

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
Université A. MIRA-Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Microbiologie  
Filière : Sciences biologiques  
Option : Microbiologie Alimentaire et Santé



Réf : .....

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

***Mise au point d'un fromage frais  
artisanal en utilisant la flore autochtone  
du lait cru et l'extrait brut du latex de  
figuier***

Présenté par M<sup>elles</sup>

**OUBERZOU Elkhamsa et KHELFAOUI Mounia**

**Soutenue le : 20 Juin 2017**

**Devant le jury composé de :**

<b>M<sup>me</sup> TITELI Fatiha</b>	<b>MAA</b>	<b>Présidente</b>
<b>M<sup>elle</sup> BENDALI Farida</b>	<b>MCA</b>	<b>Encadreur</b>
<b>M<sup>me</sup> FARADJI Samia</b>	<b>MCB</b>	<b>Examinatrice</b>

**Année universitaire : 2016 / 2017**

# *Dédicaces*





*A Mes chers parents*

*Pour l'affection dont ils nous ont toujours comblés et les sacrifices infinis qu'ils n'ont cessé de consentir, avec abnégation, pour notre éducation. Veuillez trouver à travers ce modeste travail, l'expression de mon amour et mon respect les plus sincères*

*A ma tante*

*En reconnaissance des soutiens et encouragements. Que ce travail soit un témoignage de mon amour, ma gratitude et mon respect*

*A toute ma famille*

*Ma cousine Chahla et mon frère Mounir*

*A mes amis*

*Je le dédie à mon amie Elkhamsa, mes amies Amina et Sihem et toute la promotion de Microbiologie Alimentaire et Santé  
2016/2017*

**Mounia**



*A Mes chers parents*

*Que nulle dédicace ne peut exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leur grand sacrifice*

*A mes chères sœurs*

*Djazia, Zahira , Sabrina et à mon petit frère Saïd , à mon neuneu Younes et ma grand-mère Djedjiga pour leur grand amour et leur soutiens qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude*

*A toute ma famille et à tout c'eux que j'aime*

*Pour leur encouragement*

*Je le dédie à mon amie Mounia, mes amies Amina et Sihem et toute la promotion de Microbiologie Alimentaire et Santé*

*2016/2017*

# *Remerciements*





*Nous exprimons toute notre gratitude et nos vifs remerciements à notre encadreur Mme BENDALI Farida qui nous a honorés en acceptant de diriger ce travail, pour ses encouragements, ses conseils et sa disponibilité. Merci d'avoir su nous guider avec patience.*

*Nous exprimons toute notre gratitude aux membres de jury :*

*M<sup>me</sup> TETILI pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury*

*M<sup>me</sup> FERADJI née HAMMA Samia, pour avoir bien voulu examiner notre travail et rehausser sa qualité à travers ces remarques critiques et judicieuses*

*Enfin, on tient à remercier l'ensemble de l'équipe pédagogique de la faculté SNV*

**Merci à tous**

## ***Liste des abréviations***

**Aw:** Activity of water.

**B. :** *Bacillus*.

**BHI:** Brain Heart Infusion.

**Cys:** cystéine.

**CMP:** Caséinomacropeptide.

**EST:** Extrait Sec Total.

**EVA:** Ethyl Violet Azide.

**FIL :** Fédération internationale de laiterie.

**FTAM :** Flore Totale Aérobie Mésophile.

**His :** Histidine.

**J.O .R .A :** Journal Officiel de la république Algérienne.

**Met:** Méthionine.

**MG:** Matière Grasse.

**MRS:** de Man Rogosa et Sharpe.

**PCA:** Plat count Agar.

**pH :** Potentiel hydrogène.

**Phe :** Phénylalanine.

**pHi :** pH isoélectrique.

**S. :** *Staphylococcus*.

**VRBL :** Violet Cristal Rouge neutre Bile Lactose.

## ***Liste des figures***

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Analyse microbiologique et physicochimique du lait cru	<b>13</b>
<b>2</b>	Préparation des dilutions décimale à partir du lait cru	<b>16</b>
<b>3</b>	Processus de fabrication d'un fromage frais artisanal à partir d'un lait cru	<b>18</b>
<b>4</b>	Préparation de la solution mère et des dilutions jusqu'à $10^{-9}$	<b>19</b>
<b>5</b>	Formation du caillé et moulage du caillé	<b>24</b>
<b>6</b>	Résultats des analyses microbiologiques du lait cru	<b>27</b>
<b>7</b>	Evolution des différentes flores du fromage fabriqué au cours de la conservation (21 jours)	<b>28</b>
<b>8</b>	Résultat du test coagulase	<b>32</b>
<b>9</b>	Notation sur une échelle de 4 de l'odeur, texture et de la saveur	<b>33</b>
<b>10</b>	Note final d'appréciation	<b>34</b>



## ***Liste des figures en annexe***

<b>N°</b>	<b>Titre</b>
<b>1</b>	Appréciation de l'odeur
<b>2</b>	Appréciation de la couleur
<b>3</b>	Appréciation d'acidité
<b>4</b>	Appréciation de l'amertume
<b>5</b>	Appréciation d'arrière goût
<b>6</b>	Appréciation de la texture en bouche.
<b>7</b>	Appréciation d'élasticité
<b>8</b>	Le taux d'appréciation des niveaux de l'odeur pour les deux fromages fromage artisanal et industriel
<b>9</b>	Le taux d'appréciation de la couleur pour les deux fromages artisanal et industriel
<b>10</b>	Le taux d'appréciation des niveaux de l'acidité pour les deux fromages artisanal et industriel
<b>11</b>	Le taux d'appréciation des niveaux de l'amertume pour les deux fromages artisanal et industriel
<b>12</b>	Le taux d'appréciation des niveaux de l'arrière goût pour les deux fromages artisanal et industriel
<b>13</b>	Le taux d'appréciation de texture en bouche pour les deux Fromages artisanal et industriel
<b>14</b>	Le taux d'appréciation de niveaux de l'élasticité pour les deux fromages artisanal et industriel

## ***Liste des tableaux***

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Composition moyenne d'un fromage type « petite suisse » pour 100 g de produit frais	<b>5</b>
<b>II</b>	Dénombrements de la fore microbienne du fromage	<b>20</b>

## ***Liste des tableaux en annexe***

<b>N°</b>	<b>Titre</b>
<b>I</b>	Composition moyenne du lait de vache
<b>II</b>	Flore originelle du lait cru
<b>III</b>	Bouillon Roth
<b>IV</b>	Gélose PCA
<b>V</b>	Bouillon EVA LITSKY
<b>VI</b>	Gélose Slanetz et Bartley
<b>VII</b>	Gélose VRBL
<b>XIII</b>	Gélose Baird Parker
<b>IX</b>	Gélose M17
<b>X</b>	Gélose MRS
<b>XI</b>	Résultats du test de réductase
<b>XII</b>	Résultats d'analyse microbiologique du lait cru
<b>XIII</b>	Résultats d'analyse microbiologique du fromage frais artisanal.
<b>XIV</b>	Teneur en matière grasse
<b>XV</b>	Teneur en extrait sec total
<b>XVI</b>	Teneur en protéines
<b>XVII</b>	Teneur en lactose
<b>XVIII</b>	Norme Algérienne pour le fromage frais
<b>XIX</b>	Norme Algérienne pour le lait cru

# **Sommaire**

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
--------------------------	----------

## **Synthèse bibliographique**

<b>I - Fromage.....</b>	<b>3</b>
<b>II - Fromage frais.....</b>	<b>4</b>
<b>II - 1 - Technologie des fromages frais.....</b>	<b>4</b>
<b>II - 2 - Types de fromage frais.....</b>	<b>4</b>
<b>II - 3 - Qualité nutritionnelle des fromages frais.....</b>	<b>5</b>
<b>III - Procès de fabrication.....</b>	<b>6</b>
<b>III - 1 - La matière première : le lait.....</b>	<b>6</b>
<b>III - 1 - 1 - Composition du lait.....</b>	<b>6</b>
<b>III - 1 - 2 - Flore originelle du lait.....</b>	<b>6</b>
<b>III - 2 - Principales étapes de la fabrication des fromages.....</b>	<b>7</b>
<b>III - 2 - 1 – Coagulation.....</b>	<b>8</b>
<b>III - 2 - 2 – Egouttage.....</b>	<b>10</b>
<b>III - 2 - 3 – Salage.....</b>	<b>11</b>
<b>III - 2 - 4 – Affinage.....</b>	<b>12</b>

## **Matériels et méthodes**

<b>I - Analyse du lait cru.....</b>	<b>13</b>
<b>I - 1 - Vérification de la fraîcheur du lait cru.....</b>	<b>14</b>
<b>I - 1 – 1 - Mesure du pH.....</b>	<b>14</b>
<b>I - 1 – 2 - Détermination de l'acidité titrable.....</b>	<b>14</b>
<b>I – 1 - 3 - Test d'ébullition.....</b>	<b>14</b>
<b>I - 2 - Analyses microbiologiques.....</b>	<b>14</b>
<b>I – 2 - 1 - Vérification rapide de la qualité microbiologique du lait.....</b>	<b>14</b>

<b>I - 2 – 2- Dénombrement et recherche des différentes flores.....</b>	<b>15</b>
<b>II - Mise au point d'un fromage frais artisanal.....</b>	<b>17</b>
<b>II - 1 - Analyse microbiologique du fromage.....</b>	<b>19</b>
<b>II – 2 - Analyse physico-chimique du fromage frais.....</b>	<b>20</b>
<b>II – 3 – Analyse hédonique.....</b>	<b>21</b>

## **Résultats et discussion**

<b>I - Résultats d'analyse du lait cru.....</b>	<b>23</b>
<b>I - 1 - Mesure du pH et détermination de l'acidité Dornic.....</b>	<b>23</b>
<b>I - 2 - Test d'ébullition.....</b>	<b>23</b>
<b>I - 3 - Estimation de la charge microbienne du lait cru : épreuve au bleu de méthylène.....</b>	<b>23</b>
<b>I - 4 -Test de lactofermentation.....</b>	<b>24</b>
<b>II - Mise au point d'un fromage frais artisanal.....</b>	<b>24</b>
<b>II – 1 – Résultats d'analyse physicochimique du fromage.....</b>	<b>25</b>
<b>II – 2 - Résultats de l'analyse microbiologique du lait et du fromage.....</b>	<b>27</b>
<b>II – 3 – Résultats de l'analyse hédonique.....</b>	<b>32</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>35</b>

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

# ***Introduction***

## Introduction

La plupart des cultures à travers le monde connaissent le fromage depuis des temps immémoriaux. Il s'agissait principalement d'une forme de conservation des principaux constituants du lait. Historiquement, plusieurs écritures indiquent que la fabrication du fromage est apparue il y a 8000 ans, peu après la domestication des animaux. A l'origine, l'intérêt majeur de la transformation du lait était de conserver les principaux constituants du lait. Aujourd'hui, il s'agit plutôt d'un aliment, possédant des qualités nutritionnelles indéniables (**Cholet, 2006**).

Différents fromages traditionnels existent depuis l'antiquité, ils sont fabriqués à partir de lait cru de vache, de chèvre ou de brebis, caractérisés par un savoir-faire ancestral transmis d'une génération à l'autre jusqu'à nos jours, où nous observons qu'un certain nombre de fromages a fait la transition de l'échelle traditionnelle à l'industrielle, mais il reste beaucoup d'entre eux qui ont gardé leur authenticité et sont fabriqués et consommés dans des zones géographiques restreintes, d'autres, ont dépassé les limites de leurs localités (**Marino et al., 2012**).

En Algérie, les fromages traditionnels sont peu nombreux, non entièrement recensés et aussi peu étudiés, environ dix types de fromages sont connus dans différentes régions du pays (**Aissaoui Zitoun et al., 2011**). Les fromages *Bouhezza*, *Mechouna* et *Madeghissa* sont fabriqués dans la région des *Chaouia* (Nord-est), *Takammèrite* et *Aoules* dans le sud, *Igounanes* dans la région de Kabylie (**Aissaoui Zitoun et al., 2011**), *Klila* et *Djben* sont connus dans plus d'une région (**Hallel, 2001**). Ces fromages restent encore non labellisés, leur fabrication est destinée à l'autoconsommation au niveau familial, certains d'entre eux sont plus ou moins commercialisés d'une manière informelle.

La première étape de fabrication du fromage est la coagulation, considérée comme la clé de la réussite dans la production fromagère. Elle consiste à la formation d'un gel suite à des modifications physico-chimiques intervenant sur les micelles de caséine. L'agent coagulant le plus anciennement utilisé en fromagerie est la présure, extraite de la caillette de veaux non sevrés (**Desmazeaud, 1997**). Bien qu'elle soit encore l'enzyme la plus utilisée en fromagerie, sa production connaît une pénurie mondiale. Elle est due essentiellement à une augmentation croissante de la production et de la consommation de

fromages et à l'impossibilité d'augmenter en parallèle la production de présure (**Banga-Mboko et al., 2002**). Ceci a fait que la recherche de nouvelles sources d'enzymes capables de remplacer la présure traditionnelle dans l'industrie fromagère s'impose.

Parmi ces succédanés, les protéases d'origine végétale sont très anciennement utilisées dans des préparations traditionnelles telles que celles provenant de l'artichaut, du chardon et de latex du figuier, ce dernier est exploité depuis une époque lointaine pour la production de fromages traditionnels algériens, tels que fromage *Agugli* préparé principalement dans la région de la Kabylie.

L'Algérie reste dépendante des fournisseurs étrangers en matière d'approvisionnement en lait en poudre et importe la quasi-totalité des quantités d'enzymes nécessaires à l'industrie fromagère. En 2011, environ 25 mille tonnes de fromages ont été vendus dans le marché algérien. Selon l'**Office National des Statistique (O.N.S)**, l'industrie fromagère algérienne a utilisé près de 1,5 tonne de présure et ses substituts. Le coût élevé d'importation ainsi que la dépendance de l'Algérie vis-à-vis des fournisseurs étrangers en matière d'approvisionnement en poudre, présure et/ou ses succédanés devait, et doit inciter à l'utilisation du lait de vache et au retour aux pratiques traditionnelles. Cela semble nécessaire pour valoriser les produits traditionnels et éviter la disparition des pratiques ancestrales très précieuses afin de préserver notre patrimoine, synonyme de notre identité et personnalité.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés à la valorisation des pratiques traditionnelles par la mise au point d'un fromage frais artisanal et la mise en valeur des sources locales d'agents coagulants utilisables en industrie en particulier le latex du figuier.

Le document est divisé en trois parties. Une synthèse bibliographique relative au sujet, une partie pratique relatant la méthodologie et une dernière réservée à la présentation des résultats obtenus étayés par une discussion.



*Partie I.*  
**SYNTHESE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I - Fromage**

### **- Définition**

Le fromage, selon la norme *Codex*, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé est dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséines ne dépasse pas celui du lait, et qui est obtenu (**Gillis, 2000**) :

a- par coagulation (totale ou partielle) des matières premières suivantes : lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème, crème de lactosérum ou babeurre, sous l'action de la présure ou d'un autre coagulant approprié, et par égouttage partiel du lactosérum issu de cette coagulation, ou

b- par des techniques de transformation comprenant la coagulation du lait et/ou des matières issues du lait, qui donnent un produit fini possédant les mêmes propriétés physiques, chimiques et organoleptiques que le produit répertorié dans la classification des fromages.

Le consommateur européen définit le fromage traditionnel comme un produit fréquemment consommé ou associé à des célébrations et/ou à des saisons. Normalement transmis de génération à une autre, fabriqué avec précision de manière spécifique selon patrimoine gastronomique avec peu ou sans manipulation. Il est distingué et connu par rapport à ses propriétés sensorielles et associé à une zone local, région ou pays (**Montel et al., 2014**).

L'étude des différentes technologies fromagères montre l'extrême diversité de cet élément, cette grande diversité, soit dans les propriétés ou dans le mode de fabrication, a rendu difficile leurs classifications (**Chambers et al., 2005**). Il existe environ 2000 variétés de fromages et approximativement 500 d'entre eux sont regroupés par la Fédération Internationale du lait (FIL ou IDF) (**Kosikowski, 1985**).

Les produits laitiers frais regroupent une grande variété de produits qui se distinguent par leurs procédés de fabrication, leurs présentations et leurs qualités organoleptiques comme la texture ou la flaveur. Ils sont fabriqués principalement à base de

lait de vache (Malek et al., 2001). Les produits laitiers frais regroupent les yaourts et les laits fermentés, les fromages frais, les desserts lactés frais ainsi que les crèmes et les babeurre (Luquet et al., 2005).

## **II - Fromage frais**

Les fromages frais sont traditionnellement des fromages qui résultent d'une coagulation lente du lait par action de l'acidification combinée ou non de celle d'une faible quantité de présure, ils sont fabriqués à partir de laits ou de crème propres à la consommation humaine. Les fromages frais présentent une grande diversité selon le degré d'égouttage du coagulum et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre. Les différents fromages à pâte fraîche sont caractérisés par (Mahaut et al., 2000 ; Luquet et al., 2005) :

- Un caillé non pressé et une teneur élevée en eau,
- Une durée de conservation courte,
- Des produits à consommer sans période de maturation

### **II - 1 - Technologie des fromages frais**

La technologie fromagère regroupe l'ensemble des moyens mis en œuvre pour transformer le lait en fromage, le fondement de la fabrication d'un fromage frais repose sur deux étapes : (Mahaut et al., 2000 ; Eck et Gillis, 2006 )

- **Coagulation** : l'acidification s'effectue durant 15 à 18 heures entre 18 et 30°C pour atteindre un pH de 4,50-4,55 ce qui engendre la formation d'un coagulum.
- **Egouttage et moulage** :

Selon le type de produit désiré, le caillé est égoutté selon différentes méthodes :

- **Egouttage lent** :

- ❖ **Egouttage en moule** : cette technique mise en œuvre pour le fromage type « compagne » est la plus ancienne, elle consiste à mouler le caillé à la louche en plusieurs passes dans des faisselles.
- ❖ **Egouttage en sacs**, sur filtre (Berge), en cuve (Schulenburg) : ce sont des techniques qui tendent à disparaître au profit de la centrifugation ou de l'ultrafiltration, plus efficace en termes de productivité.

