



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Khemis-Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des sciences biologiques

Filière: Biologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

En

Spécialité: Analyses biologiques et biochimiques

Thème

Contribution à la fabrication d'un fromage local à base de lait de chèvre

Soutenu le: 28/06/2017

Présenté par :

Melle GHENEM Meryem

Melle MECHALIKH Nor el houda

Soutenu devant le jury :

Dr. ROUBAH .A	Président	MAA	UDB Khemis-Miliana
Mme SAADI. F	Promotrice	MAA	UDB Khemis-Miliana
Mme. Brahimi.S	Examinatrice	MAA	UDB Khemis-Miliana
Mme. Didouh.N	Examinatrice	MCB	UDB Khemis-Miliana

Année universitaire 2016/2017.

Remerciements

Avant tout nous remercions **Allah** le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté, la patience pour faire ce travail. Gloire à Allah.

- ✓ Qu'il nous soit permis de remercier tous ceux qui d'une manière ou d'autre, de près de loin, y ont contribué.

- ✓ Nos remerciements s'adressent en particuliers à :

- ✓ M^{me}. Saadi Fadhila, notre promotrice pour son encadrement, pour ses conseils scientifiques judicieux et son suivi durant la période de la réalisation de ce travail.

- ✓ Nous exprimons nos respectueux remerciements aux membres de jury aussi bien pour l'honneur qu'ils ont fait et en acceptant d'évaluer ce travail.

- ✓ Les ingénieurs des laboratoires en particulier Aicha, Najiba, Sara, Latifa, Asma, Yassine, pour avoir soutenu et encouragés tout le long de notre travail.

- ✓ Nous exprimons nos remerciements à tous les enseignants pour leur efforts durant notre formation .

À vous tous, un grand Merci.

Dédicace

Avec tout l'amour qui se trouve dans mon cœur,

Je dédie mon travail à mes parents qui m'ont aidé à suivre le chemin de la science, qui m'ont encouragé durant toute ma vie à m'abreuver à la source des connaissances et qui n'ont pas cessé de sacrifier leur bien être pour ma réussite et mon bonheur. Et je souhaite que dieu perpétue et de gardé en bonne santé et vous prête une longue vie pleine de bonheur, santé et de prospérité.

A mon marie ; Lotfi qui m'a soutenu tout au long duré de mon travail

A ma chère sœurs ; Fatima zohra, Nassima, Khadidja, Rokia, pour son amour. et leurs enfants. En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite, et bien sûr à mes très chers frères, leurs conjoints.

A mes frères ; Mohammed, Omar, Abd erahman, Sofiane, Yassine et Youssef.

A ma sœur un spéciale dédicace pour la plus proche amie de ma vie Hayat Zaamoum.

A tous mes tantes, mes oncles et à toute la famille GHENEM. et sans oublié la famille SAI.

Une merci particulière à ma belle mère biya.

A ma promotrice ; M^{me} Saadi F.

A mes amis ; Karima, Lamia, Djamila, Khiera, MaleQ, Nessrine, Fatiha, Fatima, Assma, Hayet, Hafida, Sihem, Ahlem, Meryem, houda, Fella, Rbiha, Ibtissem, Lila, Imane, Dalia, Khawla,

Maghnia, Lilia.

*Spéciale dédicace pour vous mes belles ; *Nor El houda, Imane, Tamani, Assma*.*

Et à toutes les personnes (famille, amis, collègues de travail), qui ont dû me supporter pendant la préparation de ce travail.

MERYEM

Dédicace

A Allah tout puissant, qui m'a inspiré qui, m'a guidé dans le bon chemin. Je vous dois ce que je suis devenue, louanges et remerciements pour votre clémence et miséricorde.

A l'esprit de mon père qui m'a souhaité toujours d'être digne de mes réussites.

A ma très chère mère, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices. Votre prière et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

A mes chers frères ; Mohammed, Mustapha, Houcine leurs enfants et leur épouse, et El-Hassen, Vous avez toujours été présents pour les bons conseils. Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours au long de ma vie professionnelle et personnelle.

A mes chers sœurs ; Zohra, Chrifa, Zineb, Khadidja et Meryem et leurs enfants, En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mon très cher fiancé Menned .

A tous les membres de ma famille, petits et grands. Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

A tous mes amies, Rabiaa, Somai, Hanane, Kalida, Djamila, Siham, karima, kayra et Rahma, Chafai

Spéciale dédicace pour vous mes chéries "Meryem, Imane, Tamani et Asma ".

Et à toutes les personnes (famille, amis, collègues de travail), qui ont dû me supporter pendant la préparation de ce travail.

NOR-EL HOUDA.

الجبن هو من بين الالبان المخمرة الأكثر استهلاكاً في العالم ، فهو ذو اهمية غذائية عالية في جميع المجتمعات . في هذا العمل اردنا التعريف بهذا المنتج الغذائي ومعرفة المراحل الرئيسية لتصنيعه وكذلك النباتات الدقيقة الذي تميز به .

دراستنا تتركز على تصنيع الجبن المحلي عن طريق استخدام حليب الماعز كمادة خام من سلالات بكتيريا اللبنية في مختبر علم الأحياء الدقيقة بخميس مليانة ، لتشكيل ثلاثة خمائر (خ1، خ2، خ3) . النتائج الأولية ، الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية ، تشير ان الحليب المبستر من نوعية جيدة. وكذا مجموعة الخمائر التي لها درجة حموضة عالية وخصائص الوظيفية جيدة التي يمكن استغلالها. ان تطبيق هذه الخمائر الثلاثة في إنتاج جبن الماعز قد أجريت في ظروف جيدة (المواد الخام ، والنظافة ، والعمل الميكانيكي ...) مما سمح للوصول إلى جودة عالية مكروبيولوجية ، حسية و غذائية للجبن .

لمفتاحية: حليب الماعز ، بكتيريا اللبنية ، خمائر اللبنية ، الجبن

Résumé

Le fromage est l'un de lait fermenté le plus consommé dans le monde, il a une place importante dans l'alimentation de presque toutes les sociétés. Ce travail a pour but d'identifier ce produit alimentaire et connaître les principales étapes de sa fabrication ainsi que les microflores qui les caractérisent.

Notre étude porte sur la fabrication d'un fromage local par l'utilisation de lait de chèvre comme matière première et des souches de bactéries lactiques de la collection de laboratoire de microbiologie de Khemis Miliana , afin de constituer trois ferments servant comme cultures starters (F1, F2, F3). Les résultats préliminaires, physicochimiques et microbiologiques, du lait pasteurisé indique qu'il est de bonne qualité. L'ensemble des ferments présentent un bon pouvoir acidifiant. Bonne propriété fonctionnelle qui peut être exploitée.

L'application de ces trois ferments mixtes dans la fabrication du fromage de chèvre a été réalisée dans de bonnes conditions (matière première, hygiène, travail mécanique...) ce qui a permis d'aboutir à un fromage de qualité microbiologique, organoleptique et nutritionnelle intéressante.

Mots clés : lait de chèvre, bactéries lactiques, ferments lactiques, fromage.

Abstract

The cheese is one of the most consuming fermentative milk in the world, because of its importance nutrient in all society. In this modest work we want to identify this food product and to know the main stages of its manufacturing as well as the microflora which characterize them.

Our study concerns the manufacturing a local cheese by the use of goat's milk as raw material and origins of lactic bacteria of the collection of laboratory of microbiology of Khemis miliana, to establish three ferments serving as cultures starters (F1, F2, F3). The preliminary, physico-chemical and microbiological results of pasteurized milk indicates that it is of good quality. All the ferments have a good acidifying power. Good functional property which can be exploited.

The application of these three mixed ferments in the production of goat cheese was realised in good conditions (raw materials, hygiene, mechanical work...), which resulted in cheese of interesting microbiological, organoleptic and nutritional quality.

Key words : Goat's milk, lactic bacteria, lactic ferments, cheese.

Table des Matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des annexes

Introduction01

Chapitre I : Synthèse Bibliographique.

1. Lait de chèvre.....	03
1.1. Définition.....	03
1.2. Différents composants du lait.....	03
1.2.1. Eau.....	03
1.2.2. Matière grasse	04
1.2.3. Protéines.....	04
1.2.4. Hydrate de carbone.....	05
1.2.5. Enzymes.....	06
1.2.6. Minéraux.....	06
1.2.7. Vitamines	06
1.2.8. Composition cellulaire du lait.....	07
1.3 Caractéristiques du lait.....	07
1.3.1. Caractéristiques Physico-chimiques de lait.....	07
1.3.2. Caractéristiques organoleptiques de lait.....	08
1.3.2.1. Couleur.....	08
1.3.2.2. Odeur	08
1.3.2.3. Saveur.....	09
1.3.2.4. Viscosité	09
1.4. Microflore de lait.....	09
1.4.1. Flore indigène et originelle.....	09
1.4.2. Flore contaminant.....	09
1.5. Principales races caprines Algériennes.....	10
1.6. Propriétés médicinales du lait de chèvre	10
2. Fromage.....	11
2.1. Définition	11
2.2. Composition moyenne du fromage.....	11
2.3. Différents types de fromages.....	12
2.3.1. Fromage à pâte fraîche	13
2.3.2. Fromage à pâte pressée	13
2.3.2.1. Fromages à pâte pressé non cuite.....	13
2.3.2.2. Fromages à pâte pressé cuite	13
2.3.3. Fromage à pâte molle	14
2.3.3.1. Fromage de pâte molle à croûte fleurie	14
2.3.3.2. Fromage de pâte molle à croûte lavée	14
2.4. Principales phases de fabrication du fromage.....	14
2.4.1. Dégazage	15
2.4.2. Nettoyage du lait par filtration statique ou centrifuge	15
2.4.3. Standardisation	15

2.4.4. Homogénéisation	15
2.4.5. Pasteurisation	15
2.4.6. Maturation du lait	16
2.4.7. Emprésurage	16
2.4.8. D'écaillage et délactosage	17
2.4.9. Egouttage du coagulum	17
2.4.10. Prépressage et le découpage	17
2.4.11. Moulage	18
2.4.12. Pressage	18
2.4.13. Salage	18
2.4.14. Affinage	19
3. Microflore du fromage	19
3.1. Bactéries lactiques	19
3.1.2. Rôles des bactéries lactiques.....	20
3.1.2.1. Rôles technologiques	20
3.1.2.2. Activité acidifiante.....	20
3.1.2.3. Activité protéolytique et lipolytique	20
3.1.2.4. Production d'arômes.....	20
3.1.2.5. Aptitude texturante	21
3.1.2.6. Bactéries lactiques et conservation des aliments.....	21
3.2. Champignons microscopiques.....	21
3.2.1. Levures	21
3.2.2. Moisissures	21
3.3. Ferments lactiques	24
3.3.1. Définition	24
3.3.2. Types de ferments lactiques	24
3.3.2.1. Selon la composition	24
3.3.2.2. Selon la température de croissance	24
3.3.3. Cultures mixtes des bactéries lactiques	25
3.3.4. Rôles des ferments lactiques.....	25

Chapitre II : Matériels et Méthodes

1. Matériel	27
1.1. Produits biologiques	27
1.1.1. Source du Lait de chèvre	27
1.1.2. Ferments	27
1.1.3. Présure.....	27
1.2. Milieux de culture	28
1.3. Produits chimiques et Réactifs.....	28
2. Méthodes	28
2.1. Repiquage et revivification des souches	28
2.2. Vérification de l'état des souches	28
2.2.1. Aspect des colonies	28
2.3. Méthodes d'analyses du lait	29
2.3.1. Analyses physico-chimiques	29
2.3.1.1. Détermination de la densité.....	29
2.3.1.2. Détermination de l'acidité titrable	29
2.3.1.3. Dosage de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique).....	29
2.3.1.4. Mesure de la teneur en matière sèche totale	30
2.3.2. Analyses microbiologiques	31

2. 3.2.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies totaux à 30°C.....	31
2.3.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	31
2. 3.2.3. Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	31
2. 3.2.4. Recherche et dénombrement des Clostridium- sulfito réducteurs	32
2.4. Procédé de fabrication du fromage type Gouda	33
2.4.1. Préparation du levain	33
2.4.2. Pouvoir acidifiant des levains	33
2.4.3. Étapes de la fabrication du fromage de type « Gouda » à base du lait de chèvre.....	35
2. 5. Méthodes d'analyse du fromage.....	37
2. 5.1. Analyses physico- chimique du fromage.....	37
2. 5.1.1. pH et acidité titrable	37
2.5.1.2. Matière sèche	37
2.5.1.3. Cendres.....	37
2.5.1.4. Dosage du chlorure.....	38
2.5.1.5. Matière grasse.....	39
2. 5.1.6. Dosage du taux de la matière azotée	39
2.5.2. Contrôle microbiologique	40
2.5.2.1. Préparation des dilutions décimales	40
2. 5.2.2. Dénombrement des levures et moisissures	41
2.5.2.3. Recherche de Salmonella	41
2.5.3. Analyses sensorielles	41

Chapitre III : Résultats et Discussion.

1. Repiquage et revivification des souches.....	42
2. Analyses du lait de chèvre	43
2.1. Analyses physico-chimiques	43
2.1.1. pH, acidité et densité.....	43
2.1.2. Matière sèche et matière grasse.....	43
2.2. Analyses microbiologiques.....	44
2.3. Test d'antibiotiques.....	44
3. Fabrication du fromage.....	44
3.1. Interactions des bactéries lactiques dans des ferments mésophiles.....	44
3.2. Pouvoir acidifiant des trois ferments.....	45
3.3. Produits fini.....	46
3.4. Contrôle des fromages préparé.....	47
3.4.1. Qualité nutritionnel.....	47
3.4.1.1. pH et acidité.....	47
3.4.1.2. Matière sèche	49
3.4.1.3. Matière grasse.....	50
3.4.1.4. Composition en protéines, cendres et chlorures des fromages.....	51
3.4.2. Qualité hygiénique (microbiologique).....	53
3.4.3. Qualité organoleptique.....	55
Conclusion.....	58
Références bibliographiques	59
Annexes	

Liste des abréviations

) Noms de genres bactériens) Unités de mesures
<i>B.</i> : <i>Bacillus</i> .	°C : Degré Celsius.
<i>Bf.</i> : <i>Bifidobacterium</i> .	°D : Degré dornic.
<i>En.</i> : <i>Enterococcus</i> .	g, mg : Gramme, milligramme.
<i>Lb.</i> : <i>Lactobacillus</i> .	h, min, s : heure, minute, seconde.
<i>Lc.</i> : <i>Lactococcus</i> .	N : Normalité.
<i>Ln.</i> : <i>Leuconostoc</i> .	l, ml, µl : Litre, millilitre, microlitre.
<i>P.</i> : <i>Pediococcus</i> .	M, mM : Molaire, millimolaire.
<i>S.</i> : <i>Staphylococcus</i> .	cm, mm, nm : Centimètre, milimètre, nanomètre.
<i>St.</i> : <i>Streptococcus</i> .	T : Température.
<i>sp.</i> : Espèce non précisée.	UFC : unité formant colonies.
<i>ssp.</i> : Sous espèce.	tr/min : tour par minute.
	V/V : Volume par Volume.
	g/l : gramme par litre.
	% : pourcentage.
	U : Unité.
	UI : Unité Internationale.
	Kcal : kilocalorie.

J Autres abréviations

CO₂ : Dioxyde de carbone.

: alpha.

DO: densité optique.

: kapa.

EST : Extrait Sec Totale.

Ig : immunoglobuline.

ESD : Extrait Sec Dégraissé.

SCN : thiocyanate.

OSCN : hypothiocyanate.

FAO : Food and Agriculture Organisation.

EPS : exopolysaccharides.

Fig : figure.

® : Rejistred.

G/S : Gras sur Sec.

CaCl₂ : Chlorure de calcium.

H₂O₂ :Eau oxygéné.

KNO₃ : Nitrate de potassium.

LDC : Lysine Décarboxylase.

PCA : milieu comt agar.

MRS : Man Rogosa Sharpe.

AFNOR :Association française de normalisation.

MSD : Matière Sèche Dégraissée.

AOAC :Association of Official Analytical Chemists International.

MST : Matière Sèche Totale.

NaOH : hydroxyde de sodium.

ISO :Organisation internationale de normalisation.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

H₂SO₄ : l'acide sulfurique.

PH : Potentiel d'Hydrogène.

% NT : pourcentage d'azote total.

VF : Viande de Foie.

CPG : chromatographie phase gazeuse.

VP : Vogue Proskaeur.

F1 : fromage 1.

VRBL : Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre.

F2 : fromage 2.

F3 : fromage 3.

: béta.

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Composants de lait de différentes espèces.....	4
Tableau 02 : Composition moyenne en g/l et distribution des protéines dans le lait de chèvre.....	5
Tableau 03 : Composition vitaminique du lait de chèvre.....	7
Tableau 04 : Caractéristiques physico-chimiques du lait	8
Tableau 05 : Composition moyenne du fromage.....	12
Tableau 06 : Classification des différents types de fromages et micro-organismes utilisés dans leur fabrication.....	23
Tableau 07 : Rôle des ferments lactiques en fromagerie.....	26
Tableau 08 : Quelques caractéristiques physico-chimiques des trois fromages fabriqués....	51

Liste des figures

Figure 01 : Appairages utilisé pour les analyses physico-chimiques	30
Figure 02 : Préparation du levain.....	33
Figure 03 : les principaux étapes de la fabrication du fromage *gouda*.....	36
Figure 04 : Aspect des souches sur bouillon et gélose MRS après 24 h d'incubation.....	42
Figure 05 : Aspect microscopique des coques (a) et des bacilles (b) lactiques.....	43
Figure 06 : Résultat obtenu pour le test d'antibiotique des échantillons du lait cru.....	44
Figure 07 : Diminution du pH des trois ferments.....	45
Figure 08 : Production d'acide lactique par les trois ferments.....	46
Figure 09 : Aspect des fromages à pâte pressée *GOUDA* fabriqués.....	46
Figure 10 : Évolution du pH des trois fromages au cours de l'affinage.....	48
Figure 11 : L'évolution de l'acidité des trois fromages au cours de l'affinage.....	49
Figure 12 : Évolution de la matière sèche des trois fromages fabriqués.....	50
Figure 13 : Évolution de la matière grasse des trois fromages fabriqués.....	51
Figure 14 : Valeurs moyennes des notes de chaque descripteur des trois fromages fabriqués	55

Liste des annexes

Annexe I : Composition des milieux de culture.

Annexe II : Fiche de dégustation de fromage.

Introduction

L'intérêt nutritionnel du lait réside dans sa richesse en nutriments de base (protides, lipides et glucides) mais aussi en calcium, en vitamines et en oligo-éléments. C'est l'un des rares aliments qui convient pour les différentes tranches d'âge où il peut être consommé tel qu'à l'état frais ou sous forme de produit transformé.

Il est probable que le lait de chèvre en Algérie, comme le lait de vache, soit utilisé traditionnellement par les éleveurs depuis fort longtemps mais sa valorisation industrielle est souvent très restreinte, voire inexistante.

Il ne manque pourtant pas d'atouts ; les chercheurs en cours commencent à mettre en évidence ses propriétés diététiques (forte teneur en caséine , hypoallergénicité..) (El Marrakchi et Hamama, 2000).

Le lait renferme des flores microbiennes naturelles et /ou additionnelles ont très tôt été sollicitées pour ses aptitudes acidifiantes et son implication dans la formation du goût, des arômes et de la texture de nombreux produits laitiers dont les fromages.

La fabrication fromagère dépend essentiellement du lait mais aussi des ferments nécessaires à sa transformation (Mahaut, Jeantet, et Br le, 2000).

Les ferments lactiques naturels et commerciaux interviennent dans l'élaboration de tous les produits laitiers fermentés (crème maturée, laits fermentés, yaourts, fromages frais et affinés) (Federighi . 2005; Desmazeaud et Vassal ,1979) .

Les ferments lactiques étaient constitués d'un mélange inconnu, non maîtrisé et variable, de plusieurs souches ou espèces de bactéries. Actuellement, la production de ferments lactiques s'est développée au sein d'usines spécialisées, à partir de souches bactériennes isolées et sélectionnées (Béal et *al.*, 2008).

Les technologies laitières représentent toutefois le principal secteur d'application des bactéries lactiques. Dans la fabrication fromagère, elles jouent un rôle primordial dans les premières étapes de la transformation du lait, mais elles interviennent aussi, directement et indirectement, dans la phase d'affinage et dans la qualité sanitaire des

produits. Leur action est liée principalement à deux aspects de leur métabolisme : la production d'acide lactique et l'activité protéolytique (Desmazeaud et Vassal, 1979) .

