection alimentaire (TIAC) chez le consommateur (Dillon et Berthir, 1997).

1.1-Principaux facteurs prédisposant sont :

1.1.1- La traite : une mauvaise hygiène de la traite ; un réglage défectueux de la machine à traire favorisant la pénétration des microbes, les blessures occasionnées par la machine à traire.

1.1.2- Les conditions de vie : mauvaise hygiène du logement, inconfort.

La rétention lactée et tout stress susceptible de diminuer la résistance naturelle de la mamelle.

Plus la mammite n'est grave, plus la composition du lait se rapproche de celle du plasma

sanguin. Le taux butyreux diminue de même que les triglycérides, alors que le taux de cholestérol augmente. La proportion des protéines solubles (immunoglobulines, sérumalbumines) augmente et celle des caséines diminue (Dillon et Berthir, 1997).

2- Microbes de l'extérieur de la mamelle

2.1-Surface des trayons

Entre les traites, les trayons sont en contact avec le milieu extérieur : Lieux de couchage et pâture qui va les contaminer. Les microbes sont très nombreux, les bons comme les mauvais. Les plus fréquents qui font l'objet d'une recherche dans le lait sont : les *Butyriques*, les *Coliformes*, les *Listeria* et les *Salmonelles*. Ils passent dans le lait pendant la traite. La maîtrise de ces microbes se fait par l'hygiène des bâtiments et l'hygiène des trayons (Lemire, 2007).

Naturellement présents à l'intérieur des trayons, les staphylocoques vont profiter d'une dégradation de la peau (gerçure, plaie, croûte...) pour se multiplier de façon importante.

Ils passent dans le lait pendant la traite. La maîtrise des *Staphylocoques* passe par le maintien en bonne santé de la peau des trayons (Ouazzani *et al.*, 2014).

2.2-Matériel

Après la traite, des résidus de lait vont demeurer sur tout le matériel ayant servi à la traite, au transport, et au stockage du lait. Ces résidus, surtout la matière grasse, les protéines, les minéraux, s'ils ne sont pas éliminés par le nettoyage, permettront aux différents microbes présents de trouver tout le nécessaire pour se multiplier (nourriture, humidité, chaleur) (Srairi *et al.*, 2005).

Dans un milieu insuffisamment nettoyé les microbes passent dans le lait, surtout les bons mais aussi les indésirables (*Coliformes*) et des pathogènes (*Listeria*, *E. coli*, *staphylocoque*). Les microbes passent dans le lait à chaque traite. Pour les maîtriser il faut avoir une méthode efficace de nettoyage et un matériel propres (Dillon et Berthir, 1997).

2.3-Environnement

Le milieu dans lequel évoluent les vaches est très riche en microbes, les bons comme les indésirables et les pathogènes. Dans l'eau on ne peut trouver que de mauvais microbes : les *Coliformes*, *Listeria*, les *Salmonelles* et Les *Pseudomonas*... plutôt en faible quantité.

Ces microbes passent dans le lait directement par le matériel et les trayons lavés avec cette eau et indirectement par les bouses des vaches ayant bu cette eau (Dillon et Berthir, 1997). La maîtrise de cette contamination passe par l'entretien des captages, des points et par le traitement d'eau. Dans les fourrages et les litières, on trouve les bons microbes qui sont dominants, mais si leur récolte et leur conservation ont été mal réalisées : Présence de terre, excès d'humidité ou développement des moisissures... les mauvais microbes vont alors se multiplier tel que les *Butyriques* et *Listeria* (Srairi *et al.*, 2005, Yennek, 2010).

Ces microbes passent dans le lait indirectement par les bouses des vaches qui mangent ces aliments et indirectement par l'air aspiré par les manchons trayeurs au moment de la traite. La bouse, partout présente dans les lieux de vie des vaches (couchage, alimentation, aire d'exercice, traite...), contient d'autant plus de mauvais microbes citons les *Butyriques*, les *Coliformes*, *E. coli*, les *Salmonelles*, que les aliments consommés par les vaches sont mal conservés et dégradés. Ces microbes de bouse passent dans le lait directement quand le faisceau trayeur tombe sur un milieu de traite souillé, et indirectement, par l'intermédiaire des trayons mal nettoyés (Claude et Champagne, 1998). La maîtrise de ces microbes passe par de bonnes pratiques dans la conduite des chantiers de récolte des aliments et dans la conduite du bâtiment pour obtenir des animaux, des abreuvoirs, des lieux de traite propres (Dillon et Berthir, 1997).

3-Microorganismes utiles

Elle fait partie de la flore normale du lait et se caractérise par son aptitude à fermenter le lactose avec production d'acide lactique et donc, abaissement du pH. Les ferments lactiques laitiers constituent un groupe diversifié de bactéries qui ont néanmoins un certain nombre de caractéristiques communes : elles sont à Gram positifs, catalase négatifs, anaérobies facultatifs ou micro-aérophiles et hétérotrophes (Claude et Champagne, 1998). L'ensemble de ces caractères précieux permet aux bactéries lactiques un développement plus rapide que les espèces considérées comme nuisibles (Saied Kourdar et Boudabbous, 1994).

Très peu d'espèces résistent à la pasteurisation basse (63°C pendant 30 mn). Elles produisent des substances inhibitrices et antibiotiques telles que la nisine, la « diplococcine », et « l'acidophine » qui sélectionnent les bactéries non lactiques au profil des bactéries lactiques. Parmi les bactéries lactiques ayant comme habitat le lait, nous avons le genre *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc* et *Aerococcus* (Luquet et Carrieu, 2005).

4- Microorganismes contaminants

Elle est composée de la flore pathogène et de la flore d'altération.

4.1-Flore pathogène

Elle fait partie de la flore contaminant du lait. Les bactéries pathogènes pour l'homme peuvent être présentes dans le lait cru, ou dans les produits laitiers qui en dérivent. Elles sont capables de provoquer des malaises chez les personnes qui consomment ces produits (Vignola, 2002).

Les bactéries les plus importantes de cette flore pathogène sont le plus souvent mésophiles et les principaux microorganismes pathogènes associés aux produits laitiers sont : *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Shigella sonnei* et certaines moisissures (Benhedane, Bachtarzi, 2012 ; Euzéby, 2003 et Thiéulon, 2005).

4.2- Flore d'altération

Incluse dans la flore contaminant, la flore d'altération causera des défauts sensoriels de goût, d'arômes, d'apparence ou de texture et réduira la vie des produits. Parfois, certains microorganismes nuisibles peuvent aussi être pathogènes. L'un n'exclut pas l'autre. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont : *Pseudomonas* sp, *Proteus* sp, les coliformes soit principalement les genres : *Escherichia* et *Enterobacter*, les sporulées telles que *Bacillus* sp, *Clostridium* sp et certaines levures et moisissures (Richard, 1990).

Tableau 05: Les principales contaminations du lait (Michel, Hauwuy *et al.*, 2001).

Étapes	Dangers	Causes
Ferme	Contamination fécale : <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Clostridium</i>	Transmission par les mains du trayeur, contamination par l'animal lors de la traite par la queue et les éclaboussures quand le seau est laissé près des Animaux
	Contamination par les germes de l'environnement : flore psychotrophe (<i>Listeria</i> , <i>Pseudomonas</i>) et des Entérobactéries, levures et moisissures	Lait laissé à l'air libre durant la traite
	Multiplication des bactéries sur le matériel de traite	Nettoyage et désinfection inefficaces du matériel et/ou mauvais séchage
	Contamination par des bactéries pathogènes : <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Listeria</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Mycobacterium bovis</i> , <i>Brucella</i> , <i>E.coli</i> .	Animaux porteurs sains : <i>Mycobacterium</i> , <i>Brucella</i> Animaux atteints de mammites : <i>Staphylococcus</i> , <i>E coli</i> Homme : <i>Staphylococcus</i> , <i>Streptococcus</i> Environnement : <i>Listeria</i>
	Contamination par des résidus Chimiques	Non-respect du temps d'attente des spécialités vétérinaires
	Inhibition de la fermentation lactique : problèmes de transformation du lait	Collecte du lait des animaux traités par des antibiotiques
Transports	Accroissement des flores Microbiennes	Temps de transport trop long, à des températures trop élevées
	Contamination par le matériel	Nettoyage et désinfection inefficaces du matériel et/ou mauvais séchage
Centre de collecte	Contamination croisée	Nettoyage et désinfection inefficaces du Matériel Absence ou mauvaise qualité de contrôle de la qualité des laits avant mélange.

	Contamination	humaine Contact mains lait lors des Prélèvements
	Contamination par des germes de l'environnement	Utilisation de l'eau contaminée pour le nettoyage du matériel
	Développement de flore psychrotrophe: synthèse d'enzymes protéolytiques Thermostables	Température des tanks réfrigérés mal régulée et durée de stockage trop longue
	Développement de flore Coliforme	Absence de réfrigération
	Lipolyse	Remplissage manuel des tanks par le Haut
Laiterie	Contamination croisée	Absence ou mauvaise qualité de contrôle de la qualité des laits avant Transformation
	Re-contamination par des germes de l'environnement	Mauvaise hygiène du conditionnement
	Persistance des micro-Organismes	Absence de traitements thermiques, ou traitements mal réalisés : non-respect

5- Principales activités des microorganismes dans le lait

Les activités métaboliques des microorganismes 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. Parmi ces activités on peut citer l'acidification, la protéolyse, la lipolyse, la production de gaz (Richard, 1990).

L'acidification : c'est une production d'acide lactique à partir du lactose par les ferments lactiques lors de leur croissance.

La protéolyse : c'est la dégradation des protéines du lait avec formation de peptides, dont certains donnent des mauvais goûts aux produits laitiers.

La lipolyse : c'est la libération d'acides gras à partir des triglycérides du lait, entraînant un goût de rance.

La production de gaz : certaines bactéries (hétéro fermentaires, bactéries telluriques) au cours de leur croissance produisent des gaz. Dans le cas de certains fromages on peut assister à l'apparition d'un défaut d'aspect, dû à la production de gaz, associé ou non à un défaut de goût.

Enfin, certains microorganismes ne semblent pas présenter les inconvénients cités plus haut. Leur présence en grand nombre dans le lait est toutefois l'indication d'une mauvaise hygiène générale au stade de la production du lait. Ces microorganismes peuvent être considérés comme « indicateurs » d'une hygiène défectueuse (Hauwuy *et al.*, 2001).

Chapitre III : Aptitude fromagère du lait

1- Impact de la qualité physicochimique du lait cru sur la qualité fromagère et le rendement

La qualité de lait représente une notion complexe parce qu'elle possède plusieurs dimensions telles que la qualité physicochimique et microbiologique ainsi l'aptitude fromagère. La valeur d'un lait peut être jugée par son efficacité à la transformation en fromage. L'aptitude à la coagulation dépend de son pH, sa teneur colloïdale et en caséine, qui jouent un rôle primordial dans la mise en place du gel. Le rendement fromager est fortement corrélé à la teneur en protéine ou caséine et en matière grasse du lait (Laurent *et al.*, 2002).