### **II - 2 - Types de fromage frais**

En production fermière, il existe deux types de fromage frais (Gret, 2002) :

- **Les fromages blancs moulés en faisselles** (ou fromage type « campagne ») se caractérisent par une texture hétérogène en morceaux.
- **Les fromages battus** présentent une texture lisse et onctueuse, à extrait sec plus élevé comme les petit suisses. Ils peuvent être additionnés de sucre, de sel, de fruits, d'épices ou d'herbes aromatiques. On peut varier le taux de matière grasse de moins de 3,5 % jusqu'à 10 %.

## **II - 3 - Qualité nutritionnelle des fromages frais**

Les fromages frais présentent des qualités nutritionnelles importantes en tant que concentré de protéines et une teneur en calcium assez importante, quelle que soit la catégorie la teneur en glucides reste sensiblement identique (**Mahaut et al., 2000**). Le **tableau I** nous renseigne sur la composition d'un fromage frais type « petit suisse » pour 100g de produits frais.

**Tableau I :** Composition moyenne d'un fromage type « petite suisse » pour 100 g de produit frais (**Eck et Gillis, 1997**)

<b>Constituants</b>	<b>Fromage frais, ex : petit suisse</b>
Eau (g)	79
Energie (kcal)	118
Glucides (g)	4,0
Lipides (g)	7,5
Protéines (g)	8,5
Calcium (mg)	100
Phosphore (mg)	140
Magnésium (mg)	10
Potassium (mg)	130
Sodium (mg)	40
Zinc (mg)	0,5
Vitamine A (U.I)	170

### **III - Procès de fabrication**

#### **III - 1 - La matière première : le lait**

La dénomination « lait » est réservée exclusivement aux produits de la sécrétion mammaire normale, obtenus par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ni soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique (**J.O.R.A N°69, 1993**).

Le lait a été défini en 1908, au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes à Genève comme étant : « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de « colostrum » (**Alais, 1975**).

##### **III - 1 - 1 - Composition du lait**

Le lait est un liquide opaque blanc mat, plus ou moins jaunâtre selon la teneur de la matière grasse en bêta carotène (**Bourgeois et al., 1996**). Définit comme étant un système complexe constitué d'une solution colloïdale, d'une suspension colloïdale et d'une émulsion (**Remana, 2013**). Sa composition générale est présentée dans le **tableau I (annexe)**. Les données sont des approximations quantitatives, qui varient en fonction d'une multiplicité de facteurs : la race animale, alimentation, état de santé de l'animal, période de lactation et la saison (**Mahaut, 2000 ; Roudaut et Lefrancq, 2005**).

En général, les constituants principaux du lait sont : l'eau, lactose, protéines, matières grasses et les minéraux ; également, le lait contient des constituants mineurs tels que les vitamines et les enzymes (**Huppertz et al., 2006**).

##### **III - 1 - 2 - Flore originelle du lait**

Pour les fabrications fromagères au lait cru, la composition microbienne du lait mis en transformation est très importante: elle doit répondre à la fois à des exigences fromagères et sanitaires. En effet, en participant à l'élaboration des caractéristiques organoleptiques des fromages, les flores originelles (ou naturelles) des laits crus leur confèrent diversité sensorielle et intensité de goûts (**Buchin et Beuvier, 2000**).

Sur le plan sanitaire, l'absence de traitement avant fabrication impose l'absence de microorganismes potentiellement pathogènes dans les laits crus (**Millet et al., 2006**).

Les microorganismes, principalement, présents dans le lait sont les bactéries. Mais, on peut aussi trouver des levures et des moisissures, voire des virus. De très nombreuses espèces bactériennes sont susceptibles de se développer dans le lait qui constitue, pour elles, un excellent substrat nutritif. Au cours de leur multiplication dans le lait, elles libèrent des gaz (oxygène, hydrogène, gaz carbonique, etc.), des substances aromatiques, de l'acide lactique (responsable de l'acidification en technologie fromagère), diverses substances protéiques, voire des toxines pouvant être responsables de diverses pathologies chez l'Homme (**Institut de l'élevage, 2009**).

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de  $10^3$  germes/ml). A sa sortie du pis, il est pratiquement stérile et est protégé par des substances inhibitrices appelées lacténine à activité limitée dans le temps (une heure environ après la traite) (**Cuq, 2007**).

La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles (**Vignola, 2002**). Il s'agit de microcoques, mais aussi lactocoques et lactobacilles. **Le tableau II (annexe)** regroupe les principaux microorganismes originels du lait avec leurs proportions relatives.

### **III - 2 - Principales étapes de la fabrication des fromages**

La fabrication fromagère peut être considérée comme un phénomène d'agglomération, correspondant à une synérèse, associée à un phénomène d'écoulement. Il s'agit de l'agglomération des éléments protéiques du lait, de la caséine principalement, plus ou moins modifiées, qui emprisonnent les autres constituants et, ensuite, de l'agglomération de morceaux de caillé moulés.

Ce phénomène d'agglomération est associé à celui d'un écoulement de la phase liquide, composée de l'eau du lait et des éléments solubles emprisonnés dans des pores, puis libérée (**Luquet, 1990**).

La transformation du lait en fromage comporte quatre étapes principales, ces dernières peuvent être précédées par une opération de standardisation du lait, qui comprend l'ajustement du pH d'emprésurage pour faciliter la coagulation du lait (**Brule et al ., 1997**).

**III - 2 - 1 - Coagulation** : modification physico-chimique des micelles de caséines, entraînant la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel, Elle est liée étroitement à la déstabilisation structurale de la micelle de caséine (**Eck et Gillis, 2006**), induite par voie acide ou par voie enzymatique ou par combinaison des deux voies (**Gelais St. et Tirard-Coller, 2002**).

- **La coagulation par voie acide** : consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique (pHi= 4,6) par acidification biologique à l'aide des ferments lactiques qui fermentent le lactose en acide lactique, ou par acidification chimique par l'addition de l'acide minéral (acide sulfurique) ou organique (citrique, lactique) , le gel lactique obtenu est plus ou moins granuleux, dispersé dans lactosérum (**Eck et Gillis, 2006**), présente une perméabilité satisfaisante, mais une friabilité élevée avec une élasticité pratiquement nulle dues au manque de structuration du réseau. Les liaisons sont de faible énergie et de type hydrophobe et résistent peu au traitement mécanique (**Mahaut et al ., 2000 ; Jean et al ., 2008**).

- **La coagulation par voie enzymatique** : il existe un grand nombre d'enzymes protéolytiques d'origine animale, végétale ou microbienne. L'agent coagulant le plus utilisé en fromagerie est la présure. Cette enzyme d'origine animale (mélange de chymosine et de pepsine) sécrétée dans la caillette de jeunes ruminants est l'enzyme coagulante la mieux connue (**Eck et Gillis, 2006**), son mécanisme d'action est assez bien établi et comporte deux phases (**Vingnola, 2002**) :

- La phase primaire (enzymatique) : hydrolyse de la liaison Phe105-Met106 de la caséine-K, en libérant un peptide caséinomacropeptide (CMP) et par conséquent, la déstabilisation de la micelle de caséine (**Horne, 2002**).
- La phase secondaire (coagulation), où les micelles modifiées s'associent entre elles en présence de calcium pour former un gel (**Brule et al ., 1997**). Le gel formé est souple, élastique, cohérent, imperméable et contractile (**Veisseyre, 1979**).

De nombreuses protéases d'origine animale ont fait l'objet d'expérimentation en vue d'une potentielle utilisation en fromagerie. Cependant, toutes ne sont pas pour autant aptes à la fabrication fromagère; seules les pepsines, porcines et bovines présentent un intérêt industriel (**Eck et Gillis, 2006**).

Parmi les succédanés de la présure, beaucoup de protéases extracellulaires d'origine microbienne agissent de façon similaire que la chymosine (**Robinson, 1998**). Pour les bactéries ce sont surtout les souches de *Bacillus* qui sont les plus étudiées pour la production d'enzymes coagulantes : en particulier *Bacillus subtilis*, *B. cereus* et *B. polymexa*. Les résultats étaient assez décevants en raison de leur activité protéolytique élevée.

Les enzymes d'origine fongique ont été plus largement explorées et développées, elles ont donné des résultats souvent comparables et parfois supérieurs à ceux obtenus avec la présure, plusieurs préparations sont commercialisées et utilisées à grande échelle, les trois genres les plus exploités sont : *Endothia parasitica*, *Mucor pusillus* et *Mucor miehei* (**Veisseyre, 1975 ; Eck et Gillis, 1997 ; Ramet, 1997**).

Toutefois plusieurs sources de protéases coagulantes ont été employées. La coagulation du lait peut venir des pratiques qu'on retrouve dans le monde entier par l'emploi non pas d'acide lactique ou d'enzymes animales mais d'extraits végétaux (**Frock, 2001**). Dans beaucoup de régions on a utilisé très longtemps avant que la présure soit commercialisée des préparations coagulantes d'origine végétale. Celles-ci sont encore exploitées localement pour la fabrication familiale et artisanale en particulier par des éleveurs nomades dans des zones géographique isolées. Les préparations coagulantes, issues du règne végétal sont extraites par macération de différentes parties des plantes supérieures. Parmi les espèces connues on peut citer le gaillet, l'artichaut, le chardon (**Eck et Gillis, 2006**) qui ont été utilisés jadis dans la fabrication de différentes variétés de fromage tel que le Serra et Serpa au Portugal (**Macedo et al., 2005**) et Los Pedroches et la Serena en Espagne, (**Roa et al., 1999**) en utilisant l'extrait de Serana comme agent coagulant (**Macedo et al., 1993 ; Roseiro et al., 2003**).

Dans les régions chaudes, plusieurs plantes renferment des coagulants telle que la papaïne issu de papayer et la bromelaine issu du l'ananas et la ficine provenant de latex du



figuier (**Eck et Gillis, 2006**). Toutefois, la nature protéolytique excessive de la plupart des coagulants végétaux a limité leur utilisation dans la fabrication des fromages en raison d'un rendement fromager réduit et des défauts de saveur et de texture (**Lo piero et al ., 2002**).

Les protéases végétales ont été employées depuis les périodes antiques. On indique que le latex du figuier est utilisé pour la fabrication du fromage et comme un antihelminthique (**Fadyloglu, 2001; Nouani et al ., 2009 ; Shah et al., 2014**). En Italie, la ficine est utilisée pour la fabrication d'un fromage traditionnel le « Cacioricotta » (**Faccia et al ., 2012**).

Le latex est un liquide visqueux de couleur blanche, il est largement distribué dans la plante (**Kim et al ., 2003**). Ce matériel contient divers métabolites secondaires comme les composés phénoliques et des protéines à savoir les protéases à cystéine (**Agrawal et Konno, 2004**). Le latex est constitué de caoutchouc, résine, albumine, sucre et acide malique, enzymes protéolytiques, diastase, estérase, lipase, catalase et peroxydase (**Baby et Raj, 2011**).

Il contient une enzyme protéolytique capable de coaguler le lait et de digérer la caséine (**Devaraj et al., 2008**). Il est connu depuis bien d'années que le latex contient une activité protéolytique. Le nom ficine a été introduit par Robbins (1930). Ficine, est le nom donné pour l'enzyme protéolytique (endopeptidase) isolée à partir de latex des arbres du genre *Ficus*. Elle appartient à la famille des protéases à cystéine (**Lowe, 1976**). La ficine est composée de 210 résidus d'acides aminés. Son site actif est constitué de deux acides aminés qui sont la cystéine (Cys-25) et l'histidine (His-159). Cette enzyme intervient sur la protéine au niveau de résidus d'acide aminé tyrosine et phénylalanine (**Payne, 2009**).

### **III - 2 - 2 - Egouttage**

Malgré son apparente simplicité, l'égouttage est un phénomène très complexe et encore mal connu, l'égouttage dans sa globalité résulte d'un processus actif, la synérèse ; qui est un phénomène physique de séparation de la phase dispersante, fréquent dans les systèmes biologiques contenant des polymères organisés en réseau et l'aptitude d'écoulement du gel. Macroscopiquement, l'égouttage se traduit par une élimination progressive du lactosérum qui s'accompagne d'une rétraction et d'un durcissement corrélatif du gel : il conduit à la formation d'une masse de caillé dont l'extrait sec est plus

ou moins concentré et qui correspond au fromage (Mahaut et al., 2000 ; Eck et Gillis, 2006).

La synérèse est commandée par contraction du gel ; elle est très marquée dans le cas de gel présure. Cependant, dans le cas des gels acides qui sont plus perméables, l'égouttage est spontané (Mahaut et al., 2000 ; Eck et Gillis, 2006).

- **Egouttage du coagulum acide**

Les gels acides, sont très friables et constitués d'un réseau de caséines déminéralisées sans structure réticulée, contrairement au caillé enzymatique. Le coagulum présente une forte perméabilité qui conduit à un écoulement statique du sérum. En fin d'égouttage, le fromage obtenu est une pâte humide est sans cohésion (75 à 80 % d'eau) (Mahaut et al., 2000).

- **Egouttage du coagulum enzymatique**

Il est constitué d'un réseau de caséines bien organisées. Lors de la réticulation, des liaisons se créent à l'intérieur de ce réseau, conduisant la rétractation du gel et l'expulsion d'une partie du lactosérum contenu dans les mailles du réseau protéique. Ce type de gel présente une forte porosité, mais une perméabilité faible; c'est pour cela pour rompre cet état, c'est nécessaire de faire appel à un certain nombre de traitements mécanique, physicochimique et thermique (Mahaut et al., 2000).

- **Egouttage du coagulum mixte**

Les propriétés de ces gels, ainsi que leur aptitude à l'égouttage sont intermédiaires entre celle des gels obtenus par voie enzymatique et acide; la structure du gel acquiert au cours de l'acidification une certaine perméabilité favorisant la poursuite de l'égouttage. La difficulté pour ce type de gel réside dans l'acidification qui conditionne l'égouttage. Il existe un grand nombre de combinaison conduisant à l'état d'équilibre entre le comportement rhéologique et l'aptitude à l'égouttage souhaité du gel, qui se traduisent par une très grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée fabriquées actuellement (Mahaut et al., 2000).

### **III - 2 - 3 - Salage**

Pour la plupart des fromages, une opération de salage entre l'égouttage et l'affinage est indispensable, cette phase consiste à enrichir la pâte fromagère en chlorure de sodium (Veisseyre, 1979). Pour cela, plusieurs techniques sont envisagées : incorporation de sel par dépôt en surface ou dans la masse, ou par immersion en saumure (Eck et Gillis,

**2006; Fox et Kelly, 2006**). Par son action sur l'activité d'eau ( $A_w$ ), le salage complète l'égouttage et joue un rôle important au cours de l'affinage des fromages.

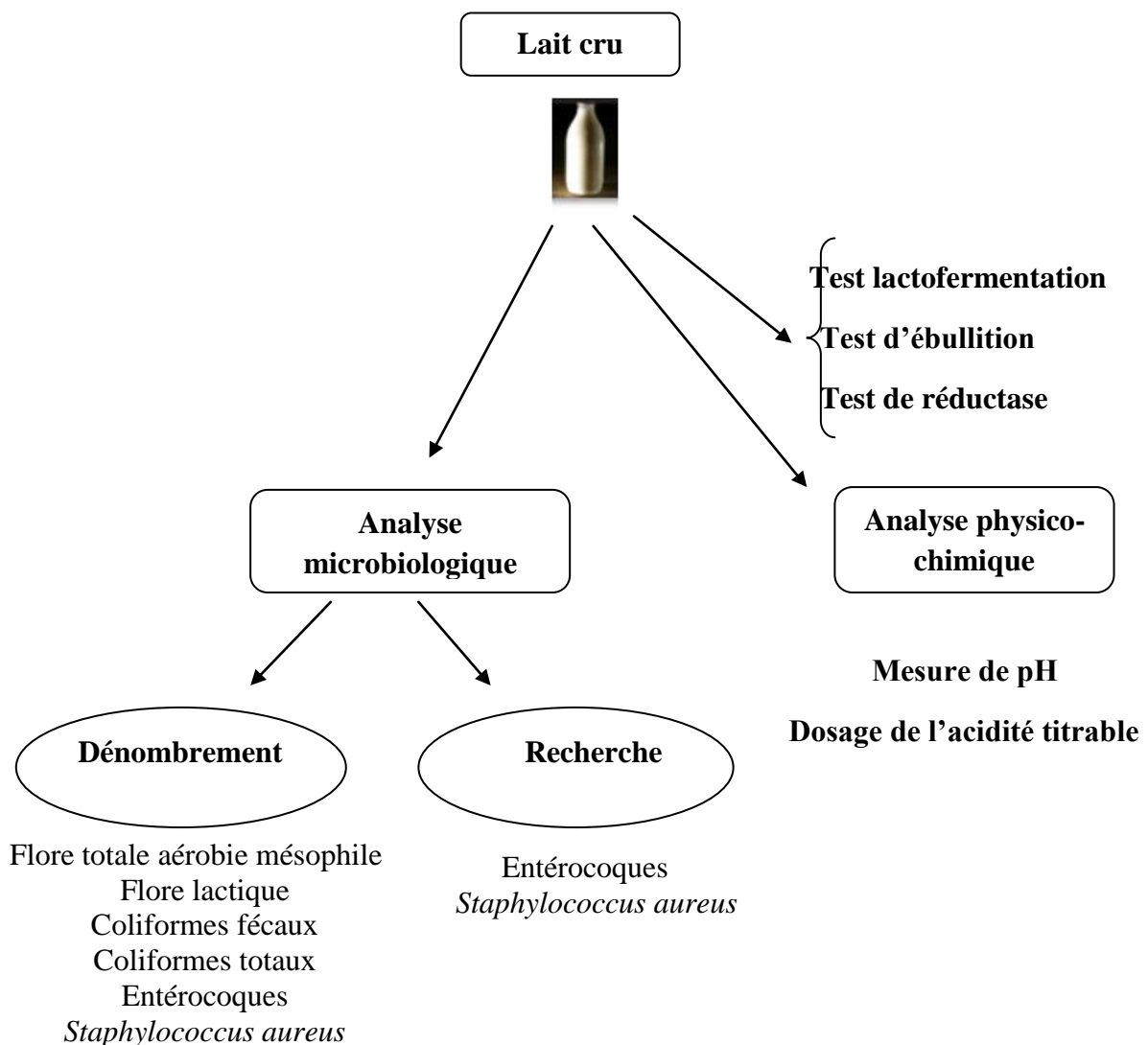
### **III - 2 - 4 - Affinage**

L'affinage est la transformation biochimique des constituants du caillé sous l'action d'enzymes, pour la plupart d'origine microbienne (**Eck et Gillis, 2006**). A l'exception des fromages frais, tous les autres types de fromages subissent une maturation biologique plus ou moins prononcée, destinée à développer leur saveur, tout en modifiant leur aspect, leur texture et leur consistance.