Dans ce contexte, la présente étude s'inscrit dans ce cadre. Elle vise à connaître les différentes étapes de fabrication d'un fromage local à base de lait de chèvre, pour cela nous avons mené les actions suivantes :

- Fabrication d'un fromage à base de lait de chèvre et par des cultures starters de bactéries lactiques différentes ;
- Evaluation de la qualité du fromage de chèvre que nous avons fabriqué à savoir :
 - Qualité nutritionnelle.
 - Qualité hygiénique.
 - Qualité organoleptique.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Lait de chèvre

1.1. Définition

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 » (Cheftel, Cheftel, et Etbésanon, 1983).

Le lait de chèvre est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles après la naissance du chevreau. Il s'agit d'un fluide aqueux opaque, blanc, plus ou moins jaunâtre selon la teneur en β -carotène de sa matière grasse, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6,6 à 6,8) légèrement acide, proche de la neutralité (Alais, 1984).

Le lait de chèvre est blanc mat, dû à l'absence de *B*-carotène. Contrairement au lait de vache, il a une odeur assez neutre. Parfois en fin de lactation, une odeur caprine apparaît et après stockage au froid peut acquérir une saveur caractéristique (Goursaud, 1985).

La production du lait de chèvre se place en troisième position après celle du lait de vache et de bufflonne mais elle est assez irrégulièrement répartie dans le monde selon les zones géographiques et selon les pays (Jaouen, Remeuf et Lenoir, 1990).

1.2. Différents composants du lait

De manière générale, le lait comprend quatre types de constituants importants que sont : les lipides, constitués essentiellement de graisses ordinaires (triglycérides), les protides (caséine, albumine et globuline), les glucides, essentiellement le lactose, les sels. Mais de nombreux autres constituants sont présents en quantité minime comme les vitamines, enzymes, nucléotides, gaz dissous; dont certains ont une grande importance du fait de leur activité biologique (Larousse, 2002) (Tableau 1).

1.2.1. Eau

L'eau est le constituant le plus important du lait en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire (Amiot et *al.*, 2002).

Tableau 1: Composants de lait de différentes espèces (Alais 1984; Amiot et *al.*, 2002).

Eléments en g/l	Vache	Chèvre	Brebis	Chamelle
Eau	900-910	900	860	902
Matières grasses	35-45	45-50	70-75	46
Matières protéiques	30-36	35-40	55-60	36
Caséines	27-30	30-35	45-50	28
Protéines solubles	4-5	6-8	8-10	8
Matières minérales	7.5-8.2	8-10	10-12	7.2
Lactose	40-50	40-45	45-50	50

1.2.2. Matière grasse

La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de micro-gouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante est le lait écrémé (Boutonnier, 2012) .

Moins riche en matière grasse (Roudj et Karam, 2005), le lait de chèvre est pauvre en carotène et donc, peu coloré par rapport aux autres laits, il est plus riche en acides gras à 10 atomes de carbone et présente un pourcentage plus élevé de petits globules gras que le lait de vache, il ne contient pas d'agglutinines et présente une activité lipasique plus faible que le lait de vache (Chilliard et Sauvant, 1987). Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés (Jeantet et *al.*, 2008) .

1.2.3. Protéines

Le profil en acides aminés totaux du lait de chèvre est proche de celui du lait humain. Par comparaison avec le lait de vache, les protéines du lait de chèvre contiennent proportionnellement moins de caséines (tableau 2) et d'avantage d'azote non protéique (Brulé, Lenoir, et Remeuf, 1997) .

Tableau 2 : Composition moyenne en g/l et distribution des protéines dans le lait de chèvre (Jouan, 2002) .

Protéines	Concentration g/l
Totale des protéines solubles (22%)	7,5
lactalbumine	2,0
lactoglobuline	4,4
Albumine sérique	0,6
Immunoglobulines	0,5
Total des caséines (71%)	24,3
Caséine -S ₁	3,5
Caséine -S ₂	4,8
Caséine	3,4
Caséine	12,6
Azote non protéique (7%)	2,3
Protides totaux	34,1

Comme chez la vache, la β -lactoglobuline constitue la protéine majeure du lactosérum du lait de chèvre (tableau 2).

La fraction d'azote non protéique (en particulier l'urée) dans le lait de chèvre, représente, comme dans le lait de femme, une proportion bien plus élevée que chez la vache (Daviau et *al.*, 2000) .

Les caséines (α_1 , α_2) en présence de phosphate de calcium forment des micelles de caséines stables (phase colloïdale) qui sont en équilibre avec la phase soluble du lait (Laporte et Paquin, 1999) .

1.2.4. Hydrate de carbone

Le lactose est le glucide, ou l'hydrate de carbone, le plus important du lait puisqu'il constitue environ 40% des solides totaux (Amiot et *al.*, 2002). En plus du rôle énergétique en tant que substrat de la flore lactique endogène, le lactose joue un rôle dans la régulation de la

pression osmotique entre les cellules sécrétrices mammaires et le milieu sanguin à partir duquel la mamelle puise les éléments minéraux, l'eau, les acides gras et les vitamines (Gnanda et *al.*, 2006) .

1.2.5. Enzymes

Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénases (Amiot et *al.*, 2002) .

1.2.6. Minéraux

Selon Gaucheron, (2004) le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont : calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions (Amiot et *al.*, 2002) .

Le lait de chèvre semble être plus riche en calcium, phosphore, magnésium, potassium et chlore que le lait de vache mais moins riche en sodium (Mahieu et *al.*, 1975; Jenness, 1980; Sawaya, Khalil, et Al-Shalhat, 1984) .

1.2.7. Vitamines

Par rapport au lait de vache, le lait de chèvre se distingue par l'absence de β -carotène. Cette caractéristique a été utilisée comme moyen de détection de l'adultération du lait caprin par le lait bovin (Furtado, 1983) .

Tableau 3 : Composition vitaminique du lait de chèvre (Jaubert et Mourre, 1996).

Composants pour 100 g	Lait de Chèvre
Vitamines liposolubles	
A rétinol mg	0,04
Carotène mg	0
Vit D µg	0,06
E tocophérol mg	0,04
Vitamines hydrosolubles	
B1 thiamine mg	0,05
B2 riboflavine mg	0,14
B3 niacine mg	0,27
B5 acide pantothénique mg	0,31
B6 pyridoxine mg	0,05
B8 biotine µg	2
B9 acide folique µg	1
B12 cobalamine µg	0,06
Acide ascorbique mg	1,3

1.2.8. Composition cellulaire du lait

Les cellules du lait ne peuvent provenir que de la mamelle (Gaucheron, 2004). Quatre types de cellules sont présents dans le lait : les Polynucléaires (0 -11%), les Lymphocytes (10-27%), les Macrophages (66-88%) et les cellules épithéliales (0 -7%) (Lee, Wooding, et Kemp, 1980) .

1.3 Caractéristiques du lait

1.3.1. Caractéristiques Physico-chimiques de lait

Selon le FAO, (2002) Le lait est un liquide opaque, deux fois plus visqueux que l'eau et de couleur blanche plus ou moins jaunâtre selon la teneur en carotène de sa matière grasse.

La connaissance des propriétés physico-chimiques du lait a une importance incontestable car elle permet de mieux évaluer la qualité de la matière première et de prévoir les traitements et opérations technologiques adaptés.

Tableau 4 : caractéristiques physico-chimiques du lait (Alais, 1984) .

Caractéristiques chimiques	Valeurs
pH (25°C)	6.6 – 6.8
Densité	1.030-1.033
Température de congélation (°C)	-0.53
Caractéristiques physiques (g / 100g)	
Teneur en eau	87.3
Extrait sec total	12.7
Taux de matière grasse	3.9
Extrait sec dégraissé	9.2
Teneur en matière azotée total	3.4
Teneur en caséine	2.8
Teneur en albumine et globuline	0.50
Teneur en lactose	4.9
Vitamines, enzymes et gaz dissous	Traces

1.3.2. Caractéristiques organoleptiques de lait

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

1.3.2.1. Couleur

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (Fredot, 2006) .

1.3.2.2. Odeur

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

1.3.2.3. Saveur

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est en parfois de même du colostrum (Thieulin et Vuillaume, 1967).

1.3.2.4. Viscosité

Rheotest, (2010) a montré que la viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques. La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur. Ainsi, un consommateur d'Europe centrale évalue de manière très positive le lait concentré à forte consistance (filandreux). Il associe la teneur élevée des composants du lait à la viscosité élevée.

1.4. Microflore de lait

1.4.1. Flore indigène et originelle

Lorsque le lait provient d'un animal sain et qu'il est prélevé dans des conditions aseptiques, il devrait contenir moins de 5000 UFC/ml. La flore indigène des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis (Lapointe-Vignola, 2002).

1.4.2. Flore contaminante

La flore contaminante est l'ensemble des microorganismes ajoutés au lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène capable de provoquer des malaises chez les personnes qui consomment ces produits laitiers. La présence de microorganismes pathogènes dans le lait peut avoir trois sources: l'animal, l'environnement et l'homme (Lapointe-Vignola, 2002).

1.5. Principales races caprines Algériennes

L'espèce caprine se présente en Algérie sous la forme d'une mosaïque de populations très variées appartenant toutes à des populations traditionnelles. Elle comprend en plus de ces populations locales, à sang généralement Nubien, des animaux mélangés aux sangs issus de races standardisées. La population caprine d'Algérie renferme 05 types majeurs, l'Arabia, la Makatia, la chèvre du M'zab, la chèvre Kabyle (naine de kabyle), la montagnarde des Aurès (Tejani, 2010).

Le cheptel caprin en Algérie est estimé à environ 2,5 millions de têtes, il est concentré généralement dans les zones difficiles et les régions défavorisées de l'ensemble du territoire : steppes, régions montagneuses et oasis. Il peut être aussi présent dans les exploitations agricoles de régions plus favorables comme les hautes plaines, les plaines intérieures et les piémonts des montagnes du Nord du pays (Abdelguerfi et Laouar, 2003) .

1.6. Propriétés médicinales du lait de chèvre

Le lait de chèvre est supposé porteur de vertus diététiques et thérapeutiques qui en font un produit de qualité. Il aurait une meilleure influence sur la prévention de l'ostéoporose et l'athérosclérose.

Il préviendrait la prévention des inflammations des artères, et toutes les maladies dans lesquelles le stress oxydatif joue un rôle : inflammations, vieillissement, fertilité réduite chez l'homme, schizophrénie, cancer, maladies cardio-vasculaires.

Les oligosaccharides dans le lait de chèvre protègent contre les bactéries pathogènes dans les intestins, et stimulent la croissance des bifido-bactéries dans le tractus gastro-intestinal (Frank, 2003) .

Il existe également un nombre important d'espèces quantitativement mineures, dont certaines jouent un rôle essentiel dans la protection du petit. C'est le cas des immunoglobulines, la lactoferrine, la lactoperoxydase (Dora Angelica, 2007).

Sur les 5 classes d'immunoglobulines seules les IgG, IgA et IgM se retrouvent dans le lait caprin (Park *et al.*, 2007) .

La lactoferrine, Métallo glycoprotéine fixatrice du fer (Hurley *et al.*, 1993; Marshall, 2004) joue le rôle de promoteur dans l'absorption intestinale de celui-ci (Hurley *et al.*, 1993) .

De plus, du fait de son homologie avec la transferrine, elle est souvent qualifiée de lactotransferrine (Vojtech et *al.*, 2008). Vu ses propriétés bactériostatiques (Shuster et Harmon, 1990), par ferriprivation (Maynard et Maubois, 1989), sa concentration dans le lait est un indice de résistance des glandes mammaires à l'implantation d'une infection bactérienne (Shuster et Harmon, 1990; Ribadeau-Dumas et Grappin, 1989).

la lactoperoxydase est connue pour son caractère bactéricide du fait qu'elle est le catalyseur de l'oxydation par le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) du thiocyanate (SCN^-) donnant naissance à l'hypothiocyanate ($OSCN^-$) (Ribadeau-Dumas et Grappin, 1989; Ribadeau-Dumas, 1991). L'hypothiocyanate est un puissant antibactérien. Du fait de cette caractéristique bactéricide, la lactoperoxydase est utilisée comme agent protecteur du lait cru en particulier dans les régions tropicales (Ribadeau-Dumas et Grappin, 1989).

2. Fromage

2.1. Définition

Selon le Codex Alimentaire, (2013) le fromage est le produit solide ou semi-solide, frais ou affiné, dont le ratio lactosérum/caséine n'est pas supérieur à celui du lait.

Le but de l'industrie fromagère est de transformer le lait en un produit d'utilisation prolongée et de goût différent grâce à diverses actions microbiennes et enzymatiques (Leroy et De Vuyst, 2004; Hui, 1992).

A l'échelle mondiale, il existe environ 1000 variétés de fromages différents (Irlinger et Mounier, 2009). Les fromages sont des formes de conservation et de stockage ancestrales de la matière utile du lait dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont très appréciées (Jeantet et *al.*, 2008).

2.2. Composition moyenne du fromage

Le fromage est un aliment de base, riche en graisses, protéines, calcium et phosphore, à longue conservation en comparaison de la durée de conservation du lait à partir duquel il est fabriqué (Tableau 5).

Tableau 5 : Composition moyenne du fromage (Abdoune, 2003) .

Composés	Fromage
Eau	Éliminée en partie par la fabrication et sa teneur varie de : <ul style="list-style-type: none"> – 35 % (pâte cuite dure) – 50% (pâte molle) – 80 % (fromage frais)
Glucides	- pratiquement éliminé avec l'eau par la fabrication
Lipides	Se retrouvent dans la majorité des fromages sauf les fromages maigres: <ul style="list-style-type: none"> – 23% fromages à pâte molle – 30% fromages à pâte dure
Protéines	La caséine coagulant avec la présure, est l'élément essentiel de tous les fromages (même maigres) : <ul style="list-style-type: none"> – 18% fromages à pâte molle – 19% fromages blancs au lait écrémé – 24% fromages à pâte ferme.
Minéraux	Grande richesse en calcium et en phosphore, surtout dans les fromages à pâte ferme rapport Ca/P=1,26 en moyenne, donc aliment recalifiant ; <ul style="list-style-type: none"> - Plus en moins riche en chlorure de sodium selon leur fabrication (adjonction du sel, pâte lavée à l'eau salée, etc...)
Vitamines	fromages fermentés à pâte molle, notamment les fromages bleus, sont de bonnes sources de vitamine B, du fait des synthèses réalisées par les moisissures. <ul style="list-style-type: none"> - se retrouve dans le fromage selon la teneur en matière grasses.

2.3. Différents types de fromages

Il existe plus de 350 types de fromages en France à pâte dure ou molle, pressée cuite ou crue, à croûte fleurée ou lavée... On peut regrouper les fromages en 03 catégories :

2.3.1. Fromage à pâte fraîche

La pâte fraîche est la base de tout fromage, et existe au début de tout processus de fabrication, avant toute fermentation et tout affinage. La pâte fraîche est faite à partir de lait et pour certains de petit-lait (lactosérum) tiré du lait entier ou écrémé comme le fromage à la crème. D'autres peuvent être enrichis de crème.

Le caillage du lait est obtenu par l'ajout de culture bactérienne et de présure au lait, puis s'amorce un processus d'égouttage léger qui permet d'obtenir une pâte d'une consistance plus ferme tout en lui conservant un taux d'humidité très élevé, de 60 à 80% et une teneur en matière grasse réduite de 0.5 à 30 (Majdi, 2009).

La pâte fraîche est d'un blanc éclatant, d'une texture molle, granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée selon le fromage. Elle se mélange bien à d'autres ingrédients et aromes comme les fines herbes, l'ail, des épices ou des fruits.

2.3.2. Fromage à pâte pressée

2.3.2.1. Fromages à pâte pressé non cuite

Les fromages à pâte pressé non cuite ou demi-ferme qui subissent une période d'affinage assez longue dans une atmosphère fraîche et très humide, les fromages à pâte demi-ferme (cheddar, cantal....) ont une consistance dense et une pâte de couleur jaune pâle. Ces fromages ne doivent être ni desséchés, ni trop faibles, la pâte près de croûte ne doit pas être plus foncée. Ils contiennent entre 40 et 60 % d'humidité (Anonyme, 1999).

2.3.2.2. Fromages à pâte pressé cuite

Les fromages à pâte pressé cuite ou pâte dure, sont des fromages pour lesquels, après pressage, le caillé est chauffé à 65°C. Puis laissé à l'affinage. Le terme cuite se dit d'un fromage dont le caillé subit un chauffage au moment de son tranchage, lorsqu'il est thermisé, le lait est chauffé à environ 65°C, ce qui ne détruit qu'une partie de la flore, lorsqu'il est pasteurisé, le lait est chauffé de 72 à 85°C pendant 20 secondes maximum, puis refroidi immédiatement à 4°C. Cette procédure détruit la flore naturellement présente dans le lait, et nécessite donc un réensemencement en flore standardisée, ce qui peut avoir pour les industriels l'avantage d'obtenir un goût régulier et une texture régulière (Majdi, 2009).

2.3.3. Fromage à pâte molle

Les fromages à pâtes molles ont une texture généralement crémeuse et onctueuse avec une légère élasticité dans la pâte. Les pâtes molles contiennent entre 50% et 60% d'humidité. Ce type de fromage se divise en deux catégories : les pâtes molles à croûte fleurie et naturelle et les pâtes molles à croûte lavée. Ils sont fabriqués à partir de lait pasteurisé ou de lait cru de chèvre, de vache ou de brebis.

2.3.3.1. Fromage de pâte molle à croûte fleurie

Il se caractérise par une croûte blanche à dorée recouverte d'un duvet de moisissures blanc et feutré appelé fleur qui se développe pendant l'affinage ce qui leur donne le nom (croûte fleurie). Ces aspect duveteux de la croûte est dû à la présence du champignon *Penicillium candidum* qui peut être pulvérisé à la surface des fromages en début d'affinage (Pradal, 2012).

2.3.3.2. Fromage de pâte molle à croûte lavée

Le principe de fabrication d'une pâte molle à croûte lavée est semblable à celui des pâtes molles à croûte fleurie, sauf que le caillé est coupé plus ou moins finement avant d'être mis en moule. Ce rompage facilite l'écoulement du petit lait : la pâte sera plus serrée, plus compacte mais néanmoins moelleuse, coulante ou plus ferme, selon le degré de séchage.

Durant l'affinage, qui s'étend sur deux à quatre mois, le fromage est retourné régulièrement puis brossé ou lavé à l'aide d'une saumure additionné de bière, d'hydromel, de vin ou d'eau-de-vie, ce qui contribue à l'élaboration de ses diverses caractéristique. Il révèle des saveurs marquées ou prononcées, parfois fortes (Anonyme, 1999).

2.4. Principales phases de fabrication du fromage

Le fromage est le produit frais ou affiné, obtenu par la coagulation de la caséine et de la séparation du lactosérum du lait. la caséine se coagule normalement sous l'effet des levains lactiques. Après la coagulation, le fromage subit un certain nombre de procédés visant à séparer le lactosérum du caillé, l'ensemble de ces procédés permettent l'égouttage du fromage, ce qui est suivi d'une période de vieillissement de durée variable. L'affinement du fromage permet à sa saveur caractéristique de se développer par l'activité microbienne et enzymatique (Abakar, 2012). Les différences de technologies portent plus particulièrement

sur le travail du caillé avant moulage (découpage, brassage, chauffage) ainsi que sur le type de croûte souhaitée (avec ou sans levures et moisissures en surface). Ce sont les conditions d'affinage (température, humidité de la salle d'affinage, soins des fromages) qui sont en partie à l'origine d'un croutage différent des fromages (Tormo, 2010) .

2.4.1. Dégazage

Permet de débarrasser le lait des mauvaises odeurs, permet aussi de réduire la destruction des vitamines c'est -à- dire en diminuant fortement la teneur en oxygène ambiant (Majdi, 2009) .

2.4.2. Nettoyage du lait par filtration statique ou centrifuge

Cette technique utilise les procédés à membrane, qui permettent de séparer les éléments en suspension ou en solution dans un liquide, il permet de retenir les impuretés du lait. L'opération centrifuge est plus efficace, elle retient notamment les leucocytes (FAO, 1995) .