1.1-Aptitude à la coagulation du lait

La coagulation du lait par la présure et/ou par acidification est la première étape de la fabrication d'un fromage qui peut être considéré comme le résultat d'un processus dans lequel la caséine et les matières grasses sont concentrées après élimination du lactosérum. Pour le fromager, le comportement du lait lors de la coagulation joue un rôle important sur le bon déroulement des étapes ultérieures de la fabrication fromagère (Martin et coulon, 1995).

1.1.1-pH

Le pH initial du lait a un effet déterminant sur la coagulation bien que pour le temps de raffermissement. La maîtrise de la préparation de lait permet de régler le pH qui conditionne la fermenté des gels au moment de moulage (Starry, 1982). En fromagerie, L'abaissement du pH favorise le processus de coagulation (diminution du temps de floculation et formation d'un gel se raffermissant plus rapidement) par deux actions :

- L'activité de la présure sur la caséine k est maximale à pH = 5,5 et est rapidement inactivée lorsque le pH est supérieur à 7,0.

- La stabilité des micelles décroît avec le pH par neutralisation des charges négatives et par libération d'ions calcium, ce qui favorise la réaction d'agrégation (Linden, 1987).

L'acidification du lait entraîne des modifications des propriétés du lait puis de gel. Elle permet de raccourcir le temps de prise et d'augmenter la vitesse de raffermissement. Elle permet également d'obtenir une fermenté de gel accrue de part une solubilisation du calcium

et du phosphore qui deviennent alors disponibles pour créer des liaisons entre les micelles lors de la phase enzymatique de la coagulation. Si l'intensité de l'acidification est mal gérée, les conséquences sont toujours négatives au niveau de la technologie.

Une acidification excessive entraîne une déminéralisation très forte qui rend le caillé friable. Une acidification insuffisante entraîne une déminéralisation trop faible rend le caillé fragile. Il est donc nécessaire en premier lieu, l'ajustement du PH et le contrôle des paramètres d'acidification (Delphine, 2005).

1.1.2-Teneur en calcium colloïdal

Un lait pauvre en calcium coagule difficilement et conduit à un gel mou qui se tient mal et, aussi il est difficile d'agir directement sur ces teneurs dans le lait car, les animaux sont capables de mobiliser leurs réserves corporelles ce qui a pour résultat de maintenir un taux stable de calcium dans le lait. Il peut être ajouté du chlorure de calcium avant emprésurage pour permettre d'obtenir un caillé plus structuré et réduire le temps de floculation. Il est indispensable de rappeler que l'utilisation de chlorure de calcium est interdite pour certaines fabrications sous signe de qualité (Alves D'Oliveira, 2007). D'autre part, l'ajout en excès peut entraîner l'apparition de défaut d'amertume et un goût métallique. L'influence du taux de calcium se manifeste sur le temps de floculation et la fermeté du gel. Le calcium est indispensable à la floculation des micelles. L'aptitude à la coagulation dépend également de la teneur en phosphate de calcium colloïdal. Plus la teneur en phosphate de calcium micellaire sera élevée, plus le gel sera ferme et se prêtera à l'égouttage (Delphine, 2005).

1.1.3-Teneur en caséines

Le lait contient deux fractions de protéines, la caséine et la protéine du sérum ou protéine sérique. La caséine se compose de 4 composants autonomes: α_1 , α_2 , β et K. La protéine sérique regroupe les «albumines» et les «globulines». Les caséines ne présentent pas la même sensibilité vis-à-vis du calcium. Les caséines α_1 , α_2 et β s'agrègent en présence de calcium jusqu'à une valeur limite de concentration au-delà de laquelle elles précipitent. Seule la caséine K ne précipite pas en présence de calcium. Le calcium se lie aux caséines par l'intermédiaire des acides aminés phosphorylés, ainsi deux charges négatives sur les molécules de caséine sont neutralisées par chaque ion calcium lié, ce qui entraîne une diminution des répulsions électrostatiques entre les caséines (chargées négativement à pH

(6,6) et les conduits à s'agréger (Dalglish, 1982). La présence à la fois d'interactions électrostatiques et hydrophobes permet aux caséines de former des agrégats colloïdaux (Schmidt, 1982) qui retiennent le calcium et le phosphate. L'augmentation de la teneur en caséine K s'accompagne de la baisse de la taille des micelles et suggère une localisation de cette caséine à la surface des micelles (Goy., Häni *et al.*, 2005).

1.1.4-Taux d'urée

Un excès d'urée dans le lait souvent dû à un excès d'azote dans la ration, engendre des cahiers plus mous et plus humides du fait de la diminution en proportion des caséines fromageables (Enil, 2011).

1.1.5-Teneur en lactose

Au cours de traitement de lait à transformer, à température élevée, le lactose participe avec les protéines à des réactions de brunissement non enzymatiques pouvant altérer la couleur et le goût (goût de cuit) des laits pasteurisés et stérilisés et des fromages. En fromagerie, Le lactose est un sucre fermentescible. Il est dégradé en acide lactique ce qui provoque un abaissement du pH du lait pouvant entraîner sa coagulation (Enil, 2011, Amiot *et al.*, 2002).

1.2-Rendement fromager

Les rendements fromagers correspondent à la quantité de fromage que L'on peut obtenir avec une quantité fixée de lait.

$$R = \frac{\text{poids du fromage}}{\text{nombre de litre de lait}} \times 100$$

Ils varient principalement en fonction de la quantité d'eau retenue dans le fromage, définie par les paramètres technologiques et de la teneur du lait en protéines et en matières grasses (Goy, Häni *et al.*, 2005).

Toute augmentation du taux protéiques est favorable aux rendements plus précisément, la teneur en caséine. En pratique, la mesure du taux protéique du lait chez des animaux indemnes de mammites, reste un bon indicateur du taux de caséine, donc la

surveillance de rendement commence par la maîtrise de taux protéique. Le rendement augmente aussi avec la teneur en matière grasse mais de façon beaucoup moins importante que la teneur en protéine. En effet, la caséine quand elle coagule forme un réseau protéique qui emprisonne les autres constituants et en particulier la matière grasse présente sous forme de globules gras. Par contre, une trop forte teneur en matière grasse peut entraîner des problèmes d'égouttage et de coagulation (Bank *et al.*, 1984).

Un caillé insuffisamment acidifié ou emprésuré trop tôt, risque d'avoir des micelles très minéralisées il contient moins d'eau car le calcium et le phosphore occupent les sites de fixation de l'eau. Il y a donc plus de lactosérum égoutté (Delphine, 2005).

2- Facteurs de la transformation du lait

2.1- Facteurs physico-chimiques

2.1.1-Rapport TB/TP

2.1.1.1-Variation de la teneur en matière grasse (taux butyreux)

Les matières grasses sont présentes dans le lait sous forme d'une émulsion de globules gras. La teneur en matières grasses du lait est appelée Taux butyreux (TB) (Boutonnier 2008).

Le taux butyreux d'un lait de vache (35 à 45 g/kg) varie en fonction :

2.1.1.2-De la race et de la génétique de la vache : Par exemple le lait des Montbéliardes est plus riche que celui des Prim'Holstein.

2.1.1.3-Du stade de lactation : au cours d'une lactation, le taux butyreux varie en sens inverse de la quantité journalière de lait produit. C'est au pic de lactation, en début de lactation que le taux butyreux est le plus faible.

2.1.1.4-De la traite : le lait de fin de traite est 4 à 5 fois plus riche en matières grasses que le lait de début de traite. En cas d'intervalles de traite inégaux, le meilleur taux butyreux sera obtenu après l'intervalle le plus court. La teneur en matières grasses augmente avec la réduction de l'intervalle entre les traites.

2.1.1.5-De la photopériode : le taux butyreux est plus faible en été lors des jours longs.

2.1.1.6-De l'alimentation : les aliments riches en sucres simples (betteraves, mélasse, lactosérum, ensilage de maïs) augmentent la production ruminale de butyrate, ce qui est favorable à de bons taux butyreux. Ces aliments ne doivent pas être distribués en excès, ce qui provoquerait une acidose.

Tous les facteurs alimentaires qui peuvent conduire à une acidose ruminale et donc à une diminution de la production ruminale d'acétate peuvent provoquer une chute du taux

butyreux : excès d'amidon, déficit en cellulose brute (CB < à 17%), défaut de fibrosité, défaut de transition alimentaire (Hurtaud., Buchin., *et al.*, 2001).

Les suppléments lipidiques de la ration des vaches laitières ont un effet variable :

Avec des rations très pauvres en lipides (foin, ensilage d'herbe), une supplémentation lipidique modérée augmente le taux butyreux, la proportion d'acides gras longs est augmentée alors que la proportion d'acide gras moyen est diminuée. Lorsque le taux de lipides de la ration dépasse un seuil (en général, de l'ordre de 6% pour les lipides non protégés), le taux butyreux est diminué.

2.1.2-Variation de la teneur en matières protéiques (taux protéique)

Le taux de matières azotées totales du lait est appelé Taux Protéique (TP). Le TP est une caractéristique importante du lait. Plus le TP sera élevé par rapport à une référence et plus le lait sera payé cher au producteur. En effet, plus le taux protéique est élevé et plus le rendement de transformation fromagère sera bon (Labioui, Laarousi *et al.*, 2009 ; Pougheon, 2001)

Les protéines du lait représentent 95% des matières azotées totales du lait. Les 5% restant sont constitués d'acides aminés libres, de petits peptides, d'azote non protéique (essentiellement de l'urée : 0,3 à 0,4g/l) mais aussi de la créatinine, de l'acide urique.

Les protéines du lait, elles, sont constituées de :

- 80% de caséines, c'est à dire l'ensemble de protéines précipitables à PH 4,6 ou sous l'action de la présure en présence de calcium. Les différentes caséines (alpha-caséine, beta-caséine, kappa-caséine) forment avec du phosphate de calcium, un complexe qui se présente sous la forme d'une micelle.
- 20% de protéines solubles : lactalbumines, lactoglobulines, sérum albumines, immunoglobulines.

Le taux protéique varie en fonction :

- **De la race et de la génétique de la vache**
- **De l'alimentation**

Le principal facteur alimentaire est l'apport d'énergie. Si les besoins énergétiques de l'animal ne sont pas couverts, il y a une diminution du taux protéique. Une sous-alimentation totale ou protéique provoque une chute du TP en plus d'une chute de la production laitière (Amiot *et al.*, 2002 ; Pougheon, 2001).

Chez la vache laitière, si la ration est riche en énergie, la synthèse protéique est stimulée. Par contre, un excès de protéines alimentaires n'augmente pas le TP mais augmente le taux d'azote non protéique en particulier le taux d'urée. Le taux d'urée du lait est identique à celui du sang de la vache et peut être utilisé comme un indicateur d'une sur-nutrition protéique.

Chez les vaches laitières hautes productrices, l'apport d'acides aminés (lysine, méthionine le plus souvent) protégés des dégradations ruminales (tourteaux tannés, acide aminés de synthèse protégés) peut permettre une augmentation modérée du taux protéique (environ +1g/kg).