*Partie II.*  
**MATERIEL ET  
METHODES**

## I - Analyse du lait cru

Le lait cru, destiné à la production du fromage frais artisanal, est collecté au niveau du complexe Zootechnique la CAZEL de Souk Eltenine (Béjaia), lors de la traite du matin (4 h). L'échantillon de lait d'un volume de 250ml est recueilli proprement dans des flacons stériles à partir d'un mélange du lait de vache, ces derniers sont placés immédiatement dans une glacière et transportés vers le laboratoire de microbiologie (bloc9), de la Faculté des Science de la Nature et de la Vie (Université de Bejaia). Dès l'arrivée au laboratoire, des analyses microbiologiques et physico-chimiques sont réalisées (**figure1**). Les différentes analyses effectuées portent sur un nombre total de 5 échantillons.



**Figure 1** : Analyse microbiologique et physicochimique du lait cru.

## **I - 1 - Vérification de la fraîcheur du lait cru**

### **I - 1 – 1 - Mesure du pH**

La détermination du pH est réalisée directement en plongeant l'électrode du pH mètre (Bante, Chine) dans un bécher contenant 10 ml de lait à analyser.

### **I - 1 – 2 - Détermination de l'acidité titrable**

L'acidité est déterminée par le dosage de l'acide lactique à l'aide de l'hydroxyde de sodium à N/9 en présence de phénolphthaléine (Merck, Darmstadt) (3 gouttes) préparée à 1 %, comme indicateur coloré, qui indique la limite de la neutralisation par changement de couleur (rose pale). Cette acidité est exprimée en degré Dornic (°D) (**Mathieu, 1998**).

L'acidité en degré Dornic est égale :

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

V : le volume en millilitres de la soude nécessaire au titrage

### **I – 1 - 3 - Test d'ébullition**

Les laits acidifiés coagulent à l'ébullition. Un tube contenant un volume de 10 ml du lait est porté au bain marie (GFL, Allemagne) à 100°C pendant 40 min (**Guiraud, 1998**).

## **I - 2 - Analyses microbiologiques**

### **I – 2 - 1 - Vérification rapide de la qualité microbiologique du lait**

- **Test de réductase**

Ce test renseigne sur la quantité de microorganismes présents dans le lait; il est réalisé par l'addition de 0,1 ml d'une solution de bleu de méthylène 0,5 % (m/v) stérile dans un tube à essai contenant 10 ml de lait. Après agitation, le tube est incubé à 37°C. Une observation est effectuée au bout de 30 min, 1 h 30 min et de 3 h (**Guiraud, 1998**).

- **Test de lactofermentation et vérification indirecte de l'absence d'antibiotiques**

Un tube contenant 10 ml de lait est incubé à 30°C (étuve Incucell, Allemagne). La lecture est effectuée après 24 h.

## **I - 2 – 2- Dénombrement et recherche des différentes flores**

### **- Recherche**

- **Recherche des entérocoques**

Ensemencement de 100 µl de lait dans 5 ml de milieu Roth, incubation à 37°C pendant 24 - 48 h, puis repiquage de 500 µl à partir d'un tube positif de milieu Roth dans du bouillon EVA (Ethyl- Violet-Azide)-Litsky et incubation à 37°C. Après 24 h d'incubation, un isolement est réalisé en stries à la surface de la gélose Slanetz-Bartly et les boîtes sont incubées à 37°C/ 24-48 h.

A partir de la gélose Slanetz-Bartly, 3 colonies caractéristiques sont sélectionnées et cela par la coloration de Gram et un test de catalase.

- **Recherche de *Staphylococcus aureus***

Un volume de 1 ml de lait est inoculé dans 5 ml de bouillon nutritif salé (75 g/L de NaCl) et incubé à 37°C/24 h. A partir d'un tube de bouillon nutritif positif, un ensemencement en stries à la surface de deux boîtes de gélose de Baird Parker est réalisé. Les boîtes sont par la suite incubées à 37°C/24h. La gélose Baird Parker est préparée comme décrit lors du dénombrement.

Afin de confirmer la présence de *S. aureus* et en se basant sur l'aspect colonial sur gélose Baird Parker, 3 colonies caractéristiques sont identifiées par des tests rapides (coloration de Gram, test de la recherche de la catalase et de la coagulase).

### **✓ Test de coagulase**

Le test de recherche de la coagulase est réalisé après repiquage d'une colonie caractéristique sur gélose Baird Parker dans du bouillon BHI (Brain Heart Infusion) et incubation à 37°C/24 h. A partir du bouillon positif, 0,5 ml de ce dernier sont mélangés avec 0,5 ml de plasma humain (Laboratoire d'analyse CHU, Bejaia). Ce mélange est incubé à 37°C et la lecture est effectuée après 30 min, 1/2h, 2 h et 18 h.

- Dénombrement

• Préparation des dilutions décimales

Dans des conditions d'asepsie, 1 ml de lait est prélevé et dilué dans 9 ml d'eau physiologique stérile (dilution  $10^{-1}$ ) puis une série de dilution décimales est réalisée (**figure2**).

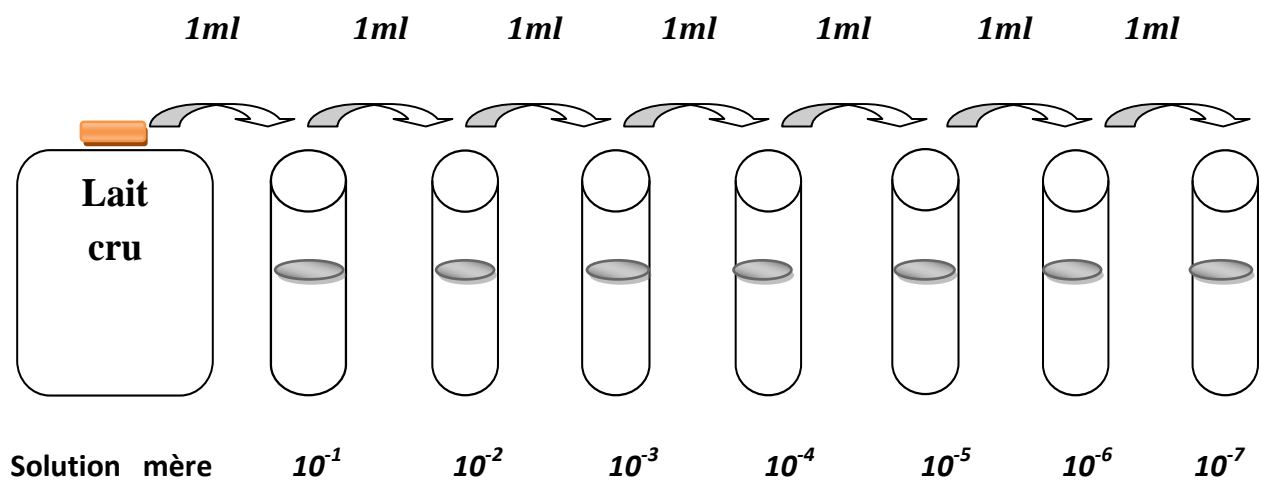


Figure 2 : Préparation des dilutions décimales à partir du lait cru.



- **Dénombrement de la flore totale**

Prélèvement de 1 ml des dilutions  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  et  $10^{-7}$ , ensemencement en masse dans des boîtes de gélose PCA (Plate Count Agar) et incubation à 30°C/72 h (Carafa et al. , 2015)

- **Dénombrement des coliformes**

Ensemencement en masse dans de la gélose VRBL (gélose lactosée billée au cristal violet et au rouge neutre) de 1 ml de lait prélevé des dilutions  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  et  $10^{-5}$  et incubation à 44°C /48 h pour les coliformes fécaux et à 37°C/48 h pour les coliformes totaux.

- **Dénombrement de la flore lactique**

**Lactobacilles** : ensemencement en masse de 1 ml des dilutions  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  et  $10^{-6}$  dans des boîtes de gélose MRS (Man Rogosa et Sharpe) et incubation à 30°C /24-72 h.

**Lactocoques** : ensemencement en masse de 1 ml des dilutions  $10^{-4}$  et  $10^{-5}$  dans des boîtes de gélose M17 et incubation à 30°C /24-72 h

- **Dénombrement des entérocoques**

Un volume de 200µl de lait est étalé, avec un râteau étaleur, à la surface de la gélose Slanetz-Bartly (Fluka, France). Les boîtes sont incubées à 37°C/ 24-48 h.

- **Dénombrement de *Staphylococcus aureus***

Un volume de 1 ml de lait est ensemencé en masse dans de la gélose de Baird Parker puis incubé à 37°C/24-48 h. La gélose Baird Parker est préparée en ajoutant 5 % (v/v) d'une solution de jaune d'œuf préparée à 50 % (m/v) dans de l'eau physiologique et 0,3 % (v/v) de tellurite de potassium.

## II - Mise au point d'un fromage frais artisanal

Un essai de production en utilisant l'extrait brut de latex de figuier a été lancé le 20 Mars 2017, une deuxième production a été lancée le 3 Mai 2017, suivi d'une analyse microbiologique pendant 21 jours avec un intervalle de deux à trois jours entre chaque analyse . Les différentes étapes de fabrication fromagère sont illustrées dans le diagramme suivant :

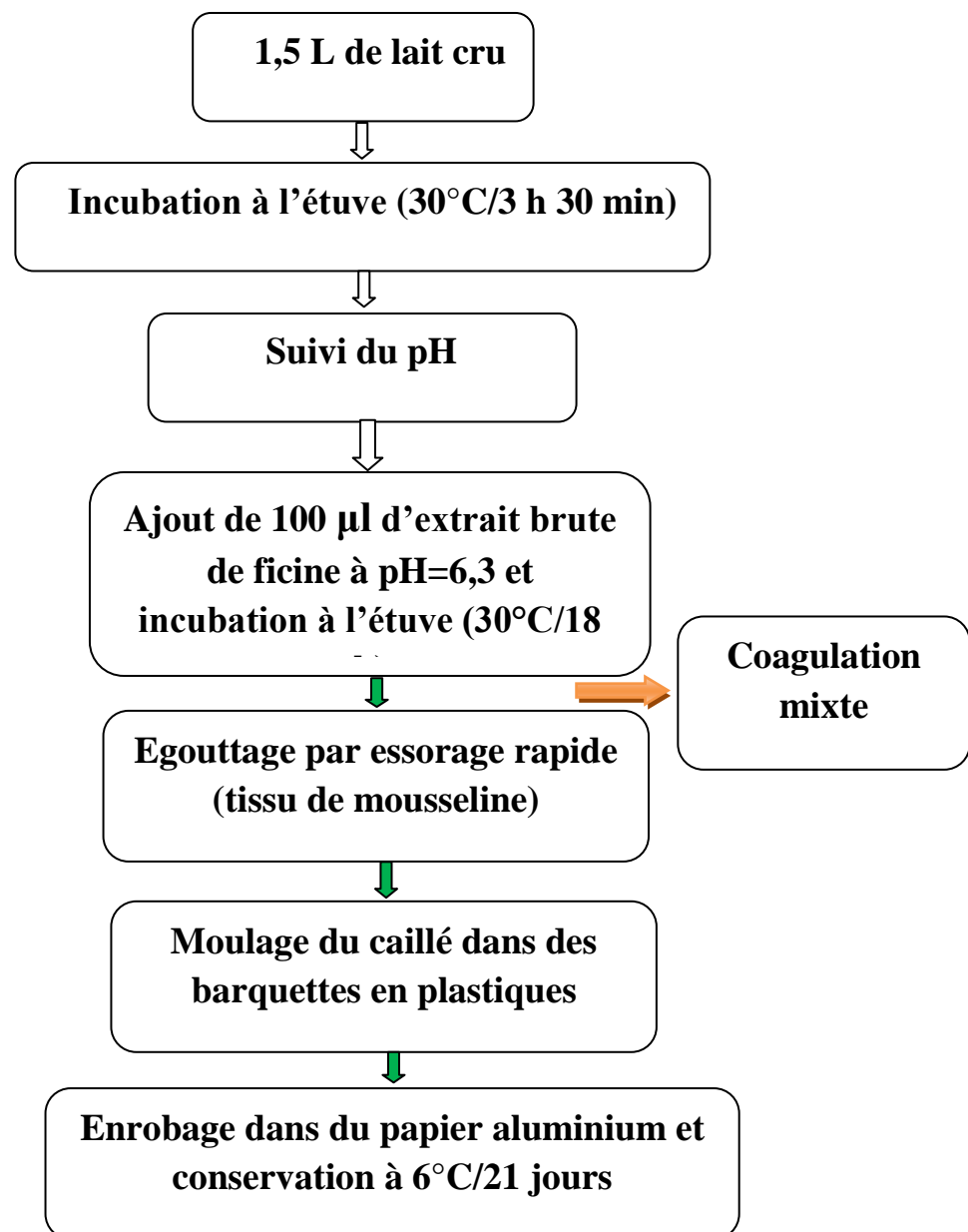


Figure 3 : Processus de fabrication d'un fromage frais artisanal à partir d'un lait cru.

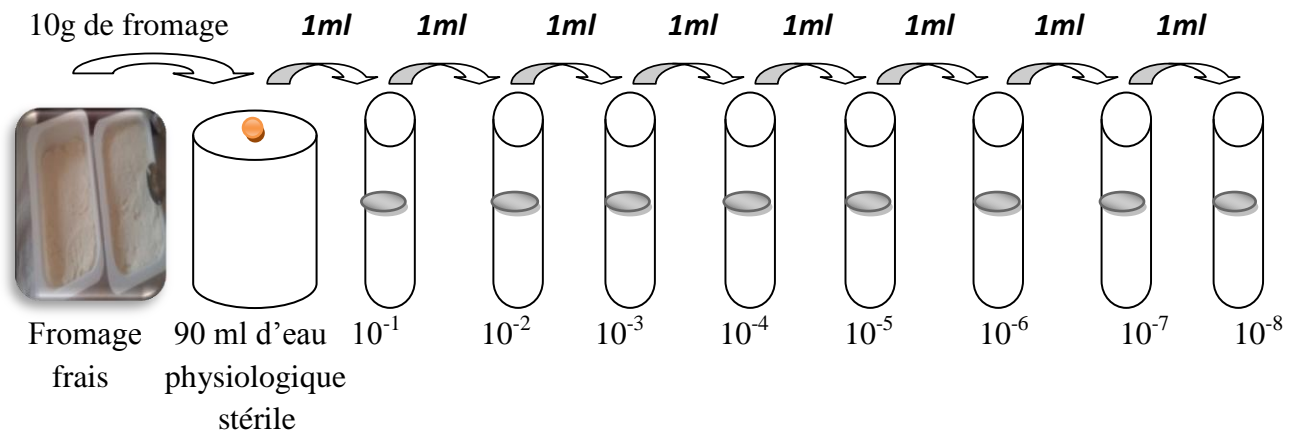
## II - 1 - Analyse microbiologique du fromage

Une analyse microbiologique est réalisée juste après fabrication et lors de la conservation à 6°C.

### - Dénombrement des différentes flores

#### • Préparation de la solution mère

Dans des conditions d'asepsie, 10 g de fromage sont homogénéisés dans 90 ml d'eau physiologique stérile, préchauffée environ 45°C pendant quelques secondes, ce qui forme la solution mère ( $10^1$ ). Une série de dilutions décimales est réalisée en prélevant 1 ml de la solution mère dans 9 ml d'eau physiologique stérile, ce qui constitue la dilution  $10^{-2}$ , puis après homogénéisation de cette dernière, la même opération est répétée pour la préparation des restes de dilutions.



**Figure 4** : Préparation de la solution mère et des dilutions jusqu'à  $10^{-9}$ .

**Tableau II :** Dénombrements de la flore microbienne du fromage.

<b>La flore</b>	<b>Dilutions</b>
Flore totale	$10^{-5}$ , $10^{-6}$ , $10^{-8}$ et $10^{-9}$
Coliformes totaux	$10^{-2}$ , $10^{-3}$ et $10^{-4}$
Coliformes fécaux	$10^{-1}$ , $10^{-2}$ , $10^{-3}$ et $10^{-4}$
Lactobacilles	$10^{-6}$ , $10^{-7}$ , $10^{-8}$ et $10^{-9}$
Lactocoques	$10^{-5}$ , $10^{-6}$ , $10^{-7}$ et $10^{-8}$
Entérocoques	$10^{-1}$ , $10^{-2}$ , $10^{-3}$ et $10^{-4}$
<i>Staphylococcus aureus</i>	$10^{-1}$ , $10^{-2}$ , $10^{-3}$ et $10^{-4}$ (en masse) $10^{-3}$ et $10^{-4}$ (en surface)

### Remarque

La composition des milieux de culture utilisés est présentée en annexe.

## II – 2 - Analyse physico-chimique du fromage frais

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau d'un laboratoire privé ANALAB(Akbou). Ainsi, trois échantillons de 10 g de chaque fromage sont pesés aseptiquement pour préparer une solution mère à 10 % (m/v) dans de l'eau physiologique stérile. Trois échantillons (trois répétitions) de chaque fromage sont utilisés.

### - Détermination du pH

Le potentiel hydrogène (pH) est mesuré à l'aide d'un pH-mètre « HANNA, HI 99161 ».

### - Détermination des sucres réducteurs

Le dosage des sucres réducteurs a été fait selon la méthode de BERTRAND.

### - Détermination de l'extrait sec total (l'EST)

Cette méthode consiste à une évaporation de l'eau de la prise d'essai dans une étuve (Memmert) à une température de 103°C et la pesée de résidu, selon la méthode AOAC 926.08 (AOAC. 1995).

**- Détermination du taux de la matière grasse (MG)**

La détermination du taux de la MG est réalisée selon la méthode de Van Gulik. Elle est basée sur la dissolution des protéines par l'acide sulfurique et la séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre à godet perforé, cette séparation est favorisée par l'addition de l'alcool iso-amylique.

**- Détermination de la teneur en azote totale**

La détermination de la teneur en azote totale est effectuée par la méthode de Kjeldahl. Elle consiste à une minéralisation de l'échantillon par chauffage en présence d'un mélange d'acide sulfurique concentré, de sulfate de potassium et de sulfate de cuivre, utilisés comme catalyseurs pour convertir l'azote organique de l'échantillon en sulfate d'ammonium.

Le produit de la réaction est additionné de la soude pour libérer de l'ammoniac qui sera titré par une solution d'acide chlorhydrique en présence d'acide borique.

