

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد ابن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

**BOUKHOBZA Hamadia**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES**

**Spécialité : Production et transformation laitières**

**THÈME**

**Enquête sur les fromages du terroir algérien :  
aspects technologiques de production**

Devant les membres du jury

		Grade	
Président	Mme TAHLAITI Hafida	MCA	U. Mostaganem
Examineur	M ZABOURI Younes	MCB	U. Mostaganem
Encadreur	M. DAHOU Abdelkader El Amine	MCB	U. Mostaganem

Travail réalisé au Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animales

Année universitaire 2020 - 2021

# Remerciements

*Tout d'abord, merci à Dieu, le Clément, le Miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste projet.*

*C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie mon Promoteur M. DAHOU Abdelkader El Amine maitre de conférences pour son attention et sa disponibilité avec lesquelles il m'a suivi et guidé tout au long de ce parcours.*

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

*Mme TAHLAITI Hafida, maitre de conférences pour m'avoir honorée en acceptant de présider le jury de soutenance de mon mémoire de fin d'études.*

*M ZABOURI Younes, maitre de conférences pour avoir accepté de juger mon travail.*

*L'opportunité se présente à cette occasion également pour exprimer mes sincères respects pour tous les enseignants qui nous ont formés et tous les travailleurs de l'université de Mostaganem.*

*Toute ma gratitude à toute personne ayant de près ou de loin contribué à ma formation et à l'aboutissement de ce travail.*

*Tout le personnel du département des Sciences Alimentaires et du laboratoire des sciences et techniques de production animale de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Mostaganem.*

# ***Dédicaces***

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mon Grand-père Hadje M'Hamed,*

*Vous avez fait d'énormes sacrifices pour moi et vous n'avez jamais cessé de  
ma prodiguer des conseils pour le droit chemin.*

*Que votre simplicité, votre disponibilité, et votre respect pour et autres me  
servent*

*A ma mère Fatiha et ma grande mère Fatima.*

*Les mots me manquent pour vous qualifier, tout ce que j'avais à dire ne  
saurait, exprimer à fond tout le sacrifice que vous avez dû subir pour nous  
élever.*

*A mes sœurs : Heeba, Kheira, Merieme ,Ilhem, Ismahane.*

*A ma sœur et ma copine de vie Asma.*

*A mes frères : Yasser, Hamza, Hadje, Moumen, Houwari, Abed el Kader et  
Lazera et Alia.*

*A toute la famille BOUKEFFOSA.*

*A tous mes amis qu'ils veuillent trouver ici l'expression de mon amitié  
indéfectible*

*Nawel, Hanane et Houria.*

*A tous mes enseignants à partir de primaire jusqu'à maintenant.*

# Résumés

## **Résumé**

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la connaissance des fromages du terroir algérien dans le but de cerner les aspects technologiques et techniques de leur fabrication pour leur valorisation à échelle semi-industrielle. Dans le même cadre afin de mieux cerner la fabrication des 03 caillés fromagers normalisés par la F.I.L (caillé lactique, caillé mixte et caillé enzymatique), il a été mené des essais expérimentaux avec les laits de vache de la ferme expérimentale de l'université de Mostaganem. L'enquête menée a permis de caractériser 10 fromages du terroir algérien. Ces fromages sont fabriqués à échelle familiale et semi-familiale pour une consommation locale, le caillé fromager est majoritairement à caractère lactique frais ou semi-frais, seulement le fromage « Bouhezza » est à caractère semi-affiné. Les essais expérimentaux des 03 caillés fromagers ont donné les résultats escomptés sur l'aspect qualité physico-chimique des laits utilisés et des caillés fabriqués. Seulement les rendements fromagers e (%) et en (ES) n'ont pas été conformes à la norme F.I.L suite à un déficit de la disponibilité minérale dans les laits utilisés ce qui a influé négativement sur l'agglomération des micelles de caséines à la coagulation entraînant des déperditions sur le lactosérum et ainsi une élévation du rendement fromager par rapport à la norme. La réussite d'un caillé fromager nécessite la connaissance de la matière première « le lait » pour pouvoir l'amener à l'obtention de la qualité recommandée.

**Mots clefs :** Connaissance, fromages du terroir algérien, fabrication expérimentale, caillés fromagers

## **Summary**

This work is part of the knowledge of cheeses of the Algerian soil in order to identify the technological and technical aspects of their manufacture for their development at semi-industrial scale. In the same framework to better identify the manufacture of 03 curd cheese standardized by the FIL (lactic curd, mixed curd and curd enzymatic), it was conducted experimental trials with cow's milk of the experimental farm of the University of Mostaganem. The survey conducted has characterized 10 cheeses of the Algerian soil. These cheeses are manufactured on a family and semi-family scale for local consumption, the curd cheese is mostly fresh lactic or semi-fresh, only the cheese "Bouhezza" is semi-refined. The experimental tests of the 03 cheese curds gave the expected results on the aspect of physico-chemical quality of the milk used and the curds manufactured. Only the cheese yields in (%) and (ES) were not in accordance with the F.I.L. standard due to a deficit of mineral availability in the milk used, which had a negative influence on the agglomeration of casein micelles during coagulation, leading to losses in the whey and thus an increase in cheese yield compared to the standard. The success of a cheese curd requires knowledge of the raw material "milk" to be able to improve it to obtain the recommended quality.

**Key words:** Knowledge, Algerian cheeses, experimental manufacturing, cheese curds

### ملخص

هذا العمل هو جزء من معرفة أجبان التراب الجزائري من أجل التعرف على الجوانب التكنولوجية والتقنية لتصنيعها و كذا تنميتها على المستوى شبه الصناعي. في نفس الإطار للتعرف بشكل أفضل على تصنيع 03 خثارة اجبان موحد من قبل FIL اللبن الرائب واللبن الرائب المختلط و الرائب بالأنزيم ) ، تم إجراء تجارب تجريبية على حليب البقر في المزرعة التجريبية التابعة لجامعة مستغانم. وشمل المسح الذي تم إجراؤه 10 أنواع من الاجبان الموجودة على مستوى التراب الجزائري. يتم تصنيع هذه الأجبان على نطاق عائلي وشبه عائلي للاستهلاك المحلي ، و هذه المنتجات هي ذات نوعية جبن اللبن الرائب في الغالب هو طازج أو شبه طازج ، فقط جبن "بوحزة" هو شبه منعّم. أعطت الاختبارات التجريبية ل 03 خثارة الاجبان النتائج المتوقعة و ذلك من جانب الجودة الفيزيائية والكيميائية للحليب المستخدم والخثارة المصنعة. فقط ناتج الجبن ب% و بالمادة الجافة لم يكن متوافقاً مع F.I.L. بسبب نقص توافر المعادن في الحليب المستخدم ، والذي كان له تأثير سلبي على تكتل مذيلات الكازين أثناء التخثر ، مما أدى إلى خسارتها في مصّل اللبن وبالتالي زيادة في محصول الجبن مقارنة بالمعيار. يتطلب نجاح خثارة الجبن معرفة المادة الخام "الحليب" حتى تتمكن من تحسينها للحصول على الجودة الموصى بها.

**الكلمات المفتاحية:** المعرفة، الأجبان الجزائرية، التصنيع التجريبي ، خثارة الجبن

# Sommaire

# Sommaire

Liste des abréviations.....	VII
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des figures .....	IX
Introduction .....	1
 <b>Première partie : partie bibliographique</b>	
Chapitre I : généralités sur les fromages.....	3
Chapitre II : les types de fromage .....	12
Chapitre III : fromages traditionnels en Algérie .....	19
 <b>Deuxième partie : partie expérimentale</b>	
Chapitre I : matériels et méthodes.....	30
Chapitre II : résultats et discussion.....	35
Conclusion .....	41
Références bibliographiques .....	42
Table de matières .....	51

# Liste des abréviations

## Liste des abréviations

**C°** : Degré Celsius

**ES** : Extrait Sec

**EST**: Extrait sec total

**FIL** : fédération internationale du lait

**g** : gramme

**h** : heure

**MS** : Matière Séché

**min** : minute

**ml** : millilitre

**%** : pourcentage

**PH** : Potentiel d'hydrogène

**R** : Rendement

**TP** : taux protéique

# Liste des tableaux

## **Liste des tableaux**

**Tableau 01:** La classification des fromages en fonctions des différents types de coagulations et d'égouttages

**Tableau 02:** Paramètres physico-chimiques du Klila et du Bouhazza

**Tableau 03 :** Composition de jben

**Tableau 04 :** Paramètres physicochimiques du Michouna

**Tableau 05:** Résultats des analyses physico-chimiques de lait utilisé

**Tableau 06:** Temps de coagulation pour l'obtention du caillé enzymatique

**Tableau 07:** Temps de coagulation pour l'obtention du caillé mixte

**Tableau 08:** Temps de coagulation l'obtention du caillé lactique

**Tableau 09 :** Rendement de trois caillés fromagers en

**Tableau 10 :** Extrait sec des caillés fromagers obtenus

# Liste des figures

## **Liste des figures**

**Figure 01 :** La Coagulation

**Figure 02 :** Coagulation Acide

**Figure 03 :** Coagulation Enzymatique

**Figure 04 :** L'égouttage

**Figure 05 :** Le Salage

**Figure 06 :** L'affinage

**Figure 07:** Les familles des fromages à partir d'un caillé lactique

**Figure 08:** Les familles des fromages à partir d'un caillé mixte

**Figure09:** Fromage Bouhezza

**Figure10 :** Fromage traditionnel de type Klila

**Figure11:** Jben traditionnel

**Figure 12 :** Etapes de fabrication du jben

**Figure 13 :** l'appareil Lactoscan

# **Introduction**

### **Introduction**

Différents fromages traditionnels existent, depuis l'antiquité, dans les pays méditerranéens. Beaucoup d'entre eux sont produits dans des zones géographiques limitées et ne sont consommés que localement; d'autres, ont dépassé les limites de leurs localités et villages et même, de loin, celles de leur pays d'origine. (Aissaoui, 2014 et Dahou *et al.*, 2015).