2.1.3-Fromageabilité

Critères d'aptitude fromagère :

- comportement à la coagulation
- temps de raffermissement et fermeté du caillé
- influence sur la texture du fromage.

Ces critères sont influencés par :

- Le taux butyreux pour un produit final à 45% de MG : il en faut un minimum pour le goût, la flaveur (odeur + texture). L'affinage fait surtout travailler ces molécules.
- Le taux de caséines dans le TP : quand la concentration en caséines du lait augmente, le rendement fromager augmente. Cette augmentation de rendement s'explique par un caillage plus rapide et la formation d'un gel plus ferme qui retient ainsi plus de particules (matière grasse et sels minéraux). En général, le taux de caséines est proportionnel au TP (Jakob, et Hänni, 2004).

Ce taux de caséines est très influencé par le taux cellulaire : une réaction mammaire à une infection entraîne une protéolyse (destruction des chaînes de caséines) qui fait chuter très fortement l'aptitude du lait à coaguler.

· Type de caséines : il y en a 3 :

1. AlphaS1-caséine : non favorable à la fermeté du gel mais ramollit la pâte lors de l'affinage.
2. Beta-caséine : favorable à la fermeté du gel
3. Kappa-caséine : favorable à la coagulation et au gel

2.1.3.1-L'extrait sec

L'extrait sec ou la matière sèche du lait caillé désigne tous ses constituants autres que l'eau. Il doit être au moins égal à l'extrait sec d'un lait normal. La teneur en matière sèche du lait caillé est augmentée par les opérations de poudrage, de sucrage ou de concentration du lait par évaporation (Jakob et Hänni ,2004 ; Ouali ,2002).

2.1.3.2-PH

Le pH du lait frais normal est de l'ordre de 6,7. Cette valeur est due en grande partie au groupement basique ionisable et acide dissociables des protéines, aux groupements esters phosphoriques des caséines et aux acides phosphoriques citriques (Mathieu, 1998).

2.1.3.3-Rendement fromager

Le rendement en fromage (**RF**) est la quantité de fromage obtenue à partir de 100 kg de lait. Dans l'industrie laitière, il est important de prévoir le (**RF**) des productions pour prévoir les matériaux, la main-d'œuvre et l'équipement qui seront utilisés dans l'élaboration; il permet également le calcul de la rentabilité du processus de fabrication (Veisseyre ,1980).

Il est important d'avoir une formule qui vous permet de calculer un rendement théorique du fromage aussi proche que possible pour corriger les écarts par rapport au processus et sélectionner le lait qui assure de bons rendements.

Le rendement du fromage a été étudié pendant plus d'un siècle par plusieurs chercheurs (Jakob et Hänni 2004 ; Pouliot, et *al.*, 2002). Plusieurs auteurs ont décrit différentes formules pour prédire le **QR** en tenant compte de la composition du lait. Il existe différents types d'équations qui utilisent la composition du lait (réactif principal) en utilisant un ou plusieurs paramètres:

Les teneurs sont exprimées en % :

Teneur en protéines (**PT**) ou de la caséine (**C**), de matières grasses (**MG**), les matières solides (**TS**) et de solides non gras (**SNG**); ainsi que la teneur en humidité (**H**), le sel et la graisse du fromage (**FIL 2018**). Il n'y a pas de façon unique de prédire la performance du fromage en fonction de la composition du lait et de la composition du fromage et des modèles théoriques et empiriques et de leurs formules correspondantes ont été développés. Le modèle théorique utilisé (Goudédranche *et al.*, 2008) bien qu'il existe d'autres formules plus complexes (Jakob et Hänni 2004 ; Lucey Lee,2010 ; St-Gelais, Tirard-Collet ,2002).

Certaines des formules sont d'application générale, tandis que d'autres ont été développées pour des fromages spécifiques.

Partie 02 : Recherche Expérimentale

Chapitre I

Matériel et Méthodes

1- Objectif de l'étude :

L'objectif de ce travail consiste à tester l'aptitude fromagère (aptitude à la coagulation-rendement fromager) sur des laits réceptionnés à la fromagerie Sidi-Saada de collecteurs potentiels de la wilaya de Relizane. Cette appréciation a été réalisée avec des critères simples de composition du lait et de qualité microbiologique

Lieu de l'étude :

Cette étude a été réalisée du 06/06/2021 au 07/07/2021 au niveau du Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animales LSTPA de Hassi-Mamèche Mostaganem et au niveau du laboratoire de la fromagerie Sidi-Saada.

2- Echantillonnage

Sur l'expérimentation mensuelle établie, quatre prises d'échantillons de lait ont été réalisées au niveau de la réception de la fromagerie Sidi-Saada. Echantillonnage réalisé auprès de 03 collecteurs potentiels :

- Un de Mazouna de la wilaya de Relizane,
- Un deuxième El Boustane de la wilaya de Mostaganem
- et un troisième de la wilaya de M'sila.

3- Conservation des prélèvements

Les prélèvements réalisés sont directement acheminés au laboratoire LSTPA :

- Pour le lancement des analyses.

Récupération aseptique des laits

Les échantillons de lait ont été récupérés à chaque arrivée du collecteur au niveau de la réception de la fromagerie.

4- Analyses physico-chimiques et microbiologiques

L'ensemble des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été effectuées au sein du laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animales LSTPA de l'université de Mostaganem.

4-1- Analyses physico-chimiques par le bais d'un lactoscan

Le lactoscan est un analyseur moderne qui convient à l'analyse de tout type de lait. Grâce à la technologie à ultrasons qu'il utilise, il n'est pas nécessaire de procéder à son calibrage à intervalles réguliers. Il est automatiquement calibré, sans utilisation d'ordinateur.

Dans sa version de base, lactoscan est proposé réglé pour l'analyse de lait de vache, lait de brebis et lait de chèvre.

On cite les paramètres suivants : selon C.I.P.C Lait (2011).

- a- Température
- b- pH
- c- L'extrait sec total EST
- d- L'extrait sec dégraissé ESD
- e- La teneur en matières grasses
- f- La teneur en protéines
- g- La teneur en lactose
- h- La densité
- i- Le point de congélation

5- Détermination de la flore totale, flore lactique et flore pathogène d'altération

Cette analyse a été effectuée au niveau de notre laboratoire expérimental LSTPA

5-1 Analyses microbiologiques des laits prélevés

Une analyse microbiologique est réalisée juste après la réception du matin

5-2 Préparation de la solution mère

Dans des conditions d'asepsie, 1 ml de lait est homogénéisé dans 90 ml d'eau physiologique stérile, ce qui forme la solution mère (10^{-1}). Une série de dilutions décimales

est réalisée en prélevant 1 ml de la solution mère dans 9 ml d'eau physiologique stérile, ce qui constitue la dilution 10^{-2} , puis après homogénéisation de cette dernière, la même opération est répétée pour la préparation du reste des dilutions (Guiraud, 1998).

5-3 Dénombrement des différentes flores

Les différentes flores dénombrées et les dilutions utilisées sont rapportées dans le Tableau. Les méthodes utilisées sont celles décrites dans le cas du lait cru (Normes JORA N°39 du 02/07/2017).

Tableau 06 : Flores dénombrées et dilutions utilisées dans l'analyse microbiologique des laits (Institut Pasteur d'Algérie, 2017).

Flore	Dilutions
Flore totale	$10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}$
Flore lactique	$10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}$
Flore pathogène	$10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}$

5-4 Recherche des germes totaux psychrotrophes, Mésophiles et thermophiles

Sur milieux PCA (annexe).

5-5 Recherche de la flore lactique

Se réalisé sur milieux gélosé M17 et sur milieux MRS (annexe).

6- Coagulation et la formation du coagulum

Le principe de la coagulation est le changement d'état du lait de liquide à demi-solide qui est appelé gel ou coagulum. Le produit se sépare alors en deux phases : le lactosérum et le coagulum. Le lait possède des caséines responsables de la coagulation puisqu'elles sont responsables de la stabilité de la micelle.

6-1 Coagulation acide

Grâce à un élément chargé positivement et contenant des ions H^+ , les charges négatives des caséines sont neutralisées. L'acide va déshydrater la micelle, ces micelles vont donc se rapprocher. Elles se soudent entre elles avec des liaisons fortes et irréversibles. Ces liaisons sont le résultat d'interactions hydrophobes contenant dans ce réseau des globules gras, des micro-organismes, des vitamines, du calcium, etc... On obtient un gel grâce à ces interactions.

On note également que le sel diminue les répulsions électrostatiques. Les particules peuvent donc entrer en contact, ce qui donne lieu à la floculation, et au mieux à la coagulation. La floculation est un rassemblement sous forme de petits flocons des particules d'une suspension colloïdale. Ce sont donc dans notre cas le rassemblement des micelles de caséine.

6-2 Coagulation enzymatique

Elle est réalisée grâce à un agent coagulant comme les agents biologiques que sont les enzymes. Prenons l'exemple de la présure, enzyme constituée de chymosine et de pepsine recueillie dans le suc gastrique du veau, de l'agneau ou du chevreau. La pepsine est une enzyme du suc gastrique qui décompose les protéines en peptides. La présure hydrolyse la caséine kappa de charge négative et hydrophile. On obtient avec cette réaction deux dérivés : la caséino-macro-peptide hydrophobe et électriquement neutre, et le para-caséine-kappa hydrophile et électriquement négatif. Les caséino-macro-peptides vont se lier entre eux avec des liaisons fortes grâce aux interactions électrostatiques dues à leur hydrophobie. Cette réaction est irréversible et donne un gel souple : le caillé présure. Dans cette technique, la vitesse de formation et de durcissement du coagulum augmente avec la température. Ce principe physique quant à la coagulation du lait est la première partie de la synérèse.

6-3 Caractéristiques de coagulation

La coagulation du lait se caractérise par quatre paramètres essentiels

- Le temps de prise (temps de floculation) : phase primaire
- Le temps de gélification : temps de prise x 3
- Le temps de raffermissement (ou vitesse de raffermissement) :

Phase secondaire= temps de prise x 5

-la fermeté maximale du gel ou le temps de coagulation totale : phase finale = déterminer par le fromager après un temps de raffermissement en obtenant une coupe franche du caillé au tranchage manuel

* le temps de prise est inversement proportionnel à la concentration des enzymes utilisée et au pH du lait

*Par contre le taux de raffermissement et de fermeté du gel augmente avec l'ajout de la présure au lait

*La température influe aussi sur la coagulation :

- Au-dessous de 10°C ; la gélification ne se produit pas (phase secondaire) mais l'enzyme agit (phase primaire)
- Entre 10 et 20°C ; la coagulation est lente
- Entre 30 et 42°C ; elle est progressive et meilleure
- Au-dessus de 42°C, elle diminue et pour disparaître à 55°C

* Le pH joue également un rôle très important : lorsque le pH descend au-dessous du pH du lait ; le temps de prise est plus court , le taux de raffermissement augmente et le gel devient plus ferme entre un pH de 5,8 et 6,0 .Mais à des pH élevés soit supérieurs à 6,5 la présure est inactivée .