**Remarque**

Les protocoles des méthodes utilisés sont détaillés en annexe.

**II – 3 – Analyse hédonique**

L'évaluation hédonique du fromage artisanal est réalisée au niveau du bloc de recherche (laboratoire Microbiologie Appliquée) entre 9h et 11h 30, afin de conserver une sensibilité constante. Le groupe de dégustateurs est constitué de 30 personnes en prenant en considération certains facteurs tels que non fumeur et non chiqueur et ne prenant pas de médicaments. L'analyse consiste à présenter aux dégustateurs deux échantillons de fromage, l'un est le fromage frais artisanal fabriqué au laboratoire et l'autre est un fromage frais industriel. Les caractéristiques sensorielles du fromage sont évaluées par des observations visuelles et des dégustations. Le questionnaire de cette épreuve est présenté en annexe.

Lors de la dégustation, les dégustateurs mangent un bout de pain, suivis du fromage à déguster, ils rincent leur bouche avec de l'eau et prennent un morceau de pomme afin d'enlever le goût du premier fromage goûté et passent au deuxième.

*Partie. III*

*RESULTATS*  
*ET DISCUSSION*

## **I - Résultats d'analyse du lait cru**

### **I - 1 - Mesure du pH et détermination de l'acidité Dornic**

Le lait analysé présente un pH de 6,8 et une acidité Dornic de 18°D, ces valeurs témoignent de sa fraîcheur. En effet, le pH renseigne sur l'état de fraîcheur du lait. Le pH d'un lait de vache frais varie entre 6,6 - 6,8. Un pH plus bas résulte soit d'une contamination par une flore acidifiante soit par la présence du colostrum et un lait alcalin est un lait pathologique (lait de mammite) (**Mahaut et al., 2000**).

En outre, l'acidité indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. Un lait frais a une acidité de titration de 16 à 18°Dornic (°D), conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement (**Mathieu, 1998**). C'est la raison pour laquelle on distingue l'acidité naturelle, celle qui caractérise le lait frais, d'une acidité développée issue de la transformation du lactose en acide lactique par divers microorganismes (**CIPC lait, 2011**).

### **I - 2 - Test d'ébullition**

Ce test permet d'anticiper le comportement du lait à un traitement thermique. Le lait analysé est stable, le liquide reste homogène et ne présente aucune coagulation apparente après un traitement thermique de 100°C pendant 40 min.

### **I - 3 - Estimation de la charge microbienne du lait cru : épreuve au bleu de méthylène**

Les microorganismes se multipliant dans le lait ont la capacité d'abaisser le potentiel d'oxydoréduction (Redox), grâce à l'action de leurs réductases. La rapidité de la décoloration, liée au métabolisme bactérien, est directement proportionnelle au nombre de bactéries présentes, plus l'activité microbienne est forte, plus courte sera la durée de décoloration (**Guiraud, 1998**).

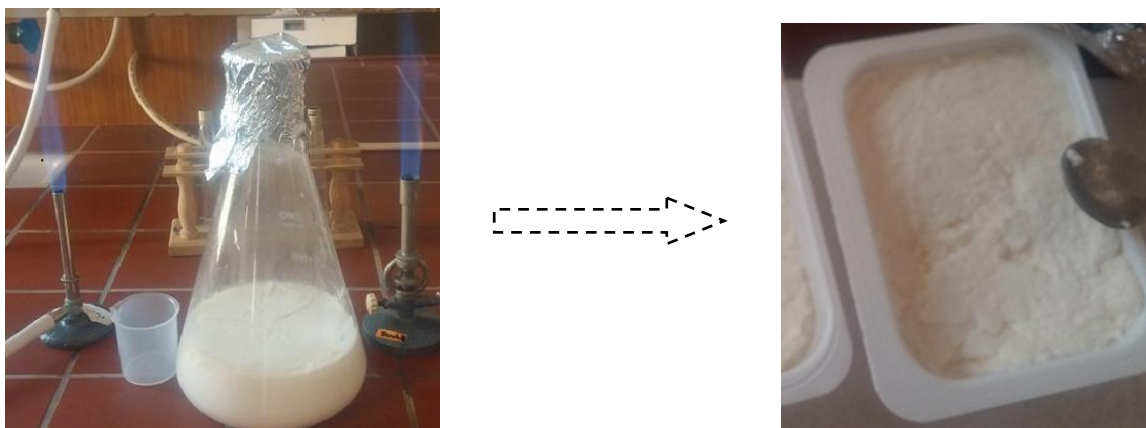
Dans le cas du lait analysé, la décoloration ne s'est produite qu'au bout de 18 h, ce qui témoigne de la faible charge en microorganismes de ce lait, estimée à moins de  $2.10^6$  microorganismes/ml, par conséquent le lait analysé peut être considéré de bonne qualité microbiologique.

## **I - 4 -Test de lactofermentation**

Le test de lactofermentation permet d'évaluer globalement l'aptitude de la flore microbienne originelle à l'acidification du lait. Il est basé sur la coagulation acide du lait par floculation des protéines. Ce test permet dans une certaine mesure de prédire la qualité organoleptique des fromages fabriqués. Au bout de 24h d'incubation du lait dans l'étuve à 30°C on observe la formation d'un gel homogène ferme de pH 4,7, de couleur blanche et une odeur agréable, cela suggère l'absence de flores indésirables et une fermentation lactique dominante. Par conséquent, le lait est de bonne qualité et adaptée à la technologie fromagère (Berodier *et al.*, 2001, Raynaud *et al.*, 2008).

## **II - Mise au point d'un fromage frais artisanal**

Dans cette étude, un fromage frais artisanal en se basant sur la flore autochtone du lait cru et l'action d'un extrait brut de latex de figuier a pu être mis au point en se basant sur la technologie présure (Figure 5).



**Figure 5** : Formation du caillé et moulage du caillé

L'addition de 100 µl de l'extrait brut du latex du figuier à 1,5 L de lait (pH 6,8) a permis l'obtention, après 18 h, d'un gel homogène, ferme, épais et caractérisé par une souplesse et une élasticité plus grande et une fermeté et une friabilité plus accentuées que celles du gel présure. Après égouttage, une opération qui consiste en une élimination progressive du lactosérum et se traduisant par rétraction et un durcissement du gel, un fromage de 268,6 g a pu être obtenu à partir de 1,5 L de lait.

Cette coagulation est liée à l'action de la ficine, une enzyme présente dans le latex du figuier. Selon Payne (2009), l'activité maximale de la ficine est obtenue dans une gamme de pH de 5 à 7 et plusieurs auteurs (Lynn et Clevette-Radford, 1986 ; Oner et



**Akar, 1993 ; Shah et al., 2014**) soulignent l'activité protéolytique excessive de la ficine. Selon **Garnier et al. (1968)** l'extrait de latex présente une force coagulante comparable à celle de la présure en poudre qui peut atteindre une force de 1/150.000.

Afin de tester la force de l'extrait, un volume plus important de ce dernier a été testé. Lors de l'addition de 200 µl de l'extrait brut de latex, une masse de fromage a été obtenue. En outre l'agent coagulant (ficine), doté d'une activité protéolytique élevée, conduit à la perte des peptides de masse réduite dans le lactosérum. Ce rendement relativement réduit est signalé par d'autres auteurs (**Oner et Akar, 1993 ; Fadyloglu, 2001 ; Nouani et al., 2009**).

## **II – 1 – Résultats d'analyse physicochimique du fromage**

Les résultats de l'analyse physico-chimique sont résumés dans les tableaux en annexe.

### **- Détermination du pH**

Le pH du fromage obtenu a été d'une valeur de 4,35. Cette valeur est proche du résultat obtenu par **Benkerroum et Tamime (2004)** en fabricant du Jben marocain (<4,2). Ces résultats montrent le pouvoir acidifiant de la flore autochtone du lait cru utiliser. L'activité acidifiante de la flore du lait est principalement liée à la flore lactique qui transforme le lactose en acide lactique (**Gelais et Tirard, 2002**), cet acidification induit des modifications physico-chimiques des caséines, lors de la diminution du pH du lait engendrant la solubilisation du phosphate de calcium colloïdal, qui est un élément important dans la stabilité des micelles de caséines (**Vingola, 2002**).

### **- Teneur en lactose**

Les résultats obtenus ont montré que la teneur en lactose est de 1,55 %, soulignant que le sucre principal du lait est le lactose, d'une teneur de 4,6 % en moyenne dans le lait (**Luquet, 1985 ; Vingola, 2002**) a été fermenté.

### **- Teneur en matière grasse (MG)**

D'après les résultats obtenus, la quantité de la MG est de l'ordre de 16,33 % qui est inférieure aux valeurs rapportées par (**Abdelaziz et Ait Kaci (1992)**) dans le Jben (18,72 %). L'écart entre ces deux moyennes peut s'expliquer par la différence de la composition en matière grasse du lait utilisé pour la fabrication, il faut souligner que le mode de fabrication, dont l'égouttage et le passage de la matière grasse vers le lactosérum peut engendrer la diminution de la quantité de la MG dans le fromage. Lors de la formation du caillé, la MG reste entrapée dans le réseau protéique, les pertes de matière grasse peuvent atteindre de 4 à 20 % de la teneur de MG initiale. L'importance des pertes dépend de la taille des globules gras, à faible poids moléculaires, ces derniers sont moins susceptibles d'être retenus dans gel mais seront éliminés dans le lactosérum, d'autres part la teneur en caséines engendre une perte de matière grasse, c'est pour cela le lait utilisé pour la production doit présenter un rapport caséines/MG précis afin de limiter les pertes (**Vingola, 2002**).

La matière grasse intervient dans la qualité organoleptique, contribue au développement d'arômes et la saveur du fait quelle est une source de composés aromatiques liposolubles (**Gelais et al., 2002**).

#### - **Teneur en azote total et en protéines**

Le taux de protéines dans le fromage analysé a été de 12,42 %, un taux proche de la valeur rapportée par **Abdelaziz et Ait Kaci (1992)** pour le Jben (13,73 %) et se situe dans l'intervalle donnée par **Favier (1987)** pour les fromages frais à base de lait de vache qui est de 8,4 à 14,6 g/100 g de fromage humide. Ce taux élevé de protéines signifie qu'il n'a pas eu de pertes de caséines dans le lactosérum, ce qui témoigne de l'agrégation complète des micelles de caséines déstabilisées.

Selon **Ramet (1985)**, un égouttage commencé prématurément sur un gel insuffisamment structuré, se traduit par une perte importante de matière sèche sous forme de petites particules du gel.

Les pertes globales en protéines concernent surtout les protéines sériques solubles dans l'eau, 80 à 90 % de ces protéines sont éliminées dans le lactosérum lors de l'égouttage, cependant ces protéines ne représentent que 1/5 des protéines dans le fromage contrairement aux caséines qui sont récupérées à plus de 92% dans le fromage (**Vignola, 2002**).

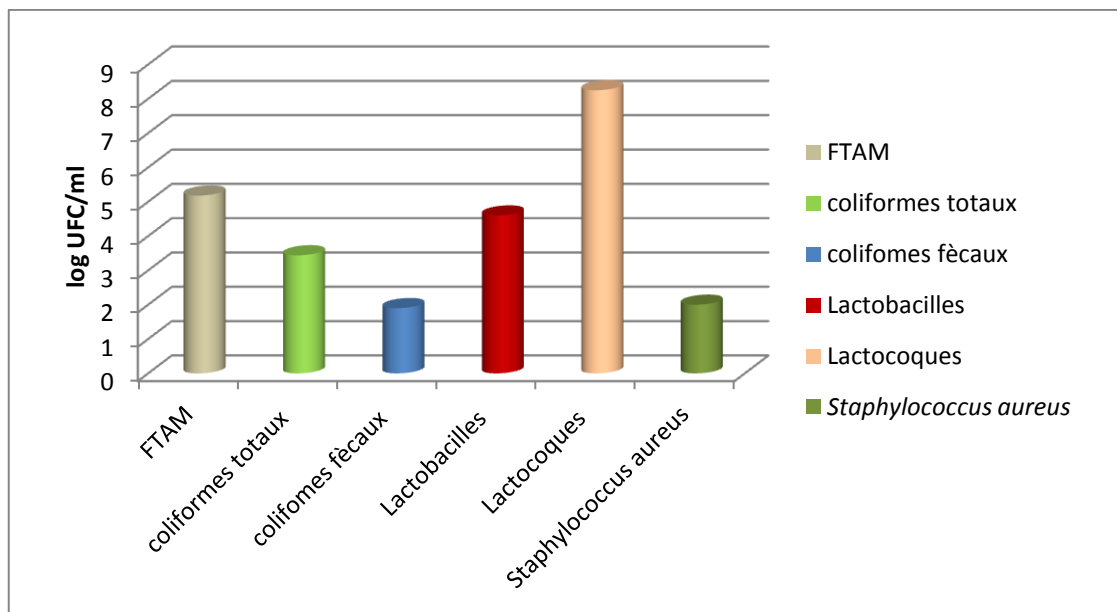
#### - **Extrait sec total**

La teneur du fromage en extrait sec total a été de 31,69 %, une valeur proche de celle rapportée par **Abdelaziz et Ait Kaci (1992)** pour le Jben algérien (35,23 %); mais ces deux valeurs sont inférieures à celles rapportées par **Ramet (1985)** (45 à 47 %) pour le fromage Egyptien « Daani », un fromage à pâte molle consommé à l'état frais.

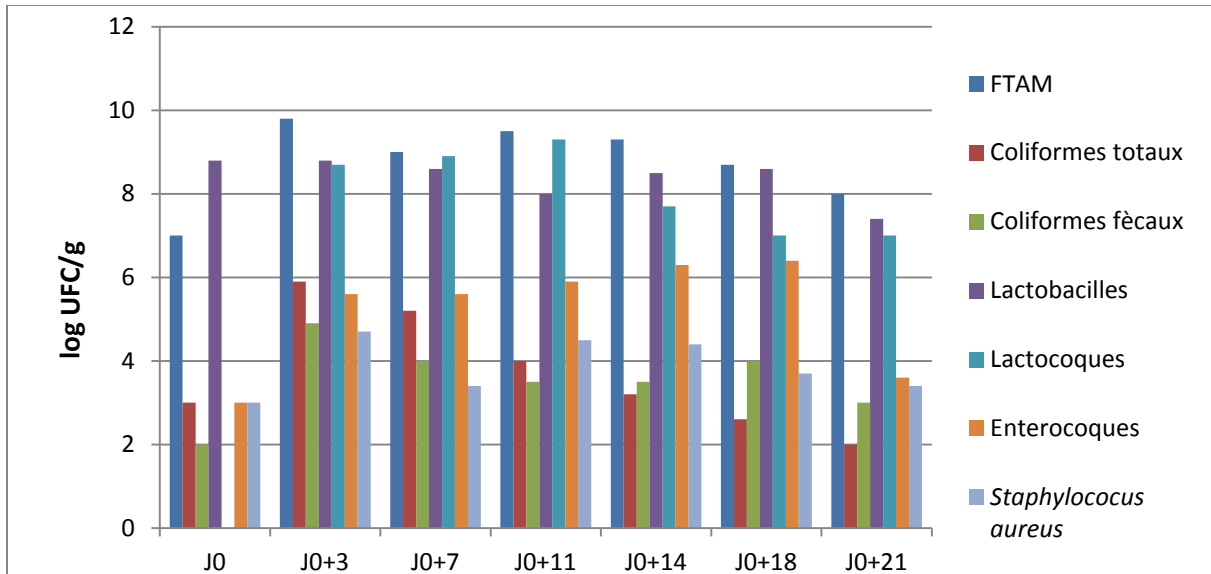
L'extrait sec total (EST) est en fonction de la teneur en matière sèche du lait et de l'importance de l'égouttage, car l'élimination du lactosérum entraîne une forte augmentation de la teneur en matière sèche du fromage (**Fredot, 2009**), la quantité de lactosérum enlevée détermine la teneur en EST du fromage (**Gelais et al., 2002**).

## II – 2 - Résultats de l'analyse microbiologique du lait et du fromage

L'analyse du lait cru a consisté en un dénombrement de la flore totale mésophile (FTAM), coliformes (totaux, fécaux), la flore lactique, les entérocoques et une recherche de *S. aureus*. Les résultats de l'analyse microbiologique du lait cru et du fromage sont donnés sur les deux figures **figure 6** et **7**.



**Figure 6:** Résultats des analyses microbiologiques du lait cru.



**Figure 7 :** Evolution des différentes flores du fromage fabriqué au cours de la conservation (21 jours).

#### - La flore totale aérobie mésophile

On se référant aux normes algériennes qui exige que le taux de la FATM doit être de  $10^5$  UFC/ml, le lait analysé est conforme aux normes en vigueur avec un taux de  $1,5 \cdot 10^5$  UFC/ml et il est inférieur aux charges maximales tolérées par les deux réglementations françaises et américaines qui sont respectivement de  $5 \times 10^5$  UFC/ml et  $3 \times 10^5$  UFC/ml (Alais, 1984). La flore totale est considérée comme bon indicateur de contamination globale et renseigne sur la qualité hygiénique du lait cru (Guinot-Thoms *al.*, 1995). De ce fait nous pouvant conclure que le lait est de bonne qualité hygiénique.

L'analyse microbiologie du fromage frais fabriquée au laboratoire, montre un taux de flore total de  $10^7$  UFC/g juste après la fabrication, après trois jours de conservation à  $6^\circ\text{C}$  un taux de  $7,17 \cdot 10^9$  UFC/g est noté, ce résultat est supérieur par rapport à celui rapporté dans le Jben Marocain ( $1,43 \times 10^7$  UFC/g). Ce taux élevé pourrait être du à la contamination du lait durant la manipulation par le manipulateur ou le matériel utilisé, comme ça peut être du à la rétention physique des microorganismes dans le caillé et à la multiplication des bactéries au cour de la coagulation et du drainage du lactosérum (Jovanovic et Mikulec, 2005).

Le fromage frais présente une grande humidité (70 - 80%), l'activité de l'eau influence largement sur la survie de la flore microbienne et fait de ce type de fromage un produit très périssable avec une durée de conservation limitée (21 jours après la date de fabrication).

Cependant, la charge de la FTAM diminue pendant la conservation jusqu'à atteindre une charge de  $10^8$  UFC/g au bout du 21 jour de conservation, cela est due à l'activité microbienne, impliquant la baisse du pH dans la pâte en raison de la production d'acide, l'épuisement des nutriments et la production des métabolites qui peuvent avoir des effets inhibiteurs dans le fromage (**Lenovich, 1987**), ce qui crée des conditions plus ou moins défavorables pour la multiplication des flores.