En Algérie, au moins dix types de fromages traditionnels de différentes régions du pays sont actuellement recensés par l'équipe de recherche T.E.P.A. (Transformation et Elaboration des Produits Agro-Alimentaire) du Laboratoire de Recherche en Nutrition et Technologie Alimentaire (L.N.T.A.). La majeure partie de ces produits appartient à la catégorie des fromages frais. Les plus connus sont seulement ceux portant les dénominations «Djben» et « Klila ». Ils sont très répandus dans l'ensemble du territoire et même dans les pays du Maghreb (Lahsaoui, 2009; Leksir et Chemam, 2015 ; Mahamedi, 2015). Parmi les moins connus, ont été identifiés les fromages tels Mechouna (Derouiche et Zidoune, 2016), et Medeghissa dans le nord-est de l'Algérie (région des Chaouia), Takemmèrit et Aoules au sud du pays et Ighounene au nord centre (région Kabyle) (Aissaoui Zitoun *et al.*, 2011). Le fromage Bouhezza est le seul fromage affiné recensé à ce jour, son terroir est délimité dans la zone nord-est du pays, celle des Chaouia (Aissaoui Zitoun *et al.*, 2011 et 2016).

Les fromages traditionnels sont caractérisés par un lien fort avec leur terroir d'origine et attestent de l'histoire et de la culture de la communauté qui les produit. Chaque fromage traditionnel provient de systèmes complexes qui lui donnent des caractéristiques organoleptiques spécifiques. Ces caractéristiques sont liées à divers facteurs de biodiversité, comme l'environnement, le climat, la prairie naturelle, la race des animaux, l'utilisation de lait cru et de sa microflore naturelle, la technologie fromagère s'appuyant sur le savoir-faire unique des hommes et non pas sur une technologie automatisée, les outils historiques et enfin les conditions naturelles d'affinage (Licirta, 2010).

Notre pays a une tradition bien établie sur les produits laitiers, transmise d'une génération à une autre à travers des siècles. Le lait, abondant durant certains moments de l'année est transformé en produits laitiers pour augmenter sa durabilité et sa valeur nutritive. Plusieurs produits traditionnels sont connus principalement dans les zones rurales (Claps et Morone, 2011).

Des études réalisées sur les dérivés laitiers traditionnels et sur le secteur laitier en général, indiquent que ce dernier a besoin d'appui pour son développement et l'augmentation de sa compétitivité sur le marché (Leksir et Chemam, 2015). Toutefois, la connaissance de notre patrimoine laitier et de tout ce qui exprime notre héritage culturel, devait, et doit toujours, être inscrite en avant des priorités de tout développement. Il est primordial et impératif pour notre pays, que tous les acteurs de l'agro-alimentaire passent au recensement et à l'étude rigoureuse de ces pratiques traditionnelles avec une analyse permettant de les situer par rapport à

L'identité des populations et localités et aux habitudes alimentaires et de les mettre à profit selon les possibilités de la valorisation qu'elles offrent pour le développement économique. (Khoualdi .G, 2017)

Notre étude s'inscrit, sur sa partie bibliographique, dans un cadre recensement de l'ensemble des fromages du terroir fabriqués traditionnellement en Algérie et de caractériser selon la nomenclature internationale leur famille d'appartenance et la technologie utilisée. Sur la partie pratique il a été réalisé des essais expérimentaux au laboratoire avec les laits de la ferme expérimentale sur les 03 types de fromages : fromage à caillé lactique, à caillé mixte et à caillé enzymatique en déterminant la qualité physico-chimique et technologique des caillés fromagers obtenus.

# **Chapitre I :**

# **Généralité**

## **sur les**

# **fromages**

## **1. Fromages**

### **1.1. Définition du fromage**

Le fromage est le produit de la coagulation du lait de différentes espèces (vache, brebis, bufflonne ou chèvre). Cette coagulation peut se faire de manière complète, partielle ou à l'aide de techniques externes. La matière première peut avoir subi un premier traitement thermique (pasteurisation/thermisation) ou être utilisée telle quelle (lait cru). c'est en modifiant les conditions physico-chimiques du lait qu'il est possible d'obtenir différentes textures, saveurs et structures de fromages (Kongo *et al*, 2016b; FAO, 2019). Il existe de nombreux types de fromages, qui diffèrent par les technologies de fabrication : des fromages frais ou affinés, à pâte pressée ou molle, à pâte cuite ou non, ou encore à pâte fleurie ou lavée.

### **1.2. Etapes de transformation du lait en fromage**

La transformation du lait en fromage comporte, pour la plus grande partie des fromages quatre étapes principales : coagulation, égouttage, salage et affinage.

#### **1.2.1. La coagulation**

La coagulation correspond à une déstabilisation des micelles de caséines qui flocculent puis se soudent pour former un gel emprisonnant les éléments solubles du lait. Elle peut être provoquée par acidification, par l'action d'une enzyme ou encore par l'action combinée des deux (Lapointe-Vignole, 2002).

L'aptitude à la coagulation du lait dépend de son pH initial, puis de sa teneur en calcium colloïdal et en caséines qui jouent un rôle primordial dans la mise en place du gel (Hurtaud *et al*, 2001). La coagulation du lait par voie acide ou par voie enzymatique est étroitement liée l'organisation structurale de la micelle de caséines. Provoquer la coagulation du lait revient à jouer sur les capacités physicochimiques des micelles de caséines et à modifier l'équilibre entre la phase soluble et la phase colloïdale (St-Gelais *et al*, 2000; Cayot et Lorient, 1998).



**Figure 01 : la coagulation**

### **1.2.1.1. Coagulation acide**

La coagulation acide est provoquée par le ferment lactique qui transforme le lactose en acide lactique. Lorsqu'il y a production d'acide lactique, le pH du lait de fromagerie diminue, les résidus acides libres fixent des protons ce qui provoque une solubilisation du phosphate de calcium colloïdal, un élément important dans la stabilité des micelles de caséine (Tsakalidou, 2010; Lucey, 2008). Dépourvues de phosphate de calcium, les micelles se défont en sous-unités.

La neutralisation des charges négatives en surface des micelles de caséines entraîne une agrégation des micelles entre elles, ce qui produit une augmentation du diamètre moyen des micelles par chainage et les sous-micelles s'associent par liaisons électrostatiques et hydrophobes pour former un gel lactique qui emprisonne toute l'eau. Lorsque le point isoélectrique des caséines est atteint (pH 4,65), la totalité du phosphate de calcium est dissout et les micelles sont complètement déstructurées. La charge nette des micelles est pratiquement nulle et les répulsions électrostatiques sont inexistantes. Les protéines déminéralisées sont totalement dénaturées. Le gel de type acide est formé par des liaisons hydrophobes, Hydrogènes et électrostatiques. C'est un gel friable, ferme, cassant. Ce gel n'a pas le pouvoir de se contracter (synérèse) et présentera un égouttage très limité (Le Graet et Brulé, 1993).

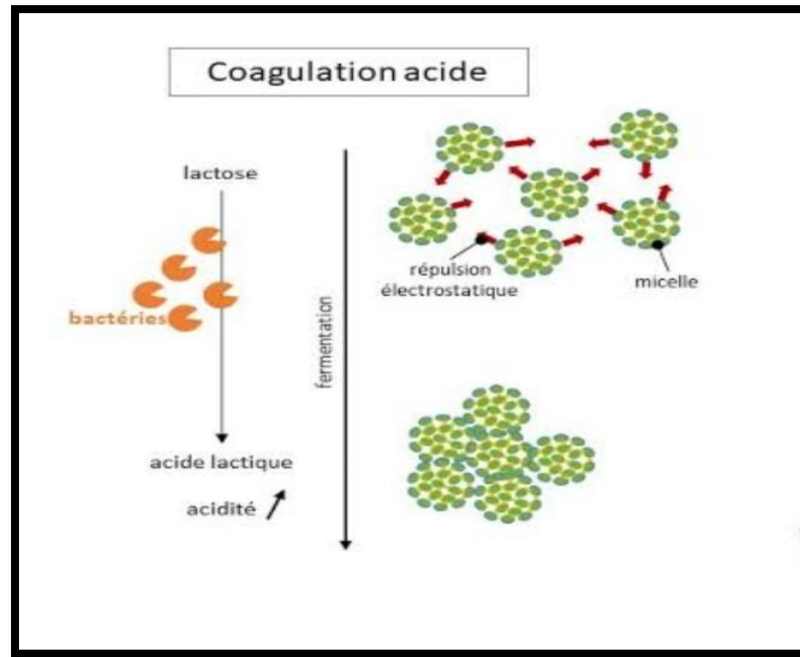


Figure 02 : coagulation acide

### 1.2.1.2. Coagulation enzymatique

Il y a un grand nombre d'enzymes protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, qui ont la propriété de coaguler le lait. Cependant, cette propriété ne suffit pas à les rendre aptes à produire des fromages de qualité. La présure d'origine animale, constituée principalement de chymosine et d'un peu de pepsine (présure: 80% chymosine et 20% pepsine) est le coagulant le plus utilisé. Elle appartient à la famille des endopeptidases et possède une activité spécifique, car elle n'hydrolyse que la caséine-k pendant la fabrication des fromages (St-Gelais *et al*, 2000).

L'attaque enzymatique se fait sur la liaison peptidique 105 (phénylalanine) - 106 (méthionine) qui libère une partie hydrophile de la caséine kappa (le segment 106-169 caséine macro-peptide CMP) et une partie restante hydrophobe, la paracaséine kappa (le segment 1-105) rattachée à la micelle. Cette fraction hydrophobe forme un coagulum de micelles sous forme de gel de paracaséine par floculation et agrégation (Amiot *et al*, 2002). Lors de la libération du CMP, il se produit une diminution importante de la charge électrique des micelles et de leur degré d'hydratation (St-Gelais *et al*, 2000; Amiot *et al*, 2002).