*La composition du lait va également affecter la coagulation, le taux protéique et la quantité du calcium ajouté au lait. Le taux de raffermissement et de fermeté du gel augmentent jusqu'à des concentrations de CaCl_2 d'environ 0,01 M (molarité de CaCl_2).A des concentrations supérieures, le phénomène est inverse.

6-4 Détermination de la force coagulante

Pour la détermination de la force coagulante on a établi la démarche suivante :

- mettre 500 ml de lait frais dans un erlenmeyer puis le plonger dans un bain marie à 35°C.
- prélevé 1 ml de la présure à standardiser et la diluer dans 10 ml d'eau physiologique.

Lorsque le lait de l'erlenmeyer est à la température constante de 35°C, verser les 10 ml de présure diluée en agitant puis déclencher le chronomètre. En maintenant l'erlenmeyer dans le bain-marie, l'incliner et lui faire effectuer une légère rotation de façon à ce qu'il y ait

un film de lait sur les parois du flacon. Lorsqu'un début de floculation (prise) apparaît, arrêter le chronomètre.

Force de la présure: $F = 2400 \times 500 \text{ cc} / T \times 1 \text{ cc}$

7- Calcul du rendement fromager

Le rendement est généralement exprimé en kg de fromage obtenu à partir de 100 litres de lait

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Poids du caillé fromager}}{\text{Nombre de litres de lait mis en}} \times 100$$

-Pour pouvoir suivre l'évolution du rendement fromager, il est nécessaire de toujours peser les caillés obtenus au même stade et de comparer les caillés fromagers issus de la même espèce et de la même technologie. Les valeurs obtenues de caillé fromager lactique frais sont mesurées en moyenne de 03 répétitions de pesée sur le même caillé obtenu.

7-1 Détermination du rendement en MS ou en extrait sec total (EST)

Cette méthode consiste à une évaporation de l'eau de la prise d'essai dans une étuve (Mémert) à une température de 103°C et la pesée du résidu, selon la méthode AOAC 926.08 (F.I.L (2018)). Dans une capsule métallique préalablement séchée, 25 g de sable sec sont mélangés avec 3 g de caillé fromager à l'aide d'une baguette en verre, l'ensemble est chauffé dans un four pasteur pendant 3 heures à 103°C. Une fois le temps écoulé, la capsule est refroidie dans un dessiccateur contenant le gel de silicate. Après pesée, l'échantillon est réchauffé, refroidi et repesé dans les mêmes conditions précédentes. Cette opération est répétée jusqu'à obtention d'un poids constant.

L'extrait sec total est déterminé en utilisant la formule suivante :

$$\text{EST} = \frac{C_2 - C_0}{C_1 - C_0} \times 100$$

C0 : Masse de la capsule + le sable + la baguette en verre (g).

C1 : Masse de la capsule + le sable + la baguette en verre + le caillé fromager (g).

C2 : Masse de la capsule + le sable + la baguette en verre + le caillé fromager après étuvage (g).

Chapitre II : Résultats et Discussion

1- Résultats des analyses microbiologiques

L'évaluation de la qualité microbiologique du lait réceptionné au niveau de la fromagerie Sidi-Saada des collecteurs potentiels est présentée, dans les tableaux suivants :

Tableau 07 : Evaluation de la qualité microbiologique du lait du collecteur de Msila

ANALYSES REALISEES	Collecteur Msila (collecte journalière : 7500 litres)			
	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Germes totaux germes/ml à 37°C	1150000	915000	1650000	1350000
Germes psychrotrophes germes/ml à15°C	650000	475000	815000	675000
Germes mésophiles germes/ml à30°C	215000	110000	280000	220000
Germes thermophiles germes/ml à45°C	1250	875	1850	1050
Germes pathogènes				
Staphylococcus aureus g/ml	5	15	8	6
Coliformes g /ml	150	80	95	65
Coliformes fécaux g/ml	Absence	5	Absence	10
Salmonella g/ml	Absence	Absence	Absence	Absence
Flore lactique germes/ml				
Enterocoques lactiques germes/ml	75000	45000	88000	76500
Lactocoques germes/ml	1850	2750	3170	2625

Tableau 08 : Evaluation de la qualité microbiologique du lait de la vache du collecteur EL Boustane

ANALYSES REALISEES	Collecteur El Boustane Mostaganem (collecte journalière : 6800 litres)			
	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Germes totaux germes/ml à 37°C	1875000	1925000	2150000	1850000
Germes psychrotrophes germes/ml à15°C	950000	1115000	1350000	875000
Germes mésophiles germes/ml à30°C	450000	765000	917000	410000
Germes thermophiles germes/ml à45°C	2350	3745	4250	2105
Germes pathogènes				
Staphylococcus aureus g/ml	25	35	20	18
Coliformes g /ml	250	175	215	78
Coliformes fécaux g/ml	10	2	5	Absence
Salmonella g/ml	Absence	Absence	Absence	Absence
Flore lactique germes/ml				
Enterocoques lactiques germes/ml	125000	135000	178000	110000
Lactocoques germes/ml	5250	7100	8650	4180

Tableau 09 : Evaluation de la qualité microbiologique du lait de la vache du collecteur de Mazouna

ANALYSES REALISEES	Collecteur Mazouna			
	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Germes totaux germes/ml à 37°C	1105000	745000	1150000	1250000
Germes psychotrophes germes/ml à 15°C	350000	85000	415000	475000
Germes mésophiles germes/ml à 30°C	58000	15000	67000	71000
Germes thermophiles germes/ml à 45°C	450	150	485	517
Germes pathogènes				
Staphylococcus aureus g/ml	0	0	0	0
Coliformes g /ml	15	10	8	12
Coliformes fécaux g/ml	Absence	Absence	Absence	Absence
Salmonella g/ml	Absence	Absence	Absence	Absence
Flore lactique germes/ml				
Enterocoques lactiques germes/ml	12000	2500	18000	21000
Lactocoques germes/ml	3500	280	4750	5250

Tableau 10 : Evaluation de la qualité microbiologique du lait de mélange destiné à la fromagerie

ANALYSES REALISEES	Lait de mélange			
	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Germes totaux germes/ml à 37°C	1325000	1610000	1250000	1850000
Germes psychrotrophes germes/ml à 15°C	515000	745000	435000	918000
Germes mésophiles germes/ml à 30°C	185000	298000	121500	325000
Germes thermophiles germes/ml à 45°C	7350	8975	5150	10075
Germes pathogènes				
Staphylococcus aureus g/ml	3	12	2	18
Coliformes g /ml	225	375	115	270
Coliformes fécaux g/ml	2	5	Absence	3
Salmonella g/ml	Absence	Absence	Absence	Absence
Flore lactique germes/ml				
Enterocoques lactiques germes/ml	110000	175000	92000	196500
Lactocoques germes/ml	3215	4875	1360	7840

-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. Il est donc important, qu'un contrôle rigoureux de la qualité physico-chimique du lait ainsi que de sa qualité microbiologique soient instaurées pour obtenir la qualité escomptée pour une transformation laitière

1-1 Germes pathogènes

L'étude microbiologique des laits a révélé aussi la présence de *Staphylococcus aureus* qui peuvent déclencher des infections mammaires subcliniques chez les vaches en lactation des producteurs de la région.

Ce taux de *Staphylococcus* se situe entre 5 et 15 germes /ml sur le lait collecté de Msila et entre 18 et 35 germes /ml sur le lait collecté du collecteur ELBoustane avec une absence dans le lait de Mazouna et une présence d'une moyenne de 2 à 18 germes/ml sur le lait de mélange destiné à la fromagerie (norme F.I.L et JORA < à 100 germes/ml)

Les staphylocoques sont des germes pathogènes qui vivent sur la peau et les muqueuses de l'animal. S'ils rentrent dans la mamelle, ils peuvent s'y multiplier provoquant une mammite et l'augmentation des risques de contaminations. Les sources de contaminations sont multiples, invisibles et cumulables. Elles peuvent être au niveau de l'animal, de la traite, du matériel de la conduite sanitaire du troupeau (absence ou mauvaise conduite des protocoles de traitements des mammites)

La présence des coliformes, germes pathogène, témoignant une contamination fécale à cause des mauvaises pratiques d'hygiène à la traite

Cette présence a été déterminée sur le lait avec un taux de coliformes totaux allant de 65 à 150 germes /ml pour le lait collecté de Msila, contre 78 à 250 germes/ml pour le lait collecté du collecteur ELBoustane, 8 à 15 germes/ml pour le lait de Mazouna et finalement 115 à 375 germes/ml pour le lait de mélange (norme F.I.L et JORA < à 500 germes/ml de lait).

Chez ces mêmes vaches en lactation on note la présence de la contamination fécale par la présence sur leur lait des coliformes fécaux avec un ordre moyen de 2 à 15 germes /ml.

En effet nos laits sont de qualité acceptable avec une présence d'une contamination fécale par les coliformes totaux inférieure aux normes FIL et JORA (norme F.I.L et JORA < à 500 germes/ml de lait). Seulement, il y a lieu de revoir le protocole d'hygiène suite à la présence des coliformes fécaux qui sont d'origine intestinale et donc fécale, on retrouve les coliformes sur toutes surfaces souillées ou ayant été en contact avec les excréments : muqueuses, peau, matériel puis le lait.

Du fait de leur facilité d'adaptation et de leur vitesse de croissance, quelques bactéries peuvent créer en quelques jours une population dominante. Les coliformes sont des traceurs d'hygiène : le suivi régulier de la propreté visuelle et des conditions de développement sont la base de la prévention :

Par l'observation régulière de la propreté à chaque étape du circuit du lait : animaux, trayons, matériel de traite, de stockage et de fabrication, mains et vêtements des manipulateurs...

En s'assurant de la qualité de l'eau utilisée pour les nettoyages En limitant l'entrée de poussières dans le lait : par la réduction des aspirations d'air externe par la machine à traire ou en traite manuelle dans une ambiance infecte.

1-2 Germes totaux

Les germes totaux nous renseignent toujours sur la qualité microbiologique du lait, ils sont considérés comme le facteur déterminant la durée de conservation du lait frais (Guinot-Thomas *et al.*, 1995). C'est la flore la plus recherchée dans les analyses microbiologiques. L'énumération de cette flore dans nos laits montre que nos échantillons sont de qualité non conforme au vu des normes F.I.L qui fixent le seuil de contamination à 500000 germes par ml. Nos laits récoltés présentent un seuil important en germes taux avec une moyenne de 915000 à 1650000 germes /ml pour le lait de Msila et de 1850000 à 2150000 germes /ml pour le lait du collecteur ELBoustane contre 745000 à 1250000 germes/ml pour lait de Mazouna et enfin de 1250000 à 1850000 germes/ml pour lait de mélange ce qui révèle un manque de respect des bonnes pratiques de traite.