Cette estimation de la qualité microbiologique des fromages en se basant sur le taux de la flore totale, reste subjective étant donné l'absence de norme Algérienne relative aux taux de cette dernière.

#### - **Les coliformes**

Les coliformes se répartissent en deux groupes distincts, les coliformes totaux dont l'origine est l'environnement général des vaches, ils sont détectés dès 30°C. Les fécaux dont l'origine essentielle est le tube digestif, qui sont plus thermotolérants (détectés à 44°C) sont considérés des indicateurs d'une contamination d'origine fécale qui permet de juger l'état hygiénique d'un produit. Selon **Larpent (1990)** la présence des coliformes n'est pas obligatoirement une indication directe de la contamination fécale. Certains coliformes sont, en effet, présents dans les résidus humides rencontrés au niveau de l'équipement laitier. D'autres sources de contaminations sont également à considérer tel que les mauvaises conditions de transport et le manque d'hygiène pendant la traite.

Le dénombrement des coliformes totaux et fécaux a montré des charges respectivement de  $2,8 \times 10^3$  UFC/ml et 80 UFC/ml, selon **J.O.R.A** le taux de coliformes fécaux est toléré à une charge de  $10^3$  UFC/g, le résultat obtenu indique une bonne qualité hygiénique du lait, conséquence de bonne pratique d'hygiène.

La charge du fromage frais fabriquée en coliformes totaux et fécaux respectivement après fabrication a été  $10^3$  UFC/g et  $10^2$  UFC/g, selon **Gay et al. (1993)**, un faible niveau

de contamination initial du lait en coliformes limite leur développement pendant la transformation fromagère. Lors de la conservation du fromage à 6°C la charge des coliformes augmente durant les premiers jours ( $J_{0+3}$ ,  $J_{0+7}$ ) et atteint une charge maximal de  $9,4 \times 10^3$  UFC /g pour le coliforme fécaux ( $J_{0+7}$ ) et  $8,7 \times 10^5$  UFC /g pour les coliformes totaux ( $J_{0+3}$ ). Lorsque les coliformes sont à des niveaux élevés dans les laits ou encore dominants, ils sont responsables des gonflements des fromages, du fait de la production de métabolite en particulière  $H_2$  et le  $CO_2$ , très peu soluble dans le lait, pouvant conférer un aspect spongieux au fromage.

On note une diminution progressivement des coliformes au bout de  $J_{0+11}$  jusqu'à atteindre une charge  $10^2$  UFC /g. Ceci serait du à l'abaissement du pH, du fait que leur croissance est stoppée lorsque le pH est inférieur à 4,5 (**Le Minor et Richard, 1993**).

### - **La flore lactique**

Le taux de bactéries lactiques dans le lait utilisé pour la fabrication du fromage était de  $4 \times 10^4$  UFC /ml pour les lactobacilles et  $1,8 \times 10^8$  UFC /ml pour les lactocoques. Après fabrication, la flore lactique a été transmise au fromage avec une multiplication dans le cas des lactobacilles pour atteindre une charge  $6,25 \times 10^8$  UFC /g tandis que pour les lactocoques, un taux de  $5,4 \times 10^8$  UFC /g a été retrouvé dans le fromage, après conservation à 6°C, une augmentation a été noté jusqu'à atteindre une charge maximal de  $7,5 \times 10^8$  UFC /g pour les lactobacilles( $J_{0+3}$ ) et un taux de  $8,6 \times 10^8$ UFC/ml ( $J_{0+7}$ ) pour les lactocoques. Une diminution de la charge à  $2,5 \times 10^7$  UFC /g pour les lactobacilles et  $10^7$  UFC /g pour les lactocoques à  $J_{0+21}$  a été constaté. Cette diminution pourrait s'expliquer par la réfrigération à 6°C qui a stoppé la multiplication de la flore lactique.

La flore lactique joue un rôle dans le développement des caractéristiques de divers fromages, son élimination provoque la réduction de la flaveur et de l'effet bio-conservation.

L'intérêt technologique des bactéries lactiques réside dans la production de l'acide lactique par la fermentation du lactose, certaines bactéries lactiques produisent du gaz carbonique ainsi que divers composés qui contribuent à l'arôme des produits laitiers.

Par leur production d'enzymes protéolytiques, contribuent à l'affinage des fromages. De plus les bactéries lactique peuvent produire des bactériocine, des acide

organiques et des peroxydes d'hydrogène à activité antimicrobienne permettant de satisfaire les besoins du point de vue sanitaire en industrie alimentaire et d'inhiber la prolifération des microorganismes pathogènes et d'altération (Paul Ross et al., 2002).

#### - Les entérocoques

La norme algérienne préconise l'absence des entérocoques dans 0,1 ml de lait cru (JORA, 1998). Le lait analysé présente une conformité à la norme avec absence d'entérocoque. A l'issue de la fabrication du fromage frais artisanal, le taux des entérocoques est  $10^3$ UFC/g, après conservation à 6°C, une charge de  $4,23 \times 10^5$  UFC/g a été noté au  $J_{0+3}$ . Le fromage frais artisanal est assez chargé en entérocoque, le taux des entérocoques augmente progressivement tout au long de la conservation jusqu'atteindre une charge de  $3,01 \times 10^6$ UFC/g ( $J_{0+18}$ ). Selon Vivegnis et al . (1998), lorsque le taux atteint  $10^6$  UFC/g les entérocoques peuvent induire une altération du produit lors du stockage. Une diminution de la charge à  $4,3 \times 10^5$ UFC /g lors du 21 jour a été noté.

Ces niveaux élevés peuvent s'expliquer par le fait que des entérocoques sont ubiquistes et s'adaptent à des a différents environnement. Les entérocoques font partie de la flore lactique et présentent des propriétés technologique importante telle que l'amélioration des caractères organoleptique, et peuvent être utilisé comme une alternative dans la bioconservation, et cela par la synthèse des entérocoques capables d'inhiber aussi bien *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus* ssp. (Galvez et al . ,2012).

#### - *Staphylococcus aureus*

Après 24h d'incubation à 37°C, l'obtention des colonies noires entourées d'une zone claire sur milieu Baird Parker, indique la présence présomptive de *Staphylococcus aureus*.

Afin de confirmer leur présence, une coloration de Gram, un test de catalase et recherche de la coagulase ont été réalisés. Ces tests ont confirmés l'appartenance des souches à *S.aureus* (cocci en amas et en grappes de raisins à Gram +, catalase et coagulase+). L'aspect du test de coagulase sur la **figure 8**.

Les nomes algérienne exige l'absence de *S. aureus*, dans le lait. Dans noter analyse, un taux de  $10^2$  UFC/g a été retrouvé dans le lait analysé, un taux excluant la présence

d'enterotoxine, en effet le dénombrement de *S. aureus* devrait être accompagné de la recherche d'enterotoxine si le nombre dépasse  $10^5$  UFC/g.

Dans le fromage toutes les colonies obtenues sur le milieu Baird Parker sont sans anneau clair indique l'absence de *S. aureus* dans le fromage frais fabriqué est cela serait dû à la charge faible dans le lait cru, et son élimination dans lactosérum. Au moment de la fabrication le taux de staphylocoques a été de  $10^3$  UFC/g, un taux qui reste variable tout long de la conservation à 6°C. Une augmentation à  $5,6 \times 10^4$  UFC/g à été noté à  $J_{0+3}$  suivi d'une diminution progressive jusqu'à atteindre un taux de  $5 \times 10^3$  UFC/g à  $J_{0+18}$  et resta stable  $J_{0+21}$ .



**Figure 8** : Résultat du test coagulase

### **II – 3 – Résultats de l'analyse hédonique**

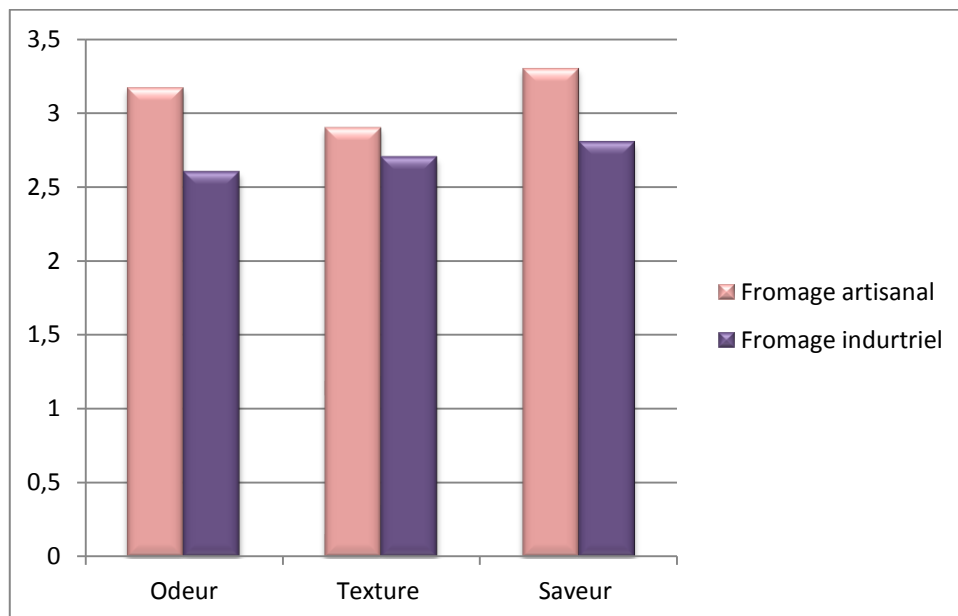
Selon Las (2011), par définition l'analyse sensorielle consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits par les organes de sens. Les caractéristiques organoleptiques des fromages comportent : l'apparence, la texture, et l'ensemble des sensations olfactogustatives). L'appréciation reste un facteur essentiel pour la vulgarisation d'un produit qui n'est pas enraciné dans les habitudes alimentaires. C'est ainsi que le fromage frais artisanal obtenu avec l'extrait brut de latex du figuier a été soumis à une séance de dégustation afin de le comparer à un fromage frais industriel (technologie présure).

Sur l'ensemble des dégustateurs, 40 % d'entre eux ont trouvé que les deux fromages artisanal et industriel (désignés A et B) ont une odeur peu marquée. En ce qui concerne la couleur, 57 % des dégustateurs ont jugé la couleur du fromage artisanal (A) plutôt beige claire comparée à celle du fromage industriel (B) qui était de couleur blanche



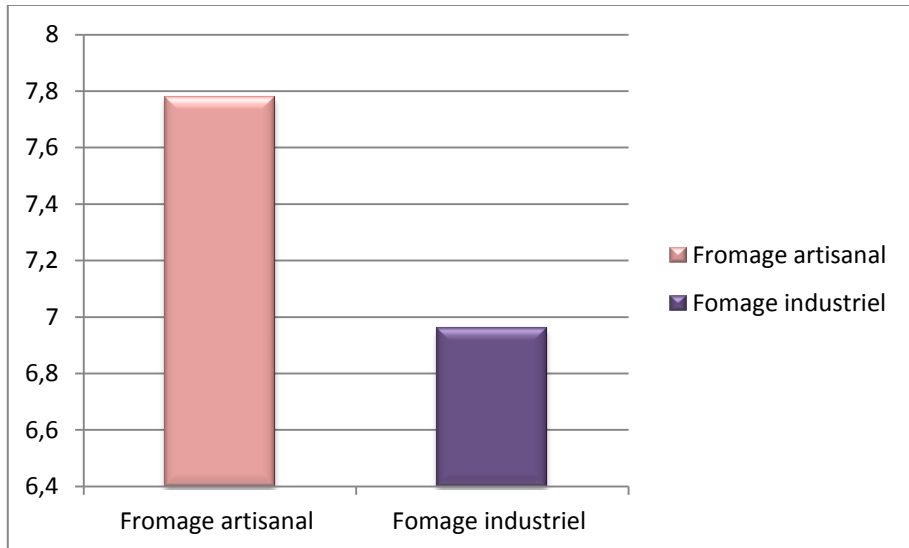
(93 %). De plus, 53,33 % et 56,66 % des dégustateurs ont signalé l'absence d'amertume au niveau des deux fromages (A et B) respectivement. Toutefois, 36,66 % et 30 % des dégustateurs ont remarqué une certaine amertume (amertume faible) au niveau des deux fromages (A et B respectivement). L'arrière gout a été jugé absent pour les deux fromages (46 % et 43 % pour les fromages A et B respectivement). La texture a été jugée granuleuse par 73,33 % des dégustateurs dans le cas du fromage artisanal, tandis que celle du fromage industriel a été plutôt fondante (70 %). De même, 50 % et 53 % des dégustateurs ont jugé l'absence d'élasticité au niveau des deux fromages (A et B) respectivement.

Les caractéristiques des deux fromages (odeur, texture et saveur) ont été note noté sur une échelle 4 (**Figure 9**).



**Figure 9** : Notation sur une échelle de 4 de l'odeur, texture et de la saveur

D'après les résultats présentés sur la (**figure 9**), il apparait clairement que les dégustateurs ont attribué les notes les plus élevées au fromage artisanal comparé au fromage industriel. D'autre part une note finale de l'appréciation a été attribuée sur 10 (**figure10**).



**Figure 10:** Note final d'appréciation

En se rapportant aux **figures 9 et 10**, il apparait que les deux fromages présentent des caractéristiques presque similaires. De ce fait, le fromage frais artisanal fabriqué en se basant sur l'activité acidifiante de la flore autochtone du lait cru et l'action coagulante de l'extrait brut du latex de figuier est comparable au fromage industriel, fabriqué par des ferments industriels et de la présure.

## *Conclusion*

## Conclusion

Cette étude contribue à la description d'une pratique traditionnelle ancestrale appartenant au patrimoine culturel algérien, qui consiste à la mise au point d'un fromage frais artisanal on utilisant un lait cru et un agent coagulant locale d'extrait brut de latex de figuier.

A travers cette étude, nous avons évalué le degré de contamination de la matière première, en l'occurrence le lait cru, destiné à la fabrication du fromage. En se référant aux normes (**J.O.R.A 1998**), le lait cru est de bonne qualité microbiologique. Sur le plan technologique et en se basant sur le test de la laco-fermentation et le test d'ébullition le lait présente une bonne aptitude à la transformation fromagère.

Le fromage frais artisanal fabriqué par l'utilisation de la flore autochtone du lait cru et l'extrait brut du latex de figuier comme agent coagulant, renferme une microflore élevée au premier jour de fabrication. Une flore qui diminue progressivement lors de la conservation à 6°C jusqu'à atteindre des valeurs faibles au  $J_{0+21}$  (date limite de consommation des fromages frais industriels). Une charge élevée en flore lactique et en entérocoques est observée dans le fromage et cela même au  $J_{0+18}$  et  $J_{0+21}$  comparativement aux autres flores présentes dans le fromage. La qualité organoleptique du fromage artisanal a été très appréciée par la totalité des dégustateurs qui ont relevé de meilleures caractéristiques par rapport aux fromages frais industriels fabriqués à base de lait en poudre, en utilisant des ferments industriels et de la présure. Le rendement fromager a été satisfaisant (268,6 g pour 1.5 L de lait cru) et une bonne qualité nutritionnelle a été notée avec un extrait sec total de 31,69 % et des taux de 16,33 % de MG, 12,42 % de protéines et 1,55 % de lactose résiduel.

Pour conclure, nous pouvons dire que les résultats obtenus semblent intéressants d'autant plus qu'ils montrent la possibilité d'obtention d'extraits enzymatiques (extrait de latex de figuier) capables de remplacer la présure dans l'industrie fromagère en partant des pratiques traditionnelles. Ces extraits sont obtenus à partir de matières assez disponibles et inexploitable

En perspective, cette étude pourrait être enrichie par d'autres essais de production, l'étude des paramètres influençant l'activité de l'enzyme afin d'améliorer la qualité et le rendement, possibilité d'utilisation de l'extrait brut du latex de figuier pour la fabrication d'autres types de fromages et envisager la purification de l'enzyme (ficine).

## *Références bibliographiques*

- Abdelaziz S. et Ait Kaci F. (1992).** Contribution à l'étude physico-chimique et microbiologique d'un fromage traditionnel algérien fabriqué à partir du lait de chèvre le "Djben". Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie. Institut national agronomique d'El Harrach, Alger. 67p.
- Agrawal A. et Konno K. (2004).** Latex: A model for understanding mechanisms, ecology, and evolution of plant defense against herbivory. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*40, pp. 311–331.
- Aissaoui zitoun O, Pediliggieri C, Benatallah L, Lortal S, Licitra G, Zidoune M.N, et Carpimo S. (2011).** Bouhezza, a traditional Algerian raw milk cheese, made and ripened in goatskin bags. *Journal of food, Agriculture et Environnement* vol.10, n°2 : p. 298-295.
- Alais C. (1975).** Sciences du lait. Principes des techniques laitières. Edition : Sepaic, Paris.
- Alais C. (1984).** Sciences du lait. Principes de techniques laitières. 3<sup>ème</sup> édition : Publicit.
- Alais C, Linden G et Miclo L. (2008).** Biochimie alimentaire. 6<sup>ème</sup> édition: Dunod. Paris. 86-88 pp.
- Baby J et Raj S. J. (2011).** Pharmacognostic and phytochemical properties of *Ficus carica* Linn—An overview. *International Journal of PharmTech Research.* 3: 08-12.
- Banga-mboko H , Godeau J.M , Drion P.V, El Amiri B, Drion V, Perenyi Z, Sousa N.M et Beckers J.F. (2002).** Evaluation de l'utilisation du pepsinogène sanguin comme bio marqueur de l'intégrité de la muqueuse gastrique chez le porc. *Ann. Méd. Vét.*146, 339-346 pp.
- Benkerroum N. et Tamime, A.Y. (2004).** Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (Iben, jben, smen) to small industrial scale. *Food Microbiol.* 21: 399–314pp.
- Berthier F. (2014).** Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. *Inter. J. of food microbiol.* 177, 136–154pp.
- Berodier A, Parguel , Dasen A, Duboz G, Renaud JP, Billot M, Berodier F, Ducret JB, Marguet B. (2001).** Validation du test de lactofermentation en filière Comte (1999 - 2000). *Comite Technique du Comte, Poligny*, 90 p.
- Bourgeois, C, Mescle, J et Zucca,J. (1996) .** Microbiologie alimentaire, aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments .tome1.Edition : Toc, Lavoisier. Paris. pp : 272-293.