2.4.3. Standardisation

Selon les espèces, le type d'alimentation et les saisons, la composition du lait est variable. La standardisation consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du fromage à élaborer, elle est réalisée par un ajustement de la teneur en matière grasse et parfois du taux de protéines (Abdoune, 2003) .

2.4.4. Homogénéisation

Ce traitement physique par pression fait éclater les globules de matière grasse en fines particules homogènes. L'objectif est d'éviter que la matière grasse ne remonte à la surface, ne gêne l'écoulement du lait ou ne dépose sur l'emballage lors du traitement thermique de conservation. L'homogénéisation est inutile pour les laits concentrés sucrés, facultative pour le lait pasteurisé, mais indispensable pour les autres types de lait (Abdoune, 2003).

2.4.5. Pasteurisation

C'est un traitement thermique du lait il permet l'élimination des germes pathogènes du lait se fait à une température de 72°C pendant 15 secondes pour ne pas altérer les propriétés

organoleptiques du lait (Majdi, 2009) .

2.4.6. Maturation du lait

Elle a pour but d'améliorer le lait en tant que milieu de culture pour les bactéries lactiques et d'amener le lait à son pH optimum d'emprésurage. Secondairement, elle contribue à reconstituer les équilibres physico-chimiques du lait ayant peut être perturbés par des traitements antérieurs (réfrigération principalement) .Il existe diverses méthodes de maturation dont le choix est fonction de la qualité du lait reçu, de l'organisation du travail et de la nature du fromage (FAO, 1995) .La maturation du fromage s'effectue en deux temps (Majdi, 2009):

- **Une maturation I :** C'est une maturation de période plus au moins longue dure à peu près 15 heures et se fait à une température de 10 à 12 °C, cette maturation se fait en présence de ferments mésophiles.
- **Une maturation II :** C'est une maturation de période plus courte, elle va de 30 minute à 2 heures 30 et se fait à une température de 32 à 35°C, cette maturation se fait en présence de ferments thermique.

2.4.7. Emprésurage

Correspond au moment où l'on ajoute la présure en vue de provoquer sa coagulation : Cette dernière se traduit par une floculation des micelles de caséines qui s'unissent pour former un gel accompagné d'une liquide appelée lactosérum on peut distinguer deux type de coagulation :

➤ La Coagulation présure

Diverses enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler le lait, elles sont soit d'origine animale soit d'origine végétale (ficine, broméline), soit d'origine microbienne (enzymes de certaines moisissures ou bactéries).Les enzymes utilisées en fromagerie sont la présure, la pepsine et celle d'origine fongique (FAO, 1995) .

La présure est utilisé surtout pour faciliter l'égouttage du fromage on utilise des faibles doses de présure avec une dilution de 1/10000 c'est- à-dire (1,5 à 5 mg par 100 l du lait) et cela à basse température de l'ordre de 15 à 20°C. Le caillé se forme pendant 30-60 mn la fin

de la coagulation est une phase très courte qu'il faut déterminer d'autant plus vite que la fabrication à un caractère présure, le temps de prise est le temps au cours duquel le lait perd sa fluidité et gagne sa viscosité (Majdi, 2009).

➤ **Coagulation par acidification lactique**

Sous l'action des bactéries lactiques le lait s'acidifie progressivement, l'acidification du lait peut conduire suivant les conditions, soit de caséine, soit à la formation d'un gel (FAO, 1995). Le lait ne coagule que le PH atteint des valeurs inférieures à 4.6 (Fredot, 2006) .

2.4.8. D'écaillage et délactosage

Cette étape consiste à découper le caillé en grain de petites tailles sous forme de grain de maïs, l'outil utilisé lors de cette étape est le tranche-caillé. Ensuite le délactosage qui consiste à remplacer une partie du sérum par de l'eau pour abaisser la richesse du caillé en lactose pour éviter une sur acidification (réduire l'acidité par l'ajout de l'eau) (Majdi, 2009) .

2.4.9. Egouttage du coagulum

Cette étape dû entre 24 et 36 heures, elle appelée encore (ressuyage). Elle permet d'éliminer le petit-lait encore présent et de fixer la teneur en eau du fromage. Cette opération se déroule à une température de 18 à 20°C, une température trop basse nuit à bon égouttage, et trop élevée fournit un fromage trop sec (Fournier, 2007). L'égouttage est le résultat de deux phénomènes physiques différents (FAO, 1995) :

- Un phénomène actif, la synérèse, qui est dû à la contraction du gel ; il particulièrement important dans les coagulums présure.
- Un phénomène passif, résultant de l'aptitude du coagulum à laisser s'écouler le lactosérum occlus ; cette exsudation spontanée du sérum, liée à la perméabilité du coagulum, est une des caractéristiques des gels lactique .

2.4.10. Prépressage et le découpage

Transvasement dans la table de prépressage à ce moment le fromager juge

alors que l'égouttage est suffisant pour commencer le moulage du fromage.

Le mélange grain de caillé et petit lait est soutiré directement de la cuve à la table de prépressage où il subit un premier pressage. Dans le même temps, le lactosérum est envoyé dans un tank de stockage à 5°C. Le pré pressage se fait à fait à intensité de 1 bar pendant une durée de temps qui varie entre 30 et 45 min. Après un court pressage, le (gâteau de caillé) formé est découpé en cubes dont le format dépend la taille des moules du fromage (Majdi, 2009) .

2.4.11. Moulage

Les fromages sont pressés dans des étoiles cerclées de bois ou d'un autre matériau ou encore pris dans des moles perforées , ce qui permet d'obtenir leur forme définitive (Fredot, 2006) .

2.4.12. Pressage

Le pressage se fait à l'aide d'une presse automatique ; le pressage du fromage se fait en deux temps :

- **Le premier pressage** : se fait à une force de 1,5 bar pendant 45 minutes.
- **Le deuxième pressage** : se fait à 2 ,5 bar pendant 2h 30 minutes.

Elle consiste à (Majdi, 2009):

- Eliminer forcement le lactosérum.
- Donner au fromage sa forme définitif en utilisant des moules en plastique alimentaire

2.4.13. Salage

On peut saler le fromage soit par pulvérisation en surface de sel fin (à pâte molle) soit par immersion dans un bain de saumure (=eau +sel) (Fredot, 2006). Le sel joue un triple rôle :

- Il complète l'égouttage et contribuera ainsi à la formation de la croûte.
- Il règle l'activité de l'eau et ainsi favorise ou freine le développement des micro-organismes tout en régulant les activités enzymatique.
- Il révèle la saveur propre du fromage en influençant le goût et en renforçant les arômes.

2.4.14. Affinage

C'est la phase ultime de la fabrication des fromages caillés qui lui permet d'acquérir sa saveur caractéristique, elle se fait dans des conditions particulières de température de l'ordre de 13°C, d'humidité comprise entre 80-90%, et d'aération et cela pendant 30 jours.

Enfin les boules obtenues sont trempées dans une cire alimentaire de couleur jaune puis stockées (Majdi, 2009). L'affinage est en fait la résultante de trois principales actions biochimiques qui se déroulent simultanément à savoir (Abdoune, 2003) .

- la dégradation des protéines.
- l'hydrolyse de la matière grasse.
- la fermentation du lactose.

3. Microflore du fromage

Les microorganismes occupent une place essentielle dans le domaine des produits laitiers et leur importance se situe à trois niveaux : l'élaboration, l'altération et l'hygiène des produits (Hermier, Lenoir et Weber, 1992) (tableau 6).

3.1. Bactéries lactiques

Elles appartiennent principalement à trois genres : *Lactobacillus*, *Lactococcus* et *Streptococcus* qui se différencient, entre autre, par leur activité acidifiante. Les lactobacilles utilisés pour leur activité acidifiante sont *thermophiles* et appartiennent au groupe : *Lactobacillus. delbrueckii ssp.bulgaricus*, *Lactobacillus. delbrueckii ssp. lactis* et *Lactobacillus. helveticus*. Se développant assez difficilement au pH initial du lait, les *lactobacilles thermophiles* ne sont jamais utilisés seuls en fromagerie (Hassan et Frank, 2001 ; Chamba, 2008).

les bactéries lactiques constituent un groupe hétérogène, qui n'est pas clairement défini du point de vue taxonomique. Elles rassemblent en effet un certain nombre de genres qui se caractérisent par la production, liée à un métabolisme exclusivement fermentaire, de quantités importantes d'acide lactique à partir des sucres. La fermentation est dite : homolactique si l'acide lactique est pratiquement le seul produit formé et hétérolactique si d'autres composés sont aussi présents (acide acétique, éthanol, CO₂ ...etc.) (Leveau et Bouix, 1993; Pilet et Federigh, 2005).

3.1.2. Rôles des bactéries lactiques

3.1.2.1. Rôles technologiques

La pluparts des produits obtenues par fermentation résultent de procédés traditionnels, dont l'objectif initial la conservation ou la valorisation des matières premières. La participation de la flore lactique aux caractéristiques organoleptiques, technologiques, nutritionnelles et sanitaires de ces produits s'exerce par différentes propriétés métaboliques (Farrah et Rouabah, 2006) .

3.1.2.2. Activité acidifiante

La transformation du lactose (ou d'un autre sucre assimilable) en acide lactique conduit à l'acidification du produit. Cette acidification accroît sa durée de vie, en limitant sa contamination par les microorganismes d'altération ou pathogènes, et lui confère des caractéristiques organoleptiques particulières (Frank et Hassan, 1998; Mäyrä-Mäkien et Bigret, 2004) .

3.1.2.3. Activité protéolytique et lipolytique

Un grand nombre de composés issus de la protéolyse, des activités lipolytiques et estérasiques participent à la formation d'arôme lors de l'affinage des fromages (Harper, Armora, et Chenj, 1980) .

Les bactéries lactiques démontrent des potentialités différentes, liées à leur équipement enzymatique, pour l'utilisation de la fraction azotée. Les *lactobacilles* présentent généralement une activité protéolytique plus prononcée que les *lactocoques* (Donkor et al. 2007; Monnet et al., 2008; Roudj et Belkheir, 2009).

Les propriétés lipolytiques sont généralement faibles chez les bactéries lactiques, les *lactocoques* sont considérés comme plus lipolytiques que *Streptococcus thermophilus* et les *lactobacilles* (Béal et al., 2008) .

3.1.2.4. Production d'aromes

Les bactéries lactiques sont capables de produire de nombreux composés aromatiques (tels que : l' -acétolactate, l'acétaldéhyde, le diacétyle, l'acétoïne et 2,3-butanediol, l'éthanol, l'acétate, le formiate, ...etc.) principalement à partir du lactose, du citrate, des acides aminés

et des matières grasses. Cette fonctionnalité est particulièrement importante lors de l'élaboration des laits fermentés, des fromages frais, crèmes et beurre, dont l'arôme principal est lié à cette activité microbienne (Bourgeois et Larpent 1996; Smit, Smit, et Engels, 2005) .

3.1.2.5. Aptitude texturante

La capacité des bactéries lactiques à synthétiser des exopolysaccharides (EPS) joue un rôle important pour la consistance et la rhéologie des produits transformés (Leroy et De Vuyst 2004; Ho et *al.*, 2007) .

3.1.2.6. Bactéries lactiques et conservation des aliments

Les bactéries lactiques produisent une variété de composés antimicrobiens qui sont utilisés dans la fermentation et la bioconservation des aliments (Labaoui et *al.*, 2005) .

Les acides organiques : comme l'acide lactique, l'acide acétique ou l'acide propionique, élaborés lors de la fermentation des glucides, peuvent inhiber des levures, des moisissures et des bactéries.

Les bactériocines : les bactériocines produites par les bactéries lactiques sont des substances antimicrobiennes. Elles ont une activité inhibitrice dirigée contre les bactéries proches de la souche productrice. Les plus connues sont : la nisine, la diplococcine, l'acidophiline et la bulgaricine (Ogunbanwo, Sanni, et Onilude 2003; Dortu et Thonart, 2009) .

3.2. Champignons microscopiques

3.2.1. Levures

Parmi les nombreuses espèces de levures peuplant le lait, seules certaines espèces peuvent se maintenir dans le caillé. Elles produisent des composés d'arôme (Bouix et Leveau, 1980).

3.2.2. Moisissures

Elles jouent un rôle très actif dans l'affinage de certains fromages. Citons *penicillium caseicolum* dans le fromage de Brie, *Penicillium camembertii* et *Geotrichum* dans le Camembert, *Penicillium roquefortii* dans les fromages à pâte persillée type roquefort.

Ces moisissures ont une activité lipolytique et protéolytique intense. La caséine, les graisses du caillé sont métabolisées en un grand nombre de composés concurrent largement au développement des qualités organoleptiques du fromage. La plupart consomment l'acide lactique, ce qui désacidifie le fromage et contribue à lui donner sa texture définitive.

Tableau 6: Classification des différents types de fromages et micro-organismes utilisés dans leur fabrication.

Type de fromage	Description	Micro-organismes Utilisés	Références
Fromages à pâte fraîche	Fromages peu égouttés qui n'ont pas été affinés, il y'a juste coagulation des protéines du lait sous l'effet des ferments lactique (acidification).	<i>Lc. lactis</i> , <i>Lc.lactis cremoris</i> , <i>Lc. lactis diacetylacti</i>	(Chamba et Irlinger, 2004)
Fromages à pâte ferme	Constitués d'une pâte compacte, renfermant un peu moins d'eau que les fromages frais, mais contenant plus de sels minéraux dont les sels de calcium notamment. Dans cette catégorie, on distingue : - les fromages à pâte ferme non cuite (Edam, Saint-Paulin, etc.) - les fromages à pâte ferme cuite (Gruyère, Comté, etc.)	<i>Lc. lactis cremoris</i> , <i>St. thermophilus</i> , <i>Lb. casei</i> , levures, moisissures diverses.	(Parente et Cogan, 2004) (Yıldız, 2010)
Fromages à pâte Molle	Fromages ayant subi un affinage relativement prolongé (protéolyse et lipolyse intenses par la flore de surface) après une fermentation lactique (ex. Camembert).	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactococcus lactis cremoris</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Brevibacterium linens</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>P.camemberti</i> , levures.	(Branger, 2012) (Yıldız, 2010)
Fromages à pâte Persillée	Fromages affinés, à moisissures interne (ex. Roquefort). Il y'a développement interne de <i>P. roqueforti</i> grâce à l'action de <i>leuconostoc</i> et des levures qui produisent une ouverture et une petite quantité d'éthanol	<i>Lc. lactis</i> , <i>Lc. lactis cremoris</i> , <i>St.thermophilus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>P.roqueforti</i> , levures.	(Settanni et Moschetti, 2010)
Fromages fondus	Constitués d'un mélange de fromage(s), de beurre, de crème et de lait, pasteurisé (95°C) ou stérilisé (125°C). Appelés aussi fromages remaniés, ils sont de nombreux types dont certains sont obtenus après récupération des fragments de fromages à pâte ferme tel que le Gruyère et qui présentent certains défauts. En réalité, il s'agit plus d'une dissolution suivie d'une dispersion de protéines dans l'eau que d'une fonte qui, correspond au sens physico-chimique du terme, à la désintégration d'une structure solide cristalline par l'apport d'énergie thermique ou l'exercice d'une pression.	Pas d'ajout de ferments Lactiques	(Boutonnier, 2012)

3.3. Ferments lactiques

3.3.1. Définition

On définit les levains ou ferments lactiques comme étant des cultures pures ou des mélanges de bactéries lactiques sélectionnées et utilisées pour la fabrication de produits fermentés comme les yaourts, le kéfir et les fromages (Leroy et De Vuyst, 2004; Mäyrä-Mäkien et Bigret, 2004) .

3.3.2. Types de ferments lactiques

Les ferments lactiques peuvent être classés en se basant sur leur fonction, leur température de croissance, ou leur composition (Carminati et *al.*, 2010) .

3.3.2.1. Selon la composition

Selon la fédération internationale de laiterie, (1997), les ferments lactiques peuvent être classés en trois catégories :

- **ferments purs** : constitués d'une souche d'une seule espèce bien caractérisée, c'est-à-dire une culture provenant en principe d'une seule cellule bactérienne.
- **ferments mixtes** : ils sont formés d'un mélange de souches en nombre et en proportions indéfinis, ces souches appartiennent aux différents types lysotypiques et ont donc, en général, une bonne activité acidifiante.
- **ferments mixtes sélectionnés** : Contiennent plusieurs souches bien définies, issues d'une ou de plusieurs espèces et les proportions entre les souches sont connues et définies selon le cahier des charges de l'utilisateur.

3.3.2.2. Selon la température de croissance

- **Ferments mésophiles** : Les bactéries lactiques qui constituent ces ferments ont une température optimale de croissance qui varie selon les souches entre 25°C et 30°C et peuvent atteindre une température maximale de fermentation de 38°C à 40°C. Ils sont constitués essentiellement des espèces acidifiantes (*Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lc. lactis ssp. cremoris*) et des espèces aromatisants (*Lc. lactis ssp. lactis biovar. diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris*). Les ferments mésophiles sont habituellement

utilisés dans la fabrication de plusieurs variétés de fromages, en particulier les fromages frais, de certains laits fermentés et du beurre (Chamba, 2008; Carminati *et al.*, 2010)

- **Ferments thermophiles** : Ils comprennent les *lactobacilles*, les *bifidobactéries* et l'espèce *Streptococcus thermophilus*. Leur température optimale de croissance se situe entre 40°C et 50°C. Les ferments thermophiles sont souvent utilisés pour la fabrication des yaourts, certains laits fermentés et quelques fromages à pâte cuite tels que l'Emmental et le Gruyère (Mäyrä-Mäkien et Bigret, 2004; Carminati *et al.*, 2010).

3.3.3. Cultures mixtes des bactéries lactiques

Dans la pratique industrielle, les bactéries lactiques sont très souvent associées, soit entre elles, soit avec d'autres microorganismes (bactéries non lactiques, levures ou moisissures) formant des cultures mixtes où différents types d'interactions peuvent se produire. L'ensemble de ces interactions gouverne la structure des communautés microbiennes et leurs activités. On les classe en deux catégories : les interactions positives qui se caractérisent par la stimulation d'un ou de plusieurs micro-organismes et les interactions négatives qui correspondent à une inhibition de la croissance et de l'activité métabolique (Cholet , 2006; Monnet *et al.*, 2008) .

3.3.4. Rôles des ferments lactiques

Les ferments utilisés pour la fabrication de fromage comprennent principalement les genres des bactéries lactiques *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Streptocoques*, *Lactobacillus* et *Entérocooccus* lors de la production, la croissance des bactéries du ferment, flore primaire, est principalement responsable de l'acidification du lait en métabolisant le lactose en acide lactique (Abdoune, 2003) (tableau 7) .

Tableau 7: Rôle des ferments lactiques en fromagerie (Branger, Richer, et Roustel, 2007) .

Propriétés des ferments lactiques	Effets sur le produit
Transformer les sucres en acide lactique	<p><u>Abaissement du pH :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - conservation des produits - limitation du développement de bactéries nuisibles - modification de la micelle de caséine <p>Solubilisation des minéraux liés à la caséine :</p> <ul style="list-style-type: none"> - action sur l'égouttage des caillés (teneur en eau) - action sur la texture des fromages <p><u>Diminution de la concentration en lactose :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - production de lactate (action sur la flaveur des fromages)
Transformer les sucres en CO₂	<p><u>Libération de CO₂</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ouverture utile en pâtes molles et pâtes persillées - ouverture nuisible en pâtes pressées
Transformer les citrates	<p>Formation de diacétyle</p> <ul style="list-style-type: none"> - recherché en fromages à pâte fraîche et molles
Transformer la caséine	<p>Protéolyse pendant la maturation</p> <ul style="list-style-type: none"> - activation de la croissance (peptides, acides aminés) <p>Protéolyse pendant l'affinage</p> <ul style="list-style-type: none"> - modification de la texture, couleur, flaveur
Produire des Polysaccharides	<p>Épaississement du milieu pour les pâtes fraîches</p> <ul style="list-style-type: none"> - augmentation de la viscosité par libération de polysaccharide pendant la fermentation lactique

Chapitre II. Matériel et Méthodes

L'ensemble de ce travail a été effectué au niveau des laboratoires de microbiologie et de biochimie de la Faculté des Sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre à l'Université de Khemis-Miliana, ainsi qu'au niveau de la laiterie des Aribis, durant la période Janvier-Juin de l'année 2017.