Des liaisons hydrophobes et électrostatiques s'établissent entre les micelles modifiées, ainsi les micelles agrégées se réorganisent avec l'apparition de liaisons phosphocalciques et des ponts disulfures entre les paracaséines. Ce gel est structuré, souple, élastique, imperméable, peu friable avec un fort pouvoir de rétention d'eau permettant un relargage de sa fraction aqueuse lors de l'égouttage par synérèse. Les facteurs influençant la coagulation sont nombreux : la composition du lait, la concentration en enzymes et la température d'emprésurage, les traitements technologiques... (Vétier *et al*, 2000).

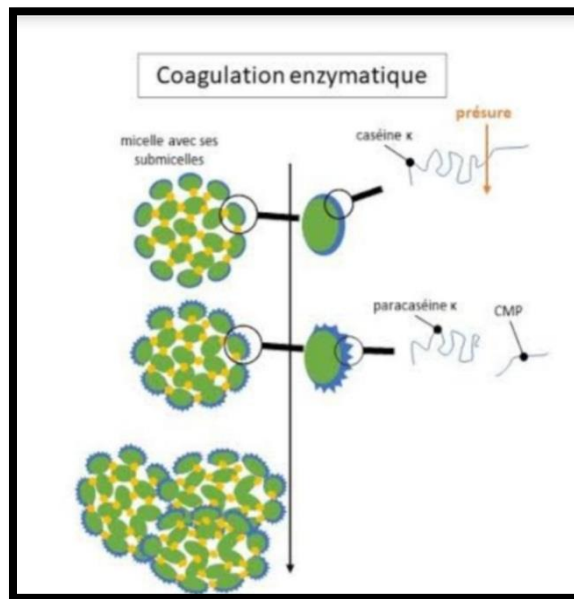


Figure 03 : coagulation enzymatique

### 1.2.1.3. Coagulation mixte

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaison conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (Romain *et al*, 2007). rature d'emprésurage, les traitements technologiques... (Vétier *et al*, 2000).

### 1.2.2. Egouttage

L'égouttage représente l'étape de concentration de certains constituants du gel par un phénomène physique actif de rétraction (synérèse) et l'évacuation passive du lactosérum liée à la porosité et la perméabilité du gel (Walstra *et al*, 1985). La synérèse est le processus qu'un fromager peut utiliser pour contrôler étroitement la teneur en humidité de son fromage et par

conséquent l'activité microbienne et enzymatique du fromage, ce qui affecte sa maturation, sa stabilité et sa qualité (Fox *et al*, 2000).

C'est un phénomène biochimique et physicochimique suivant lequel le caillé formé par voie acide ou enzymatique se contracte continuellement et expulse spontanément le lactosérum (St- Gelais *et al*, 2000). Sous l'effet conjugué de la présure, de l'acidité et de la température, les liaisons moléculaires qui se créent entre les caséines et les minéraux provoquent une contraction du réseau qui expulse l'eau et les solutés (protéines sériques, minéraux solubles, lactose, composés azotés non protéiques).

Le découpage du coagulum a pour but l'élimination plus rapide de lactosérum mais cette opération doit être chronométré avec précision puisque certains solides du lait quittent le caillé avec du lactosérum. Si ce dernier est coupé trop tôt, Le lactosérum transporte normalement des composants solubles dans l'eau, y compris le lactose, les protéines de lactosérum, les sels, les peptides et d'autres substances azotées non protéiques (Scott *et al*, 1998). Par contre, le découpage trop tard du lactosérum entraîne la rétention d'eau dans la matrice, ce qui entraîne la haute humidité du fromage. Par conséquent, les fromagers se sont efforcés depuis de nombreuses années pour identifier le temps correct de découpage du caillé. (Walstra, 1999) ont énuméré les facteurs affectant la synérèse : la fermeté du gel à la coupe; la surface du caillé; la pression appliquée; l'acidité; la température; la composition de le lait; et d'autres variables.



**Figure04 :l'égouttage**

**1.2.3. Salage**

L'ajout de sel fin ou de gros sel par saupoudrage, immersion en saumure ou le salage direct du caillé, quant il a atteint la teneur en humidité et le pH désiré, a un rôle sensoriel en donnant une saveur marquée au produit et un rôle technologique en complétant l'égouttage et en limitant l'acidification et la déminéralisation (Hardy, 1997; Khaled,2012). Le salage est une étape essentielle dans la fabrication du fromage, car le fromage non salé est pratiquement insipide (Olson, 1995). Le sel joue également un rôle majeur dans la texture, la saveur et la qualité microbienne des fromages (Kindstedt *et al*, 1989; Paulson *et al*, 1998; Fox *et al*, 2000). Celui-ci inhibe la croissance de certaines bactéries, qui sont nocifs pour le fromage et cause sa détérioration, en particulier sur la surface.

D'autre part, il permet la sélection de la flore d'affinage (Hardy, 1997). Il aide à la dissolution de la caséine et dans la formation de la croûte, ainsi qu'en ralentissant l'activité enzymatique. La teneur en sel peut également varier considérablement à l'intérieur d'un bloc de fromage en raison de la lente diffusion du sel. Par conséquent, il y a plus d'eau et moins de sel au centre d'un bloc de fromage comparé à la surface (Prentice, 1993). Cette inégalité de la distribution de sel (et de l'eau) conduit également à des variations dans les propriétés rhéologiques du fromage à l'intérieur du bloc (Visser, 1991)



**Figure 05 : le salage**

**1.2.4. Affinage**

L'affinage correspond à la digestion enzymatique des constituants du caillé égoutté qui lui confèrera à la fin une texture et une saveur caractéristique selon le type de fromage recherché (St- Gelais *et al*, 2000). Cette étape dépend de la composition et de la structure du caillé, de la durée d'affinage, de la composition. De la flore interne et de surface ainsi que du contexte

environnementale de la cave (Herbert *et al* ,1999). Plusieurs types de dégradations s'effectuent simultanément ou successivement dans un caillé en voie de maturation.

Il y a notamment la fermentation du lactose, l'hydrolyse des protéines et la dégradation de la matière grasse. Ces transformations ne s'arrêtent pas au stade primaire, car le ou les produits formés peuvent être, à leurs tours, transformés et donner naissance à de nouveaux composés, eux même susceptibles d'être repris par d'autres systèmes enzymatiques.

Les transformations que subit le caillé font évoluer sa texture et sa flaveur, qui atteindront un degré optimal après une certaine période d'affinage plus ou moins longue selon le type de fromage (St-Gelais *et al*, 2000).

Les enzymes, principaux agents de l'affinage, proviennent principalement du lait, de l'agent coagulant et des microorganismes. Les enzymes qui agissent dans l'affinage du fromage sont (St- Gelais *et al*, 2000):

- Les enzymes engagées dans le catabolisme et le métabolisme des sucres et des acides organiques;
- Les enzymes engagées dans l'hydrolyse des protéines pour libérer des peptides à longues et courtes chaînes (chymosine, plasmine, protéases microbiennes);
- Les peptidases d'origine microbienne qui scindent les peptides en acides aminés (aminopeptidases, dipeptidases, carboxypeptidases);
- Les systèmes actifs sur les acides aminés (décarboxylases, désaminases, transaminases, déméthylases) qui modifient ou décomposent les acides aminés;
- Les peptidases qui hydrolysent les triglycérides en acides gras et en di et mono glycérides ;
- Les systèmes actifs sur les acides gras ou leurs dérivés (déhydrogénases, décarboxylases) qui sont à l'origine de la formation des acides cétoniques, de méthylcétones et d'alcool secondaires



**Figure 06 : l'affinage**

### **1.3. Classification des fromages**

La classification d'un fromage, tel que défini par les normes du codex alimentaire CODEX STAN A-6-1978 est obtenue après application des trois formules suivantes :

- ❖ (Formule I): Selon la fermeté qui appartient à l'intervalle de 69 à 51 % d'où la pâte molle évolue jusqu'à la pâte extra dure, cette classification est portée selon la teneur en eau dans le fromage dégraissé (TEFD).
- ❖ (Formule II) : La deuxième classification est classée selon la teneur de la matière grasse par rapport à l'extrait sec total.
- ❖ (Formule III) : La troisième classification les fromages sont classés en trois catégories différentes selon l'affinité du fromage.

**Tableau 03** : donne la classification des fromages en fonctions des différents types de coagulations et d'égouttages (Vignola, 2002).

<b>Classification suivant le type de coagulation</b>		
	Techniques	Caractéristiques de la caillebotte
Caillé lactique	Faible quantité de présure Température de coagulation de 18-28°C Temps de coagulation entre 4 et 20h pH de décaillage 4,6-5,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riche en eau, pauvre en calcium</li> <li>• Faible cohésion</li> <li>• Durée de conservation limitée</li> </ul>
Caillé présure	Forte quantité de présure Température de coagulation de 30 à 40°C Temps de coagulation entre 20 et 60 mn pH de décaillage 6,0 à 6,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Egouttée, riche en calcium</li> <li>• Elastique et souple</li> <li>• Apte à l'affinage</li> </ul>
<b>Classification suivant le type d'égouttage</b>		
	Techniques	Caractéristiques du fromage
Egouttage lent	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en moule avec ou sans coupage</li> <li>• Séparation de sérum par filtration, ultra filtration ou centrifugation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riche en eau</li> <li>• Petit format</li> <li>• Conservation limitée à quelques semaines</li> <li>• Texture friable ou molle</li> </ul>
Pâte pressée (non cuite)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décaillage, brassage du caillé</li> <li>• Prépressage</li> <li>• Mise en moule</li> <li>• Pressage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humidité intermédiaire</li> <li>• Format restreint (environ 1 Kg)</li> <li>• Affinage de quelques mois</li> <li>• Texture souple et moelleuse</li> </ul>

# Chapitre II :

## *Les types de fromage*

## **1. Les types de fromage**

La classification des fromages sera détaillée selon le type de caillé (lactique ou présure et mixte) ainsi que selon le type d'affinage.