Comparant nos résultats avec celle de Jakob *et al.*, 2011, la flore mésophile (norme inférieure à 150000 germes/ml) et la flore psychrophile (norme inférieure à 25000 germes/ml) dépassent les normes tolérables à cause des opérations de pré-traite ; lavettes mamelles, ustensiles et matériel utilisés lors de la traite mal entretenus et mal désinfectés après les opérations de traite manuelle effectuée.

Caucquil (2011) montre que la traite manuelle apporte plus de bactéries mésophiles et de coliformes que la traite mécanique automatisée qui est plus maîtrisable sur le plan nettoyage et respect des règles d'hygiène à la traite.

1-3 Flore lactique utile

La Fédération Internationale du Lait (F.I.L) a défini la norme tolérable de présence à la traite du lait de vache d'un seuil tolérable < à 85000 germes/ml de lait pour éviter toute altération du lait avant son ramassage et son transfert vers la transformation.

Dans notre étude, nous avons dénombré la présence d'une flore lactique dominée par des entérocoques lactiques avec un taux de 45000 à 88000 germes /ml sur le lait de Msila contre 110000 à 178000 germes/ml pour le lait du collecteur ELBoustane, 2500 à 21000 germes/ml pour le lait de Mazouna et enfin 92000 à 196500 germes/ml pour le lait de mélange destiné à la fromagerie.

La présence des lactocoques dans les différents laits avec une moyenne entre 280 et 8650 germes/ml dans les laits collectés et 1360 – 7840 germes /ml dans le lait de mélange témoigne de la nativité de cette flore d'intérêt fromager dans les laits de la région. Cette observation concorde avec celle de Dahou *et al.*, 2015.

On a obtenu 15 isolats (09 isolats d'entérocoques lactiques et 06 isolats de *lactocoques*) se sont avérés gram positif et catalase négative ce qui est caractéristique des bactéries lactiques. La culture des entérocoques lactiques a été établie en aérobiose sur milieu M17 à pH 6,5 et à

une température des thermophiles de 45°C tandis que les *lactocoques* sur milieu M17 à pH 6,5 et à une température de d'incubation de 30°C.

Le lait recueilli après la traite contient toujours des microorganismes dont le nombre et les espèces auxquels ils appartiennent sont très variables.

La présence inévitable de ces germes est due à des contaminations d'origine intra-mammaire et extra-mammaire qu'il est nécessaire de limiter le plus possible en raison du rôle néfaste qu'elles peuvent avoir sur la conservation du lait et sur la qualité et le rendement des produits fabriqués.

A la sortie de la mamelle, même lorsque celle-ci est saine et que la traite est effectuée dans des conditions rigoureuses d'hygiène, le lait contient habituellement une centaine à quelques milliers de bactéries par ml.

Il s'agit de germes banaux appartenant le plus souvent aux genres lactiques *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Micrococcus* et *Streptococcus* et parfois de germes pathogènes. Ils proviennent du milieu extérieur d'où ils pénètrent dans la mamelle par le canal du trayon. Ils sont entraînés avec le lait au moment de la mulsion (Badis *et al.*, 2005 ; Bouton *et al.*, 2006 ; Dahou *et al.*, 2017).

Nos résultats concordent aussi avec ceux de (Benzakour *et al.* , 2009 ; Vignola ,2002)

2- Résultats des analyses physico-chimiques

Evaluation de la qualité physico-chimique des laits collectés

Tableau 11 : Evaluation de la qualité physico-chimique du lait du collecteur de Msila

ANALYSES REALISEES	Collecteur de Msila			
	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Ca/P	1,17	1,32	1,21	1,16
Rendement fromager %	11,8	11,7	11,81	11,5
Rendement en MS%	18,3	17,7	18,1	18
Temps de prise min	10	11	11	12
Temps de gélification min	32	34	36	38
Temps de raffermissement Min	65	70	73	75
Force coagulante	1/18000	1/17000	1/15000	1/14500
PH	6,58	6,48	6,37	6,42
Extrait sec total %	10,1	10,2	10,05	10,3
Matière protéique %	2,97	2,99	3,01	2,99
Matière grasse %	3,25	3,1	3,15	3,2
Lactose %	4,54	4,66	4,55	4,52
Cryoscopie °C	-0,531	-0,538	-0,529	-0,533
Densité du lait à 20°C	1029	1030	1028	1030

Tableau 12 : Evaluation de la qualité physico-chimique du lait du collecteur El Boustane Mostaganem

ANALYSES REALISEES	Collecteur El Boustane			
	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Ca/P	1,22	1,26	1,21	1,22
Rendement fromager %	10,75	10,1	10,2	10,2
Rendement en MS%	16,52	16,8	17,1	17,3
Temps de prise min	8,5	7,5	8	8
Temps de gélification min	27	24	25	26
Temps de raffermissement Min	47	42	45	46
Force coagulante	1/21000	1/24000	1/22000	1/20000
PH	6,62	6,61	6,63	6,59
Extrait sec total %	11,2	11,4	11,1	11,3
Matière protéique %	3,12	3,14	3,1	3,13
Matière grasse %	3,4	3,2	3,3	3,25
Lactose %	4,82	4,78	4,77	4,76
Cryoscopie °C	-0,548	-0,543	-0,545	-0,545
Densité du lait à 20°C	1033	1032	1032	1032

Tableau 13 : Evaluation de la qualité physico-chimique du lait du collecteur de Mazouna

ANALYSES REALISEES	Collecteur de Mazouna			
	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Ca/P	1,32	1,38	1,33	1,32
Rendement fromager %	9,98	9,95	9,97	9,96
Rendement en MS%	16,2	15,9	16,1	16
Temps de prise min	6,5	6	6	6
Temps de gélification min	19,5	19	18	19
Temps de raffermissement Min	28	27	26	27
Force coagulante	1/28000	1/28500	1/29000	1/28500
PH	6,64	6,62	6,61	6,62
Extrait sec total %	11,5	11,7	11,6	11,7
Matière protéique %	3,2	3,24	3,22	3,18
Matière grasse %	3,3	3,37	3,41	3,38
Lactose %	4,87	4,67	4,72	4,78
Cryoscopie °C	-0,548	-0,549	-0,549	-0,546
Densité du lait à 20°C	1033	1032	1031	1031

Tableau 14 : Evaluation de la qualité physico-chimique du lait du mélange destiné à la Fromagerie

ANALYSES REALISEES	Lait de mélange			
	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Ca/P	1,21	1,22	1,24	1,19
Rendement fromager %	11,4	11,6	11,8	11,3
Rendement en MS%	17,7	17,4	17,6	17,8
Temps de prise min	11	11	11	12
Temps de gélification min	35	34	36	37
Temps de raffermissement Min	72	71	74	78
Force coagulante	1/16500	1/16800	1/17000	1/17100
PH	6,47	6,49	6,42	6,46
Extrait sec total %	10,3	10,4	10,2	10,35
Matière protéique %	2,99	2,99	2,97	3,01
Matière grasse %	3,1	3,2	3,1	3,1
Lactose %	4,61	4,62	4,59	4,57
Cryoscopie °C	-0,538	-0,537	-0,532	-0,539
Densité du lait à 20°C	1029	1029	1029	1030

L'aptitude du lait à la transformation s'apprécie à partir d'une qualité du lait pour une affectation technologique appropriée (Cauty et Perreau. 2009, Cremona. 2003 ; Jakob et Hänni, 2004).

L'intérêt nutritionnel du lait réside dans sa richesse en nutriments de base (protéides, lipides et glucides) mais aussi en matière minérale.

Il paraît évident que l'analyse des laits avant leur transformation et leur caractérisation sur le plan physico-chimique peuvent aider à mieux orienter les technologues sur les possibilités de leur exploitation industrielle et leur valorisation efficace.

-La qualité physico-chimique des laits a été évaluée et les résultats sont regroupés dans les tableaux 11, 12, 13 et 14.

2-1 Matière sèche

D'après les résultats, nous constatons que les teneurs en matière sèche des laits collectés avoisinent les normes de la FIL de 11 à 12 %. (Voir annexe III :Norme d'analyse).

En effet, les échantillons de lait collectés ont une teneur moyenne en matière sèche autour de 11% entre 10,05 et 11,7%.

Un déséquilibre dans l'alimentation du bétail influe sur l'extrait sec total du lait, puisque les éléments qui composent le lait proviennent de l'alimentation.

2-2 Rapport Ca/P

D'après les résultats des tableaux le rapport Ca/P sur les laits collectés est en dessous de la norme tolérable (1,4 à 1,6) recommandée par la FIL Référence ISO 707/ F.I.L octobre 2018 soit avec un rapport minéral donnant une moyenne variable entre 1,16 et 1,38.

La fraction minérale du lait joue un rôle important en technologie laitière et plus précisément fromagère (coagulation-synérèse et texture du caillé fromager).En effet toute modification dans la répartition minérale se répercute sur les propriétés technologiques des laits et les propriétés rhéologiques du coagulum (Desmasures, 1995 ; Eck *et al.* , 2006)

2-3 pH

À travers nos résultats les valeurs du pH de nos échantillons de lait sont normalisées chez nos collecteurs et varient entre 6,37 et 6,64 contre 6,42 à 6,49 pour le lait de mélange (tableaux 10,11,12 et 13)

Toute baisse du pH favorise la solubilisation des minéraux, la déstabilisation des micelles de caséines conduisant à des pertes excessives au niveau du lactosérum lors de la transformation à influence directe sur la qualité de nos fromages.

Le pH joue également un rôle très important dans la coagulation des laits ; lorsque le pH descend est au-dessous du pH du lait ; le temps de prise est plus court , le taux de raffermissement augmente et le gel devient plus ferme entre un pH de 5,8 et 6,0 .Mais à des pH élevés soit supérieurs à 6,5 la présure est inactivée (Eck *et al.*,2006).

2-4 Teneur en matière grasse

D'après les résultats de la matière grasse donnés sur les tableaux nous remarquons que la teneur en matière grasse de nos échantillons de laits collectés est autour de 3,1 à 3,41% contre une moyenne de 3,1 à 3,2% sur nos laits de mélange.

Cette teneur conforme à la norme rentabilise nos laits par leur standardisation-écrémage (écrémage de 40% de la matière grasse), la production d'une part des produits gras (beurre et crème fraîche) et d'autre part des produits laitiers avec des G/S conformes.

Les fluctuations des teneurs en matière grasse est sous l'influence des conditions d'élevage telles que le stade de lactation, l'alimentation (stratégie d'alimentation beaucoup plus basée sur les concentrés), les pratiques adoptées à la traite (Luquet *et al.*, 1991).

La texture des produits laitiers fermentés dépend de la teneur du lait en matière grasse. En effet, en plus de la teneur en eau et les proportions d'acides gras longs poly saturés qui se trouvent dans le lait déterminent la texture des produits laitiers : texture extra dure, demi-molle, molle, etc. Par exemple, avec plus de 60 % de matière grasse et plus de 70 % d'eau, on obtiendra des produits laitiers avec une texture onctueuse.