Les objectifs de cette étude s'articulent autour des points suivants :

- Etudier la qualité (physicochimique et microbiologique) du lait de chèvre qui sert à la fabrication du fromage ;
- Mettre en place les étapes de fabrication du fromage à pâte pressée de type *Gouda* ;
- Effectuer les analyses de notre produit fini (fromage) pour assurer sa Qualité nutritionnelle, Qualité hygiénique, Qualité organoleptique ;

1. Matériel

Pour la réalisation des différentes parties expérimentales, on s'est servi de:

1.1. Produits biologiques

1.1.1. Source du Lait de chèvre

Le lait de chèvre a été collecté auprès des éleveurs de la région d'El-AMRA dans les conditions d'hygiène appropriées.

1.1.2. Ferments

- **Bactéries lactiques** : 12 souches déjà isolées et identifiées et qui proviennent de la collection du laboratoire de microbiologie de l'Université de Khemis Miliana. Deux souches de *Lactococcus sp*, une souche de *Leuconostoc sp*, 4 souches *Lactobacillus casei*, une souche de *Lb.paracaesi*, 3 souches *Lactobacillus plantarum*.

1.1.3. Présure

Elle est fournie par la laiterie des ARIBS (référence : **CHY-MAX[®] Powder Plus NB**, force : 1400 IMCU/g, Danemark).

1.2. Milieux de culture

Plusieurs milieux de cultures ont été utilisés au cours de cette étude expérimentale, il s'agit des milieux suivants :

Le milieu Man-Rogosa et Sharp (MRS) bouillon et gélose, le milieu plate count agar (PCA), Le milieu gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL), le milieu M17 gélose, le milieu gélose de sabouraud, le milieu Hecktoen, Le milieu Giolitti Cantoni bouillon, le milieu viande foie(VF).

1.3. Produits chimiques et Réactifs

Violet de Gentiane, Phénolphtaléine à 1%, Soude N/9, alcool , lugol , fuchsine, Alcool iso amylique, Acide sulfurique, Chlorure de calcium (CaCl_2), Nitrate de potassium KNO_3 , Tellurite de potassium, Sulfate de fer, Le réactif de Vogues Proskauer (VPI et VPII), réactif de Kovacs, huile a immersion.

2. Méthodes

2.1. Repiquage et revivification des souches

Les souches utilisées sont sous forme congelées en cultures pures. Elles sont activées et maintenues par repiquage selon la methode de Larpent, (1998) de la façon suivante :

- Prendre une goutte d'inoculum dans 5 ml de milieu de croissance, le plus souvent M17 bouillon pour les *Lactocoques* et MRS pour les *lactobacilles*.
- Incubation à 30°C pendant 24h.

2.2. Vérification de l'état des souches

Elle est réalisée par observation macroscopique et microscopique accompagnée d'une coloration de Gram.

2.2.1. Aspect des colonies

- a) **Aspect macroscopique des colonies** : L'examen des colonies séparées obtenues sur la gélose MRS peut être effectué à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe binoculaire.

- b) **Aspect microscopiques des colonies (coloration de Gram) :** Cette étude s'effectue par examen microscopique. Elle permet d'observer la morphologie des cellules et leur mode de regroupement.

2.3. Méthodes d'analyses du lait

2.3.1. Analyses physico-chimiques

2.3.1.1. Détermination de la densité

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20 °C et la masse du même volume d'eau (Pointurier, 2003) .

Principe : La densité est déterminée à 20°C par lactodensimètre (fig 1, a et b).

2.3.1.2. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable du lait est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait (AFNOR, 1986) .

Principe : Titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur (fig 1, d).

2. 3.1.3. Dosage de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique)

La méthode acido-butyrométrique est une technique conventionnelle qui lorsqu'elle est appliquée à un lait entier de teneur en matière grasse moyenne et de masse volumique moyenne à 20°C (27°C dans les pays tropicaux) donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100g de lait ou 100 ml de lait (AFNOR, 1986) .

Principe : Après dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique, séparation de la matière grasse du lait par centrifugation, dans un butyromètre. La séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool amylique. Obtention de la teneur en matière grasse (en grammes pour 100 g ou 100 ml de lait) par lecture directe sur l'échelle du butyromètre (fig 1, c).

2.3.1.4. Mesure de la teneur en matière sèche totale

On entend par matière sèche du lait le produit résultant de la dessiccation du lait dans les conditions décrites par la présente norme (AFNOR, 1986) .

Principe : Dessiccation par évaporation d'une certaine quantité de lait et pesée du résidu (fig 1, f).

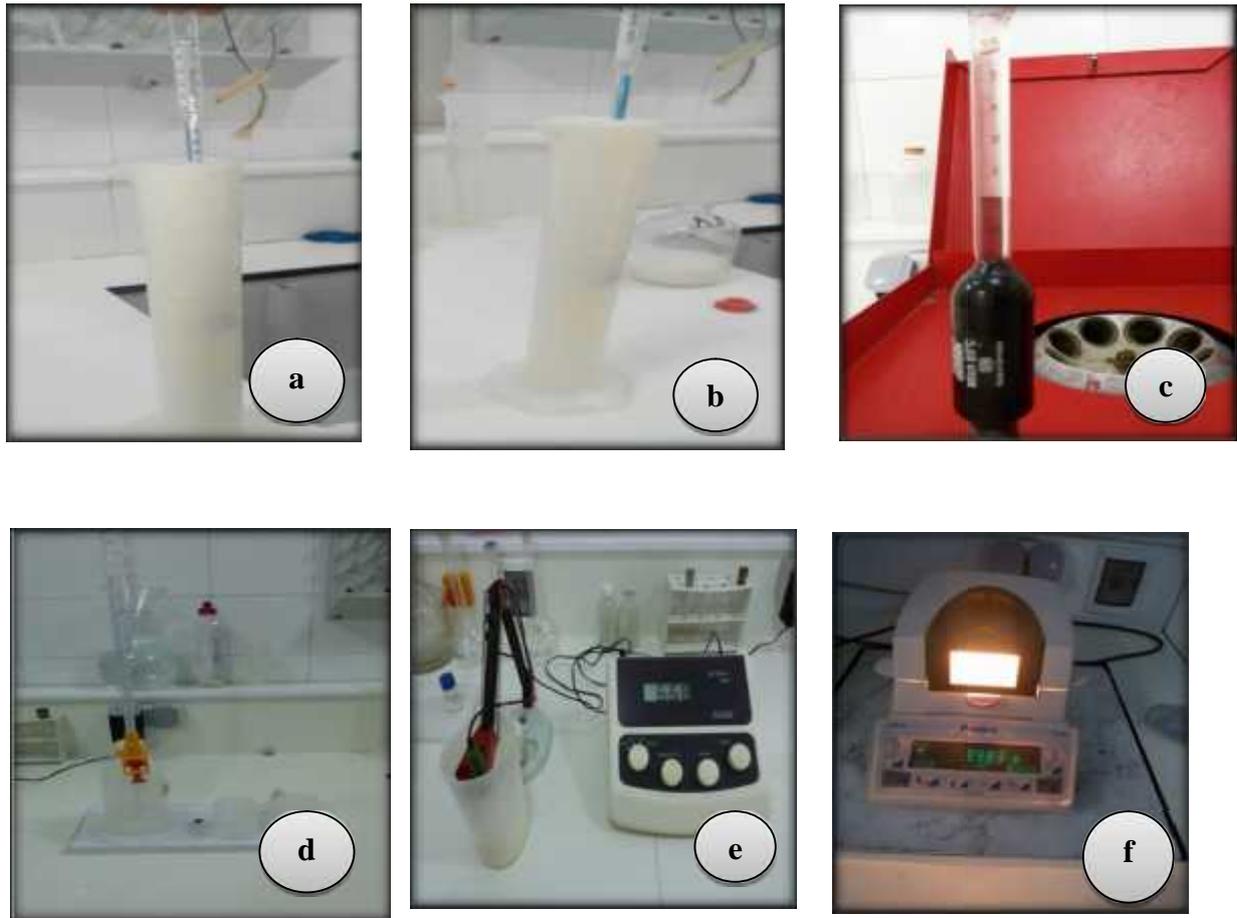


Figure 1 : Appairages utilisé pour les analyses physico-chimiques.

(a, b) : lactodensimètre.

(e) : pH mètre.

(c) : butyromètre.

(f) : Dessiccateur.

(d) : burette.

2. 3.2. Analyses microbiologiques

2. 3.2.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies totaux à 30°C (NF V 08-051)

Le dénombrement des germes totaux à 30°C reste la meilleure méthode permettant d'estimer l'indice de salubrité et de la qualité des aliments dans le contrôle industriel (Bonnefoy et *al.*, 2002) .

A partir des dilutions décimales allant de 10^{-1} à 10^{-3} , porter aseptiquement 1ml dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage numérotée, Compléter ensuite avec environ 20ml de gélose PCA puis refroidie à $45\pm 1^\circ\text{C}$, les boîtes seront incubées à 30°C pendant 72 heures.

Les colonies des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) se présentent sous forme lenticulaire en masse.

4.1.1. 2.3.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (NF V 08-050, NF V 08-060) .

L'intérêt de la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et contamination fécaux (*E. coli*), est de déterminer pour le produit testé une contamination fécale (Joffin et Joffin, 1999) .

Les coliformes sont dénombrés sur milieu solide par la technique en boîtes sur gélose VRBL à partir des dilutions décimales 10^{-1} à 10^{-3} , porter aseptiquement 1ml de chaque dilution dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage et numérotée. Cette opération doit être effectuée en double pour chaque dilution car :

- La première série de boîtes sera incubées à 37°C et sera réservée à la recherche des coliformes totaux ;
- La deuxième série de boîtes sera incubées à 44°C et sera réservée à la recherche des coliformes fécaux.

2. 3.2.3. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

L'étude de *Staphylococcus aureus* permet de savoir si le produit présente des risques pour le consommateur car ils sont les seuls à produire éventuellement une entérotoxine protéique causant l'intoxication alimentaire (Guiraud, 1998) .

Principe

- Le dénombrement des staphylocoques peut se faire sur milieu Giolitti Cantonii ;
- L'enrichissement sur le milieu Giolitti Cantonii permet une meilleure revivification des souches stressées.
- L'isolement sur le milieu Chapman qui a un pouvoir inhibiteur, est obtenu par de fortes concentrations en chlorures de sodium (7,5%). Il sélectionne les microorganismes halophiles parmi lesquels figurent les staphylocoques entourés d'un halo jaune qui est dû à l'utilisation du mannitol avec acidification du milieu et virage de l'indicateur « le rouge de phénol » du rouge au jaune.

2. 3.2.4. Recherche et dénombrement des Clostridium- sulfito réducteurs (NF V 08-019)

La recherche et le dénombrement des anaérobies sulfito réducteurs sont réalisés dans deux buts différents :

- *Clostridium perfringens* de type A est recherché car parfois responsable d'intoxication alimentaire ;
- Les *Clostridium sulfito réducteurs* (ou leurs spores), bactéries commensales de l'intestin ou saprophytes du sol (Joffin et Joffin, 1999) .

Principe

Clostridium perfringens et les *Clostridium sulfito réducteurs* réduisent les sulfites en sulfures :



(Joffin

et Joffin, 1999).

Au niveau de la laiterie des ARIBS, la méthode utilisée est la méthode générale sur gélose Viande-Foie à 37°C.

Dans des tubes contenant les dilutions 10^{-1} et 10^{-2} seront (dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées) soumis :

D'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 mn, puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet.

Après refroidissement des tubes, porter 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis, puis ajouter 15 ml de milieu VF (fondu et additionné d'Alun de fer et de sulfite de sodium).

Laisser solidifier 30 mn sur paillasse, ensuite incuber à 37°C pendant 16, 24 ou 48 heures.

2.4. Procédé de fabrication du fromage type Gouda

2.4.1. Préparation du levain

Le levain préparé dans un flacon contenant 100ml de lait écrémé stérile, ensemencé avec des cultures jeunes des souches pures mésophile à un taux de 2% (à des volumes égaux), ensuite incubé à 30°C pendant 16 heures.



Figure 2: Préparation du levain

Ferment 1 : deux souches de *Lactococcus sp*, une souche de *Leuconostoc sp*, les restes sont de *Lactobacillus casei*.

Ferment 2 : deux souches de *Lactococcus sp*, une souche de *Leuconostoc sp*, les restes sont de *Lactobacillus plantarum* ;

Ferment 3 : renferme toutes les souches des deux ferments précédents.

2.4.2. Pouvoir acidifiant des levains

La mesure de l'activité acidifiante consiste à suivre d'une part l'évolution du pH des différentes cultures et d'autre part à doser simultanément l'acidité totale par la soude.

On commence par la préparation de lait écrémé à 10% dans des flacons de capacité 250ml. Après stérilisation et refroidissement à la température d'ensemencement, chaque flacon est ensemencé par une culture lactique (V/ 100V). Après incubation à 37°C pendant

24h; 10ml du lait est prélevé puis titrer par la soude Dornic (N/9) en présence de 5 gouttes de phénolphthaléine, jusqu'au virage de la couleur au rose pâle persistant au moins 10 secondes (Larpen, 1998) .

L'acidité est déterminée par la formule :

$$\text{Acidité (°D)} = V_{\text{NaOH}} \times 10$$

Où : V_{NaOH} : Volume de **NaOH** utilisé pour titrer l'acide lactique contenu dans les 10ml de lait.

La mesure de pH est faite directement par le pH-mètre, en plongeant l'électrode dans le volume du lait. Le pH a été déterminé à chaque fois qu'on procède au dosage de l'acide lactique.

2.4.3. Étapes de la fabrication du fromage de type « Gouda » à base du lait de chèvre

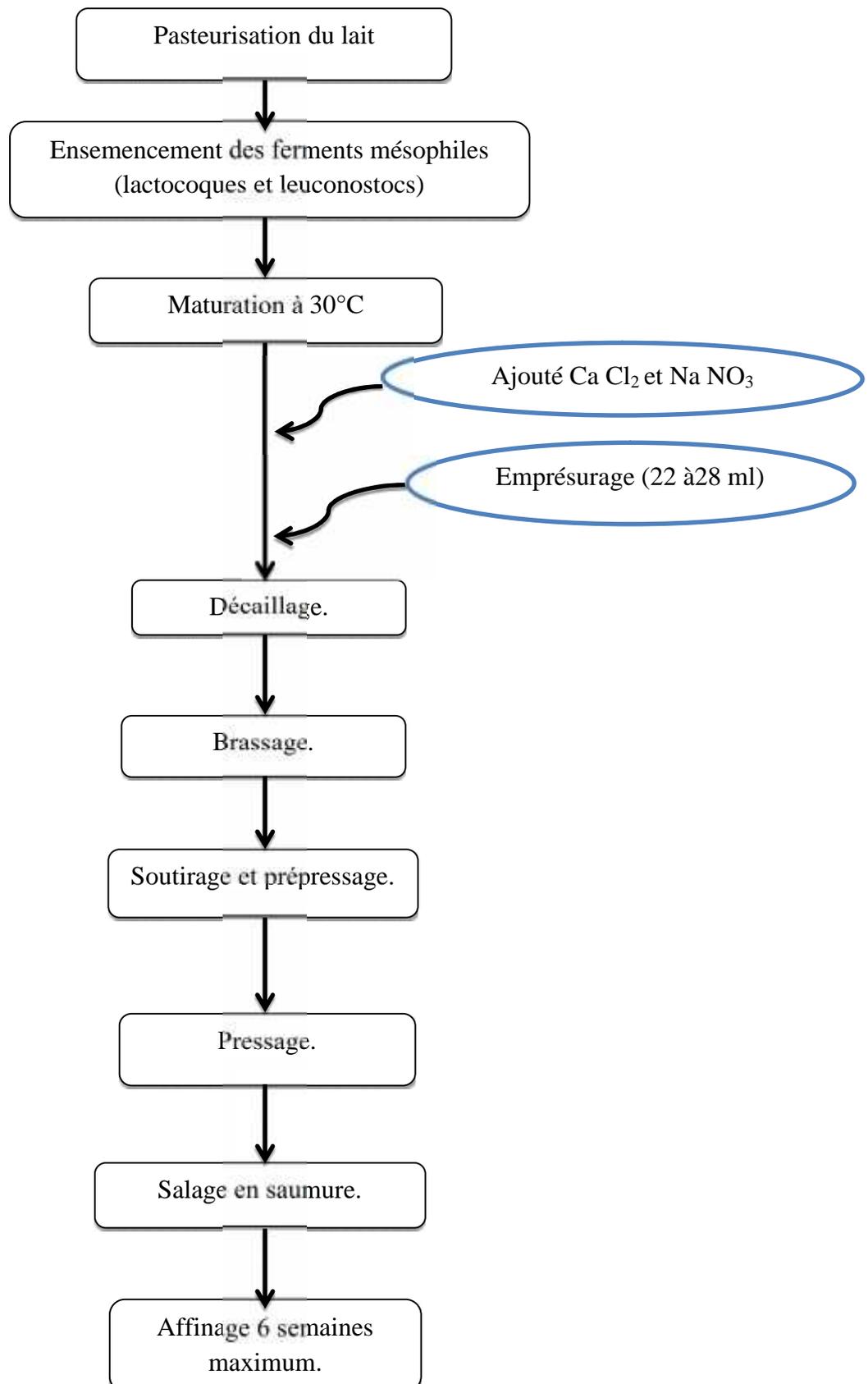


Diagramme de la technologie de fabrication du gouda (Gassi, Jean-Yves et Schuck, 2002)

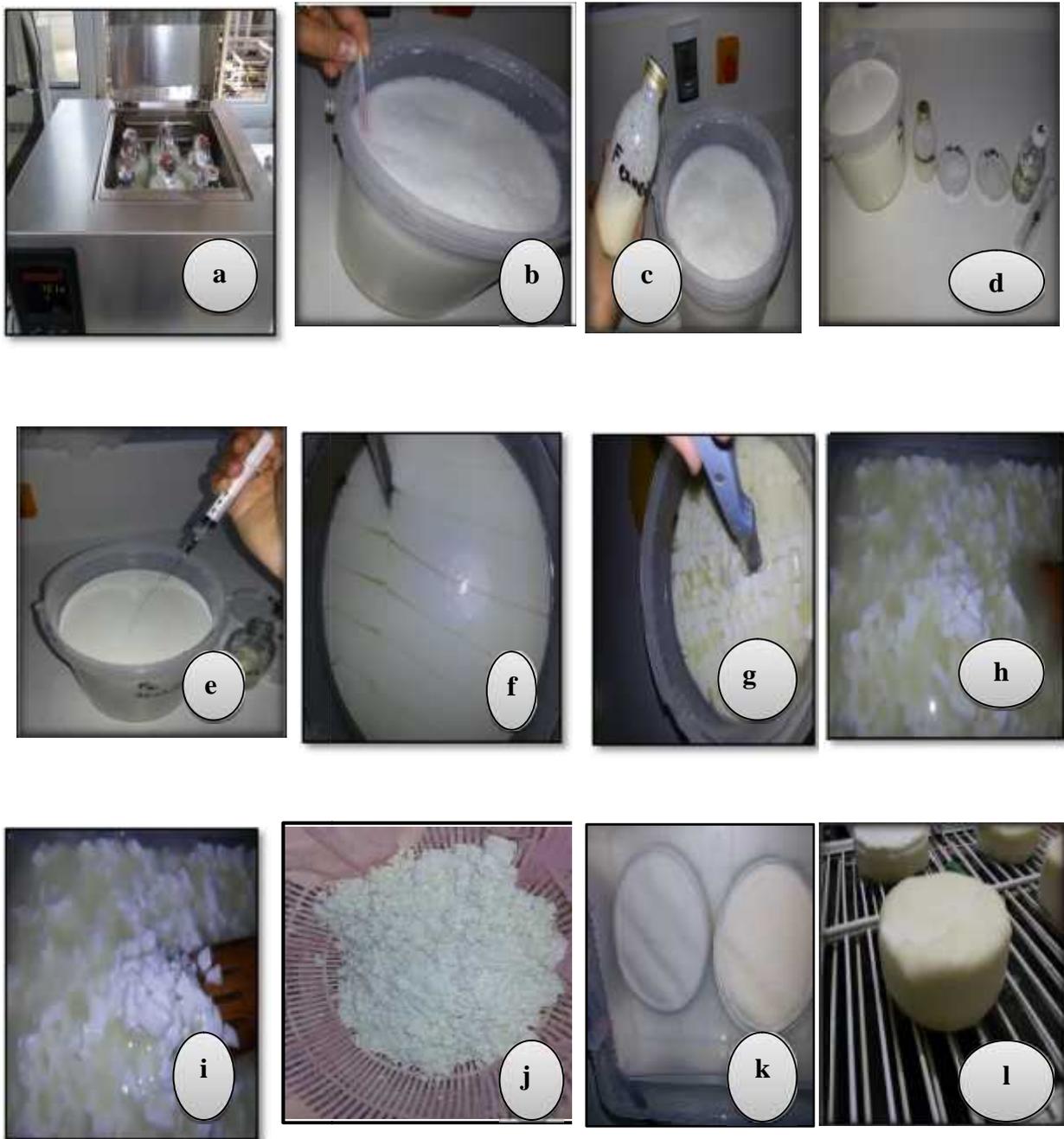


Figure 3 : les principales étapes de la fabrication du fromage *gouda*.