**Boutonnier JL. (2008).** Matière grasse laitière Composition, organisation et propriétés. Dans Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320), Paris.

**Brule G, Craguennec T , Jeantet R , Mahaut M et Schuck P. (2008).** Les produits laitiers 2<sup>ème</sup> édition : Lavoisier. Paris.184p.

**Brule G, Lenoir J et Remeuf .(1997).** La micelle de caséine et la coagulation du lait dans le fromage.3ème édition : Tec et DOC, Lavoisier. Paris.7-41 p.

**Buchin S, Beuvier E. ( 2000).** Renc. Rech. Ruminants, 7, 361-363pp.

**Chambers D. H, Chambers IV E et Johnson D. (2005).** Flavor description and classification of selected natural cheeses. Culinary Arts and Sciences V: Global and National Perspectives, (Coord. Edwards J.S.A., Kowrygo B, & Rejman, K.), pp 641-654, Publisher, Worshipful Company of Cooks Research Centre, Bournemouth, Poole, UK.

**Carafa I, Clementi F, Tuohy K et Franciosi E. (2015).** Microbial evolution of traditional mountain cheese and characterization of early fermentation cocci for selection of autohtonus dairy starter strains. Food Microbiology.53, 94-103pp.

**Carpino S.(2012).** Bouhezza, a traditional Algerian raw milk cheese, made and ripened in goatskin bags. Journal of Food, Agriculture & Environement Vol. 10 (2): 289-295pp.

**Cayot P. et Lorient D. (1998).** Structures et Technofonctions des Protéines du Lait. Edition Tec et Doc Lavoisier. Paris.388p.

**Cholet O. (2006).** Etude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire. Thèse doctorat, Institut National Agronomique Paris, Grignon, 192 p.

**CIPC Lait Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles (2011).** Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait n°2011-02.

**Codex Alimentarius. (2010).** Norme Codex pour le Camembert (codex Stan2831978)[Enligne].URL:[www.codexalimentarius.org/input/download/standards/218/CS76f.pdf](http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/218/CS76f.pdf).

**Corrieu G et Luquet F. (2005).** Bactéries lactique et probiotique. Edition : Tec et Doc. Paris.320p.

**Cuq J.L. (2007).** Microbiologie Alimentaire. Edition : Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. pp: 20-2.



**Deforges J, Derens E, Rosset R et Serrand M. (1999).** Maitrise de la chaîne du froid des produits laitiers réfrigérés. Edition : Cemagref.Paris. 3064p.

**Desmazeaud M et Spinnler E. (1997).** Lait et produits laitiers in LARRETA-GARDE V. Enzymes en agroalimentaires. Edition : Tech & Doc.Paris.380p.

**Devaraj K.B , Gowda Lalitha R et Prakash V . (2008b).** An unusual thermostable aspartic protease from the latex of *Ficus racemosa* (L.) *Phytochemistry* 69: 647–655p.

**Drider Dj et Prevost H. (2009).** Bactéries lactiques : Economica. Paris.

**Eck A et Gillis JC. (2006).** Le fromage. 3<sup>ème</sup> édition : Tec et Doc, Lavoisier.Paris. 891p.

**Faccia M , Picariello G , Trani A , Loizzo P, Gambacorta G, Lamacchia Cet Di Luccia A.(2012).** Proteolysis of Caciocotta cheese made from goat milk coagulated with caprifig (*Ficus carica* L.) or calf rennet. *Eur Food Res Technol* 234:527–533.

**Fadyloglu S. (2001).** Immobilization and characterization of ficin. *Nahrung/Food* 45 No. 2. 143– 146.

**Favier JC. (1985).** Composition du lait de vache . *Cah Nutr Diet* , 20 : 383-291.

**Fredot.(2009).** Connaissance des aliments-Bases aliments et nutritionnelles de la diététique. Edition : TEC et DOC, Lavoisier, Paris, France, 397p.

**Fox P.F et Kelly A.L. ( 2006).** Review; Indigenous enzymes in milk: Overview and historical aspects-part. *International Dairy Journal* volume 16, issue 6, pp. 500-516.

**FROC J. (2001).** Des jus de fruits ou de plantes pour faire du fromage. *INRA mensuel* n°110, 41-42pp.

**Galvez AA, Dauphin RD ,Destain J ,Campos D et Thonart P.(2012).** Les enterocoques:avantage et inconvénients en biotechnologie (synthèse bibliographie) .*biotechnol .Agron .Soc .Environ.*16 (1), 67-76pp.

**Garnier J, Mocquot G, Ribaleau-Dumas B, Maubois J.L. (1968)-** Coagulation du lait par la présure : aspect scientifique et technologique. *Ann. Nutri. Alim.*, 22, 495-552.

**Gay MF, Jaubert G. et Saboureau S. (1993)** .Qualité hygiénique du lait de chèvre Incidence des traitements technologiques sur la qualité hygiénique du lait et des fromages de chèvre à pâte molle. *Lait* n° 73. pp : 499-509.

**Gelais-St. D, Tirard-C.P, Belonger G, Couture R. et Drapeau R, (2002).** Chapitre 6: Fromage. Pp 349 à 412. Science et Technologie du lait, transformation du lait. Coord. VIGNOLA. Edition : école polytechnique. 600 p.

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

**Goy D, Häni JP , Wechsler D. et Jakob E. (2005).** Valeur de la teneur en caséine du lait de fromagerie. Edition : Agroscope Liebfeld-Posieux. Groupe de discussion Gruyère N°27.

**Guinot-Thomas P, Ammourey M, Laurent F.** Effects of storage conditions on the composition of raw milk. Int. Dairy J., 1995, 5, 211-223.

**Guiraud JP. (1998).** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Edition : De l'Usine Nouvelle. Paris. 237p.

**Hallel A. (2001).** Fromages traditionnels algériens. Quel avenir? Revue Agroligne., 14: 43-47pp.

**Horne D.S. (2002).** Caseins, micellar structure. In Roginski H., Fuquay J. et Fox P.F.(Eds), Encyclopedia of Dairy Sciences (pp. 1902-1909). London: Academic Press.

**Huppertz T, Upadhyay V.K, Kelly A.L. et TamimE A.Y. (2006).** Constituents and Properties of Milk from Different Species. Brined Cheeses. Edited by Dr Adnan Tamime. Copyright © 2006 by Blackwell Publishing Ltd. pp : 1-34.

**Institut de l'élevage. (2009).** Traite des vaches laitière. Matériel. Installation. Entretien. 1ere Edition France Agricole. Produire mieux. pp : 55-506.

**Kim J. S, Kim, Y. O, Ryu H. J, Kwak Y. S, Lee J. Y et Kang H. (2003).** Isolation of stress-related genes of rubber particles and latex in fig tree (*Ficus carica*) and their expressions by abiotic stress or plant hormone treatments. Plant Cell Physiol., 44: 412–419pp.

**Kosikowski F. ( 1985).** Les fromages. Revue pour la science, p. 52.

**Le Minor L. et Richard C. (1993).** Méthodes de laboratoire pour l'identification des entérobactéries. Institut Pasteur.

**Larpen-Gourgaut M, Michaux O, Larpen J. P, Desmasures N, Desmazeaud M, Mangin I, Masson F. ,Montel M.C et Tailliez P. (1997).** Les ferments lactiques et bactéries

apparentées in: in : «Microbiologie alimentaire ». Edition : Larpent, Tec. Doc. Lavoisier, Paris.

**Larpent J.P. (1990).** Lait et produits laitiers non fermentés. Dans Microbiologie alimentaire. (Bourgeois C.M., Mescle J.F.et Zucca J.) Tome 1 : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. Edition Tec et Doc, Lavoisier, pp. 201-215

**Las. (2011).** Le Laboratoire d'Analyse Sensorielle d'Ambatobe-Le laboratoire d'analyse sensorielle pour vos industries agroalimentaire et cosmétique, Direction des recherches technologiques FOFIFA BP 14444, Ambatobe ,Antananarivo 101,<http://www.galys-evaluation sensorielle.fr>.

**Lenoviche LM. (1987).** Survival and death of microorganisms as influenced by water activity. In: Rockland LB et Beuchat LR.(Eds), Water activity : Theory and application to food. Marcel Dekkar, INC. New York, pp.199-133.

**Lopiero A.R, Puglisi I et Petrone G. (2002).** Characterization of lettuce, a serine-like protease from *Lactuca sativa* leaves, as a novel enzyme for milk clotting. J. Agric. Food Chem. 50: 2439- 2443pp.

**Lowe G. (1976).** The cysteine proteinases. Tetrahedron.vol. 32: 291 – 302pp.

**Luquet et Bonjean-Linczowski Y. (1986).** Valeur nutritionnelle du lait et des produits laitiers : Quantités énergie et table de composition .Edition : Tec et Doc Lavoisier Paris .93-121pp.

**Luquet F et Corrieu G. (2005) :** Bactéries lactiques et probiotiques .Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 307p.

**Luquet F. M. (1985).** Lait et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Edition : Tech. & Doc, Coll. STAA, Lavoisier. Paris.

**Luquet F.M. (1990).** Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc., édition : Lavoisier. Paris.

**Lynn K R et Clevette-Radford N. A. (1986).** ficin e, a serine-centred protease from *FicusElastica* J'hyfocht&rry. 25: 1559-1561 pp.

**Macedo A, Malcata F.X. et Oliveira J.C. (1993).** The technology, chemistry and microbiology of Serra cheese : A review, J. Dairy Sci. 76 : 1725-1739pp.

**Mahaut M, Jeantet R, Brule G. (2000).** Initiation à la technologie fromagère : Technique et documentation. EN6636.

**Marchin S. (2007).** Dynamique de la micelle de caséines : caractérisation structurale. Thèse INRA/ Agrocampus Rennes.

**Marinou V.M , Belbeldi A , La Terra S, Marenti M , Licitra G et Carpin S . (2012).** A survey of fat-soluble antioxidant, linolenic acid and conjugated linoleic acid content of traditional Algerian Bouhezza cheese, *Journal of Food, Agriculture and Environment* Vol.10, 186-190pp.

**Mathieu J. (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, ParisNRA/ Agrocampus Rennes.

**Mikulec PD et Jovanović L. (2005)** .Microbiological study of fresh white cheese (a serbian craft variety).*Applied Ecology and Environmental Research*, 4, 129-134pp.

**Millet L, Saubusse S, Didienne R, Tessier L et Montel MC. (2006).** *International Journal of Food Microbiology*, 108:105-114pp.

**Montel M-A, Delbes-Pausa C, Vuitton D.A et Desmasures N. Gret. (2002):** Transformation des produits laitiers frais à la ferme. 1ère Ed 2002, Educagri editions. 232p.

**Nouani A , Dako E, Morsli A, Belhamiche N, Belbraouet S, Bellal M.M. et Dadie A. (2009).** Characterization of the purified coagulant extracts derived from artichoke flowers (*Cynara scolymus*) and from the fig tree latex (*Ficus carica*) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. *J. Food Technol.*, 7: 20-29pp.

**ONS, (2011).** Office national des statistiques (site officiel).

**Oner M. D. et Akar B. (1993).** Separation of the proteolytic enzymes from fig tree latex and its utilization in Gaziantep cheese production. *Lebensm. -Wiss. U. Technol.*, 26: 318-321pp.

**Payne T. C. (2009).** Enzymes in Meat Systems Enzymes. Chapter 8. R. Tarté (ed.), *Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications*. 26p.

**Paul Ross, R, Morgan, S. et Hill C. (2002).** Preservation and Fermentation: present and future. *Int. J. Food. Microbiol*, 79: 3 – 16pp.

**Ramet J.P. (1985).** La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection FAO Alimentation et nutrition n°48.

**Ramet J.P. et Scher J. (1997).** Partie 2, la préparation du caillé. Chapitre 7: propriétés physiques du coagulum. Dans le fromage coord: ECK A., et GILLIS J.C. 3ème édition Tec et Doc. Lavoisier, Paris. 324 -875pp.

**Roa I, Lope MB et Mendiola FJ. (1999).** Residual clotting activity and ripening, properties of vegetable rennet from *Cynara cardunculus* in La Serena cheese. *Food Res Intern.* 32, 413-419pp.

**Robinson R.K. (1998).** Coagulant and Precipitants; In « Cheesemaking Practice » Kluwer Academic/Plenum Publishers.

**Roseiro L.B , Garcia-Risco M, Barbosa M, Ames M.J et Wilbey A R. (2003).** Evaluation of Serpa cheese proteolysis by nitrogen content and capillary zone electrophoresis. *International Journal of Dairy Technology*, Vol 56, N° 2: 99-104pp.

**Raynaud S, Minard L, Lefrileux Y, Morge S, Laithier C, Barral J, Cuvillier D, Chatelin YM, Leroux V, Wyon I. (2008).** Augmenter la maîtrise de fabrication du caille en technologie lactique tout en utilisant des flores indigènes et du lait cru. Collection résultats. *Compte rendu Institut de l'Élevage* 150838002, 60 p.

**Roudaut H. et Lefrancq E. (2005).** Alimentation théorique. Edition Sciences des Aliments.

**Shah Manzoor A , Shabir A. M. et Aray M. A. P. (2014).** Plant proteases as milk-clotting enzymes in cheesemaking: a review. *Dairy Sci. & Technol.* 94: 5–16pp.

**Veisseyre R. (1975).** Technologie du lait: constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 2ème édition : Maison Rustique. 697 p.

**Veisseyre R. (1979).** Technologie du lait. 3ème édition Maison Rustique, 714p.

**Vignola C. (2002).** Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-600.

**Vivegnis J, Dubois CH, Nicolay L, Mairy F, Jacob C, Piraux E, El Lioui M et Decallonne J. (1998).** Qualité microbiologique des fromages artisanaux français fabriqués au lait cru en Région Wallonne. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2 (4) ,248-255pp.

# *Annexes*

**Tableau I** : Composition moyenne du lait (Alais et al., 2008)

	<b>Composition (g/L)</b>	<b>Etat physique des composants</b>
<b>Eau</b>	905	Eau libre (solvant) plus eau liée
<b>Glucides</b> (lactose)	49	Solution
<b>Lipides</b>		
Matière grasse proprement dite	35	Emulsion des globules gras (3 à 5µm)
Lécithine (phospholipides)	34	
Insaponifiable (stérols, carotène, tocophérol)	0,5 0,5	
<b>Protides</b>		
Caséine	34	Suspension micellaire phosphocaséinate de (0,08 à 0,12µm)
Protéine solubles (globuline, albumine)	27 2,5 1,5	
<b>Sels</b>		Solution ou état colloïdale
De l'acide citrique (en acide)	9	
De l'acide phosphorique (P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2	
Du chlorure de sodium (NaCl)	2,6 1,7	
<b>Constituants divers</b> (vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces	
<b>Extrait sec total</b>	127	
<b>Extrait sec non gras</b>	92	

**Tableau II** : Flore originelle du lait cru (Vignola, 2002):

<b>Microorganismes</b>	<b>Pourcentage(%)</b>
<i>Miceococcus sp.</i>	30-90
<i>Lactobacillus</i>	10—30
<i>Streptococcus et Lactococcus</i>	<10
Bactéries à Gram négatif	<10



**Tableau III** : Bouillon Roth (Institut Pasteur d'Algérie)

<b>Composition</b>	<b>La quantité pour 1L</b>
Peptone	20g
Glucose	5g
Chlorure de sodium	5g
Phosphate dipotassique	2,7g
Phosphate monopotassique	2,7g
Azide de sodium	0,4g
Ethyl –violet	0,0008g

(pH 6,9 +/- 0.1)

**Tableau IV** : Gélose PCA (Liofilchem, Italie)

<b>Composition</b>	<b>La quantité pour 1L</b>
Tryptone	5g
Glucose	1g
Extraits de la levure	2,5g
Gélose	15g

(pH 7 +/- 0,2)

**Tableau V** : Bouillon EVA LITSKY (Conda, Espagne)

<b>Composition</b>	<b>La quantité pour 1L</b>
Peptone de caséine	20g
Extrait de viande	1,5g
Glucose	04g
Chlorure de sodium	04g
Phosphate dipotassique	2,7g
Phosphate monopotassique	2,7g
Azide de sodium	0,2g

(pH 7 +/- 0,2)

**Tableau VI :** Gélose Slanetz et Bartley (BIOKAR, India)

<b>Composition</b>	<b>La quantité pour 1L</b>
Tryptophane	20g
Extrait autolytique de levure	5g
Glucose	2g
Phosphate dipotassique	4g
Azide de sodium	0,4g
Chlorure de tetrazolium (TTC)	0,1g
Gélose	10g

(pH 7, 2 +/- 0,2)

**Tableau VII :** Gélose VRBL (Conda, Espagne )

<b>Composition</b>	<b>La quantité pour 1L</b>
Lactose	10g
Peptone	7g
Chlorure de sodium	5g
Extrait de levure	3g
Sel billiaire	1,5g
Rouge neutre	0,03g
Cristal violet	0 ,002g
Gélose	15g

(pH 7, 4 +/- 0, 2)

**Tableau XIII** : Gélose Baird Parker (Liofichem, Italie)

<b>Composition</b>	<b>La quantité pour 1L</b>
Tryptophane	10g
Extrait de boeuf	5g
Extrait de levure	1g
Glycine	12g
Pyruvate	10g
Chlorure de lithium	5g
Gélose	17g

(pH 7, 2 +/- 0, 2)

**Tableau IX** : Gélose M17 (BIOKAR, India)

<b>Composition</b>	<b>La quantité pour 1L</b>
Tryptoptone	2,50g
Peptone pepsine de viande	2,50g
Peptone papainique	5g
Extrait autolytique de levure	2,5g
Extrait de viande	5g
Lactose	5g
Glycérophosphate de sodium	19g
Sulfate de magnésium	0,25g
Acide ascorbique	0,5g
Agar	15g

(pH 7, 1 +/-0, 2)

**Tableau X** : Gélose MRS (Institut pasteur d'Algérie)

<b>Composition</b>	<b>La quantité de 1L</b>
Peptone de caséines	10g
Extrait de viande	8g
Extrait de levure	4g
Glucose	20g
Phosphate dipotassique	2g
Di ammonium citrate	2g
Acétate de sodium	5g
Sulfate de magnésium	0,2g
Sulfate de manganèse	0,04g
Agar	20g

(6,5+/- 0, 2)

**Remarque**

Les milieux de culture sont autoclavés pendant 20min à 120°C.