Par contre, une trop forte teneur en matière grasse peut entraîner des problèmes d'égouttage et de coagulation des fabrications fromagères.

2-5 Le lactose

Le taux lactose dans nos laits collectés est conforme aux normes F.I.L (entre 4,52 et 4,87%). En tant que sucre disaccharide présent en solution dans le lait, généralement le principal élément solide du lait utilisé par les bactéries lactiques en fermentation lactique pour produire de l'acide lactique nécessaire à la coagulation lactique une étape majeure dans la fabrication d'un fromage à caillé mixte le camembert.

2-6 Teneur en matière protéique

Selon les résultats des tableaux, nous observons que les échantillons des laits de nos collecteurs présentent des niveaux plus au moins tolérables soit une moyenne en matière protéique de l'ordre de 2,97 à 3,24 %. Il est noté qu'un lait transformable doit avoir un taux protéique préconisé par la FIL pour la transformation laitière atteignant l'ordre de 3,1 à 3,4% de M.P

Les caséines sont des protéines (80% des protéines du lait) constituent la majeure partie des composants azotés du lait. Celui-ci étant une émulsion – ici, un mélange aqueux de lactosérum, de globules gras et de micelles de caséines dispersées – il devrait y avoir décantation des éléments au cours du temps. La formation de micelles grâce à la caséine kappa, ou k-caséine, permet une homogénéité du lait et donc une stabilisation de son émulsion.

2-7 La cryoscopie

La cryoscopie ou le point de congélation du lait est modifié par la présence de solutés ou par dilution du lait au ramassage entraînant un mouillage.

La valeur du point de congélation est calculée après mesure de la conductivité et détermination de la composition du lait.

Le mouillage d'un lait est une opération frauduleuse qui consiste à ajouter de l'eau au lait normal. Le mouillage entraîne l'abaissement des teneurs en éléments constitutifs du lait et par conséquent diminution de son extrait sec et une élévation de son point de congélation qui tendra vers 0°C.

La densité se rapproche de 1 (celle de l'eau). La température de congélation devient supérieure à $-0,52^{\circ}\text{C}$. Le taux de matières grasses diminue. Le mouillage est suspecté si la densité est faible. La norme du point de congélation d'un lait normal selon la FIL doit être entre $-0,525^{\circ}\text{C}$ et $-0,540^{\circ}\text{C}$

En se basant sur le point de congélation, on pourra calculer le taux de mouillage en tenant compte de la norme.

Le pourcentage T d'eau ajoutée au lait

$$T = ((0,520 - p_c) / 0,520) \times 100$$

P_c : représente le point de congélation de l'échantillon prise en valeur absolue

La température de référence du lait de vache et de $-0,520^{\circ}\text{C}$

Les résultats anormaux $< -0,510^{\circ}\text{C}$ en vache sont confirmés par la méthode de référence au cryoscope à thermistance.

Nos résultats portés sur les tableaux montrent que nos échantillons de laits collectés sont conformes à celles de la F.I.L (voir annexe).

2-8 Densité du lait

La densité d'un liquide est la masse volumique du liquide sur la masse volumique de l'eau. Pratiquement, on détermine la densité du lait à l'aide d'un lactodensimètre, celle-ci est calculée à 20°C . Pour les résultats obtenus, il convient d'effectuer une correction de la densité lue en fonction de la température du lait.

Tenant compte des résultats obtenus les échantillons de laits collectés sont conformes à la norme FIL avec en moyenne une densité à 20°C de 1028 à 1033.

La prise de la densité est une opération très importante dans les analyses du lait à la réception et contribue à l'évaluation des pratiques frauduleuses.

2-9 Contrôle de la coagulation de nos mélanges de lait et la formation du coagulum

Le principe de la coagulation est le changement d'état du lait de liquide à demi-solide qui est appelé gel ou coagulum (Eck et *al.* 2006). Le produit se sépare alors en deux phases : le lactosérum et le coagulum. Le lait possède des caséines responsables de la coagulation puisqu'elles sont responsables de la stabilité de la micelle.

La coagulation du lait se caractérise par trois paramètres essentiels :

- Le temps de prise (temps de floculation) : phase primaire
- La fermeté du gel ou le temps de coagulation partielle : phase secondaire
- Le taux de raffermissement (ou vitesse de raffermissement) : phase tertiaire
- La coagulation totale : phase finale

* le temps de prise est inversement proportionnel à la concentration des enzymes utilisée et au pH du lait : dans notre cas le temps de prise est entre 6 et 12 minutes pour nos différents échantillons de laits collectés soit une totale conformité par rapport à la norme F.I.L. (Voir annexe)

*Par contre le taux de raffermissement et de fermeté du gel augmente avec l'ajout de la présure au lait.

Notre temps de coagulation partielle est 3 fois le temps de prise, le temps de raffermissement est 5 fois le temps de prise et la coagulation totale est déterminée selon le doigté du fromager par l'obtention d'une coupe franche non friable 05 minutes après l'écoulement du temps de raffermissement. Nos résultats concordent avec les normes FIL destinées à la transformation fromagère. (Voir annexe)

*La température influe aussi sur la coagulation totale

- Au-dessous de 10°C ; la gélification ne se produit pas (phase secondaire) mais l'enzyme agit (phase primaire)
- Entre 10 et 20°C ; la coagulation est lente
- Entre 30 et 42°C ; elle est progressive et meilleure
- Au-dessus de 42°C, elle diminue et pour disparaître à 55°C

Nous avons préconisé dans nos contrôles des échantillons de laits testés une température de 37°C nécessaire à l'obtention d'un caillé ferme avec une coagulation progressive évolutive.

* Le pH joue également un rôle très important : lorsque le pH descend au-dessous du pH du lait ; le temps de prise est plus court , le taux de raffermissement augmente et le gel devient plus ferme entre un pH de 5,8 et 6,0 .Mais à des pH élevés soit supérieurs à 6,5 la présure est inactivée .

*La composition du lait va également affecter la coagulation, le taux protéique et la quantité du calcium ajouté au lait .Le taux de raffermissement et de fermeté du gel augmentent jusqu'à

des concentrations de CaCl_2 d'environ 0,01 M (molarité de CaCl_2). A des concentrations supérieures, le phénomène est inverse.

Le déficit minéral a été complété par l'adjonction de 0,25 g/L de chlorure de calcium (CaCl_2) pour réajuster l'équilibre minéral.

2-10 Détermination du rendement fromager

Le rendement est généralement exprimé en kg de fromage obtenu à partir de 100 litres de lait ou en g pour 100 ml de lait (voir la formule ci-dessous).

$$\text{Rendement (kg/100L)} = \frac{\text{poids de fromages obtenu}}{\text{nombre de litres de lait mis en œuvre}} \times 100 \quad (1)$$

Toute augmentation du taux protéique (TP) est favorable au rendement. Plus précisément, c'est la teneur en caséines (protéines coagulables) qui favorise le rendement.

Au niveau de la fromagerie, améliorer son rendement fromager commence donc tout simplement par une surveillance et une amélioration du TP (Dahou *et al.*, 2021).

Nos échantillons de laits collectés présentent un rendement fromager en % avec une moyenne de 9,95 à 11,81% et un rendement en M.S de 15,9 à 18,3% soit en dessous des normes respectives de minimum 12 % pour le rendement fromager et de minimum 19% pour le rendement en M.S. Cette non-conformité témoigne de la faiblesse de nos laits de vache en extrait sec total et en matière protéique.

Pour le lait de mélange; les 02 rendements sont plus au moins conformes à la norme soit entre 11,3 et 11,8% pour le rendement fromager et entre 17,4 et 17,8% pour le rendement en MS. Soit tenant compte des normes FAO du codex alimentarius et de la (FIL, 2018).

Conclusion et perspectives

Conclusion et Perspectives

Le lait est un aliment dont l'importance nutritionnelle n'est plus à démentir. En effet, il constitue le premier apport protéique de l'être humain et le premier aliment naturel complet dès le jeune âge. Il renferme les nutriments de base nécessaire au bon développement de l'organisme humain. Il demeure en même temps indispensable tout au long de la vie.

L'étude réalisée est orientée vers l'appréciation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du lait cru destiné à une utilisation industrielle pour une transformation fromagère. L'analyse physico-chimique a montré que le lait collecté par la fromagerie Sidi-Saada présente globalement une composition acceptable, particulièrement en ce qui concerne les teneurs en nutriments de bases (matière grasse, matière protéique et matière minérale).

Il est important de signaler que le lait collecté présente une déficience en ce qui suit :

- Une teneur protéique inférieure autour de 2,97 à 3,24% à cause d'un régime alimentaire faible non riche en protéines ;
- Un taux de matière grasse appréciable estimé en moyenne entre 3,1 à 3,41%. L'excès de matière grasse nécessite sa standardisation dans le lait pour une récupération en produits dérivés;
- Une moyenne de la teneur en extrait sec total comprise entre 10,05 et 11,7%;
- Une fraction minérale représentée par le rapport Ca/P en dessous de la norme technologique pour les laits frais soit entre 1,16 et 1,38

La fraction minérale du lait joue un rôle important en technologie laitière et plus précisément fromagère (coagulation-synérèse et texture du caillé fromager).En effet toute modification dans la répartition minérale se répercute sur les propriétés technologiques des laits et les propriétés rhéologiques du coagulum

- Une densité appréciable avec une moyenne de 1028 à 1033 avec une cryoscopie conforme autour de -0,529 à -0,549°C, c'est-à-dire un non mouillage du lait ;
- Un pH du lait normalisé de 6,37 et 6,64 ;

Cette étude nous a permis de déterminer les facteurs de variation de l'aptitude de nos échantillons de lait à la coagulation mises en

Conclusion et perspectives

évidence en conditions expérimentales. Ainsi à l'échelle de l'exploitation les facteurs de variation de la fermeté du gel sont maintenant bien connus et les leviers d'action dont disposent la ferme expérimentale pour améliorer ce critère et atteindre le rendement fromager escompté sont bien identifiés .Ils sont essentiellement d'ordre alimentaire (amélioration du niveau énergétique des rations et maîtriser les bonnes pratiques d'élevage).

La répétition des mesures physico-chimiques sur le lait frais nous a permis de confirmer les résultats pour l'adaptation- orientation de nos laits produits à la transformation fromagère par un amendement protéique avec du lait reconstitué à base d'une poudre lait fromagère apportant l'équilibre nécessaire à une bonne coagulation et l'obtention du rendement fromager escompté.

Sur le plan bactériologique et hygiénique, on constate la présence d'une flore totale abondante dépassant la norme tolérable 5.10^5 germes/ml, ce qui révèle un manque de respect des bonnes pratiques de traite.

L'étude microbiologique des laits a révélé aussi la présence de *Staphylococcus aureus* qui peuvent déclencher des infections mammaires subcliniques chez les vaches en lactation de la ferme expérimentale

La présence des coliformes, germes pathogène, témoignant une contamination fécale à cause des mauvaises pratiques d'hygiène à la traite

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, et l'environnement d'élevage qui constituent des facteurs prépondérants de l'instabilité de la qualité du lait au niveau des exploitations d'élevage. Il est donc important, de mettre en place un protocole des bonnes pratiques d'élevage à mettre à la disposition des éleveurs.