(a) : pasteurisation. **(b) :** refroidissement. **(c) :** ensemencement des ferments.

(d) et (e) : emprésurage et ajoute Ca Cl_2 et KNO_3 . **(f) et (g) :** Décaillage.

(h) et (i) : délactosage et brassage. **(j) :** égouttage. **(k) :** Salage en saumure. **(l) :** réessuyage.

2. 5. Méthodes d'analyse du fromage

2. 5.1. Analyses physico- chimique du fromage

Cette analyse a comporté la mesure du pH, de l'acidité titrable, la détermination de la composition chimique des échantillons du fromage préparé à savoir l'extrait sec total, la matière grasse, minérale, chlorure et les protéines.

2. 5.1.1. pH et acidité titrable

5g de fromage et 30 ml d'eau distillée récemment bouillie et refroidie à 20°C ont été introduits dans une fiole conique, le mélange a été bien agité puis laissé au repos pendant 20min. Le pH a été déterminé en utilisant un pH-mètre. Pour la détermination de l'acidité 10ml du produit était prélevé, ajouter de 0.1ml de phénolphthaléine puis titrer avec du NaOH N/9 jusqu'à apparition d'une couleur rose pâle persistante (Amariglio, 1986) .

2.5.1.2. Matière sèche

Pour la réalisation de cette manipulation, 10g de chaque échantillon a été placé dans des creusets déjà séchés et tarés. Cette préparation a été placée dans le four Pasteur à 120°C. La matière sèche est déterminée par des pesées répétées jusqu'à avoir un poids constant (Lecoq, 1965) (Poids capsule+ extrait sec) –poids capsule à vide.

2.5.1.3. Cendres

Le taux de cendres est déterminé selon la méthode décrite par (AOAC, 2000) par calcination d'une prise d'essai de 5 g de la spécialité fromagère dans un creuset à une température de 550°C dans un four à moufle « LINN HightTherm » pendant 4 heures, par la suite les cendres contenues dans les creusets sont transférées dans un dessiccateur puis pesées par une balance de précision. La teneur en cendre se détermine par la formule suivante :

$$\text{Taux de cendre (\%)} = (M_f - M_0 / 5) \times 100$$

Où : M_f : masse à vide du creuset plus celle de l'échantillon, M_0 : masse à vide du creuset.

La détermination du taux de cendres est réalisée en triple.

2.5.1.4. Dosage du chlorure

La quantification de ces ions est déterminée par titrage en utilisant une solution de nitrate d'argent en se basant sur la quantité de chlorure d'argent précipitée (Chimie GCI, 2011).

Principe : La réaction globale de la précipitation du chlorure d'argent (AgCl) est donnée selon la réaction :

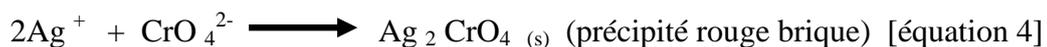
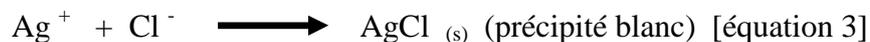


Cette réaction peut être mise sous forme ionique afin de distinguer les entités en solution.



Lors du titrage, afin de repérer la fin de la réaction de précipitation de AgCl, on introduit dans la solution des ions Chromate CrO_4^{2-} obtenus par ajout à la solution à titrer du sel de chromate de potassium ($\text{K}_2 \text{CrO}_4$).

Quand il existe simultanément dans une solution les ions Cl^- , CrO_4^{2-} et Ag^+ , les réactions susceptibles de se produire sont les suivantes:



La solubilité de AgCl est de $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$, et celle de $\text{Ag}_2 \text{CrO}_4$ est de $5,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$. Cela veut dire que l'AgCl est moins soluble que l' $\text{Ag}_2 \text{CrO}_4$, ou bien que AgCl précipite avant $\text{Ag}_2 \text{CrO}_4$ (phénomène de précipitation préférentielle).

Calcul : Calculer la teneur en chlorures, en pourcentage en masse, au moyen de la formule :

$$\frac{(V - V_0) \times f}{m}$$

Où

V₀ : est le volume, en millilitres, de la solution titrée de nitrate d'argent, utilisé pour l'essai à blanc;

V 1 : est le volume, en millilitres, de la solution titrée de nitrate d'argent, utilisé pour la détermination;

m : est la masse, en grammes, de la prise d'essai;

f : est le facteur permettant d'exprimer les résultats en pourcentage d'un certain type de chlorure.

2.5.1.5. Matière grasse

La matière grasse est déterminée par la méthode de Gerber ou méthode acido butyrométrique de VAN GULIK (ISO, 2002) .

La détermination de la matière grasse par la méthode acide butyrométrique est basé sur l'ajout de l'acide sulfurique (H_2SO_4) qui dissout les protéines du fromage, la séparation de la matière grasse des autres constituants est réalisé après centrifugation du butyromètre en présence d'alcool iso-amylque.

On introduit dans un butyromètre 3 g de fromage, 10ml d'acide sulfurique de densité 1,530 et après avoir fermé le butyromètre et placé dans un bain d'eau 75°C sous agitation pour aider la dissolution du fromage , quand l'attaque est terminée on ajoute 1ml de l'alcool iso-amylque et l'on complète avec H_2SO_4 jusqu'au 4ème de la tige, on procède à l'homogénéisation par retournement jusqu'à complète la dissolution, la dernière étape est la centrifugation pendant 5 minutes à 1200 tour /min.

2. 5.1.6. Dosage du taux de la matière azotée

La détermination de la matière azotée est effectuée selon la méthode de Kjeldahl (AOAC., 2000). Cette méthode de référence est fondée sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammoniacale $(NH_4)_2SO_4$ par l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique en présence d'un catalyseur de minéralisation (Na_2SO_4 17 g/100 g ; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 1.5 g/100 g).

Les échantillons sont introduits dans des matras (tubes de minéralisation), puis minéralisés sur une rampe (Kjeldatherm, Gerhardt, Les Essarts le Roi, France) à 420°C pendant 3 h. Le sulfate d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$ est le produit essentiel de la minéralisation, obtenu par l'ajout d'acide sulfurique 0,01N (H_2SO_4). Une base forte (NaOH) est ajoutée en volume égal au volume d' H_2SO_4 introduit.



Au cours de la distillation, l'hydroxyde d'ammonium formé (NH_4OH) est entraîné par la vapeur d'eau et récupéré dans un vase de titrage contenant une solution d'acide borique en excès. Le borate d'ammonium formé ($(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$) fait augmenter le pH de la solution. La solution est ensuite titrée par de l'acide sulfurique titre. Le volume d'acide sulfurique ajouté correspond à l'ammonium contenu dans l'échantillon du départ. Le dosage est réalisé de façon automatique avec un appareil de type Vapodest 50 Gerhardt. Pour chaque échantillon, l'analyse est répétée trois fois.

Les résultats sont exprimés en g pour 100 g de fromage selon les formules suivantes et les résultats finaux sont exprimés en pourcentage d'azote total (% NT).

$$\text{NT} = (\text{V1} - \text{V0}) \times 0,14 \times 10 / \text{P}$$

$$\text{Taux protéines (g/100 g fromage)} = 6,38 \times \text{NT}$$

Avec

V1 : volume d' H_2SO_4 nécessaire au titrage de l'échantillon en ml ;

V0 : volume d' H_2SO_4 nécessaire au titrage du blanc en ml ;

P : masse de l'échantillon du fromage en g ;

6,38 : facteur protéique (Adler-Nissen, 1986) .

2.5.2. Contrôle microbiologique

Le contrôle microbiologique a été réalisé selon les techniques décrites par (Guiraud et Galzy, 1980; Beerens et Luquet, 1987; Guiraud, 2003) .

2.5.2.1. Préparation des dilutions décimales

A l'aide d'une spatule stérile on prélève 1g du fromage de chaque échantillons et on l'introduit dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, on obtient alors la dilution 10^{-1} , à partir de cette dernière on refait la même opération pour aboutir à la dilution 10^{-8} .

L'étude du control microbiologique des échantillons du fromage est réalisée par les mêmes techniques déjà décrite en 2.3.2.

2.5.2.2. Dénombrement des levures et moisissures

Le dénombrement a été effectué sur le milieu solide gélosé OGA préalablement coulé et solidifié. 3 à 4 gouttes de la dilution 10^{-4} et 10^{-5} ont été étalées en surface du milieu et les boîtes ont été incubées pendant 3 à 5 jours à une température de 28°C.

2.5.2.3. Recherche de Salmonella

Un pré-enrichissement par ensemencement de 25g du fromage dans 225ml du milieu eau peptonée alcaline a été réalisé. Après incubation à 37°C pendant 24h, la présence probable de salmonelle se traduit par un trouble du milieu. S'il y a le trouble, un isolement doit être pratiqué sur gélose Hecktoen

2.5.3. Analyses sensorielles

Cette analyse a été effectuée sur les échantillons du fromage après 6 semaines d'affinage. Les fiches de dégustation sont reproduites en annexes (l'odeur du produit entier, l'aspect de la croûte et de la pâte, la texture en bouche de la pâte ainsi que la flaveur (goût et saveur).

Les fiches de dégustation permettent de porter un jugement qualitatif sur les fromages en notant différents descripteurs.

Lorsqu'ils passent d'un échantillon à un autre, ils doivent se rincer la bouche avec de l'eau afin d'effacer le goût de l'échantillon précédent (Edima, 2007)

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Repiquage et revivification des souches

Nous avons réalisé le repiquage sur les milieux sélectifs (gélose et bouillon MRS), afin de veiller à la pureté des souches isolées, avec une incubation à 37°C pendant 24h.

Sur bouillon MRS, les souches sont caractérisées par l'apparition du trouble homogène au fond du tube avec une zone transparente de 5 mm d'épaisseur à la surface du milieu liquide qui caractérise le groupe des bactéries lactiques (Fig.4).

L'observation directe des colonies sur gélose MRS permet de confirmer les caractéristiques macroscopiques de nos bactéries. Les isolats de petite taille de forme lenticulaire de couleur blanchâtre ou laiteuse, avec une surface lisse et un pourtour circulaire régulier (Fig.4).



Figure 4: Aspect des souches sur bouillon et gélose MRS après 24 h d'incubation.

Après la coloration de GRAM, l'observation microscopique a révélé des cellules sous forme de coque ou bacille gram positif, et les tailles des cellules étaient différentes. Ces cellules étaient souvent disposées en courtes ou longues chainettes en plus des structures isolées et des diplocoques étaient également observés (figure 5).

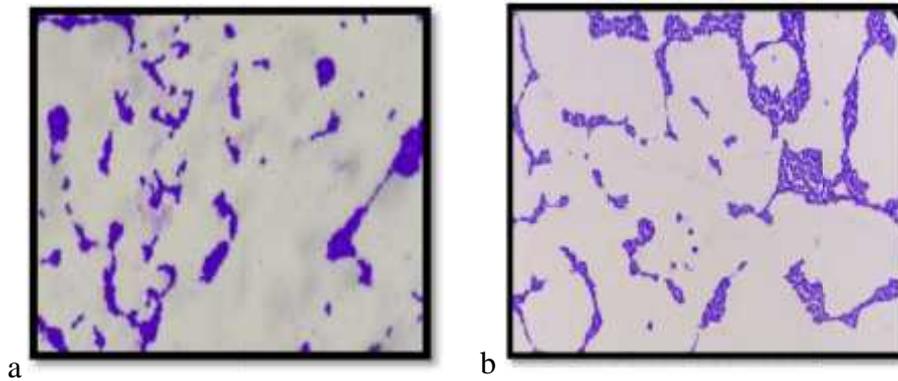


Figure 5 : Aspect microscopique des coques (a) et des bacilles (b) lactiques.

2. Analyses du lait de chèvre

2.1. Analyses physico-chimiques

2.1.1. pH, acidité et densité

Les échantillons de lait ont été conservés à 4°C jusqu'au moment d'utilisation. Une fois au laboratoire, le pH et l'acidité dornic des échantillons de lait cru ont été déterminés.

Pour le pH une valeur de 6,60 a été enregistrée pour l'échantillon du lait de chèvre, les valeurs du pH normal sont de 6,6 à 6,8 (Alais, 1984).

L'acidité titrable enregistrée dans le lait collecté est de 16°D, avec une densité de 1,032 enregistrée à 23°C.

Ces résultats sont en concordance avec ceux donnés par la FAO, (1995): une acidité qui varie de 14 à 18°D et une densité de 1,027-1,035.

L'acidité titrable du lait est relativement constante, mais son augmentation est un indice de lait anormal (Lapointe-Vignola, 2002; Dudez et Broutin, 2003).

2.1.2. Matière sèche et matière grasse

Le lait de chèvre utilisé pour la fabrication du fromage contient environ 13% de matière sèche avec 3,8 % de matière grasse.

Selon Charron, (1986) et Lapointe-Vignola, (2002) le taux de la matière sèche peut varier de 10,5 à 13,5%, et celui de la matière grasse de 3,2 à 4,1%.

Les proportions de la matière sèche et de la matière grasse dans le lait de chèvre sont en relation directe avec les condition d'élevage, d'alimentation, du stade de lactation et de la race (Morand-Fehr et *al.*, 1976; St-Gelais, Ould-Baba et Turcot, 1999) .

2.2. Analyses microbiologiques

Le lait de chèvre utilisé pour la fabrication du fromage a subit une pasteurisation 75°C pendant 15/20 min. Les résultats trouvés confirment l'absence totale des germes pathogènes (*Salmonella* et *Listeria monosytogenèse*) et des coliformes totaux; cela confirme le bon déroulement du traitement thermique ainsi la bonne qualité microbiologique de notre lait.

2.3. Test d'antibiotiques

La recherche d'antibiotiques dans le lait cru est réalisée par l'appareil CHR HANSEN. Ce test a révélé leur absence (figure 6). Cette absence est recommandée par les réglementations nationale et internationale (Arrêté de 24 janvier 1998, JORA N° 35 du 27-05-1998 ; Arrêté française du 18 mars 1994).



Figure 6 : Résultat obtenu pour le test d'antibiotique des échantillons du lait.

3. Fabrication du fromage

3.1. Interactions des bactéries lactiques dans des ferments mésophiles

Il est assez rare que l'on utilise pour la fabrication des produits laitiers une seule souche de bactéries lactiques. En règle générale, on associe plusieurs souches, voire plusieurs espèces et genres bactériens (Juillard et *al.*, 1987) .

La composition en souche des trois ferments F1, F2 et F3 est faite comme suit :

F1 : deux souches de *Lactococcus sp*, une souche de *Leuconostoc sp*, quatre souches de *Lactobacillus casei*, et une souche de *Lactobacillus paracasei* ;

F 2 : deux souches de *Lactococcus sp*, une souche de *Leuconostoc sp*, trois souches de *Lactobacillus plantarum*

F 3 : c'est l'association des deux ferments précédents

3.2. Pouvoir acidifiant des trois ferments

Les résultats de ce test sont groupés dans les figures 7, 8 pour F1 F2 F3 respectivement. Il en ressort que les trois ferments mixtes aient une activité acidifiante considérable qui se traduit par la production d'acide lactique dont les valeurs atteignent 8 g/l ,8.50g/l et 8 g/l après 24h d'incubation.

De même, il apparaît que la production d'acide est accompagnée par une chute de pH dont les valeurs enregistrées après la même phase d'incubation sont de l'ordre de pH 4.40, pH 4.45 et 4,40 pour les ferments F1, F2 et F3 respectivement.

L'activité acidifiante des ferments lactiques est un paramètre déterminant dans leur sélection et leur utilisation (Martley, 1983) .

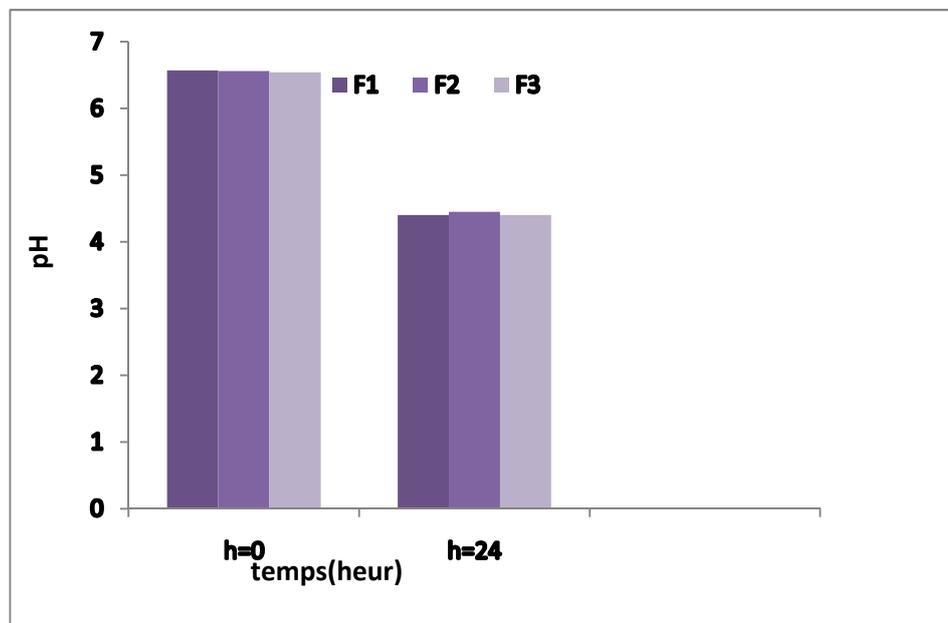


Figure 7 : Diminution du pH des trois ferments.

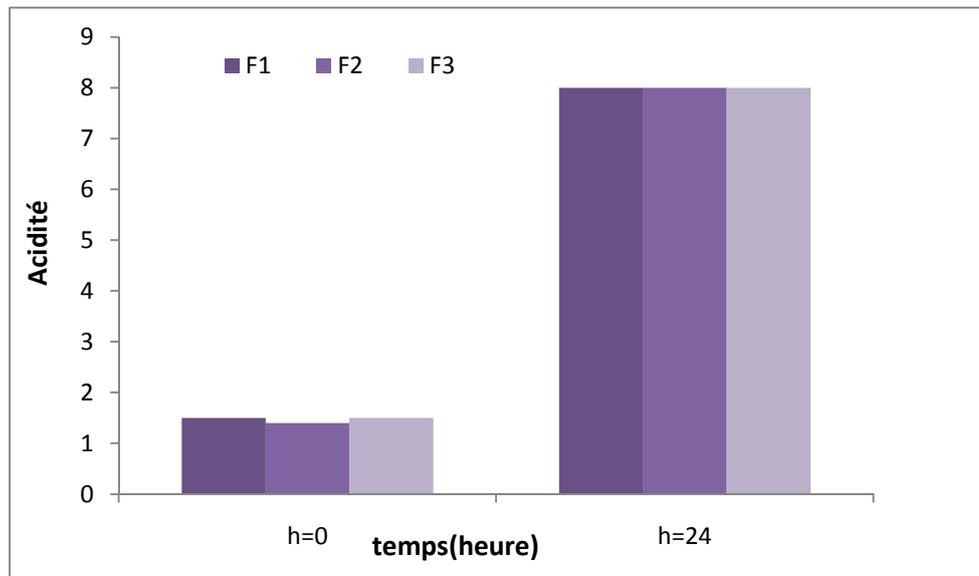


Figure 8: Production d'acide lactique par les trois ferments.

3.3. Produits fini

Dans cette partie, trois échantillons de fromages fermes ont été fabriqués, Le coagulum est obtenu par une coagulation mixte : la coagulation dite lactique et celle engendrée par l'action de la présure. Ces deux modes ont une action simultanée sur le lait. L'égouttage a été spontané puis avec une pression et a permis l'élimination de la plus grande partie du lactosérum qui imprègne le coagulum.