Il existe différents types de caillés : le caillé lactique et le caillé mixte. Le caillé lactique est obtenu grâce à une fermentation prolongée du lactose par des bactéries lactiques, ou par l'ajout d'agent acidogène dans le cas de procédés plus industriels (ex. : glucono- $\delta$ -lactone) (Miettonet *al*, 2018). Ce type de fromage contient également une faible quantité de présure (1-2 ml/ 100L de lait) (Miettonet *al*, 2018). Le caillé mixte à tendance présure résulte d'un procédé au cours duquel les voies lactiques et enzymatiques sont utilisées en parallèle. (Desmasures, 2014).

### **1.1. Les caillés lactiques**

Les fromages lactiques présentent un taux d'humidité du fromage dégraissé (HFD) élevé (80 % - 90 %) (Miettonet *al*, 2018). Ceux-ci sont obtenus par acidification via des bactéries lactiques ajoutées à une température de 20 à 28 °C pendant 12 à 18h, pour obtenir un pH final de l'ordre de 4,60 (Miettonet *al*, 2018). La famille des fromages à pâte lactique est composée de cinq sous-familles (Figure 07): les pâtes lactiques fraîches (ex. : Petit-Suisse), les pâtes lactiques enrichies fraîches (ex. : Boursin), les pâtes lactiques à croûte fleurie (ex. : Neufchâtel), les pâtes lactiques enrichies à croûte fleurie (ex. : Saint-Félicien), et les pâtes lactiques à croûte lavée (ex. : Epoisses) (Profession Fromager, 2016). Tous ces produits sont obtenus par un égouttage spontané du caillé.

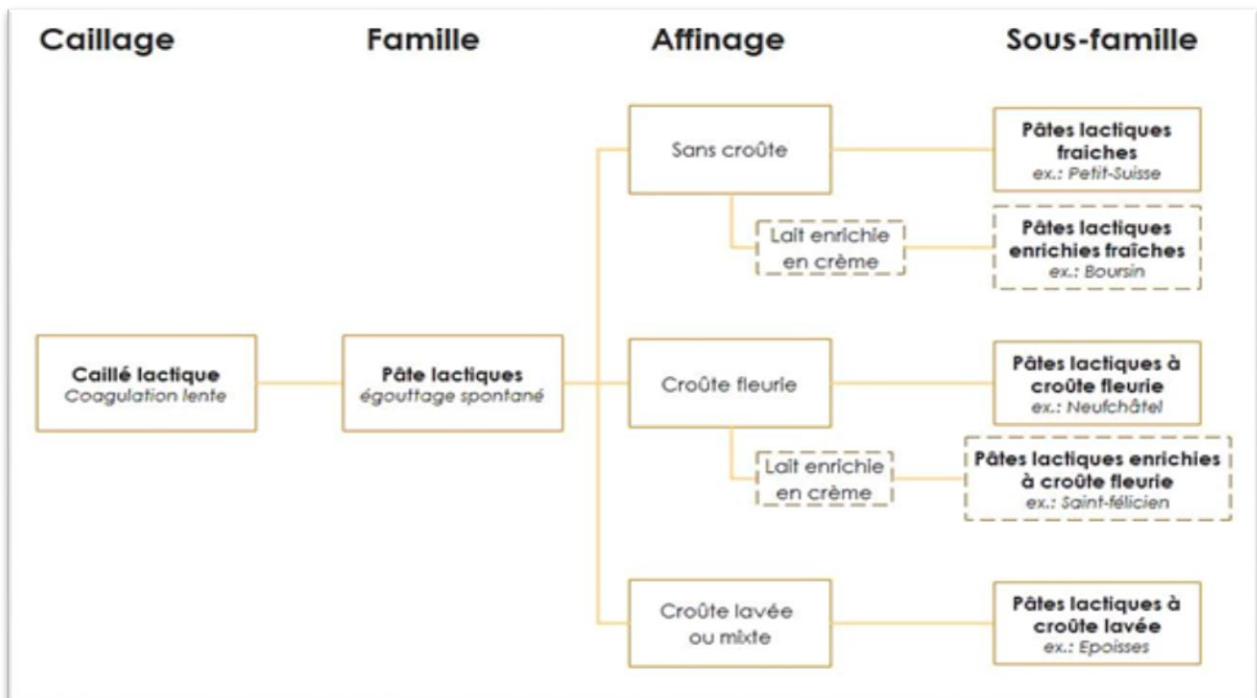


Figure 07: Les familles des fromages à partir d'un caillé lactique

(Profession Fromager, 2016).

## 1.2. Les caillés mixtes

L'ajout de présure pour obtenir le caillé mixte se fait à une température de 28 à 34 °C sur du lait acidifié au préalable par des bactéries lactiques (Miettonet *al*, 2018). Parmi les fromages à caillé mixte et présure (Figure 08), 4 familles peuvent être distinguées : les pâtes molles, les pâtes pressées non cuites, les pâtes pressées mi-cuites et les pâtes pressées cuites (Profession Fromager, 2016). La température de cuisson est le paramètre qui distingue les pâtes pressées non cuites, mi-cuites, et cuites.

### 1.2.1. Les pâtes molles

Parmi les fromages à pâte molle, quatre types d'affinages sont différenciés : sans croûte (ex. : Feta), à croûte fleurie (ex. : Camembert), à croûte lavée (ex. : Maroilles), et les bleus (ex. : Roquefort ou Gorgonzola) (Profession Fromager, 2016). Dans le cas la Feta, l'ajout de présure se fait à 32 - 34 °C et le caillage dure 45 à 50 minutes (Hayaloglu, 2017). Après coagulation, le caillé est coupé et égoutté en moules, à 16 -18 °C durant 18 à 24h. Ensuite, le fromage est démoulé, coupé en morceaux et salé à sec. Cette étape est suivie d'un salage en

saumure durant 1 à 2 jours. Le taux final en sel doit être environ à 3 %. L'affinage se déroule à 16 - 18 °C durant 10 à 15 jours. À ce stade, le pH est de 4,60. Après cette première maturation, l'humidité est inférieure à 56% et le pH se situe entre 4,40 – 4,60. La deuxième maturation se fait à 4°C durant au moins 60 jours (Hayaloglu, 2017).

Pour le Camembert, un fromage à pâte molle à croûte fleurie, la coagulation se fait à 32 – 35 °C. L'égouttage se fait durant les premières heures à 26 °C – 28 °C et diminue progressivement jusqu'à 20 °C. À ce stade, le caillé a un pH de 4,60 – 4,70. Ensuite, le fromage est salé à sec et affiné à 8 – 15 °C, avec une humidité relative d'environ 80 - 85 %, durant minimum 21 jours (Ozturkoglu-Budaket *al*, 2017; Spinnler, 2017).

Les pâtes molles à croûte lavée, telles que le Maroilles, se caractérisent par une croûte lisse, souple, de couleur jaune – orange (Goudédrancheet *al*, 2017a). Les étapes de production sont similaires au fromage à croûte fleurie, mais l'affinage implique des lavages fréquents des fromages. L'affinage dure plus longtemps que pour les croûtes fleuries, et à une humidité élevée (> 95 %). L'apport des ferments d'affinage peut se faire de différentes manières : pulvérisation, trempage ou lavage (Goudédrancheet *al*, 2017a).

Les fromages bleus sont caractérisés par la présence de moisissures en leur cœur, généralement de l'espèce *Penicillium roqueforti*. Ils présentent des gradients prononcés de pH, de sel et d'activité d'eau entre le cœur et la surface (Desmasures, 2014). Selon l'intensité d'arômes souhaitée, forte ou douce, la coagulation du lait se fait respectivement à 28 - 30 °C ou à 35 – 40 °C, et le caillé présente un pH voisin de 6,40 – 6,50 (Ozturkoglu-Budaket *al*, 2017; Miettonet *al*, 2018). L'affinage de ces fromages bleus se fait à faible température et haute humidité durant au moins trois mois (Ozturkoglu-Budaket *al*, 2017).

### **1.2.2. Les pâtes pressées non cuites**

Parmi les fromages à pâte pressée non cuite ( $T^{\circ} < 40$  °C tout au long du procédé), trois sous familles se distinguent : les souples (ex. : Reblochon), les fermes (ex. : Gouda) et les caillés broyés (ex. : Cheddar).

Le Reblochon est un fromage français pressé durant 1h à 1h30 (pression < à 20 – 30 g/cm<sup>2</sup>) (Miettonet *al*, 2018). L'affinage se déroule à une humidité relative de 90 %, durant 35 à 42 jours à 15 °C (Mounier *et al*, 2017).

Le Gouda est originaire des Pays-Bas. Après chauffage jusqu'à 36 - 38 °C et dé lactosage, les caillebottes sont pressées (pression de 100 à 200 g/cm<sup>2</sup> durant 2 à 6h) avant moulage et salage en saumure (Miettonet *al*, 2018). L'affinage du Gouda se déroule à 12 °C -14 °C dans un local ayant une humidité relative de 90 %. La durée est de minimum 6 semaines (Goudédrancheet *al*, 2017b).

La différence entre les pâtes pressées non cuites souples et fermes réside donc dans les paramètres de pressage.

Pour le Cheddar, l'emprésurage se fait à 30 - 33 °C et débute à un pH de 6,60 pour finir à 5,30 (Goudédrancheet *al*, 2017b; McSweeneyet *al*, 2017; Miettonet *al*, 2018). Après l'égouttage en cuve, le caillé est transféré dans un bac de chedarrisation où il continue son acidification et égouttage (Miettonet *al*, 2018). Les blocs de caillés sont retournés et empilés régulièrement (Everett *et al*, 2017). Le caillé est alors broyé en cossettes, salé pour atteindre une teneur de 2,0 à 2,5 % de sel, et malaxé durant 20 minutes (Miettonet *al*, 2018). Après la mise en moule, le caillé est fortement pressé (1,50 à 2 kg/cm<sup>2</sup> durant 6 à 12h) pour souder ces cossettes (Goudédrancheet *al*, 2017b; Miettonet *al*, 2018). La durée de l'affinage ainsi que sa température varient selon le degré de maturité souhaité. En général, le local est à 4 - 8 °C (parfois la température peut être de 14°C) et le Cheddar mature durant 3 mois à 2 ans (McSweeneyet *al*, 2017).