Conclusion et perspectives

En perspectives , l'appréciation des propriétés technologiques des laits collectés par la Fromagerie Sidi-Saada demeure un sujet d'actualité pour lequel les échanges doivent s'intensifier entre zootechniciens et technologues à l'atteinte des résultats escomptés sur le plan amélioration de la production , qualité des laits et leur aptitude à la transformation.

Annexes

Annexe A :

Milieux RCM (g /l) Mode d'emploi

- Faire fondre le milieu (s'il est préparé à l'avance).
- Refroidir et maintenir à 44-47°C.
- Transférer 1 mL du produit à analyser et de ses dilutions décimales dans des boîtes de Pétri stériles.
- Couler 15 mL de milieu.
- Homogénéiser parfaitement.
- Laisser solidifier sur une surface froide.
- Placer les boîtesensemencées dans une jarre pour anaérobiose.
- Incuber entre 30 et 55°C pendant 1 à 10 jours selon le type de germes à énumérer.

Composition en g/l :

- Tryptone..... 10,0 g
 - Extrait de viande 10,0 g
 - Extrait autolytique de levure..... 3,0 g
 - Cystéine (chlorhydrate) 0,5 g
 - Glucose. 5,0 g
 - Amidon soluble 1,0 g
 - Chlorure de sodium. 5,0 g
 - Acétate de sodium 3,0 g
 - Agar agar bactériologique..... 15,0 g
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 6,8 ± 0,2.

Bouillon lactosé au BCP

Mode D'emploi

Milieu simple concentration :

Inoculer les tubes avec 1 ml d'inoculum et de ses dilutions décimales successives

Milieu double concentration :

Inoculer les tubes avec 10 ml d'inoculum.

Incubation:

Inoculer les tubes ensemencés à 30°C pendant 24 et 48 heures.

Composition en g/l :

Pour 1 litre de milieu :

- Tryptone.	5,0 g
- Extrait de viande	3,0 g
- Lactose.....	5,0 g
-Pourpre de bromo crésol....	25,0 mg

pH du milieu prêt-à-l' emploi à 25°C : 6,7 ± 0,2.

Milieux Baird-Parker:Composition en g/l :

Peptone pancréatique de caséine	10,00
Extrait de viande de boeuf	5,00
Extrait de levure	1,00
Chlorure de lithium.....	5,00
Glycine.....	12,00
Pyruvate de sodium	10,00
Agar	20,00

Le milieu prêt à l'emploi en boîtes de Pétri contient en plus des 950 ml du milieu de base

Solution de jaune d'oeuf 50 ml

Tellurite de potassium à 10 g/110 ml

pH final à 25°C : 7,0 ± 0,2

Milieux M 17 Mode D'emploi

- Refroidir et maintenir le milieu à 47°C.
- Transférer 1 mL du produit à analyser et de ses dilutions décimales dans des boîtes de Pétri Stériles.
- Couler 15 mL de milieu.
- Homogénéiser parfaitement.
- Laisser solidifier sur une surface froide.
- Incuber :
 - à 37°C pendant 48 heures pour *Streptococcus thermophilus*.
 - à 30°C de 48 à 72 heures pour les lactocoques mésophiles.

Composition en g/l :

- Tryptone.....	2,50 g
- Peptone pepsique de viande.....	2,50 g
- Peptone papaïnique de soja.....	5,00 g
- Extrait autolytique de levure.....	2,50 g
- Extrait de viande	5,00 g
- Lactose.....	5,00 g
- Glycérophosphate de sodium.....	19,00 g
- Sulfate de magnésium.....	0,25 g
- Acide ascorbique.....	0,50 g
- Agar agar bactériologique.....	15,00 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,1 ± 0,2.

Mileux MRS Composition en g/l :

Peptone	10,00
Extrait de viande.....	10,00
Extrait de levure	5,00
Glucose	20,00
Citrate d'ammonium.....	2,00
Acétate de sodium	5,00
Sulfate de magnésium.....	0,10
Sulfate de manganèse	0,05
Polysorbate 80.....	1,00
Agar	15,00

pH final à 25°C : 6.5 ± 0,2

Gélose Pour Dénombrement (PCA) Composition en g/l :

- Tryptone.....	5,0 g
- Extrait autolytique de levure.....	2,5 g
- Glucose.....	1,0 g
- Agar agar bactériologique.....	12,0 g

PH du milieu prêt-à-l' emploi à 25°C : 7,0 ± 0,2.

Annexe C :

Normes d'évaluation de la qualité hygiénique et microbiologique du lait :

Normes d'évaluation de la qualité hygiénique et microbiologique du lait selon la Fédération Internationale du lait (F.I.L 2018) Normes définies pour les analyses microbiologiques et chimique des produits laitiers).

Tableau 15 : Normes d'évaluation de la qualité hygiénique et microbiologique du lait (D'après FIL, 2018)

ANALYSES REALISEES	Normes
	F.I.L
cellules somatiques /ml	moins de 400000
butyriques spores /L	Absence
germes totaux germes /ml à 37°C	inférieure à 500000 germes /ml
germes psychrotrophes /ml à 15°C	moins de 25000
germes mésophiles /ml à 30°C	moins de 150000
germes thermophiles/ml à 45°C	moins de 1000
germes pathogènes	
Staphylococcus aureus	100
Coliformes	500
Coliformes fécaux	Absence
Salmonella	Absence dans 25 ml
flore lactique	inférieure à 85000 germes /ml
Enterocoques lactiques	
Lactocoques	

Normes d'évaluation de la qualité physico-chimique du lait :

Normes d'évaluation de la qualité physico-chimique du lait selon la Fédération Internationale du lait (F.I.L 2018) Normes définies pour les analyses microbiologiques et chimique des produits laitiers).

Tableau 16 : Normes d'évaluation de la qualité physico-chimique du lait (d'après FIL, 2018)

ANALYSES REALISEES	Normes
	F.I.L
calcium mg/100ml	120 à 140
Phosphore mg/100 ml	85 à 90
ca/P	1,4 à 1,6
lipolyse meq / 100g de MG	moins de 0,89 meq/100 g de MG
Urée mg/L	200 à 300
Rendement fromager %	12 à 12,5
Rendement en MS%	19 à 21
Temps de prise min	5 à 8 min
Temps de gélification min	15 à 24 min
Temps de raffermissement min	25 à 40 min
Force coagulante	1/10000 à 1/15000
PH	6,6 à 6,8
Extrait sec total %	11 à 12%
Matière protéique %	3,1 à 3,4%
Matière grasse %	3 à 3,6%
Lactose %	4,2 à 5,2%
Cryoscopie °C	entre -0,525 à -0,540
Densité du lait à 20°C	1030 à 1034

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

- 1- **Aggad, Mahouz, Ahmed Ammar et Kihal, 2009.** Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. *Revue Méd. Vét.*, 160, 12. pp : 590-595.
- 2- **Alais, 1975.** *Science du lait, principe de techniques laitiers.* 37eme editions, Paris. Appontais, p 807.
- 3- **Alves D'Oliveira, 2007.** *Composition chimique du lait*, (en ligne). Cours de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, Alimentation des Animaux, [<http://www2.vet-lyon.fr/ens/nut/webBromato/cours/cmlait/compolai.html>] (consulté le 26/06/09).
- 4- **Amhour, Saidi, Hamama, et Zahar, 2010.** Qualité microbiologique du lait cru: Cas de la région d'Errachidia. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 18(1), 31-35.
- 5- **Amiot, Fournier, Lebeuf, Paquin, Simpson, 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyses du lait. IN« science et technologie du lait». Tec et Doc LAVOISIER. pp : 1-73.

B

- 6- **Badis, Aouabdia-Sellami, Guetarni, Kihal, Ouzrout .2005.** Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales « Arabia et Kabyle ». *Sciences et Technologie C N23* :30-37
- 7- **Bank, Banks, Muir, Tamime, 1984.** A comparison of cheese yields and cheese making efficiency using seasonal and standardized milk. *Dairy technology*. 37: 38- 88
- 8- **Benhedane A. NEE Bachtarzi, 2012.** Mémoire De Magister en Sciences Alimentaires, Qualité Microbiologique du Lait Cru Destine A La Fabrication D'un Type De Camembert Dans Une Unité De L'est Algérien. Université MENTOURI .Constantine.
- 9- **Benzakour, Berny, Elmoualdi, Labioui, Ouhssine et Yachioui, 2009.** Étude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 148. pp : 7-16.
- 10- **Blanc, 1982.** Les protéines du lait a activité enzymatiques et hormonale, volume62, 1ère édition, p95.
- 11- **Boutonnier, 2008.** Matière grasse laitière Composition, organisation et propriétés. pp : 15.

12- Bouton, Guyot, Beuvier , 2006 . Diversité génomique et temporelle des flores lactiques : lactobacilles, bactéries propioniques et entérocoques isolés de laits crus. Colloque SFM.7 Novembre, Paris.

C

13- Caucquil, 2011. Incidence des pratiques d'élevage sur les équilibres microbiens de la litière, de la peau des trayons et du lait cru en filière AOP Comte. Thèse de Docteur vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique-ONIRIS. pp: 81-170.

14- Cauty, et Perreau, 2009. *Conduite du troupeau bovin laitier. Production, Qualité Rentabilité.* 2^{ème} édition France Agricole.

15-C.I.P.C Lait /Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles 2011.

Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse physico-chimiques des laits et des produits laitiers (méthodes de référence AFNOR/ lait n°2011-02).

16- Claude et Champagne, 1998. Production de ferment lactique dans l'industrie laitière, volume12, 3ème édition, p210.

17- Codex Alimentarius, 1999. Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie CODEX STAN 206-1999. pp : 1-4.

18- Coulon et Hoden , 1991. Maitrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. INRA Prod. Anim., 4 (5).pp: 361-367.

19- Cremo. (2003). *Problèmes de qualité du lait ? – Causes possibles et mesures à prendre.* Brochure 1^{ère} édition Paris. 3p.

20- Croguennec, Jeantet, Brulé, 2008. Fondements physicochimiques de la technologie laitière. TEC & DOC-Lavoisier. Paris.161p.

D

21- Dahou .A, Homrani .A, Bensaleh .F et Medjahed .M.(2015).

La microflore lactique d'un fromage traditionnel Algérien « type j'ben » : connaissance des écosystèmes microbiens laitiers locaux et de leurs rôles dans la fabrication des fromages. Afrique Science 11(6) (2015) 1 - 13 1 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>

22- Dahou .A, Bekada .A, Homrani. A, Latreche. B and Ait Saada. D. (2017).