Nous avons obtenu des échantillons de fromage en forme de cylindre plat, d'un diamètre de 8 cm, une épaisseur d'environ 2.5 cm et d'un poids net de 143 ± 20 g (**figure 9**).

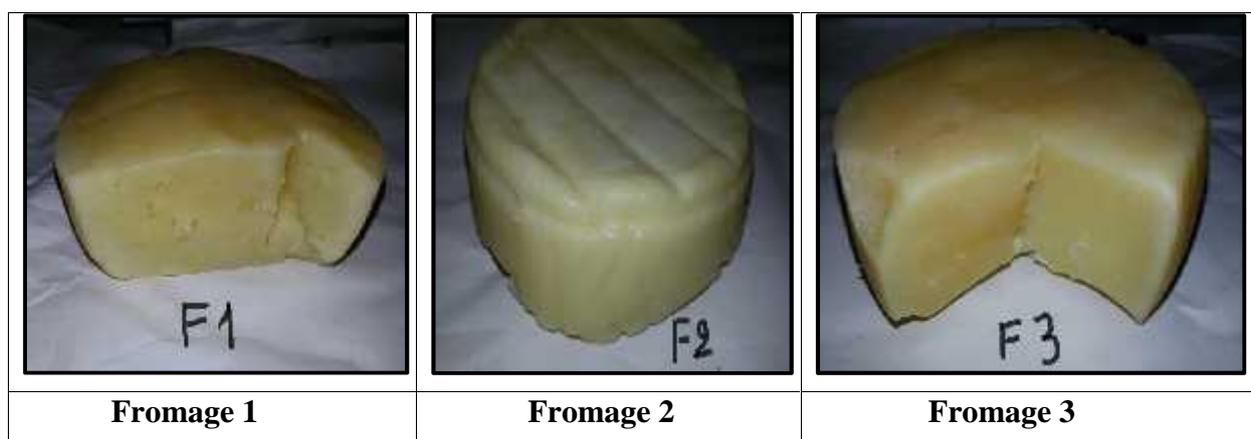


Figure 9: Aspect des fromages à pâte pressée *GOUDA* fabriqués.

3.4. Contrôle des fromages préparé

Les arômes, les propriétés organoleptiques et les caractéristiques physico-chimiques du fromage dépendent de celles du lait cru qui à son tour dépend de la race des animaux et leur type d'alimentation (Poznanski et *al.*, 2004) .

3.4.1. Qualité nutritionnelle

Sous un faible volume, le fromage dispense des éléments essentiels de construction, de croissance et d'entretien des muscles, des organes et des os. C'est un produit qui s'adresse particulièrement aux enfants et aux personnes âgées. Aux enfants, parce qu'ils ont besoin pour se développer de protéines, de matières grasses de bonne qualité nutritionnelle, de vitamines et surtout de calcium, et aux personnes âgées, parce qu'elles se nourrissent peu et qu'elles ont besoin d'absorber calcium et vitamines en quantité suffisante sous un faible volume. Et aussi parce que la densité osseuse, surtout chez les femmes, est moindre (Debry, 2001) .

3.4.1.1. pH et acidité

L'évolution de pH des trois fromages fabriqués au cours de l'affinage est représentée par la figure 10.

L'observation des valeurs expérimentales montre une diminution modérée du pH pendant toute la période d'affinage pour les trois fromages.

Pendant toute la période d'affinage les valeurs de pH ont été plus élevées pour les fromages. À 24h la valeur de pH se situe à 5,9, 5,86 et 6 pour F1, F2 et F3 respectivement, ces valeurs sont élevées significativement. Ces valeurs de pH diminuent significativement au bout de 3 semaines d'affinage, elles atteignent 5,6 et 5,5 et 5,49 pour F1, F2 et F3 respectivement. Et après 6 semaines de l'affinage ces dernière en chutent jusqu'à atteignent des valeurs suivants 5,15 et 5,1 et 5,1 pour F1, F2 et F3 respectivement.

L'augmentation de l'acidité couplée à la diminution du pH peut s'expliquer par l'existence d'une activité métabolique de la flore microbienne des fromages : l'ensemble des bactéries lactiques des ferments.

L'activité acidifiante des ferments lactiques est un paramètre déterminant dans leur sélection et leur utilisation (Martley, 1983) .

Selon Roukas et Kotzekidou, (1998), l'abaissement du pH avec les cultures mixtes est généralement plus rapide et plus prononcé, ce qui s'explique par la stimulation d'au moins une des souches de mélange.

Les *lactocoques* sont capables de produire deux substances majeures (acide lactique et bactériocines) responsables de l'effet antagoniste. Les bactéries lactiques hétéro-fermentaires peuvent produire des quantités notables d'acides organiques autres que l'acide lactique et c'est le cas des *leuconostocs* qui produisent autant d'acétate que de lactate. L'acide acétique exerce une forte action inhibitrice à l'encontre de nombreux microorganismes (Bourgeois et Larpent, 1996) .

Il s'avère important de noter que le pH est lié à la qualité du fromage : un pH de 5.0 correspond à un fromage de bonne qualité, alors qu'un pH supérieur à 5.2 correspond à un fromage qui se détériore plus rapidement qu'un pH plus bas (Alais, 1984) .

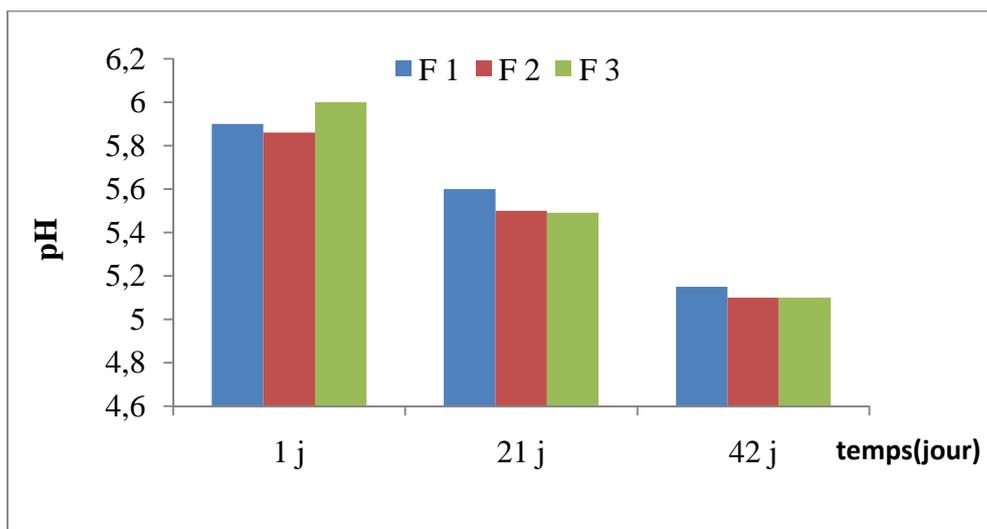


Figure 10 : Évolution du pH des trois fromages au cours de l'affinage.

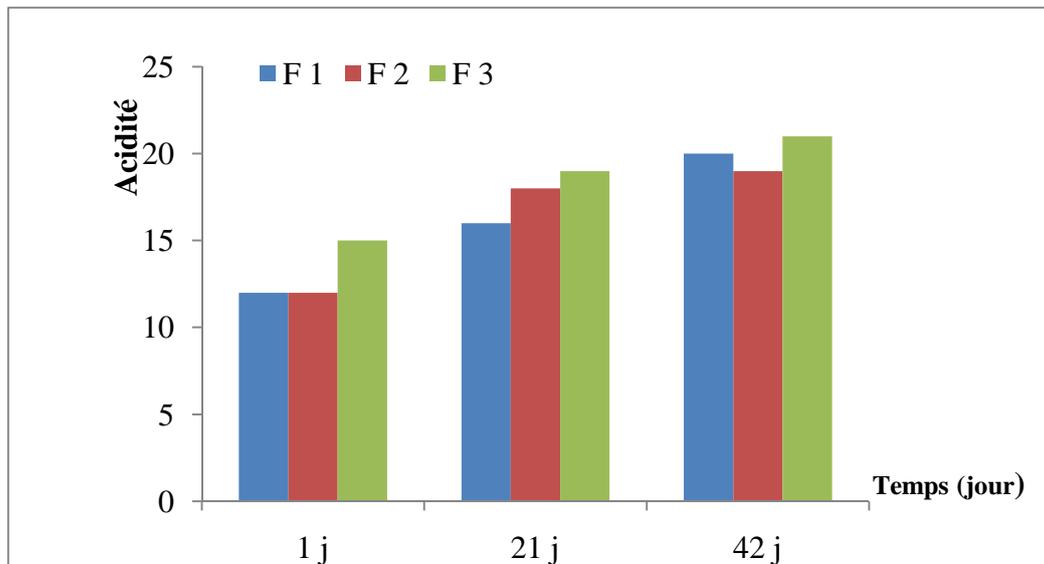


Figure 11 : L'évolution de l'acidité des trois fromages au cours de l'affinage.

3.4.1.2. Matière sèche

Les propriétés fonctionnelles des fromages sont contrôlées par la composition chimique, y compris le taux d'humidité (McMahon, Fife et Oberg, 1999) .

Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 12. Il apparaît que la matière sèche des trois fromages présente une augmentation progressive pendant la durée d'affinage.

A 24 H, les valeurs de matière sèche étaient de 61,7% et 59,5% et 62,4% pour les trois fromages fabriqués respectivement, ces valeurs augmentent après 3 semaines d'affinage jusqu'à 69,8%,64% et 67,2% respectivement.

A 6 semaines, une perte plus élevée d'eau et les valeurs de la matière sèche atteignent 74,7%, 68,4% et 71% pour les trois fromages fabriqués.

Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que le facteur d'humidité qui était limité au cours de l'affinage et qui a un effet direct sur l'évolution de la matière sèche. Le salage a également un impact significatif.

La production fromagère inclut une étape importante de salage. De la production jusqu'à l'affinage, le sel joue, directement ou indirectement, plusieurs rôles importants. Lors de la production, il favorise l'égouttage sous l'effet de la pression osmotique, réduit la teneur en humidité du caillé et abaisse l'activité de l'eau (A_w) (Hardy, 2004; Flourey et *al.*, 2009).

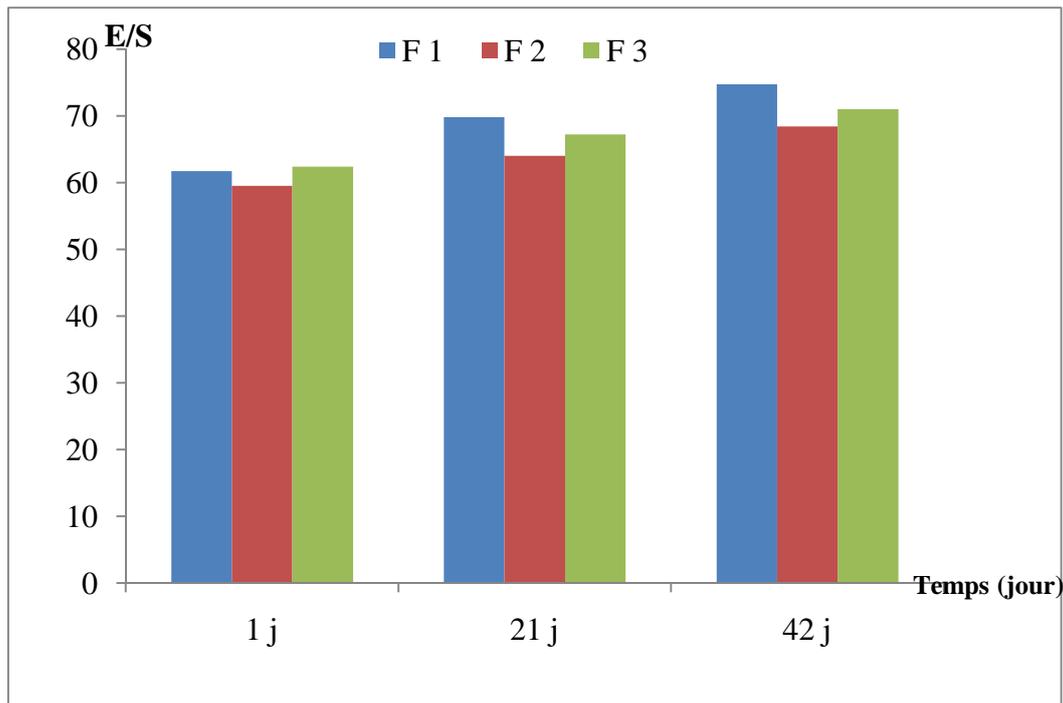


Figure 12 : Évolution de la matière sèche des trois fromages fabriqués.

3.4.1.3. Matière grasse

Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 13. Il apparaît que la matière grasse des trois fromages ne présente pas une diminution significative pendant la durée de l'affinage.

Les valeurs expérimentales observées à 24 h se situent à 34% ,35% et 33% pour les trois fromages respectivement. Ces valeurs sont significativement élevées.

Après 3 semaines de l'affinage ces valeurs diminuent pour atteindre 27%, 27% et 30%, alors qu'après 6 semaines de l'affinage ces valeurs atteignent 25%, 26% et 25% pour les trois fromages.

St-Gelais et *al.*, (2002), les bactéries lactiques ont une faible activité lipolytique et agissent plus facilement sur une matière grasse déjà partiellement hydrolysée.

Les études effectuées sur quelques souches de *lactobacilles* mettent en évidence des activités lipolytique très faibles, les *lactocoques* et les *leuconostocs* étant, en général, plus actifs. Cependant, dans les fromages de lait pasteurisé à la flore essentiellement lactique, ces microorganismes sont sans doute responsables de l'essentiel de la lipolyse qui, bien que faible, n'est pas nulle (Konings et *al.*, 1994) .

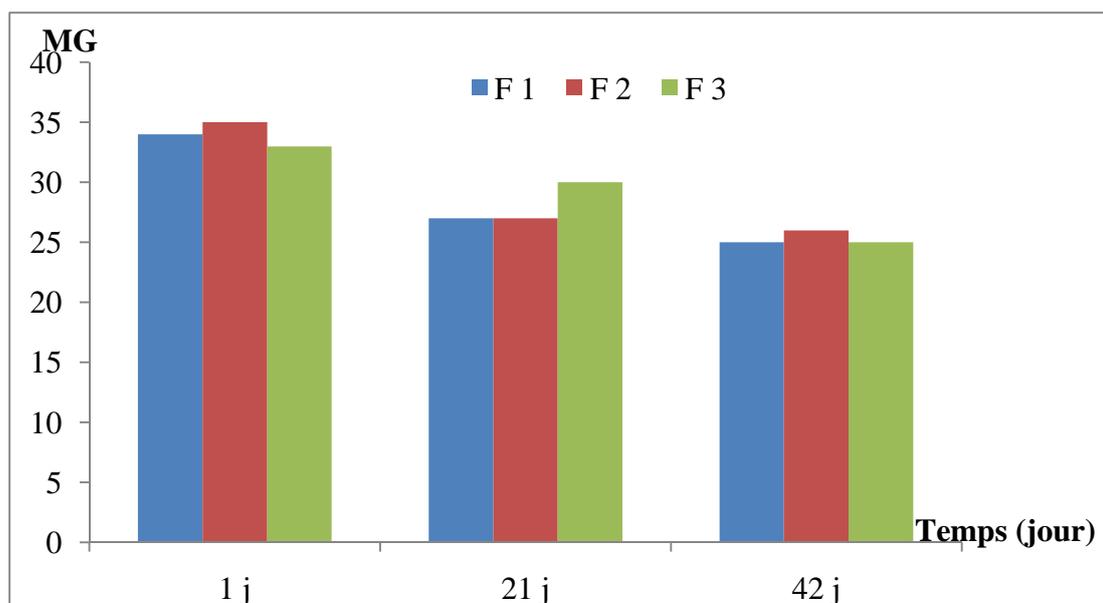


Figure 13 : Évolution de la matière grasse des trois fromages fabriqués.

3.4.1.4. Composition en protéines, cendres et chlorures des fromages

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 8 suivant :

Tableau 8: Quelques caractéristiques physico-chimiques des trois fromages fabriqués.

Caractères \ Types	Fromage 1	Fromage 2	Fromage 3
Chlorure (%)	1,17	1,52	1,40
Cendres (%)	1,35	2,56	1,67
Protéines (%)	22,33	26,79	17,86

Le taux de chlorures est élevé dans le fromage 2 comparativement à ceux de F1 et F3. Des valeurs de 1,17% et 1,40% ont été marquées pour F1 et F3 respectivement. Une valeur de 1,52% a été enregistrée pour F2.

La forte teneur en chlorures peut être expliquée par l'addition de sel. En effet, Buchin et Noel, (2002) indiquent que la teneur en chlorures peut varier fortement d'un produit fromager à l'autre (de 0,4 g à 4,6 g/100 g). Cette variabilité s'explique par l'inconstance d'une addition de sel. Dans certains pays (Iran, Turquie), le sel ajouté représente jusqu'à 10 % du poids du produit fini.

Le dosage du taux de cendres dans les produits finis a révélé des taux en cendres de 1,35% et 2,56% et 1,76% des trois fromages respectivement.

Dans le produit fini, les cendres sont composées principalement des minéraux provenant des matières premières laitières ; on retrouve le calcium, le phosphore, le potassium, le chlore, le sodium, le magnésium et le sel de table.

Varunsatian et *al.*, (1983) ont rapporté que ces derniers ont un rôle non négligeable dans la gélification des caséines qui dépend de la force ionique et de la nature des ions ; à force ionique égale, les ions Na^+ préviendraient l'agrégation des protéines chauffées à plus de 70°C , tandis que les ions Ca^{++} ou Mg^{++} la favoriseraient. Cet effet du calcium serait néanmoins dépendant de sa concentration, une certaine quantité de calcium étant requise pour des liaisons croisées inter-protéines (Kohnhorst et Mangino, 1985; Guinee et O'Kennedy, 2009). D'après ces auteurs, le calcium à des concentrations élevées, inhibe la formation de gel en favorisant les interactions protéine-protéine conduisant à l'agrégation, ce qui va influencer négativement la viscosité de la spécialité fromagère.

En l'absence de NaCl , le calcium qui se trouve en plus grande concentration que le sodium et le magnésium peut porter préjudice à la consistance de la pâte en formant des ponts salins entre les molécules de caséines partiellement dépliées et chargées négativement (Kombila-Moundounga, 1992).

Le taux de protéines (azote total x 6,38) dans le produit fini a révélé des valeurs de 22,33% et 26,79% et 17,86% respectivement pour F1 et F2 et F3.

St-Gelais, Ould-Baba et Turcot, (1999) indiquent que lors de la fabrication fromagère, c'est essentiellement la caséine qui constitue le fromage, tandis que les protéines solubles restent dans le lactosérum. La transformation du lait en fromage (présure ou autres enzymes, acidification) n'altère pas la qualité nutritive des protéines. La durée du processus de fabrication n'influence pas d'avantage l'utilisation protéique nette des substances peptidiques et azotées.

Famelart et *al.*, (2002) trouvent que la qualité nutritionnelle des fromages émane de leur teneur élevée en protéines riches en acides aminés essentiels, c'est-à-dire de haute valeur biologique.

3.4.2. Qualité hygiénique (microbiologique)

L'analyse microbiologique a pour but de vérifier que la qualité d'un aliment correspond aux objectifs que l'on s'est fixé. On peut classer ces objectifs en deux groupes :

- Respect de la qualité sanitaire et de la qualité commerciale courante ;
- Contrôle et amélioration des fabrications.

Les indicateurs de la qualité et des bonnes pratiques de fabrication des aliments pour Cardinal., (2003) sont les microorganismes et/ou leurs produits métaboliques, dont la présence dans des aliments peut être utilisée pour évaluer la qualité (fraîcheur) d'un produit.

L'analyse microbiologique montre que selon les normes posées par (Directive Européenne (92-46), 1992) , notre fromage de chèvre est de très bonne qualité hygiénique. En effet, on note :

- ✓ L'absence des Germes aérobie mésophile totaux (GAMT) dans le produit fini ;

Les GAMT ont été également signalés à des nombres dépassant 10^8 UFC/g dans les fromages traditionnels marocains (Hamama et Bayi, 1991) .