**Préparation de bleu méthylène**

Bleu de méthylène.....0,05g

L'eau distillée .....10ml

Autoclaver pendant 20 min à 120 °C

**Préparation de phénophtaléine**

Phénophtaléine .....0,1g

Alcool .....10ml

**Préparation de la solution NaOH**

NaOH.....4g

L'eau distillée .....100ml

## Protocole de l'analyse physico-chimique selon le laboratoire ANALAB(Akbou)

### - Détermination des sucres réducteurs .

#### • Mode opératoire

10 g de fromage ont été pesés dans une fiole de 100 ml, 2 ml d'acétate de Zinc (2N) et 2 ml d'hexocyanate ferrate de potassium (0,15N) ont été ajoutés, le mélange est filtré, agité et jaugé à 100 ml avec l'eau distillée puis l'échantillon est laissé reposer pendant 10 à 15 min pour récupérer le surnageant. 70 ml de surnageant obtenu ont été mis dans un l'erenmeyer, de 250 ml et additionnés de 20 ml de la solution cuivrique (Fehling A), ensuite 20 ml de la solution tartro-sodique (Fehling B) sont ajoutés ce qui donne à la solution une couleur bleu foncé. La solution a été portée à ébullition jusqu'à l'apparition d'un précipité rouge brique, puis laissée refroidir en gardant l'erenmeyer, en position inclinée. Le surnageant est versé dans un filtre (Allihn, porosité n°4) relié à un bucher, puis filtré à l'aide une pompe à vide. Le précipité qui reste dans l'erenmeyer, est lavé 6 fois avec 20 ml d'eau distillée bouillante afin d'éliminer toute trace de la solution bleue. Vider la fiole à vide, la rincer soigneusement et replacer le filtre, puis 20 ml de solution ferrique (0,02N) sont versés dans l'erenmeyer, afin de dissoudre le précipité entraînant l'apparition d'une solution verte. Cette dernière est filtrée, puis un volume de la solution ferrique est versé pour dissoudre les particules du précipité qui se trouveraient sur le filtre.

La solution obtenue est titrée avec une solution de permanganate de Potassium  $\text{KMnO}_4$  (0,1N) jusqu'à obtention d'une coloration rose persistante .La chute de la burette (ml) a été référée à la table de Bertrand pour trouver la masse équivalente du glucose

La teneur en sucre réducteur est obtenue selon la formule suivante :

$$\% \text{ En sucre réducteur} = \frac{M_{\text{eq}}}{1000} \times \frac{100}{v} \times \frac{100}{P_e}$$

$M_{\text{eq}}$  : La masse équivalente du glucose à la chute de burette (ml) selon la table de Bertrand.

$V$  : Le volume de la solution utilisé (ml).

$P_e$  : Prise d'essai de fromage(g).

## - Détermination de l'extrait sec total (l'EST)

- **Mode opératoire**

Dans une capsule métallique préalablement séchée, 25 g de sable sec sont mélangés avec 3 g de fromage à l'aide d'une baguette en verre, l'ensemble est chauffé dans un four pasteur pendant 3 heures à 103°C. Une fois le temps écoulé, la capsule est refroidie dans un dessiccateur contenant le gel de silicate. Après peser, l'échantillon est réchauffé, refroidi et repesé dans les mêmes conditions précédentes.

Cette opération est répétée jusqu'à obtention d'un poids constant. L'EST est déterminé en utilisant la formule suivante :

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

$C_0$  : Poids de la capsule + le sable + la baguette en verre (g).

$C_1$  : Poids la capsule + le sable + la baguette en verre + le fromage(g).

$C_2$  :Poids de la capsule + le sable + la baguette en verre + le fromage après l'étuvage (g).

## - Détermination du taux de la matière grasse (MG)

- **Mode opératoire :**

3g de fromage ont été pesés dans un godet en verre perforé, ce dernier est placé dans un butyromètre à fromage. Ensuite, l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ,  $d=1,52$ ) est ajouté jusqu'à émerger le godet, le tout est mis dans un bain marie à 70°C durant 3h. Ensuite, 1ml d'alcool iso-amylque (3-méthyl-1-butanol) est ajouté à l'échantillon puis le volume est complété par

l'acide sulfurique jusqu'à la graduation 35%.Le butyromètre est centrifugé à 1000 rpm/10 min. Après centrifugation, le résultat est lu sur les graduations du butyromètre.

## - Détermination de la teneur en azote totale

### • Mode opératoire :

#### Minéralisation

1g de fromage est pesé dans un tube en verre appelé matras, ensuite 5g de sulfate de potassium ( $K_2SO_4$ ), 0,5 g de sulfate de cuivre ( $CuSO_4$ ) et 15 ml d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ , 0,2N) ont été ajoutés à l'échantillon, ensuite le matras est placé dans l'appareil de Kjeldahl à une température de  $400^\circ C$  pendant 1h30 min.

#### Distillation et dosage de l'azote total

Le matras est refroidi à température ambiante, puis son contenu est dilué avec 75 ml d'eau distillée qui servent en même temps à rincer les parois du matras. Ensuite ce dernier est raccordé à l'appareil de distillation où 60 ml (3x20ml) de l'hydroxyde de sodium à 30% sont ajoutés à l'échantillon. L'ammoniac produit (suite à l'ajout de la solution de NaOH), est capté avec 25 ml d'acide borique ( $H_3BO_3$ ) qui vire du rose au vert. L'ammoniaque contenu dans la solution d'acide borique est titré avec une solution d'acide sulfurique à 0,1N jusqu'à obtention de la couleur de départ de l'acide borique (rose). L'azote total de l'échantillon est obtenu par la formule suivante :

$$\text{Azote totale en \%} = \frac{(C_b - 0,1) \times N \times 14}{P_e} \times \frac{100}{1000}$$

$C_b$  : Chute de la burette (ml).

$N$  : Normalité de l'acide sulfurique (solution de titration).

$14$  : Masse équivalente de l'azote.

$P_e$  : Masse de la prise d'essai (g).

### ✓ Protéines totales :

La quantité des protéines totales est obtenue par la formule suivante :

$$\text{Azote totale en \%} \times F$$

$F$  : facteur de conversion de l'azote en protéines = 6,38

**Questionnaire d'évaluation hédonique d'un échantillon de fromage :****Age :** **Date :****Sexe :** Féminin Masculin 

Chers dégustateurs, il vous est demandé d'évaluer différentes caractéristiques et attribuer une appréciation et une note aux fromages goûtés

**1-Odeur :**

- 1- Très forte.
- 2- Forte.
- 3- Moyenne.
- 4- Faible.
- 5- Absente.

Echantillon A	Echantillon B

**2-Couleur :**

- 1- Blanche.
- 2- Beige clair.
- 3- Beige.
- 4- Jaune clair.
- 5- Jaune

Echantillon A	Echantillon B

**3-Saveur :****a-Acidité :**

- 1- Très forte.
- 2- Forte.
- 3- Moyenne.
- 4- Faible.
- 5- Absente.



Echantillon A	Echantillon B

**b- Amertume :**

- 1- Très forte.
- 2- Forte.
- 3- Moyenne.
- 4- Faible.
- 5- Absente.

Echantillon A	Echantillon B

**c- Arrière goût :**

- 1- Très fort.
- 2- Fort.
- 3- Moyen.
- 4- Faible.
- 5- Absent.

Echantillon A	Echantillon B

**d-Texture en bouche :**

- 1- Fondante.
- 2- Très granuleuse.
- 3- Granuleuse.
- 4- Collante.
- 5- Onctueuse.
- 6-

Echantillon A	Echantillon B

**e- Elasticité :**

- 1- Elasticité très élevée.
- 2- Elasticité élevée.
- 3- Elasticité Moyenne.
- 4- Elasticité faible.
- 5- Elasticité absent.

Echantillon A	Echantillon B

Veillez indiquer dans le tableau ci-dessous votre préférence selon une note de 0 à 4 correspondantes à son appréciation :

Produits	Echantillon A	Echantillon B
Odeur		
Texture		
Saveur		

Veillez attribuer une note final pour les deux échantillons :

Produits	Echantillon A	Echantillon B
Note		

Merci pour votre participation

**Tableau XI** : Résultats du test de réductase

Temps	Observation	Résultat
Après de 30min	Pas décoloration	Lait de bonne qualité hygiénique.
Après 1h30min	Pas décoloration	
Après 3h	Pas décoloration	

**Tableau XII** : Résultats de l'analyse microbiologique du lait cru.

Flore	Résultats (UFC/ml)
FTAM	$1,5 \cdot 10^5$
Coliformes totaux	$2,8 \cdot 10^3$
Coliforme fécaux	80
Lactobacilles	$4 \cdot 10^4$
Lactocoques	$1,8 \cdot 10^8$
Enterocoques	Absence
<i>Staphylococcus aureus</i>	$10^2$

**Tableau XIII** : Résultats de l'analyse microbiologique du fromage frais artisanal.

Flores	J <sub>0</sub> (UFC/g)	J <sub>3</sub> (UFC/g)	J <sub>7</sub> (UFC/g)	J <sub>11</sub> (UFC/g)	J <sub>14</sub> (UFC/g)	J <sub>18</sub> (UFC/g)	J <sub>21</sub> (UFC/g)
FTAM	$10^7$	$7,17 \cdot 10^9$	$10^9$	$3,5 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^8$	$10^8$
Coliformes totaux	$10^3$	$8,7 \cdot 10^5$	$1,65 \cdot 10^5$	$10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^2$	$10^2$
Coliformes fécaux	$10^2$	$7,9 \cdot 10^4$	$9,4 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^4$	$10^3$
Lactobacilles	$6,25 \cdot 10^8$	$7,5 \cdot 10^8$	$3,9 \cdot 10^8$	$10^8$	$3,54 \cdot 10^8$	$4,25 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^7$
Lactocoques	/	$5,4 \cdot 10^8$	$8,6 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^7$	$10^7$
Entérobactéries	$10^3$	$4,23 \cdot 10^5$	$4,9 \cdot 10^5$	$8,2 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^6$	$3,01 \cdot 10^6$	$4,3 \cdot 10^5$
Staphylocoques	$10^3$	$5,6 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$

## Les résultats de l'analyse physicochimique du fromage

**Tableau XIV:** Teneur en matière grasse

Echantillon	%	Moyenne %
E1	16	16,33
E2	16	
E3	17	

**Tableau XV :** Teneur en extrait sec total

Echantillon	%	Moyenne %
E1	32,25	31,69
E2	31,46	
E3	31,37	

**Tableau XVI :** Teneur en protéines

Echantillon	pH	L'azote total %	Protéines totaux %	Moyenne%
E1	4,46	1,98	12,63	12,42
E2	4,25	1,91	12,19	
E3	4,35	1,96	12,44	

Coefficient : 6,38

**Tableau XVII :** Teneur en lactose

Echantillon	%	Moyenne%
E1	1,53	1,55
E2	1,49	
E3	1,63	

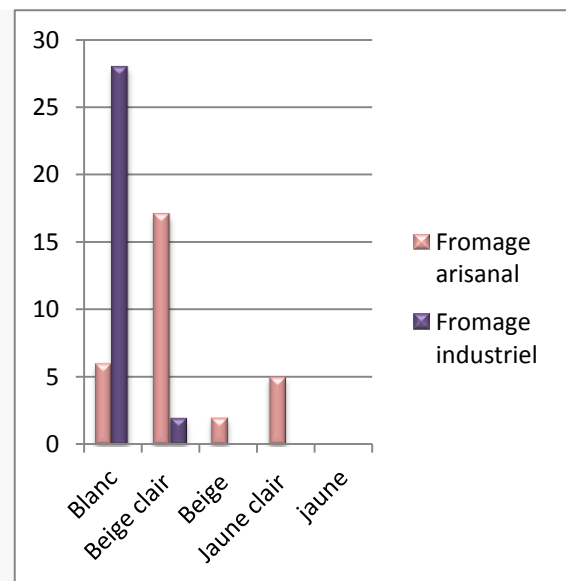
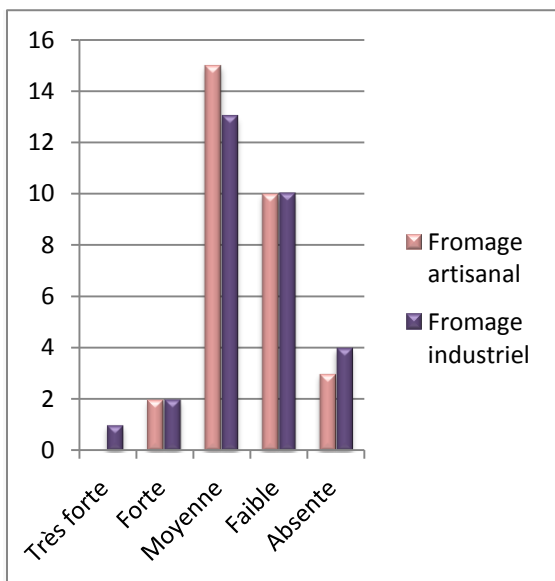
**Tableau XVIII :** Norme Algérienne pour le lait cru (J.O.R.A, 1998)

Flore	Normes (UFC/ml)
Germes aérobie à 30°C	10 <sup>5</sup>
Coliforme fécaux	10 <sup>3</sup>
Streptocoque fécaux	Absence / 0,1ml
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence
Clostridium sulfito-réducteur à 46°C	50
Antibiotique	Absence

**Tableau XIX:** Norme Algérienne pour le fromage frais (J.O.R.A, 1998)

Flore	Normes (UFC/g)
Coliformes	10
Coliformes fécaux	1
<i>Staphylococcus aureus</i>	10
<i>Listeria monocytogenes</i>	Absence
<i>Samonella Spp.</i>	Absence

### Résultats de l'analyse hédonique

**Figure1 :** Appréciation de l'odeur.**Figure2 :** Appréciation de la couleur.

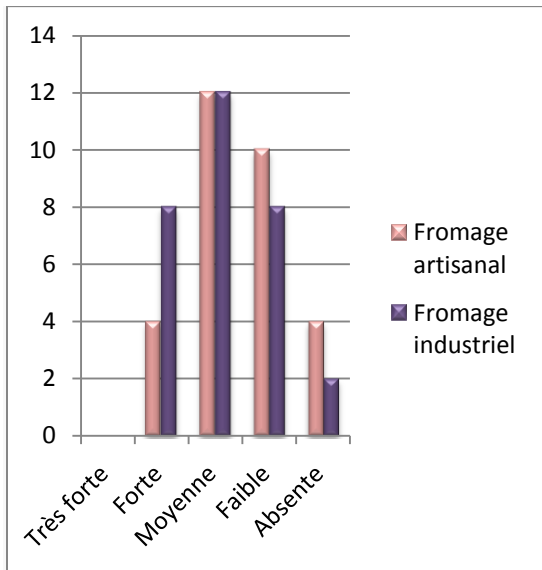


Figure 3 : Appréciation de l'acidité.

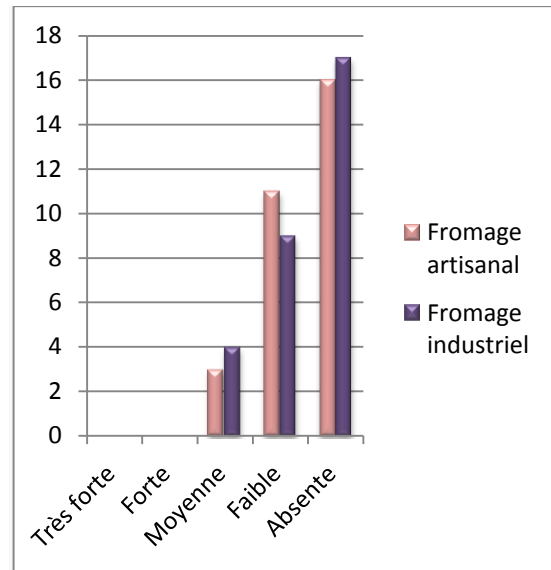


Figure 4 : Appréciation de l'amertume.

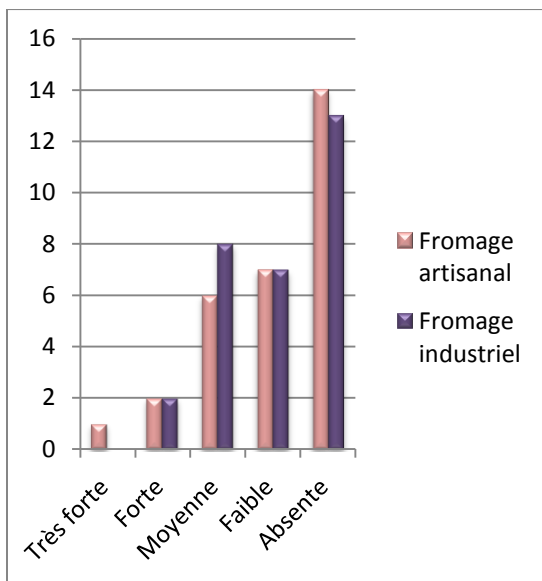


Figure 5 : Appréciation de l'arrière goût.

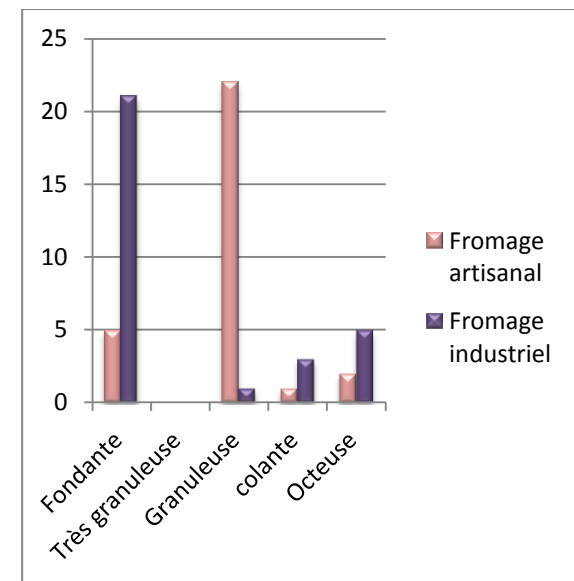


Figure 6 : Appréciation de la texture en bouche.