### **1.2.3. Les pâtes pressées mi- cuites**

Deux sous-familles de pâtes pressées mi-cuites peuvent être différenciées : les mi-cuites aveugles (ex. : Abondance) et les mi-cuites à ouvertures (ex. : Appenzel). L'étape de chauffage du caillé est effectuée à 40 – 50 °C. (Miettonet *al*, 2018). Le pH d'emprésurage est environ à 6,60 – 6,70 et celui au démoulage est d'environ 5,20. L'affinage du fromage Abondance dure de 6 mois à 1 an, et minimum 3 mois pour l'Appenzel (Miettonet *al*, 2018).

### **1.2.4 Les pâtes pressées cuites**

Parmi les pâtes pressées cuites, il faut distinguer celles sans trous, également appelés « yeux », (ex. : Parmesan), ou avec « yeux » (ex. : Emmental). La formation des « yeux » résulte de l'activité de certaines bactéries d'affinage (ex. : *Propionibacterium freudenreichii* pour la production de l'Emmental) (Gagnaireet *al*, 2018). Le caillé est chauffé à une température égale ou supérieure à 50 °C, le pH d'emprésurage est de 6,40 – 6,45 dans le cas du Parmesan

et de 6,55 - 6,65 dans le cas de l'Emmental (Ardöet *al*, 2017). La durée de l'affinage varie selon le fromage : dans le cas de l'Emmental, elle est de 1,5 à 3 mois ou plus pour permettre la formation d'yeux suite à l'activité enzymatique, tandis que pour le Parmesan, elle est de minimum 12 mois jusqu'à 18 mois et plus (Cotter *et al*, 2017; McSweeney *et al*, 2017; Miettonet *al*, 2018).

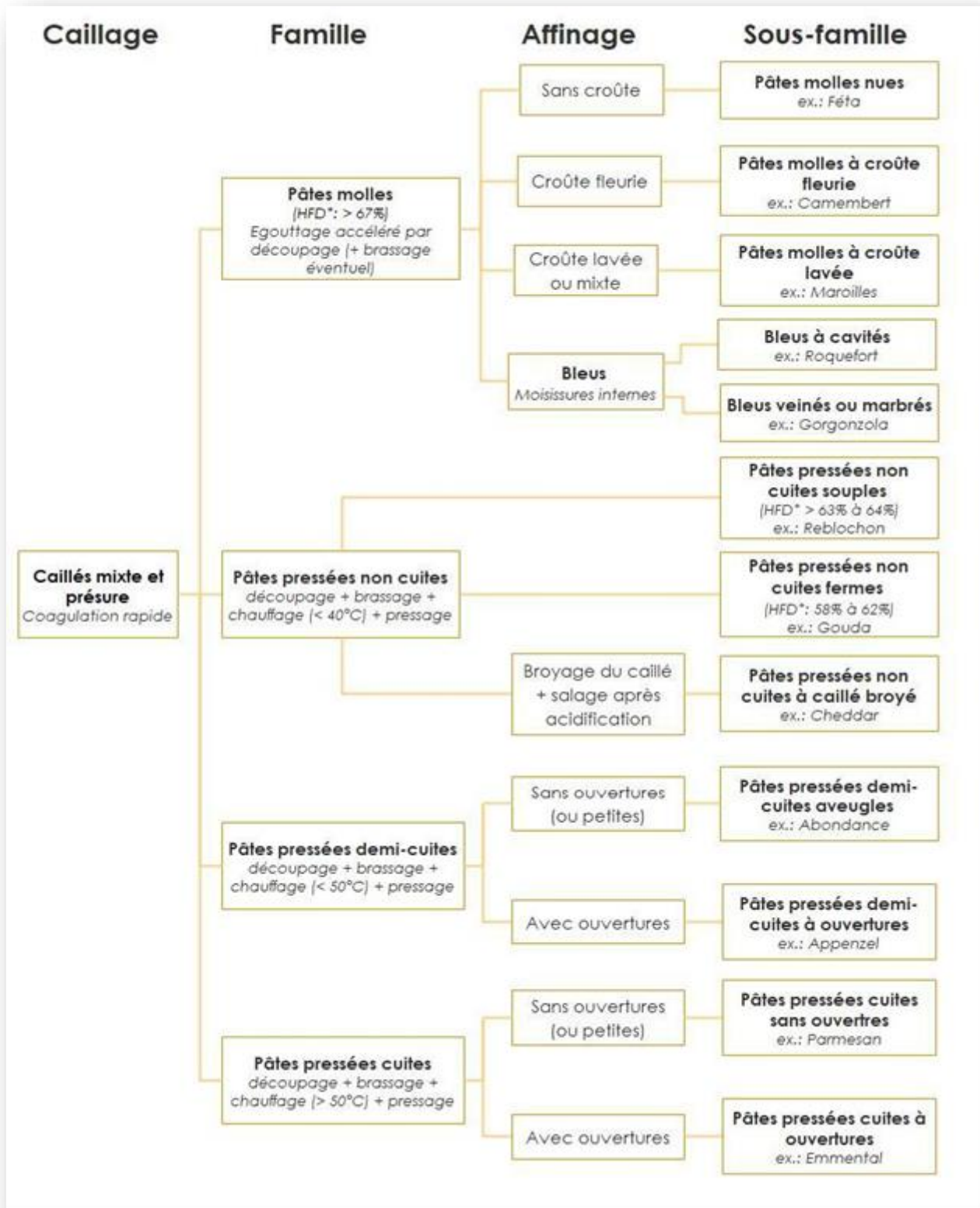


Figure 08 : Les familles des fromages à partir d'un caillé mixte (HFD\* : Taux d'humidité dans le fromage dégraissé) (Profession fromager, © Edition ADS, 2016).

**1.3. Le caillé enzymatique**

La coagulation par voie enzymatique requiert l'utilisation de présure, constituée de chymosine et d'un peu de pepsine, d'origine animale mais aujourd'hui synthétisée par des microorganismes génétiquement modifiés et par technologie de fermentation. Ces endopeptidases agissent à l'intérieur des chaînes polypeptidiques et ont une activité très spécifique (St-Gelais et TirardCollet, 2002). La phase primaire de ce type de coagulation réside en l'hydrolyse de la caséine K, stabilisatrice de la micelle, au niveau du lien PHE105-MET106 de la chaîne peptidique. Cette étape conduit à la formation de deux segments distincts : la paracaséine K ainsi que le caséinomacropéptide (CMP). Il se produit alors une diminution de la charge électrique et du niveau d'hydratation des micelles, ce qui déstabilise ces dernières qui s'agglomèrent entre elles. Lors de cette deuxième phase de la coagulation, soit l'agglomération, les micelles se rapprochent et forment un réseau par des liens hydrophobes et ioniques. Cette étape, correspondant au temps de prise, se traduit par la formation d'un gel et est facilement observable. Le temps de prise, inversement proportionnel à la quantité d'enzyme ajoutée au lait, peut être influencé par d'autres facteurs tels la température, le pH, la composition du lait de même que la durée de son entreposage (Grandison, 1986 ; Daviau *et al*, 2000 ; Mahaut *et al*, 2000).

# Chapitre III :

## *Fromages traditionnels en Algérie*

L'Algérie dispose bel et bien de traditions de fabrication des produits laitiers même si l'activité est limitée à la sphère domestique.

Les laits fermentés et fromages sont fabriqués traditionnellement, le plus souvent par les femmes à la maison (Medouniet *al*, 2004) et servent à l'autoconsommation, le surplus pouvant être vendu localement (Bencharif, 2001).

Les caractéristiques de ces fromages et des procédés de fabrication diffèrent d'une région à une autre et d'un fromage à l'autre; mais restent relativement peu exploités.

L'augmentation de la production du lait durant certaines saisons et la difficulté de sa préservation sous la forme fraîche sont deux facteurs qui ont conduit au développement des technologies de production traditionnelle algérienne (Bencharif, 2001 ; Lahsaoui, 2009). La transformation de la matière première de différentes origines (lait bovin, ovin, caprin ou camelin) en nouveaux produits avec des caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles variées (Rayeb, Lben, Zebda), ne permet pas une conservation durable. La fabrication des fromages semble la solution idéale pour améliorer la qualité sensorielle des produit laitiers et assurer une source de protéine d'origine animale pendant l'hiver vue la rareté du pâturage qui influe sur la disponibilité du lait pendant cette saison. Les fromages traditionnels algériens sont peu nombreux. Ils peuvent être classés en fromage affiné, fromage frais et fromage sec

## **1. Fromage affiné : Bouhezza**

### **1.1. La définition et la région**

Bouhezza (ou MalhDhouab ou Bou Mella) .Bouhezza est un fromage de terroir très répandu dans la région des Chaouia. Fabriqué par les femmes en utilisant une Chekoua ou DJeld confectionné auparavant pour cet usage.