- ✓ L'absence des levures et moisissures ;

Les levures se trouvent aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur des fromages. Elles sont en générales hâtives, car elles supportent bien les milieux acides (pH inférieur à 5) et salés. Les moisissures se trouvent le plus souvent en surface (Alais et Linden, 1997) .

Malgré l'importance des levures, Bouix et Leveau, (1980) affirment que leur présence n'est pas souhaitée dans les produits alimentaires. Les levures n'étant pas pathogènes (à l'exception de *Candida albicans* et *Cryptococcus neoformans*), elles ne causeront pas d'exception alimentaires, mais peuvent produire, par leurs développement dans les produits finis des altérations marchande par formation de trouble, d'odeurs ou de goût anormaux et par la formation du CO_2 .

De même Moreau ,(1980) rapporte que la plupart des denrées alimentaires, au cours de leur préparation mais surtout de leur entreposage, sont susceptible d'être détériorées par les moisissures. Les pertes qui leurs incombent sont considérables, parfois l'altération aboutit à

une modification de la valeur nutritionnelle, à l'apparition de saveurs indésirables, à d'autres cas, c'est la santé du consommateur qui est en jeu.

- ✓ L'absence de la flore indologène : coliformes, les staphylocoques et les salmonelles ;

La production d'acide lactique par les bactéries lactiques conduisant à un abaissement important du pH du milieu est largement utilisée en industrie agro-alimentaire. Il apparaît que les produits fermentés puissent être considérés comme « à faible risque » vis-à-vis des pathogènes courants. Cependant, il n'est pas exclu que des souches particulières d'une espèce de bactérie indésirable puissent se développer (Ho et *al.*, 2007) .

) Coliformes

Les coliformes ont été également signalés à des nombres dépassant 10^5 UFC/g dans les fromages traditionnels marocains (Benkerroum et Tamime, 2004) .

La diminution en charge de ces germes, peut être expliquée par des changements dans le milieu, notamment la diminution du pH et la présence de certains inhibiteurs résultants de différents métabolites de la population microbienne existante.

) Staphylocoques et les salmonelles

Une absence totale de la flore indologène, des staphylocoques et des salmonelles a été enregistrée durant toute la période du contrôle des trois fromages. Cela indique l'état de propreté de l'ambiance environnante lors de la fabrication, et implique les bonnes pratiques de fabrication.

Nous pouvons dire alors que les trois fromages fabriqués sont de bonne qualité. Ces résultats sont contradictoires à ceux trouvés avec les coliformes, ce qui implique d'autres facteurs de contamination que nous n'arrivons pas à contrôler y compris la qualité microbiologique des additifs utilisés.

Généralement, dans les fromages, un nombre de dix cellules de staphylocoque est toléré, alors que l'absence des salmonelles est exigée (Joffin et Joffin, 1999) .

Selon (Mahaut, Jeantet et Br le ., (2000), la production du fromage de chèvre de qualité sanitaire satisfaisante est évidemment possible à condition de respecter les règles d'hygiène applicables au niveau de la production et de la transformation du lait.

3.4.3. Qualité organoleptique

En industrie fromagère, la qualité des fromages est largement déterminée par la perception sensorielle qui est un processus complexe. Elle est influencée par plusieurs facteurs tels que le contenu en composés aromatiques, la texture et l'apparence (Edima, 2007) .

L'appréciation d'un fromage est basée d'une part sur l'analyse de sa composition chimique, avant tout sur sa teneur en protéines, en matière grasse et en matière sèche, et d'autre part sur les qualités sensorielles observables comme l'apparence, l'odeur et le goût, la structure de la pâte, les propriétés de la croûte, etc. (Bugaud *et al.*, 2002) .

Les résultats des tests de dégustation des trois fromages sont résumés dans la figure 14.

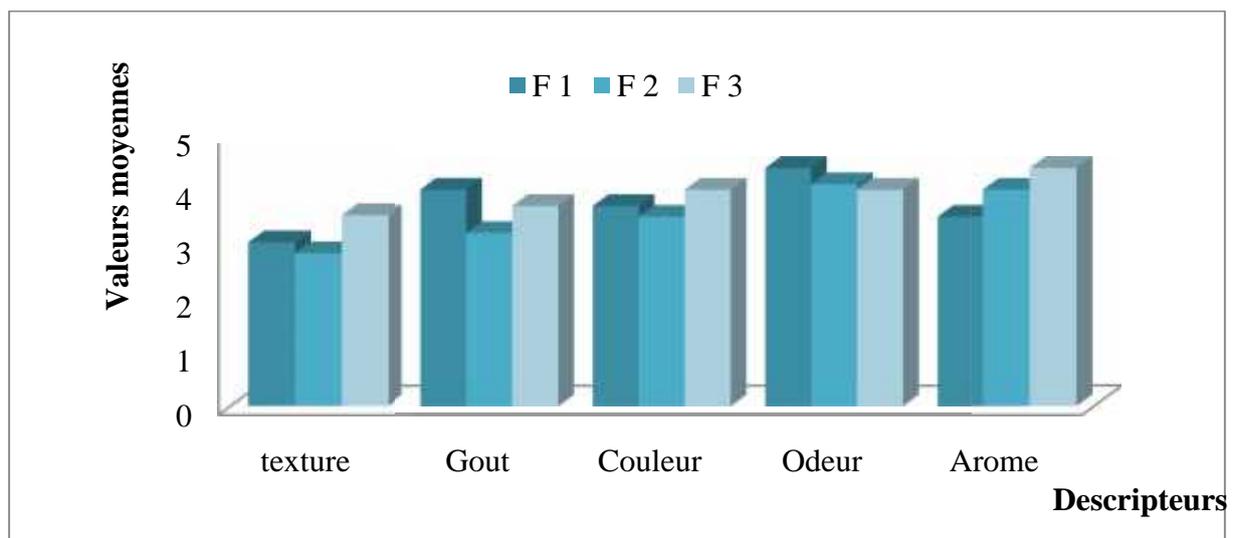


Figure 14 : Valeurs moyennes des notes de chaque descripteur des trois fromages fabriqués.

✓ Texture

Les valeurs de 3/5 et 2,8/5 et 3,5/5 pour les trois fromages respectivement montre que les trois fromages sont assez bon c'est-à-dire la texture est acceptable.

Selon Gunasekaran *et al.*, (2003) L'influence du sel sur la texture des fromages est probablement causée par ses effets sur la composition (teneur en humidité et l'humidité sur matière sèche dégraissée), sur le pH et la protéolyse liée à l'âge des fromages.

La croûte de notre fromage est dure d'une couleur jaune très foncée (figure 9). Les notations obtenues sont conformes au type du fromage. Cela est dû essentiellement au dessèchement de la croûte.

Ce résultat confirme celui trouvé par Syndifrais, (2003) qui indique que la croûte du fromage joue un rôle protecteur ce qui explique sa dureté.

✓ **Gout**

D'après le résultat obtenu (4/5 et 3,2/5 et 3,7/5), les trois fromages de chèvre que nous avons fabriqués, ne présentent pas de goût amer sauf le F3 d'après les dégustateurs. Selon Luquet, (1990) une trop longue conservation, une activité protéolytique trop forte des ferments ou une contamination par des germes protéolytiques conduit à une amertume.

De même, selon Hassan et Monier-Dilhan, (2003) l'amertume des fromages est généralement due à la production de peptides amers par les enzymes protéolytiques des microorganismes et des agents coagulants.

L'évaluation montre que notre fromage a un goût légèrement salé. Eck et Gillis., (1997) indiquent que les fromages de chèvre sont souvent très salés, afin de prolonger leur durée de conservation.

D'après les dégustateurs montrent que le fromage fabriqué n'est pas acide. Une étude menée par Amelarta et *al.*, (2002) indique que l'excès d'acidification est considéré comme une altération des fromages. Il peut avoir différentes causes : maturation trop poussée du lait, utilisation de souches trop acidifiantes, taux d'ensemencement excessif, température trop élevée au cours de l'acidification du caillé, etc.

✓ **Couleur**

Les résultats montrent des bonnes notes (3,7/5 et 3,5/5 et 4/5) pour les trois fromages F1 F2 et F3 respectivement, C'est-à-dire le fromage de bon couleur.

Notre fromage de chèvre a une couleur blanche. Cette couleur est bien la couleur de base du lait de chèvre. Ce résultat est en concordance avec celui trouvé par Le Mens, (1984); Assenat, (1985); Raynal et Remeuf, (2000). Selon Pasuet et Toussaint., (1987) un produit fabriqué à base de lait de chèvre présente une couleur blanche très caractéristique qui provient de l'absence dans ces constituants d'un pigment naturel carotène.

✓ Odeur

Les résultats moyens sont de 4,4/5 et 4,1/5 et 4/5 pour les fromages fabriqués. Nous avons enregistré une odeur très agréable avec une forte intensité globale, caractéristiques aux produits chèvres, (lait, fromage, yaourt).

Assenat , (1985); Le Jaouen , (1990); Raynal et Remeuf, (2000) rapportent que l'odeur et la flaveur du fromage est similaire à celle du lait de chèvre. Bugaud *et al.*, (2002) trouvent que le fromage de chèvre a une saveur plus prononcée que celle du fromage de vache, l'intensité de sa saveur dépend de la race et de l'alimentation de l'animal, de la saison et des procédés de fabrication.

Ljutovac, (2002) affirme que la lipolyse, dégradation enzymatique de la matière grasse, conduit à la libération d'acides gras, permettant le développement de la flaveur du fromage. Aussi, d'après (Rouel et Chilliard, 2003) la production de diacétyl est sans doute un élément majeur du goût de fromage.

✓ Arôme

D'après les résultats de 3,5/5 et 4/5 et 4,5/5 pour les trois fromages fabriqués, une présence notable des arômes. Ils ont préservé l'arôme caprin original du fromage fabriqué avec le lait de chèvre.

Conclusion

La transformation du lait en fromage dépend de plusieurs facteurs : ferments lactiques, paramètres technologiques (conditions de la coagulation, la nature et l'intensité du travail mécanique, la vitesse d'égouttage, les conditions d'affinage...) et spécialement le lait utilisé (composition chimique et microbiologique).

Les bactéries lactiques présentent un grand intérêt et une large utilisation en technologie alimentaire d'une part, surtout en technologie fromagère. D'où notre objectif est d'appliquer des souches de bactéries lactiques, déjà isolées et identifiées au laboratoire de Khemis –Miliana, en technologie locale du fromage. D'autre part sur le lait utilisé pour cette fabrication et leur très grande importance pour l'obtention d'un fromage de bonne qualité.

Les résultats préliminaires, physicochimiques et microbiologiques, du lait de chèvre pasteurisé indique qu'il est de bonne qualité. L'ensemble des ferments présentent un bon pouvoir acidifiant. Bonne propriété fonctionnelle qui peut être exploitée.

L'application de ces trois ferments mixtes dans la fabrication du fromage de chèvre a été réalisée dans de bonnes conditions (matière première, hygiène, travail mécanique...)

La fabrication du fromage de chèvre a été réalisée avec réussite. Les résultats du contrôle de fabrication la confirment.

L'évaluation de la qualité du fromage de chèvre révèle : une bonne qualité hygiénique qui répond aux normes fixées par la FAO, (2002), une qualité organoleptique très appréciable, jugée par la totalité des membres du jury et une qualité nutritionnelle satisfaisante avec un taux protéique et lipidique important.

Enfin, ces résultats peuvent être très intéressants du point de vue technologique et économique.

Références bibliographiques

- Abakar, M. N. M. (2012) *Essai de fabrication d'un fromage frais traditionnel sénégalais, à partir du lait de vache, coagulé par la papaine naturelle*. Université CHEIKEN ANTA de Dakar. Available at: <http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/MEM12-1.dir/MEM12-1.pdf>.
- Abdelguerfi, A. and Laouar, M. (2003) *Espèces fourragères et pastorales, leurs utilisations au Maghreb (Algérie)*. FAO.
- Abdoune, O. (2003) 'De Magister en Sciences Alimentaires Option Nutrition Appliquée 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', p. 88.
- Adler-Nissen (1986) *Enzymatic hydrolysis of food proteins*. Elsevier applied science, London & New York.
- AFNOR (1986) 'Contrôle de la qualité des produits laitiers: Analyses physiques et chimiques', *Méthode II-3. AFNOR-ITSV, France*, pp., p. 1030.
- Alais, C. (1984) *Science du lait : principes des techniques laitières*. SEPAIC. Pa.
- Alais, C. and LINDEN, G. (1997) *Biochimie alimentaire*. 4e Ed., Ma. Paris. Available at: www.opu-dz.com.
- Amariglio, S. (1986) 'Contrôle de la qualité des produits laitiers: Analyses physiques et chimiques', pp. 123–124.
- Amelarta, M. F., Raeta, Y. L. E. G., Ichela, F. M., Ichouxb, R. R. and Iaublancc, A. R. (2002) 'Évaluation des méthodes d'appréciation des propriétés fonctionnelles des fromages d'emmental de l'Ouest de la France', *Le Lait*, 82(2), pp. 225–245. doi: 10.1051/lait.
- Amiot, J., Paul, A., Laurent, B., Jean-Luk, B., Britt, Michel, Castaigne and François (2002) 'Science et technologie du lait, transformation du lait, 2eme Edition. Fondation de technologies laitières inc, Ecole polytechnique de Montréal', p. 600.
- Anonyme, 2. (1999) 'Québec Amérique .Le guide des aliments, Indispensable à tout amateur de cuisine'. CANADA, p. 219.
- AOAC. (2000) *ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis*.
- Assenat L. (1985) *La lait de brebis : composition et propriétés*. Ed. Eck.
- Badis, A., Laouabdia-Sellami, N., Guetarni, D., Kihal, M. and Ouzrout, R. (2005) 'Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales "arabia et kabyle"', pp. 30–37.
- Béal, C., Marin, M., Fontaine, E., Fonseca, F. and Obert, J.-P. (2008) 'Production et conservation des ferments lactiques et probiotique s', in *Corrieu, G. et Luquet, F.-M. (ed.). Bactéries lactiques, de la génétique aux ferments, Tec&Doc Lavoisier, Paris*, pp. 661–785.

- Beerens, H. and Luquet, F. M. (1987) *Guide pratique d'analyse microbiologique des laits et des produits laitiers*. Lavoisier. Paris.
- Benkerroum, N. and Tamime, A. Y. (2004) 'Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (Iben, jben and smen) to small industrial scale', *Food Microbiology*, 21(4), pp. 399–413. doi: 10.1016/j.fm.2003.08.006.
- Bonnefoy, C., Guillet, F., Leyral, G. and Verne-Bourdais, É. (2002) *Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires*. Aquitaine : Doin, Paris.
- Bouix, D. and Leveau, J. . (1980) *Les levures : Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, le contrôle microbiologique*. Edited by C. S. T. A. Ali.
- Bourgeois, C. M. and Larpent, J. P. (1996) *Microbiologie alimentaire tome 2: Aliments fermentés et fermentations alimentaires*,. Lavoisier. Paris.
- BoutonnierJ-L (2012) 'Fabrication du fromage fondu', *Techniques de l'Ingénieur*, pp. 1–3. Available at: see_the_document_in_the_desktop_folder_Techniques_de_lingenieur.
- Branger, A. (2012) 'Fabrication de produits alimentaires par fermentation : les ferments', *Techniques*, 33, p. 17.
- Branger, A., Richer, M. . and Roustel, S. (2007) *Microchimie et alimentation*. Educagri.
- Brulé, G., Lenoir, J. and Remeuf, F. (1997) 'La micelle de caséine et la coagulation du lait', in *Le fromage*. 3ème édit, pp. 7–41.
- Buchin, S. and Noel, Y. (2002) 'Connaissance et choix des produits laitiers : exemple des fromages', 10, pp. 56–59.
- Bugaud, C., Buchin, S., Hauwuy, A. and Coulon, J. B. (2002) 'Texture et flaveur du fromage selon la nature du pâturage : Cas du fromage d'Abondance', *Productions Animales*, 15(1), pp. 31–36.
- Cardinal P. (2003) *Lignes directrices pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire, comité provincial sur l'uniformisation et l'interprétation des critères microbiologiques des aliments*. Eddition Q.
- Carminati, D., Giraffa, G., Quiberoni, A., Binetti, A., Suárez, V. and Reinheimer, J. (2010) 'Advances and Trends in Starter Cultures for Dairy Fermentations', in *Biotechnology of Lactic Acid Bacteria: Novel Applications*, pp. 177–192. doi: 10.1002/9780813820866.ch10.
- Chamba, J.-F. (2008) 'Application des bactéries lactiques lors des fabrications fromagères', in *Corrieu, G. et Luquet, F.-M. (ed.). Bactéries lactiques, de la génétique aux ferments. Tec&Doc Lavoisier, Paris*, pp. 787–821.
- Chamba, J.-F. and Irlinger, F. (2004) 'Secondary and Adjunct Cultures', *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 1(C), pp. 191–206. doi: 10.1016/S1874-558X(04)80068-X.
- Charron, G. (1986) 'les produits laitiers. Techniques et documentation la voisier'.
- Cheftel, C. ., Cheftel, H. and Etbesanon, P. (1983) 'Qualité et caractères organoleptiques des

aliments : introduction à la biochimie et à la technologie des aliments techniques et documentation Lavoisier.’, p. 165.

Chilliard, Y. and Sauvant, D. (1987) ‘La sécrétion des constituant du lait. In : INRA-CEPIL. Le lait, Matière première de l’industrie laitière’, pp. 13–26.

Chimie GCI, 190 (2011) ‘D Osage Des Ions Chlorures’, (3), pp. 1–7.

Cholet O. (2006) ‘Etude de l’ écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire’, *Sciences des Aliments*, p. 16.

Codex Alimentaire, S. (2013) ‘Norme Générale Codex Pour Le Fromage’.

Daoudi, A. (2006) ‘Qualité d’un fromage local à base de lait de chèvre’, p. 187.

Daviau, C., Famelart, M. H., Pierre, A., Goudédranche, H. and Maubois, J. L. (2000) ‘Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment’, *Le Lait*, 80(4), pp. 397–415. doi: 10.1051/lait:2000134.

Debry, G. (2001) ‘Lait, nutrition et santé’, *Techniques et documentation Lavoisier*, p. 544.

Desmazeaud, M. J. and Vassal, L. (1979) ‘Activité protéolytique intracellulaire de streptocoques lactiques mésophiles’, *Lait*, 59(587), pp. 327–343.

Directive Européenne (92-46) (1992) ‘LES REGLES SANITAIRES POUR LA PRODUCTION ET LA MISE SUR LA MARCHE DE LAIT CRU, DE LAIT TRAITÉ THERMIQUEMENT ET DE PRODUITS À BASE DE LAIT’.

Donkor, O. N., Henriksson, A., Vasiljevic, T. and Shah, N. P. (2007) ‘Proteolytic activity of dairy lactic acid bacteria and probiotics as determinant of growth and in vitro angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in fermented milk’, *Le Lait*, 87(1), pp. 21–38. doi: 10.1051/lait:2006023.

Dora Angelica, V. (2007) *Faisabilité de la production au Mexique de fromages de chèvre additionnés de piment : aspects technologique, sensoriels, sanitaires et économiques.*, Thèse de Doctorale. Université élargie.

Dortu, C. and Thonart, P. (2009) ‘Les bactériocines des bactéries lactiques: Caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires’, *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 13(1), pp. 143–154.

Dudez, A. and Broutin (2003) ‘Quatre méthodes simples pour contrôler la qualité des laits et des produits laitiers’, in *Le Lait*, pp. 12–23.

ECK, A. and Gillis J.C. (1997) *Le fromage*. Paris.

Edima H.C. (2007) ‘*Carnobacterium maltaromaticum*: caractéristiques physiologiques et potentialités en technologie fromagère. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine.’, pp. 57–66.