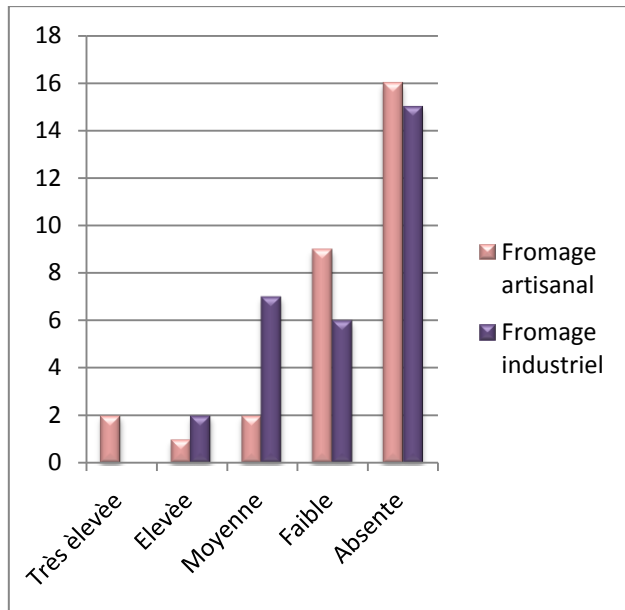


Figure 7 : Appréciation de l'élasticité.

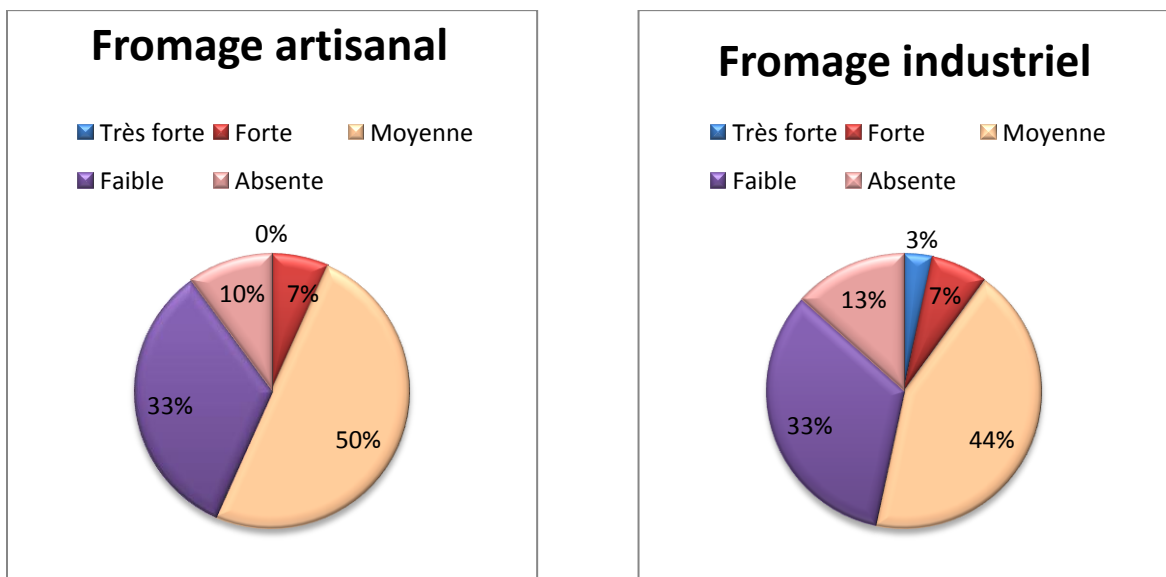
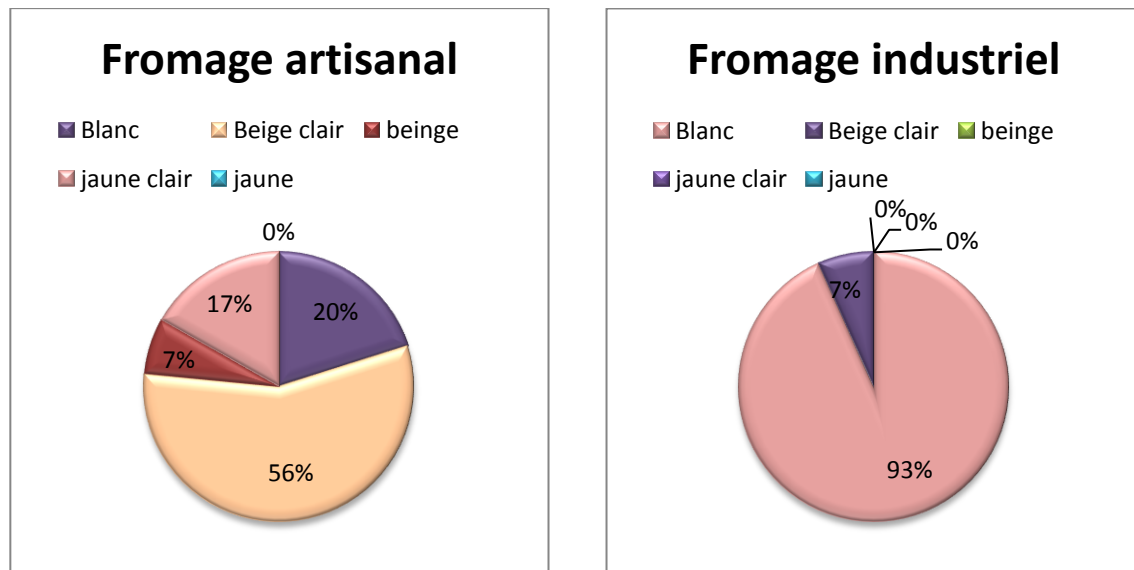
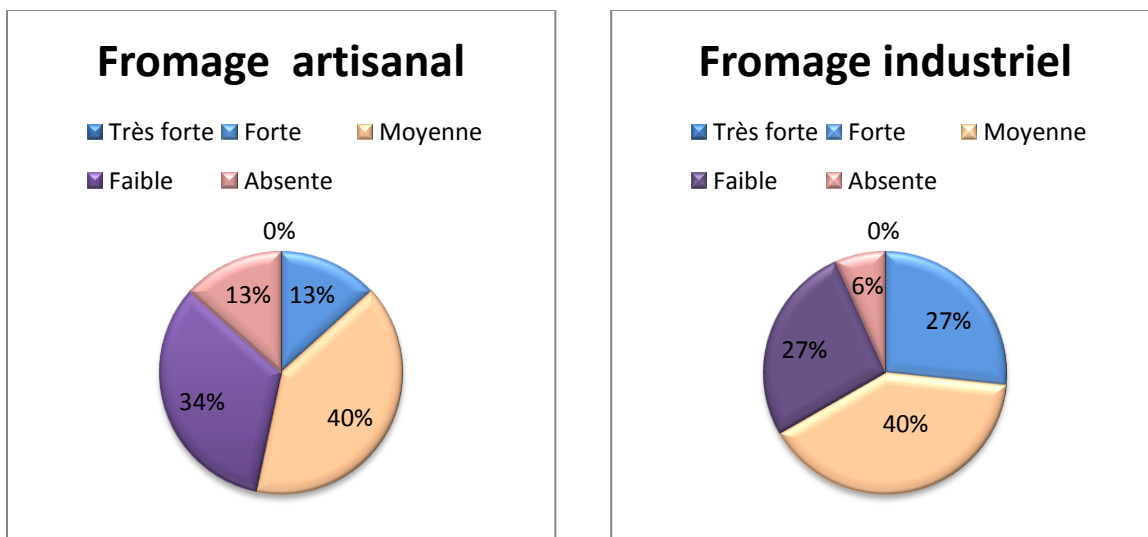


Figure 8 : Le taux d'appréciation des niveaux de l'odeur pour les deux fromages artisanal et industriel.

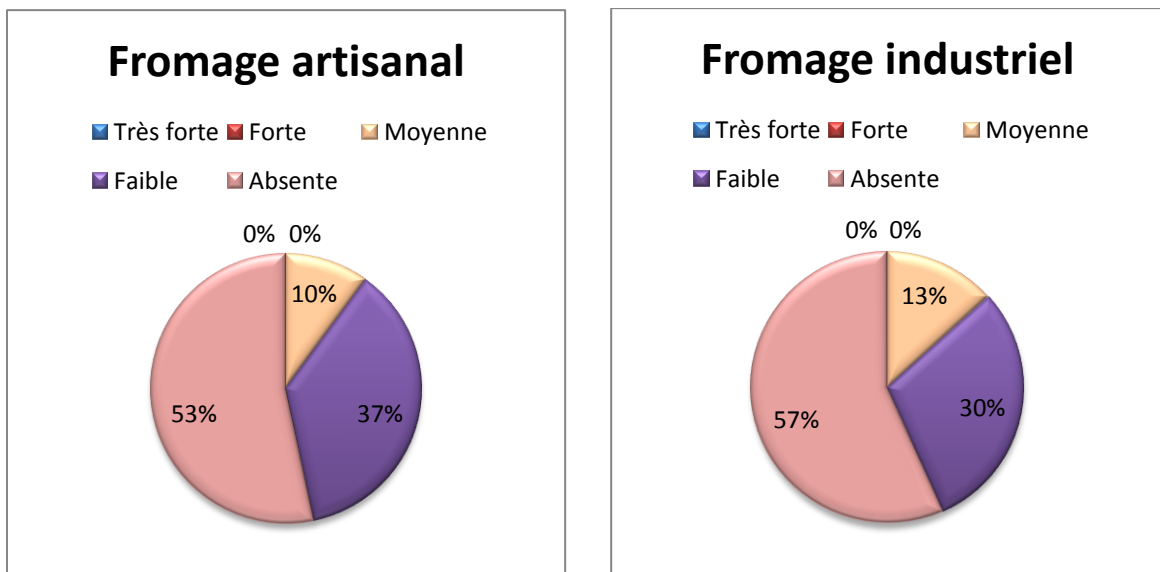


**Figure 9:** Le taux d'appréciation de la couleur pour les deux fromages artisanal et industriel.

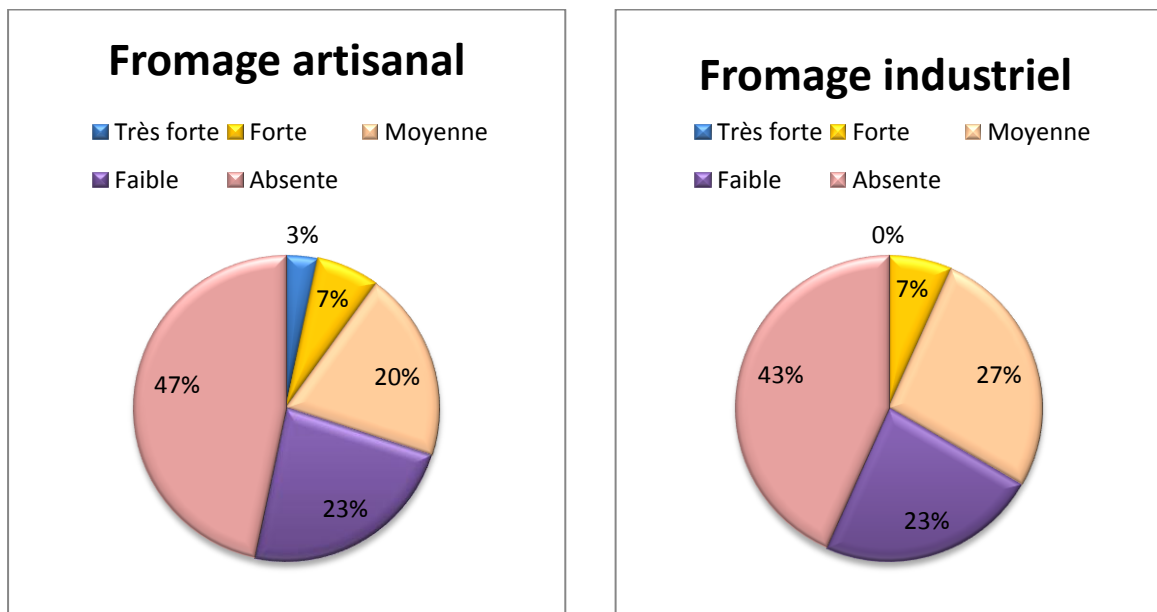


**Figure 10 :** Le taux d'appréciation des niveaux de l'acidité pour les deux fromages artisanal et industriel.

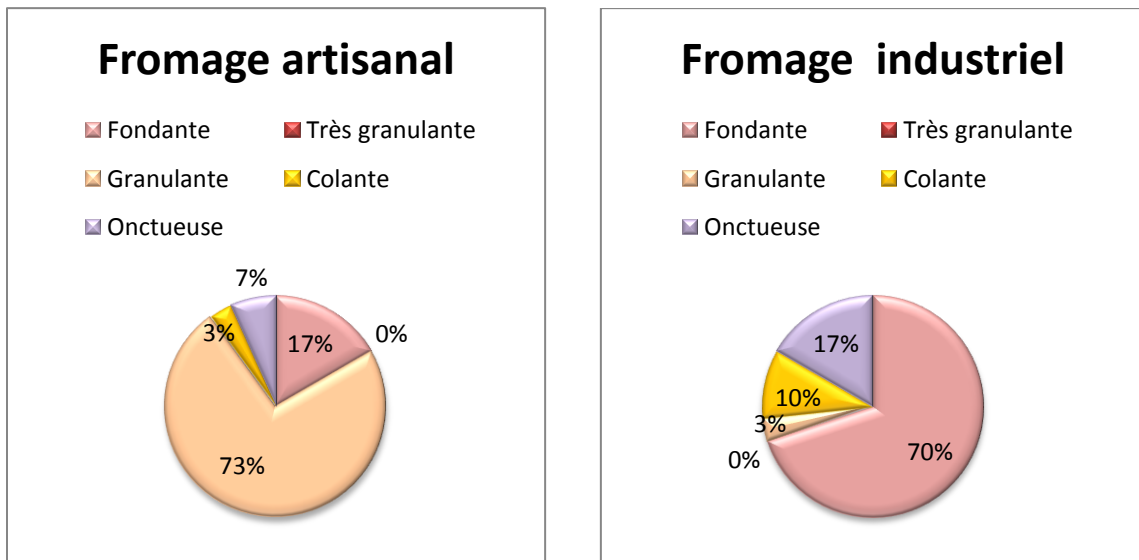




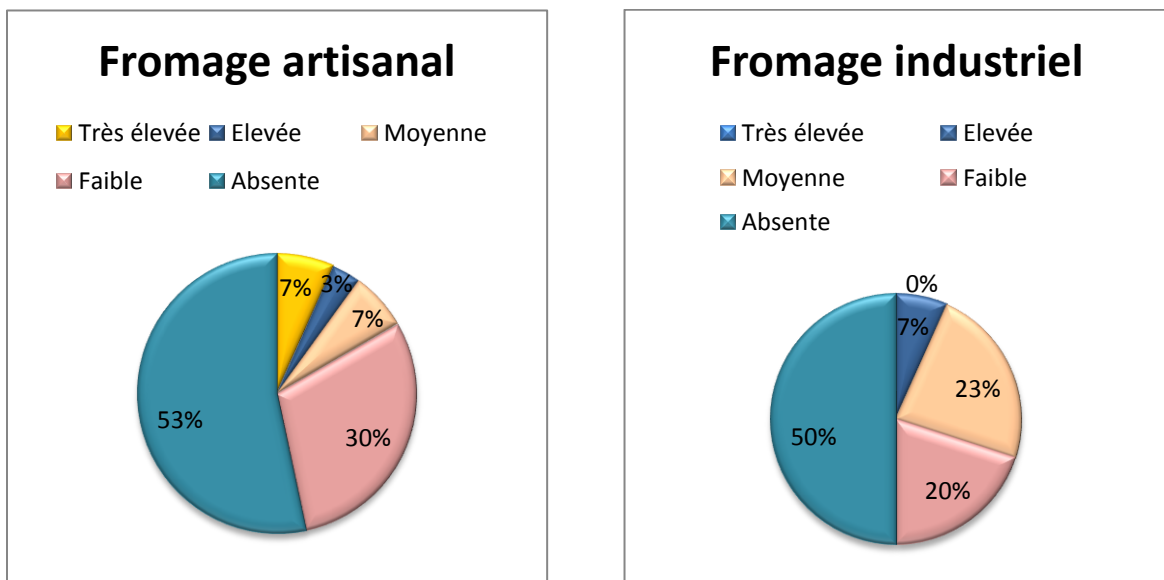
**Figure 11 :** Le taux d’appréciation des niveaux de l’amertume pour les deux fromages artisanal et industriel.



**Figure 12 :** Le taux d’appréciation des niveaux de l’arrière goût pour les deux fromages artisanal et industriel.



**Figure 13 :** Le taux d'appréciation de la texture en bouche pour les deux fromages artisanal et industriel.



**Figure 14 :** Le taux d'appréciation de niveaux de l'élasticité pour les deux fromages artisanal et industriel.

## **Résumé**

Le rôle prépondérant de la microflore naturelle du lait cru sur la qualité finale des fromages et l'activité coagulante de l'extrait brut du latex de figuier, succédané de la présure, a été mis en évidence par la mise au point d'un fromage frais artisanal. L'analyse du lait destiné à la production du fromage a montré une bonne qualité hygiénique. Lors de la transformation du lait cru en fromage par coagulation enzymatique sous l'action de l'extrait, un gel homogène, ferme, épais et caractérisé par une souplesse et une élasticité plus grandes et une fermeté et une friabilité plus accentuées que celles du gel présure a été obtenu. Sur le plan microbiologique, le fromage frais artisanal fabriqué présente une charge élevée en flore lactique et en entérocoques avec absence de *S. aureus*. Concernant les résultats de l'analyse physicochimique, ils témoignent de la bonne qualité nutritionnelle du fromage et cela est en relation étroite avec la composition du lait cru utilisé. L'analyse hédonique montre que le fromage fabriqué est comparable au fromage industriel à technologie présure.

**Mots-clés** : Fromage frais artisanal, lait cru, flore autochtone, extrait brut du latex de figuier.

## **Abstract**

The preponderant role of the natural microflora of raw milk on the final quality of cheese and the coagulating activity of the crude extract of latex was highlighted by the manufacture of a fresh artisanal cheese. The analysis of milk for the production of cheese showed a good hygienic quality. When transforming raw milk into cheese by enzymatic coagulation under the action of latex extract, homogeneous, firm, thick gel, characterized by greater flexibility and elasticity and more firmness and friability than those manufactured with rennet was obtained. Microbiologically, the artisanal cheese presented a carriage raised in lactic acid bacteria and enterococci and lack of *S. aureus*. Concerning the results of the physicochemical analysis, a good nutritional quality of the cheese was observed, which is in close relation with the composition of the raw milk used. Hedonic analysis showed that the cheese made was comparable to the industrial cheese made with rennet.

**Keywords**: Artisanal fresh cheese, raw milk, Indigenous flora, latex's crude extract.