La Chekoua est un sac préparé à partir de la peau de chèvre ou de brebis non fendue, traitée principalement avec du sel et du genièvre. Elle joue le rôle à la fois d'un contenant de la masse fromagère et d'un séparateur de phase (ultrafiltre) (Aissaoui, 2014)est un fromage traditionnel algérien.Les premiers résultats d'enquête sur la délimitation géographique du terroir de Bouhezza ont pu confirmer la pratique dans l'Est de l'Algérie, dans la zone des Chaouia. (AISSAOUI ZITOUN, 2004). La fabrication existe principalement dans la ville d'Oum El Bouaghi, de Batna (commune de Batna et El Maither) et à Khenchla (Kais)



**Figure 09 : Fromage Bouhezza (AISSAOUI et ZIDOUNE, 2006).**

## **1.2. La technologie de fabrication**

Ce fromage peut être fabriqué avec le lait de différentes races (chèvre, brebis ou vache), seul ou en mélange. La fabrication de Bouhezza est lancée le plus souvent avec le Lben et le sel. La fabrication est terminée par ; l'ajout du lait cru afin de corriger l'acidité et le taux de sel du fromage. Le salage est réalisé en masse. Après égouttage de la Chekoua, des ajouts successifs du Lben sont effectués. La fréquence de ces ajouts dépend, essentiellement, de la disponibilité du Lben et de la vitesse de l'égouttage (Saoudi, 2012). A la fin de fabrication, Bouhezza est épicé pour la consommation avec le piment rouge piquant. Le fromage est consommé directement ou conservé soit sous forme de pâte humide ou de poudre déshydratée après séchage au soleil. La durée de conservation est de deux semaines à plusieurs mois. Le fromage ainsi préparé assaisonnara les sauces des plats traditionnel (M'kartfa, Coucous, et Aiche) (Aissaoui, 2014). . La durée de fabrication de Bouhezza est comprise entre 2 à 9 mois, elle est en fonction de l'abondance laitière et de la taille de Chekoua.

L'étude expérimentale de Bouhezza a montré qu'il a un taux d'extrait sec proche de 36 % et un taux de Gras/Sec d'environ 30%. Selon la classification du codex alimentaire, la teneur en eau dans le fromage dégraissé donne une valeur de 71,9%, ce qui le classe dans la catégorie des pâtes molles. De ce fait, le fromage est mi- gras. Le fromage Bouhezza a un bas pH, une acidité lactique de 2 % et une teneur en sel de 2,3 % dans la matière humide. Le taux de maturation du fromage est assez important, alors c'est un fromage affiné (Aissaoui et al, 2006).

Du point de vue nutritionnel, Bouhezza peut apporter une portion d'acides gras de bonne qualité, car il renferme une quantité non négligeable en acides linoléiques conjugués. En plus, le ratio de l'acide linoléique (oméga 6)/l'acide  $\alpha$ -linoléique (oméga 3) semble être équilibré (Belbeldi, 2013).

## **2. Fromage frais ou extra-dur : Klila**

### **2.1. La définition et la région**

La klila est un fromage fermenté produit empiriquement dans plusieurs régions de l'Algérie, (Batna, Tebessa, Djelfa, Laghouat, Tiaret, Saida, Naama, El Bayadh...ect.), il est fabriqué par un chauffage relativement modéré (55 à 75 °C) du lben jusqu'à ce que le lben est caillé (10 à 15 min) (BOUADJAIB, 2013).



**Figure 10 : Fromage traditionnel de type Klila (LEKSIR et CHEMMAM, 2015).**

### **2.2. La technologie de fabrication**

Sa préparation débute par la coagulation du lait (de vache, de brebis, de chèvre ou de chamelle : suivant les régions du pays) pendant 24 à 72 h (selon la saison). L'écémage est réalisé comme suit : la chekoua est remplie à moitié de rayeb puis tendue par gonflement, bien nouée et secouée vigoureusement durant une demi-heure : la formation des globules gras (beurre) est indiquée par le changement de son qui se produit à l'intérieur de la chekoua ; pour aider l'agglomération des particules du beurre, l'eau froide est ajoutée : le beurre obtenu

est retiré manuellement en une seule motte appelé zebdabedouia ou beldia ou semnah, le petit lait restant est appelé « l’ben » (Zad, 1998)

Ce même est chauffé modérément (55°C à 75°C) jusqu’à séparation du lactosérum (10 à 15 min); la phase aqueuse (lactosérum) est séparée et le coagulum obtenu est appelé klila qui est consommé frais ou séché au soleil pendant 03 jours pour obtenir un fromage dur (le klila frais et le klila dur) et utilisé comme un ingrédient après réhydratation dans les préparations culinaires traditionnels (Mennaneet *al.*, 2007). La composition chimique du klila varie considérablement entre les différentes régions, et surtout en ce qui concerne la composition en matière grasse (Lahsaoui, 2009).

**Tableau 02 : Paramètres physico-chimiques du Klila et du Bouhazza (Lahsaoui, 2009).**

<i>Paramètres</i>	<i>Humidité</i>	<i>pH</i>	<i>Acidité D°</i>	<i>NaCl</i>	<i>Matière Grasse</i>	<i>protéines</i>
<i>Klila</i>	<i>12.53</i>	<i>4.71</i>	<i>42.24</i>	<i>0.507</i>	<i>13.843</i>	<i>53.856</i>
<i>Bouhazza</i>	<i>64.24</i>	<i>4.00</i>	<i>20.8</i>	<i>3.00</i>	<i>30.2</i>	<i>0.08</i>

Humidité (%), NaCl, matière grasse et protéines en g/100g fromage.

### **3. Fromages frais**

#### **3.1. Jben**

##### **3.1.1. La définition et la région**

Le J’ben est un produit laitier connu et consommé en Algérie depuis fort longtemps au niveau des zones steppiques et sahariennes aussi bien en milieu rural qu’en milieu urbain. Ce fromage est le produit d’une transformation des laits d’un cheptel diversifié et d’une fermentation par une flore lactique indigène. Ce fromage frais traditionnel regroupe des produits aux caractéristiques très variées issues de pratiques de fabrication différentes (Nouaniet *al.*, 2009).



Figure 11 : Jben traditionnel (KHATER et GHEFAR, 2017).

Tableau 03 : Composition de jben (ABDELLAZIZ et AIT KACI, 1992)

Composition du J'ben	Eau	Matière grasse	Protéine	Calcium
Les valeurs	65,27 %	18,72 %	13,73 %	0,14 %

### 3.1.2. La technologie de fabrication

Le jben est le produit obtenu après caillage du lait cru par voie de fermentation végétale par l'utilisation de certain plante, comme les grains de l'artichaut, celles du cardon, ou des grains de citrouille ou du lait de figuier, ce qui distingue ce fromage des autre fromages de fabrication traditionnelle, dont la technique de fermentation utilisée recourt à la présure animale (caillette de cabri ou de veau ) (DJOUHRI et MADANI, 2015).

Le lait cru de brebis ou de chèvre est mise dans une outre de peau de chèvre ou dans une jarre en terre cuite, pendant une durée de 24 à 48h, en fonction de la saison, à température ambiante. Après coagulation du lait, le caillé est collecté et enroulé dans un tissu propre puis pressé pour égouttage. une fois égoutté, le caillé est découpé en petits morceau irréguliers et exposé au soleil pour séchage complet (NAHIDA, 2013).



**Figure 12 : Etapes de fabrication du jben (ZIANI et GATTOUT, 2008).**

Le fromage frais « Jben » ne présente pas des caractéristiques définies à cause des méthodes artisanales utilisées pour sa préparation reposant essentiellement sur les connaissances acquises à partir d'une longue expérience (BOUADJAIB, 2013). Les caractéristiques physico-chimiques, les arômes et les propriétés organoleptiques du fromage dépendent de celles du lait cru qui à son tour dépend de la race des animaux et leur type d'alimentation (POZNANSKI *et al*, 2004).

Généralement, Le pH (< 4,2) et l'acidité titrable (> 0,9%) sont les paramètres les moins variables du « Jben », ce qui témoigne de la présence d'une fermentation lactique active (ABID, 2015).

Les valeurs de composition physico-chimique du jben, ne sont que des moyennes. En réalité, il existe des variations, significativement importantes de composition, d'un producteur à l'autre. Ces variations sont souvent inhérentes aux procédures différentes de préparation du jben (DJOUHRI et MADANI, 2015).

## **3.2. Takammart**

### **3.2.1. La définition et la région**

Le takammart est un fromage au lait de chèvre ou de brebis traditionnel algérien, de la région du Hoggar et du Tassili n'Ajjer, dans le Sahara algérien.

C'est une spécialité fromagère touarègue des régions du Hoggar et du Tassili. En langue berbère touarègue, le tamacheq, le mottakammart signifie « fromage ». C'est l'équivalent du mot takemmarit en tumzabt (dialecte mozabite).

C'est aussi fromage blanc sec fabriqué selon des procédés traditionnels à partir du lait frais entier de chèvre ou de brebis. Le sel n'entre pas dans le procédé de fabrication de ce fromage à l'instar des autres types de fromages de la région du Hoggar et du Tassili n'Ajjer, tels que le ioulsân. (Wikipédia, 2016).

### **3.2.2. La technologie de fabrication**

Ce fromage est traditionnellement fabriqué par l'ensemencement du lait cru de chèvre (ou de brebis) par l'ajout d'une portion de présure extraite de la caillette d'un jeune cabri ou agneau dans le lait fraîchement traité. Juste après la traite, le lait chaud est versé dans un grand vase en bois. Il est remué à l'aide d'un bâton imbibé de la présure. Pendant la coagulation, une éseber (natte de Panicum tressée avec de fines lanières de peau) est placée au-dessus d'un récipient propre, généralement une calebasse. Ensuite, des morceaux du coagulum, c'est-à-dire la masse pâteuse du caillé, appelé akrou, sont déposés sur la natte et pétris à la main afin d'égoutter le lactosérum. Les plaquettes de fromage sont exposées pour le séchage à l'air libre sur une natte de séchage appelée addabara, ou sur un châssis ou des branches d'arbres. Le séchage complet et le durcissement du fromage, soit à l'ombre, soit au soleil, est réalisé au bout d'un mois (Wikipédia, 2016)

## **3.3. Michouna**

### **3.3.1. La définition et la région**

Est un fromage largement consommé à Tébessa, notamment dans le milieu rural. C'est un fromage frais qui se fabrique à partir du lait et de Lben de vache ou de chèvre.