Famelart, M. ., La Graet, H., F Michel, H., Richoux, R. and Riaublanc, A. (2002)

- ‘Évaluation des méthodes d’appréciation des propriétés fonctionnelles des fromages d’emmental de l’Ouest de la France’, *Le lait.*, 82, pp. 225–245. doi: 10.1051/lait.
- FAO (1995) ‘Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine’, *Collection FAO / Alimentation et nutrition*, (2), pp. 1–23.
- FAO (2002) *le lait et les produit lactières dans la nutrition humaine, Chapitre 05 : lait fermentés. Collection FAO/Alimentation et nutrition.*,
- Farrah, F. and et Rouabah F. (2006) ‘Essai d’isolement et d’identification des souches de *Streptococcus salivarius* ssp *thermophilus* à partir du lait de vache, thèse du diplôme des études Universitaire Appliquée en Biologi’. Centre Universitaire de Khemis Miliana, pp. 1–24.
- Federighi M. (2005) *Bactériologie alimentaire compondium d’hygiène des aliments*. 2^{eme} édit.
- Floury, J., Camier, B., Rousseau, F., Lopez, C., Tissier, J. P. and MH., F. (2009) ‘A Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure–texture relationships’, *LWT-Food Science and Technology*, (42), p. 1611–1620.
- Fournier, A. (2007) ‘La vache’, *Artémis pour la présent édition*. Edited by A. pour la présent édition Édition, p. 115.
- Frank, J. F. and Hassan, A. N. (1998) ‘Starters cultures and their use. In Marth, E. H. et Steele, J. L’. New York, pp. 131–172.
- Frank, V. . (2003) ‘Le lait de chèvreLa santé’, *Le Lait*, 73(5–6), p. 36. doi: 10.1051/lait:19935-638.
- Fredot (2006) ‘Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique’, *Tec et Doc*, Lavoisier:, p. (397 pages).
- Furtado, M. M. (1983) ‘Detection of cow milk in goat milk by polyacrylamide gel electrophoresis.’, *Journal of dairy science*, 66(9), pp. 1822–4. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(83)82019-0.
- Gassi, H. G. B. C.-C., Jean-Yves, D. and Schuck, P. (2002) ‘Procédés de transformation fromagère (partie 3)’, *Techniques de l’Ingénieur, traité Agroalimentaire*, (3), pp. 1–11.
- Gaucheron F. (2004) ‘Minéraux et produits laitiers’, p. 922.
- Gnanda, I. ., Zoundi, J. ., Nianogo, J. ., Le Masson, A. and Meyer, A. (2006) ‘Performances lactières et pondérales de la chèvre du Sahel burkinabé en régime de complémentation basé sur l’ utilisation des ressources alimentaires locales’, 58(3), pp. 175–182.
- Goursaud, J. (1985) ‘Le lait de vache, composition et priorités physico-chimiques. In : lait et produits laitiers vache-brebis- chèvre.’, p. 25–36.
- Guinee, T. P. and O’Kennedy, B. T. (2009) ‘The effect of calcium content of Cheddar-style cheese on the biochemical and rheological properties of processed cheese’, *Dairy Science and*

Technology, 89, pp. 317–333. doi: 10.1051/dst/2009009.

Guinee T.P., C., M., R. and M., K. (2004) ‘Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products’, *Elsevier Applied Science Ltd*, 3, p. 349–394.

Guiraud, J. . (1998) ‘Microbiologie alimentaire. Technique et Ingénierie. Série Agroalimentaire’,. Eds. Dunod Paris, p. 652.

Guiraud, J. and Galzy, P. (1980) *L’analyse microbiologique dans les industries alimentaires*. Les éditio.

Guiraud J.P. (2003) ‘Microbiologie Alimentaire.’, pp. 90–292.

Gunasekaran, S., Ak, M. M., Methods, E., Properties, F., Viscoelasticity, L., Viscoelasticity, N., Watkinson, P. and Zealand, N. (2003) *Cheese Rheology and Texture*. 1st editio, *New York*. 1st editio. Florida, USA. doi: 10.1111/j.1471-0307.2006.00199.x.

Hamama, A. and Bayi, M. (1991) ‘Composition and microbiological profile of two Moroccan traditional dairy products: raib and jben’, *International Journal of Dairy Technology*, 44(4), pp. 118–120. doi: 10.1111/j.1471-0307.1991.tb01921.x.

Hardy, J. (2004) *Chapitre 19 : Le chlorure de sodium dans le lait et les produits fromagers, Minéraux et Produits laitiers*,. Éditions T. Paris.

Harper, W. ., Armora, H. . and Chenj .L . (1980) ‘Manuel de bactériologie alimentaire’.

Hassan, D. and Monier-Dilhan, S. (2003) ‘Valorisation des signes de qualité dans l’agroalimentaire : exemple des fromages à pâte persillée’, in *Séminaire DADP : Recherches pour et sur le développement régional*, pp. 269–277.

Hermier, J., Lenoir, J. and Weber, E. (1992) ‘Les groupes microbiens d’intérêt laitier .Edition CEPIL, Paris’. P, p. 568.

Ho, T. N. ., Tuan, N, N., Deschamps, A. and e Caubet R. (2007) ‘Isolation and identification of lactic acid bacteria (LAB) of the Nem Chua fermented meat product’, *Journal of Asian Scientific ...*, pp. 132–142. Available at: <http://pakacademicsearch.com/pdf-files/sci/2/807-819.pdf>.

Hui, H. . (1992) *Dairy science and technology handbook*. Wiley-VCH.

Hurley, W. L., Grieve, R. C., Magura, C. E., Hegarty, H. M. and Zou, S. (1993) ‘Electrophoretic comparisons of lactoferrin from bovine mammary secretions, milk neutrophils, and human milk.’, *Journal of dairy science*, 76(2), pp. 377–87. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77356-7.

Idoui, T., Boudjerda, J., Leghouchi, E. and Karam, N.-E. (2009) ‘Lactic acid bacteria from “Sheep’s Dhan”, a traditional butter: Isolation, identification and major technological traits’, *Grasas y Aceites*, 60(2), pp. 177–183. doi: 10.3989/gya.085408.

Irlinger, F. and Mounier, J. (2009) ‘Microbial interactions in cheese: implications for cheese quality and safety’, *Current Opinion in Biotechnology*, p. 142–148. doi: 10.1016/j.copbio.2009.02.016.

ISO, 3433 (2002) 'Fromages -Détermination de la teneur en matière Grasse- Méthode acidobutyrométrique, International Organization of Standardization.'

Jaouen, J. c, Remeuf, F. and et Lenoir, J. (1990) 'Données récentes sur le lait de chèvre et les fabrications de produits laitiers caprins. XXIII International Dairy Congress, Octobre', pp. 8–12.

Le Jaouen J. C. (1990) *La fabrication du fromage de chèvre fermier. Société de presse et d'édition ovine et caprine.*, Paris.

Jaubert, J. and et Mourre, V. (1996) 'Growth of yeast contaminants in an immobilized lactic acid bacteria system.', *Lett. Appl. Microbiol.*, p. 313–341.

Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P. and Brulé, G. (2008) *Science des aliments : Technologie des produits alimentaires.* Paris.

Jenness, R. (1980) 'Composition and Characteristics of Goat Milk: Review 1968–1979', *Journal of Dairy Science*, 63(10), pp. 1605–1630. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(80)83125-0.

Joffin, C. and Joffin, J.-N. (1999) 'Microbiologie alimentaire', *Biofutur*, 1999(189), p. 45. doi: 10.1016/S0294-3506(99)80417-7.

Jouan P. (2002) 'Lactoprotéines et lactipeptides: propriétés biologiques', p. 126.

Juillard, V., Spinnler, H. ., , Desmazeaud, M. . and et Boquien, C. . (1987) 'Phénomènes de coopération et inhibition entre les bactéries lactiques utilisées en industrie laitière.', *Le lait.*, 67, p. 149–172.

Kohnhorst, A. L. and Mangino, M. E. (1985) 'Prediction of the Strength of Whey Protein Gels Based on Composition', *Journal of Food Science*, 50(5), pp. 1403–1405. doi: 10.1111/j.1365-2621.1985.tb10487.x.

Kombila-Moundounga, É. (1992) *Dénaturation thermique et gélification des protéines de lactosérum en solution modèle et dans un aliment complexe, le fromage fondu à tartiner : effets du NaCl, du lactose et du glycérol* /. Available at: <http://ariane.ulaval.ca/cgi-bin/recherche.cgi?qu=01-0107845>.

Konings, W. N., Poolman, B., Driessen, A. J. M., Smid, E. J. and Molenaar, D. (1994) 'Mécanismes du transport des nutriments dans les bactéries lactiques', in *Bactéries lactiques. Aspects fondamentaux et technologiques, volume 1*, pp. 209–238.

Laboui, H., Elmoualdi, L., El Yachoui, M. and Ouhssine, M. (2005) 'Sélection de souches de bactéries lactiques antibactériennes', *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 144(1), pp. 237–250.

Lapointe-Vignola, C. (2002) 'Science et technologie du lait: transformation du lait', p. 600.

Laporte, M. F. and Paquin, P. (1999) 'Near-infrared analysis of fat, protein, and casein in cow's milk', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(7), pp. 2600–2605. doi:

10.1021/jf980929r.

Larousse, A. (2002) 'Science et technologie du lait: transformation du lait', p. 767. Available at: https://books.google.com/books?id=E-rb_Pff15sC&pgis=1.

Larpent J.P. (1998) 'Microbiologie alimentaire.' Paris, pp. 10–72.

Lecoq R. (1965) 'Manuel d'analyses alimentaires et expertises usuelles'. . Doin. Paris, p. 1304–1311.

Lee, C. S., Wooding, F. B. and Kemp, P. (1980) 'Identification, properties, and differential counts of cell populations using electron microscopy of dry cows secretions, colostrum and milk from normal cows.', *The Journal of dairy research*, 47(1), pp. 39–50. doi: 10.1017/S0022029900020860.

Leroy, F. and De Vuyst, L. (2004) 'Functional lactic acid bacteria starter cultures for the food fermentation industry', *Trends in Food Science*, 15, pp. 67–78. doi: 10.1016/j.tifs.2003.09.004.

Leveau, J. Y. and Bouix, M. (1993) *Microbiologie industrielle : les micro-organismes d'intérêt industriel, Sciences et techniques agro-alimentaires*.

Ljutovac K. (2002) 'Lipolyse du lait de chèvre. Constituants santé', *Chèvre*, 146, pp. 12–29.

Luquet F.M. (1990) 'Lait et produits laitiers (vache, chèvre, brebis) : transformation et technologie', *Techniques et documentation Lavoisier*, pp. 41–65.

Mahaut, M., Jeantet, R. and Br le G. (2000) 'Initiation à la technologie fromagère. Techniques et documentation Lavoisier. Paris.', p. p 194.

Mahieu, H., Le Jaouen, J., Luquet M, F. and Mouillet, L. (1975) 'Étude comparative de la composition et de la contamination des laits des espèces laitières bovines, ovines et caprines', pp. 71–78.

Majdi, A. (2009) 'les fromages AOP et IGP .', in *Séminaire sur les fromages AOP et IGP .INT-Ingénieur agronomie*, p. 88.

Marrakchi, A. and Hamama, A. (2000) *Valorisation des produits laitiers caprins Ed. Hassan. 2. . Ed. Hass.*

Marshall, K. (2004) 'Therapeutic applications of whey protein', *Altern Med Rev*, 9(2), pp. 136–156.

Martley F.G. (1983) 'Temperature sensitivities of thermophilic starter strains', *New Zeal J. Dairy Sci. Technol.*, 18, p. 191–196.

Maynard, F. and Maubois, A. P. J. L. (1989) 'Préparation de lactoferrine et d' a-lactalbumine humaines par utilisation de techniques à membranes .', *milk neutrophils, and human milk. Journal of Dairy science*, 69, pp. 59–69.

Mäyrä-Mäkien, M. and Bigret, M. (2004) 'Industrial use and production of lactic acid bacteria', in *Lactic Acid Bacteria : Microbiological and functional aspects*. 3e Ed., Ma. New

York, pp. 175–198.

McMahon, D. J., Fife, R. L. and Oberg, C. J. (1999) ‘Water Partitioning in Mozzarella Cheese and Its Relationship to Cheese Meltability’, *Journal of Dairy Science*, 82(7), pp. 1361–1369. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75361-0.

Le Mens, P. (1984) ‘Accidents de fromagerie. Défauts de texture du coagulum de type lactique.’, *Chèvre*, 144, p. 34–39.

Monnet, C., Latrille, E., Béal, C. and Corrieu, G. (2008) ‘Croissance et propriétés fonctionnelles des bactéries lactiques’, in *Corrieu, G. et Luquet, F.-M. (ed.). Bactéries lactiques, de la génétique aux ferments, Tec&Doc Lavoisier, Paris*, pp. 512–594.

Morand-Fehr, Lejaoun, J. ., Buogler, J., Delahey, G. and Demontign, Y. (1976) ‘Caprins’, 3, pp. 12–19.

Moreau C. (1980) ‘Les moisissures : Techniques d’analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires, le contrôle microbiologique.’, *Sci. Tech. Agro. Ali*, (3), pp. 331–333.

Ogunbanwo, S. T., Sanni, A. I. and Onilude, a. a. (2003) ‘Characterization of bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* F1 and *Lactobacillus brevis* OG1’, *African Journal of Biotechnology*, 2(8), pp. 219–227. doi: 10.4314/ajb.v2i8.14770.

Parente, E. and Cogan T. M. (2004) ‘Starter cultures: general aspects. In: Fox, P. F., McSweeney P.’, *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. I. Chapman and Hall*, pp. 123–142.

Park, Y., Juárez, M., Ramos, M. and Haenlein, G. (2007) *Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk - Google Scholar, Small ruminant research*. doi: 10.1016/j.smallrumres.2006.09.013.

Pasuet, P. and Toussaint G. (1987) *L’élevage des chèvre et des moutons*. Ed. Vecchi.

Pilet, M. ., C., M. and Federigh M. (2005) ‘Bactéries lactiques. In : bactériologie alimentaire (Federighi M.)’, in Paris., pp. 219–240.

Pointurier H. (2003) ‘La gestion matière dans l’industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France’: FRANCE, p. 388.

Poznanski, E., Cavazza, A., Cappa, F. and Cocconcelli, P. S. (2004) ‘Indigenous raw milk microbiota influences the bacterial development in traditional cheese from an alpine natural park’, *International Journal of Food Microbiology*, 92(2), pp. 141–151. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.09.006.

Pradal, M. (2012) ‘Transformation fromagère caprine fermière’.

Raynal, K. and Remeuf, F. (2000) ‘The effect of heating on physicochemical and renneting properties of milk: A comparison between caprine, ovine and bovine milk’, *International Dairy Journal*, 8(8), pp. 695–706. doi: 10.1016/S0958-6946(98)00112-5.

Rheotest M. (2010) ‘Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire ,Produits

alimentaires et aromatisants’.

Ribadeau-Dumas, B. (1991) ‘Physicochimie et biochimie des protéines du lait. Données récentes’, *Le Lait*, 71(2), pp. 133–139. doi: 10.1051/lait:1991211.

Ribadeau-Dumas, B. and Grappin, R. (1989) ‘Milk protéine analysais ’, in *Lait*, pp. 357–416.

Roudj, S. and Karam, a B. N. (2005) ‘Caractérisations physicochimiques et analyse électrophorétique des protéines de lait de chèvre et de lait de vache de l ’ Ouest algérien Physicochemical properties and electrophoretical analysis of goat and cow raw milks from western Algeria’, 12(1970), p. 400.

Roudj S., Belkheir K., Z.-K. H. et K. N. (2009) ‘Protéolyse et Autolyse Chez Deux Lactobacilles Isolés de Lait Camelin du Sud Ouest Algérien.’, *European Journal of Scientific Research*, ISSN 1450-216X Vol.34 No2, p. pp.218-227.

Rouel, J. and Chilliard, Y. (2003) ‘Effets de l’alimentation sur la production laitière des chèvres et sur la qualité nutritionnelle et sensorielle des produits laitiers caprins.’, 117, p. 16–17.

Roukas, T. and Kotzekidou, P. (1998) ‘Lactic acid production from deproteinized whey by mixed cultures of free and coimmobilized Lmtobacillus casei and Lmtococcus Zactis cells using fedbatch culture’, *Enzyme and microbial technology*, 22(97), pp. 199–204. doi: 10.1016/S0141-0229(97)00167-1.

Sawaya, W. N., Khalil, J. K. and Al-Shalhat, A. F. (1984) ‘Mineral and vitamin content of goat’s milk.’, *Journal of the American Dietetic Association*, 84(4), pp. 433–435.

Settanni, L. and Moschetti, G. (2010) ‘Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits’, *Food Microbiology*, p. 691–697. doi: 10.1016/j.fm.2010.05.023.

Shuster, D. E. and Harmon, R. J. (1990) ‘enzyme-immunoassay of bovine lactoferrin and serum-albumin in acid precipitated and ultracentrifugal wheys’, *Journal of Dairy Science*, 73(11), pp. 3104–3111.

Smit, G., Smit, B. A. and Engels, W. J. M. (2005) *Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products*, *FEMS Microbiology Reviews*. doi: 10.1016/j.femsre.2005.04.002.

St-Gelais, D., Ould-Baba, A. and Turcot, S. . (1999) ‘Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation .Agriculture et Agro-alimentaire’, pp. 1–33.

St-Gelais, D., Tirard-Coller, P., Bélanger, G., Couture, R. and Drapeau, R. (2002) ‘transformation du lait (Vignola C.L.)’, pp. 379–407.

Syndifrais, T. (2003) ‘Yaourt et laits fermentés : définition et dénomination. Yaourt’, 2, pp. 3–16.

Tejani, K. (2010) *Le partial de la nature et l’écologie en Algérie. Revue de web et article sur l’environnement en l’Algérie. Réseau de compétence et de bonne volontés.*, *Ecologie et*

environnement en Algérie en Afrique de Nord, en Méditerranée et dans le reste du monde.

Thieulin, G. and Vuillaume, R. (1967) 'Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des œufs-revue générale des questions laitières 48 avenue'. Paris, pp. 71–73.

Tormo, H. (2010) *.Diversité des flores microbiennes du lait crus de chèvre et facteurs de variabilité .Thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'université de Toulouse, 238 pages.*

Varunsatian, S., Watanabe, K., Hayakawa, S. and Nakamura, R. (1983) 'Effects of Ca²⁺, Mg²⁺ and Na⁺ on heat aggregation of whey protein concentrates', *Journal of Food Science*, 48(1973), pp. 42–46. doi: 10.1111/j.1365-2621.1983.tb14785.x.

Vierling, E. (2003) 'Aliment et boisson-Filière et produit', *centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine*, 11, p. 270.

Vojtech, A., Ondrej, Z., Petr, D., Ladislav, Z., Ales, H., Jaromir, H., Jans, Sona, K., Libuse, T. and Rene, K. (2008) 'Lactoferrin Isolation Using Monolithic Column Coupled with Spectrometric or Micro-Amperometric Detector', *aSensors*, 8, p. 464–487. doi: 10.3390/s8010464.

Yıldız (2010) *Developpement and manufacture of yougurt and other dairy products, CRC Press Taylor & Francis Group, USA,.*

Annexe I: Composition des milieux de culture

Tableau 1: Composition du milieu MRS bouillon PH 6, (Man Rogosa Sharpe).

MRS bouillon	g/l
Peptone de caséine	10
Extrait de viande	8,0
Extrait de levure	4,0
D (+) Glucose	20
Di-potassium hydrogénophosphate	2,0
Tween 80	1,0
Di-Ammonium hydrogénocitrate	2,0
Sodium acétate	5,0
Magnésium sulfate	0,2
Manganèse sulfate.....	0,04

Tableau 02 : Composition du milieu MRS (Man Rogosa Sharpe) Agar PH 6,5.

MRS Agar	g/l
Peptone de caséine	10
Extrait de viande	8,0
Extrait de levure	4,0
D (+) Glucose	20
Di-potassium hydrogénophosphate	2,0
Tween 80	1,0
Di-Ammonium hydrogénocitrate	2,0
Sodium acétate	5,0
Magnésium sulfate	0,2
Manganèse sulfate.....	0,04
Agar.....	14

Annexes

Tableau 3 : Composition du Lait écrémé à un PH=7.

LAIT ECREME.....	10 g
EXTRAIT DE LEVURE.....	0.5 g
Eau distillée.....	100 ml
Autoclavage 120°C, 20 min	

Tableau 4 : Composition d'eau piptoné à PH=7,2.

Peptone Exemple D'indole.....	10 g
Chlorure De Sodium.....	5 g
Autoclavage 120°C, 20 Min	

Tableau 5 : Composition d'eau physiologique à PH=7.

Chlorure de Sodium.....	8,5 g
Peptone.....	0,5 g
Eau Distillée.....	1000 ml
autoclavage : 120° c pendant 20 minutes	

Annexe II : Fiche de dégustation de fromage

Fiche Pour Panel de Dégustation						
Designation	Texture	Gout	Couleur	Odeur	Arome	observation

- 0 mauvais
- 1 médiocre
- 2 passable
- 3 assez bon
- 4 bon
- 5 excellent