Effect of processing technology on the biodiversity of the bacterial flora of an industrial

cheese camembert soft type. ADVANCES IN BIORESEARCH. Vol. 8 [6] 2017.Online ISSN 2277-1573 Print ISSN 0976-4585

23- Dahou. A, Medjahed. M, Aissaoui. C, Homrani. A. (2021). Approche préliminaire sur la fromageabilité des laits collectés au niveau d'une fromagerie industrielle. *Revue Algérienne des Sciences/ <http://univ-eltarf.dz/fr/>* ISSN : 2661-7064. Volume 6, Issue 1 : 34-39, Janvier 2021.

24- **Dalgleish, 1982.** Milk products. Chemistry and physics food protein London. *Recueil des médecins vétérinaire*. 170 : 367- 374.

25- **Deforge, Derens, Rosset et Serrand, 1999.** *Maitrise de la chaîne du froid des produits laitiers réfrigérés*. Edition Cemagref Tec et Doc, Paris.

26- **Delphine Cuvillier, 2005.** Centre fromager de bourgogne aout 2005 (une synthèse sur le rendement fromager). *Dairy Food*. 78 : 145- 155.

27- **Desmaures, 1995.** Etude des laits de haute qualité: caractéristiques et aptitudes microbiologiques à la transformation en camembert au lait cru. Thèse, Université de Caen.

28- **Dillon, Berthir, 1997.** Le fromage dans l'alimentation, volume 16, 2ème édition, p713-724.

E

29- **Eck et Gillis, 2006.** Le fromage. 3ème édition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 891p.

30- **Enil Mamirole, 2011.** Connaissance du lait Congrès international de la répression des Fraudes à Genève 1999

31- **Euzeby, 2003.** Dictionnaire de bactériologie vétérinaire. Edition Euzeby.

F

32- **FAO/OMS. 1996, Codex Alimentarius. N°A-6-1978.** Code de principes concernant le lait et les produits laitiers. Rome, 258p.

33- **Faye et Loiseau, 2002.** Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches qualité. Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement. Actes de l'atelier international, Montpellier, France. pp :11-13.

34- **FIL Référence ISO 707/ F.I.L octobre 2018** Normes définies pour les analyses

microbiologiques et chimique des produits laitiers.

35- Fredot, 2005. Connaissance des Aliments – Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Edition Tec & Doc, Lavoisier, pp 38, 43 / 424.

G

36- Gabli, 2005. Etude cinétique des cellules somatiques dans le lait des vaches atteintes de mammites et de vaches saines. Thèse doctorat d'état, université Mentouri de Constantine. Algérie. 17p.

37- Ghazi et Niar, 2011. Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de la wilaya de Tiaret (Algérie). TROPICULTURA, 2011, 29, 4. pp :193-196.

38- Goursaud, 1985. Composition et propriétés physico-chimiques. Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M.. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.

39- Goy, Häni, Wechsler, et Jakob, 2005. Valeur de la teneur en caséine du lait de fromagerie. Edition, Agroscope Liebfeld-Posieux. Groupe de discussions Gruyère N°27f.

40- Guiraud, 1998. Microbiologie alimentaire, DU NORD, Paris p 121.

41- Guinot-Thomas, Ammouy , Laurent, 1995. Effects of storage conditions on the composition of raw milk. Int. Dairy J., 5, 211-223.

H

42- Hanzen, 1999. Pathologie de la glande mammaire de la vache laitière: Aspects individuels et d'élevage. 4ème Edition Université de Liège, 235 p.

43- Heuchel, Chatelin, Breau, Sobolewski, Blancard, Baraton, Ayerbe , 2003. Lipolyse du lait de vache et qualité organoleptique des produits laitiers. Renc. Tech. Ruminant n°10. pp : 223-226.

44- Hurtaud, Buchin , Matin, Verdier-Metz, Peyraud et Noël, 2001. La qualité des laits et ses conséquences sur la qualité des produits de transformation : quelques techniques de mesure dans les essais zootechniques. Renc. Rech. Ruminants, n°8. pp: 35-42.

I

45- Institut Pasteur d'Algérie, 2017. Catalogue Milieux de culture réactifs de laboratoire et méthodes d'analyses microbiologiques. Edition IPA.

J

46- Jakob et Hänni, 2004. Fromageabilité du lait. Edition, Agroscope Liebefeld Posieux. Groupe de discussions N° 17F.

47- Jakob, Winkler, Schaeren , Amrein, et Geinoz, 2011. La qualité du lait cru un défi permanent. Edition Agroscope Liebefeld-Posieux forum n°78 f.pp :5- 17.

K

48- 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): CIHEAM-IAMM.13p.

L

49- Labioui, Laarousi, Benzakour, El yachioui, Berny, et Ouhsine, 2009. Étude physico-chimique et Microbiologique de laits crus. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 2009, 148. pp 7-16.

50- Laithier, Les fromages du terroir et microflore du lait cru. Ouvrage collectif de l'institut d'élevage 149 rue de Bercy 75595 Paris, Juillet 2011. 131p.

51- Larpent, 1997. Microbiologie alimentaire. Techniques de laboratoire. Paris: Technique et documentation », 273 p. (Boudier et Luquet, 1981).

52- Laurent, Pouliot, Castaigne, 2002. Opérations unitaires. In «science et technologie du lait, transformation du lait». Ed presses internationales polytechniques. Pp : 153-275..

51- Lavoisier, 1980 . Association of casein and casein micelle, volume 6, 4ème édition, p 33

52- Lemire, 2007. Évaluation de la qualité du lait et de la santé du troupeau laitière en régie biologique. Edition l'envol lait biologique. Québec. 9p.

53- Linden, 1987. Les enzymes, le lait matière première de l'industrie laitière, volume 14, 1ère édition, p127.

54- Liu, Beuvieu, Cogan, 1980. contribution à l'étude des relations entre numération cellulaires et bactériologiques des laits de quartiers en cas d'infection subclinique chez le vache. pp10-12-26

56- Lucey, Lee, 2010. Dairy products. Asie-Aust. J. Anim. Science. **23**:1127-1136.

57- Luquet, et Boudier, 1991. Fromages et écosystèmes laitiers Edit .Tech.Doc .Lavoisier (Paris).P.343-408.

58- Luquet et carrieu, 2005 : bactéries lactique et probiotiques, volume20, 2 éme édition, p307.

59- Luquet, 1985. Lait et produits laitiers: vache, brebis, chèvre». 3 volumes, Paris, Technique et documentation, Lavoisier, 150 p.

M

60- Madji, 2009. Séminaire sur les fromages AOP ET IGP.INAT. Tunisie.

61- Martin, Coulon, 1995 .Facteur de production du lait et caractéristique de fromage. Influence du facteur de produit sur l'aptitude à la coagulation des laits .*Lait*. 5: 61-80.

62- Mathieu, 1998. Initiation de la physicochimie du lait. Edition technique et documentation Lavoisier. Paris.220p.

63- Mathieu, 1999. Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).

64- Meyer, Duteurtre, 1998. Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, 51 (3) : p. 247-257.

65- Hauwuy et Chamba, 2001. La flore microbienne de lait crus de vache diversité et influence des conditions de production. *Le lait*, 81: pp 575-592.

66- Montel, Buchin, Mallet, Delbes-Paus, Vuitton , Desmasures, Berthier,2014. Traditional cheeses : Rich and diverse microbiota with associated benefits. *Int.J.of food microbiology* 177 (2014) :136-154.

N

67- Ouazzani et Fadli, 2014. Evaluation de la qualité microbiologique du lait cru dans la région du Gharb, Maroc ; *Innovative Space of Scientific Research Journals* ; 2351-8014 Vol. 9, pp. 487-493.

68- Normes JORA « Journal Officiel de la République Algérienne N°39 du 02/07/2017).

69- Neville et Jensen, 1995.The physical properties of humain and bovine milks In **Jensen**

R., Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc: 82 (919 pages) .

O

70- ONIL, 2018 ; Ministère de l'agriculture et du développement rural. (2009). Communication sur le développement de la production laitière.10 p décembre 2018

71- Ouali, 2002. Qualité du fromage à pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie de Draa Ben Khedda : nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage et de l'entreposage réfrigéré du fromage. Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires. Institut de la Nutrition et des Technologies Agro-alimentaires. Université de Constantine. 9p.

P

72- Perreau, 2014. Conduire son troupeau de vaches laitières. 2ème ed. Agriproduction France Agricole. , France. 405p.

73- Pougheon et Goursaud, 2001. Le lait et ses constituants caractéristiques physicochimiques», In : DEBRY, G. Lait, nutrition et santé, Tec & Doc, Paris, 342 p.

74- Pougheon ,2001. contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière .thèse de doctorat spécialité vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE.102p.

75- Pouliot, Michel, Richard, 2002. Lait de consommation. IN« science et technologie du lait, transformation du lait». Ed presses internationales polytechniques. pp : 277-321.

Q

76- Quigley, O'Sullivan, Stanton, Beresford, Ross, Fitzgerald, and Cotter, 2013. The complex microbiota of raw milk. *FEMS Microbiology Reviews* **37**, 664-698.

R

77- Reneau, 1986. Effective use of dairy herd improvement somatic cell account, in mastitis control. *Journal Dairy Science*. 69: 1708-1720.

78- Ribadeau-Dumas et Grappin, 1989. Milk protein analysis Lait , 416p.

79- Richard. J., 1990 : production de lait cru de bonne qualité bactériologique, 5ème édition, p56.

S

80- Saied Kourdar et Boudabbous 1994 : Bactéries de genre lactobacillus et streptococcus

isolées de Produits laitiers .Appl. Envir. Microbio. 57 : 1683- 1686

81- SChepers 1997. Estimation of variance compenonte somatics celles counts to determine thresholds for uninfected quarters . Journal Dairy Science. 80: 18331840.

82- Schukken, Wilson, 1976 : Suivi de la qualité et de la sante de pis à l'aide de la décantation des cellules somatiques pour déterminer le seuil de quartiers non infectée. *Recueil des medecins vétérinaire.* 70 : 120- 140.

83- Srairi, Hasni Alaoui, Hamama et Faye, 2005. Relations entre pratiques d'élevage et qualité globale du lait de vache en étables suburbaines au Maroc. *Revue Méd. Vét.* 156 (3).pp: 155-162.

84- Starry, 1982 : Supplémentation of pressed sugar with molasses for the production milk. *Dairy Science.* 39: 209-225.

85- St-Gelais, Tirard-collet, 2002. Fromage. In «science et technologie du lait, transformation du lait». Ed presses internationales polytechniques. Pp : 349- 441.

T

86- Thiulon M. (2005). Lait pathogènes staphylocoques. Revue de la chambre d'agriculture du Cantal. pp1-2.

V

87- Veisseyre, 1975. Technologie du lait. Édition la Maison Rustique. Paris.698p

88- Vierling, 1998. Aliments et boissons: technologies et aspect réglementaires, Ed WEKA, Suisse, p421.

89- Vignola, 2002 .Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-600

90- Vilain, 2010. Qu'est-ce que le lait ?. Revue Française d'Allergologie 50, 124-127.

Y

100- Yennek , 2010. Effets des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vache en régions montagneuses. Mémoire de magister en agronomie. Université des Sciences Agronomiques Mouloud Mammeri Tizi Ouzou.