L'enquête a été faite par Derouiche pour montrer que Michouna est consommé par 41,1% des personnes, et cette consommation est intense dans le milieu rural (4 fois/semaine). Le pH de ce fromage est autour de 5,85. Avec un extrait sec qui varie entre 35,4% et 45,5%, sa qualité microbiologique est excellente par absence des microorganismes pathogènes recherchés (Derouiche *et al*, 2015).

### **3.3.2. La technologie de fabrication**

La méthode de fabrication de ce fromage est simple, et seulement le type des matières premières change (lait de vache ou de chèvre). Traditionnellement le Michouna est préparé avec du lait de chèvre, mais actuellement le lait de vache est fréquemment utilisé.

Le procédé commence par un traitement thermique du lait jusqu'à ébullition. Ensuite du Lben est ajouté avec du sel ; la quantité de Lben est la moitié de celle du lait L'ensemble est chauffé une deuxième fois jusqu'à la coagulation et la séparation du caillé et du lactosérum. Le caillé est séparé du lactosérum par filtration d'abord à travers un couscoussier puis dans un tissu (chéche ou mousseline) suspendu et laissé égoutter jusqu'à l'élimination totale du lactosérum. et laissé égoutter jusqu'à élimination maximale du lactosérum (une nuit) ; puis le fromage subit un pressage. Le produit fini peut être conservé jusqu'à 6 jours (Derouiche et Zidoune, 2016)

**Tableau 04 : paramètres physicochimiques du Michouna (Derouiche et Zidoune, 2015)**

<b>pH</b>	<b>Acidité (%)</b>	<b>Extrait sec total (%)</b>	<b>Humidité (%)</b>
<b>5.85 ± 0.15</b>	<b>0.65 ± 0.24</b>	<b>41.0 ± 1.0</b>	<b>59.1</b>

### **3.4. L'Ighounane ou Adghess**

#### **3.4.1. La Définition et la région**

Adghess est un fromage traditionnel frais à coagulation fermentaire du lait de vache ou de chèvre et de brebis, à préparation simple, produit dans la région des Aurès il est fabriqué à Oum El Bouaghi essentiellement dans la région rurale (Hadjeris et Hachichi, 2017). Adghess est fabriqué à partir d'un mélange de colostrum et d'œufs qui est ensuite cuit (Bendemrad, 2013).

#### **3.4.2. La technologie de fabrication**

Adghess est un fromage traditionnel frais, il est fabriqué à partir du lait de vache ou de chèvre et de brebis. Le lait subi une fermentation spontanée pendant 24h à 72h. Après la coagulation, le Rayeb subit un égouttage pendant 12h sur un tissu (Chèche) afin d'éliminer le maximum de lactosérum. Le coagulum est ensuite chauffé et additionné de sel et de jaune d'œuf. Après le chauffage, le mélange est laissé reposer environ 30 à 45 min pour compléter l'égouttage. Le coagulum imprégné de lactosérum est secoué plusieurs fois pour faciliter son exsudation. A la fin, le caillé est pressé et conservé au froid (Hadjeris et Hachichi, 2017).

### **3.5. Aghoughlou**

#### **3.5.1. La définition et la région**

Fromage frais semi-affiné (05 jours d'affinage) d'origine Berbère de la grande Kabyle et petite Kabyle.

#### **3.5.2. Technologie de fabrication**

Il est obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre coagulé par la sève du figuier (Mahamedi, 2015).

### **3.6. Aoules**

#### **3.6.1. La définition et la région**

C'est un fromage traditionnel algérien, frais du Hoggar fabriqué par les Touaregs à base de lait de chèvre.

#### **3.6.2. Technologie de fabrication**

Obtenu par le chauffage modéré du lben écrémé issu de lait de chèvre coagulé spontanément. Le chauffage est fait dans un récipient en argile jusqu'à la précipitation des caséines. Le précipité est tendu dans un panier de paille et le caillé est malaxé en petite quantité à la fois pour donner la forme d'un petit cylindre plat (2 cm d'épaisseur, 6 à 8 cm de diamètre). Le fromage est ensuite séché au soleil, broyé et peut être mélangé avec de la pâte des dattes ou avec les boissons (ABDELLAZIZ et AIT KACI, 1992).

### **3.7. Madghissa**

#### **3.7.1. La définition et la région**

Fromage fondu de la région de Chaouia (Oum el Bouaghi-Khenchla)

#### **3.7.2. Technologie de fabrication**

Il est préparé avec la klila fraîche après salage et incorporation du lait frais. L'ensemble est porté à ébullition sur feu doux jusqu'à séparation du caillé et de lactosérum.

Après refroidissement du mélange, la marmite est basculée pour éliminer le lactosérum. Le fromage ainsi préparé est une pâte jaune salée et élastique appelée Madghissa (Aissaoui Zitoun, 2003).

### **3.8. Takammarit**

#### **3.8.1. La définition et la région**

C'est un fromage connu également sous le nom de kémaria frais, fromage blanc de chèvre semi-affiné (semi-affinage de 8 à 10 jours), très répandu dans la wilaya de Ghardaïa ou la région du M'Zab.

#### **3.8.2. Technologie de fabrication**

Ce fromage est fabriqué à base du lait cru entier de vache ; de chèvre ou de brebis préalablement salé (sel de table ou alun) et chauffé à 37°C puis emprésuré par le gésier de poulet, caillette de chevreau ou fleur de cardon. Après coagulation pendant 30 minutes le caillé est découpé et égoutté dans un chèche, pour une période de 30 min jusqu'à 24h. La kémaria est mise en forme de galette est consommée avec le thé et le pain dans les occasions religieuses et les invitations spéciales et les soirées familiales (Mahamedi, 2015).

# **Partie pratique**

# **Chapitre I :**

# **Matériels et**

# **Méthodes**

## **Objectif**

Réaliser des essais de fabrication de 03 types de caillé fromager et faire une comparaison de leur qualité physico-chimique en caractérisant leur aptitude technologique de coagulation et de rendement fromager.

Adapter le lait de la ferme expérimentale à la transformation fromagère en tenant compte de sa qualité physico-chimique pour des essais au laboratoire de 03 types de caillés fromagers:

- Caillé lactique,
- Caillé mixte,
- Caillé enzymatique

## **Méthodologie**

Le travail est réalisé au niveau du Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animales LSTPA de Mostaganem.

Le protocole de la fabrication trois caillés expérimentaux est répartie en étapes :

- ❖ De préparation de lait
- ❖ De l'analyse physico-chimique des laits utilisés
- ❖ Des essais expérimentaux des trois caillés fromagers :
  - ✓ un caillé lactique
  - ✓ un caillé enzymatique
  - ✓ un caillé mixte

## **1. Matériels**

### **1.1. Ingrédients des essais**

- Ferment mésophile
- Enzyme commerciale

### **1.2. Equipements et produits**

#### **1.2.1. Produit biologique**

- Laits de vache de la ferme expérimentale

#### **1.2.2. Equipements**

- Lactoscan
- Etuve
- AMC (Agitateur Magnétique Chauffant)

## **2. Méthodes**

### **2.1. Analyses physico-chimiques des laits**

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au sein du laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animales LSTPA de l'université de Mostaganem par le biais d'un Lactoscan pour déterminer les paramètres suivants:

- La teneur en protéines
- La teneur en lactose
- pH
- La densité
- Température
- Matière grasse
- Matière sèche
- Point de congélation (cryoscopie)



**Figure13** : l'appareil Lactoscan

## **2.2. Protocole de préparation des trois caillés fromages (lactique ; enzymatique ; mixte)**

### **❖ Définition**

Le caillé est un produit solide, issu du lait par précipitation de ses caséines sous l'effet d'une substance acide ou/et de présure. C'est l'état premier de tout fromage. La partie liquide restante est le lactosérum ou petit-lait. La transformation du lait en caillé est appelée « coagulation » ou « caillage ».

### **2.2.1. Préparation de caillé lactique et caillé mixte et caillé enzymatique**

#### **a. Préparation de caillé lactique**

##### **✚ Définition**

C'est une fermentation préliminaire du lait par un ensemencement en ferment lactique (mésophile à 37°C ou thermophile à 42°C).

##### **✚ Principe**

On ajoute des ferments pour fermenter le lait et atteindre le pH iso-électrique nécessaire au caillage et à l'obtention du caillé fromager lactique.

##### **✚ Méthode**

Nous avons pris un flacon de lait de 250 ml et l'avons chauffée à 37°C, puis nous avons, ajouté 1 ml de ferment mésophile.

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

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

### **Caractéristiques de coagulation**

La coagulation lactique du lait se caractérise par trois paramètres essentiels :

- ✓ Le temps de floculation : phase primaire en coagulation lactique se fait à pH 5,30 à 5,40
- ✓ Le temps de prise : temps de floculation x 2 (en coagulation lactique se fait à pH 4,8 à 5,0)
- ✓ Le temps de coagulation totale (ou vitesse de raffermissement) : Phase secondaire = temps de prise x 4 (en coagulation lactique se fait à pH isoélectrique 4,5 à 4,6)

### **b. Préparation de caillé mixte**

#### **Définition**

Le caillé mixte c'est la combinaison entre les deux voies de la transformation du lait en un coagulum : les 02 voies sont le caillage lactique complété par un caillage enzymatique.

#### **Méthode**

Nous avons pris un flacon de lait de 250 ml et l'avons chauffée à 37°C, puis nous avons, ajouté 1 ml de ferment mésophile et 1 ml d'enzyme commerciale.

### **c. Préparation de caillé enzymatique**

#### **Définition**

C'est un mélange entre le lait et l'enzyme (commerciale ou animale ou végétale).

 **Principe**

On ajoute une enzyme coagulante de force connue pour transformer le lait en masse de coagulum compact.

 **Méthode**

Nous avons pris un flacon de lait de 250 ml et l'avons chauffée à 37°C, puis nous avons, ajouté 5 ml d'enzyme commerciale de force 1/10000.

Pour l'essai du caillé mixte et du caillé enzymatique, la coagulation du lait se caractérise par quatre paramètres essentiels :

- Le temps de floculation : phase primaire
- Le temps de prise: temps de floculation x 2
- Le temps de raffermissement ou de coagulation totale (ou vitesse de raffermissement) : Phase secondaire= temps de prise x 1,5 (à x 2)

**2.2.2. Calcul du rendement fromager**

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

$$\text{Rendement} = \text{Poids du caillé fromager} / \text{quantité en litres du lait mis en œuvre} \times 100$$

Pour pouvoir suivre l'évolution du rendement fromager, il est nécessaire de toujours peser les caillés obtenus au même stade et de comparer les caillés fromagers issus du même lait et de la même technologie.

Les valeurs obtenues du caillé fromager sont mesurées en moyenne de 03 répétitions de pesée sur le même caillé obtenu.

**2.2.3. L'extrait sec total des caillés fromagers obtenus**

L'extrait sec est le résidu sec obtenu par l'application de la méthode décrite ci-dessous et exprimée en pourcentage ou en masse.

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 du résidu, selon la méthode AOAC 926.08 (F.I.L (2018))

 **Mode opératoire**

Dans un chaque feuille d'aluminium d'échantillonnage, on pèse 10g de caillé lactique ; et 10g de caillé mixte ; et 10g de caillé enzymatique, puis on le mets dans un four à 103°C pendant 3 heures. Une fois le temps écoulé, la feuille d'aluminium est refroidie dans un dessiccateur et pesée. Cette opération est répétée jusqu'à obtention d'un poids constant.

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

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

**C0** : Masse de la feuille d'aluminium (g).

**C1** : Masse de la feuille d'aluminium + le caillé fromager (g).

**C2** : Masse de la feuille d'aluminium + le caillé fromager après dessiccation (g).

# **Chapitre II :**

# **Résultats et**

# **Discussion**

## 1. Résultats

### 1.1. Analyses physico-chimique

Les résultats des tests physico-chimiques de lait utilisé sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 05:** Résultats des analyses physico-chimiques de lait utilisé.

Moyenne des résultats des analyses physico-chimiques	pH	Matière Protéique %	Matière Grasse %	Lactose %	Densité du lait à 20°C	Extrait sec total %	Cryoscopie°C
Lait utilisé	6.67	3.27	01.07	04.53	1,032	10.56	-0,538

### 1.2. Les Temps de coagulation

Les tableaux suivant résume les temps de coagulation pour l'obtention des 03 caillés :

**Tableau 06:** Temps de coagulation pour l'obtention du caillé enzymatique

Les phases Temps	Temps de floculation	Temps de prise	Temps de coagulation
Temps (min)	16min	33min	48 min

**Tableau 07 :** Temps de coagulation pour l'obtention du caillé mixte

Les phases Temps	Temps de floculation	Temps de prise	Temps de coagulation
Temps (min)	12min	26min	54min

**Tableau 08** : Temps de coagulation pour l'obtention du caillé lactique

Les phases Temps	Temps de floculation	Temps de prise	Temps de coagulation
Temps (min)	5heures (ph=5.38)	9heures et 30 minutes (ph=4.92)	14heures (ph=4.58)

### 1.3. Le Rendement de trois caillés fromagers en %

Les résultats de Rendement de trois caillés fromagers en % sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 09**:Rendement de trois caillés fromagers en %

Les trois caillés fromagers	Caillé lactique	Caillé enzymatique	Caillé mixte
R en%	16.42	19.81	14.38

- Le rendement R % est déterminé en utilisant la formule suivante :

Rendement = Poids du caillé fromager / quantité en litres du lait mis en œuvre x 100

### 1.4. L'extrait sec total des caillés fromagers

Les résultats de l'extrait sec pour trois caillés fromager sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 08**: Extrait sec des caillés fromagers obtenus

Les trois caillés fromagers	Caillé lactique	Caillé enzymatique	Caillé mixte
ES%	28.3	21.5	26.5

- L'extrait est déterminé en utilisant la formule suivante :

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

**C0** : Masse de la feuille d'aluminium (g).

**C1** : Masse de la feuille d'aluminium + le caillé fromager (g).

**C2** : Masse de la feuille d'aluminium + le caillé fromager après dessiccation (g).

## **2. Discussion**

L'aptitude du lait à la transformation s'apprécie à partir d'une qualité du lait pour une affectation technologique appropriée (Cauty et Perreau. 2009, Cremona. 2003 ; Jakob et Hänni, 2004 ; Dahou et al., 2021). L'intérêt nutritionnel du lait réside dans sa richesse en nutriments de base (protéides, lipides et glucides). Il paraît évident que l'analyse des laits avant leur transformation et leur caractérisation sur le plan physico-chimique peuvent aider à mieux orienter les technologues sur les possibilités de leur exploitation industrielle et leur valorisation efficace.

- **La qualité physico-chimique des laits a été évaluée et les résultats sont regroupés dans le tableau**

Les moyennes des résultats obtenus décèlent la conformité physico-chimique des laits utilisés à la transformation fromagère avec un pH de 6,67 (Norme de 6,4 à 6,8), une matière protéique de 3,27% (Norme de 3,1 à 3,4%), une matière grasse du lait écrémé de 1,07% (Norme de 1 à 1,5%), une teneur en lactose de 4,53% (Norme de 4,2 à 4,7%), un extrait sec total de 10,56% (Norme de 10,5 à 12%) , une densité de 1.032 à 20°C (Norme de 1,031 à 1,034) et une cryoscopie de -0,538°C (Norme de -0,525 à -0,550 °C). Tous ces résultats sont en concordance avec la norme FIL, 2018.

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

- **Caractéristiques de coagulation**

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

- ❖ le temps de prise est inversement proportionnel à la concentration des enzymes utilisées et au pH du lait
- ❖ Par contre le taux de raffermissement et de fermeté du gel augmente avec l'ajout de l'enzyme coagulante au lait ou de l'acidification du lait.

- ❖ La température influe aussi sur la coagulation :
  - Au-dessous de 10°C ; la gélification ne se produit pas
  - Entre 10 et 20°C ; la coagulation est lente
  - Entre 30 et 42°C ; elle est progressive et meilleure
  - Au-dessus de 42°C, elle diminue et pour disparaître à 55°C

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

La composition du lait va également affecter la coagulation, surtout le taux protéique du lait.

Notre temps de coagulation partielle (temps de floculation), le temps de prise et la coagulation totale est déterminée selon le doigté du fromager par l'obtention d'une coupe franche non friable. Nos résultats concordent avec les normes FIL destinées à la transformation fromagère.

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

Nos résultats sont conformes à la norme FIL, 2018 : en effet le temps de floculation pour le caillé enzymatique est de 16 minutes (norme 10 à 20 minutes) , celui du caillé mixte est de 12 minutes ( norme 7 à 14 minutes) et pour le caillé lactique est de 5 heures (norme de 4 heures à 6 heures).

- **Détermination du rendement fromager**

Le rendement est généralement exprimé en kg de fromage obtenu à partir de 100 litres de lait ou en g pour 100 ml de lait.

***Rendement = Poids du caillé fromager / quantité en litres du lait mis en œuvre x 100***

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

Au niveau de la fromagerie, améliorer son rendement fromager commence donc tout simplement par une surveillance et une amélioration du TP.

Nos échantillons de lait de vache présentent un rendement fromager en % avec une moyenne de 16,42 % et un rendement en M.S de 28,3% pour le caillé lactique soit en dessous des normes respectives de minimum 12 % pour le rendement fromager et de minimum 19% pour le rendement en M.S.

Le caillé enzymatique a présenté une moyenne en rendement fromager en % de 19,81 % et un rendement en M.S de 21,5%.

Enfin le caillé mixte a présenté une moyenne en rendement fromager en % de 14,38 % et un rendement en M.S de 26,5%

Cette non-conformité, tenant compte des normes FAO du codex alimentarius,1996 et de la (FIL, 2018), témoigne de la faiblesse de nos laits de vache en matière minérale. En effet, la fraction minérale du lait joue un rôle important en technologie laitière et plus précisément fromagère (coagulation-synérèse et texture du caillé fromager).En effet toute fluctuation dans la répartition minérale se répercute sur les propriétés technologiques des laits et les propriétés rhéologiques du coagulum : agglomération des micelles de caséines entraînant leur déperdition au niveau du lactosérum lors de la synérèse (Desmaures, 1995 ; Eck et al ., 2006).

**conclusion**

## **Conclusion**

L'Algérie dispose d'un patrimoine culturel très intéressant dans le domaine des fromages traditionnels, même si l'activité est limitée à la sphère domestique. Malgré leur fort ancrage dans la tradition culinaire, ces produits n'ont jamais été pris à ce jour sérieusement en considération en vue de les développer particulièrement dans les régions pastorales du pays. Ces fromages de terroir à fort pouvoir culturel peuvent faire l'objet de nouvelles découvertes d'arômes et de goûts naturels variés susceptibles d'intéresser énormément les consommateurs de la région et du monde.

La promotion de ces produits reste dans notre pays tributaire de l'appui financier, de soutien technique et de recherche développement que les politiques agricoles doivent mettre en place afin de développer d'une part l'élevage extensif en Algérie et en d'autre part l'installation des petits industriels dans notamment les régions ruraux. Par ailleurs, une connaissance plus approfondie des caractéristiques (microbiologiques, nutritionnelles et diététiques) ainsi que des procédés technologiques de fabrication est plus que nécessaire pour la labellisation et la valorisation à l'échelle industriel de certain de ces fromages de terroir.

L'étude expérimentale réalisée au Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animales pour la fabrication des caillés fromagers appartenant aux 03 familles de fromage normalisées par la fédération internationale du lait « FIL » et le codex alimentarius de la FAO a donné les résultats escomptés sur les plans physico-chimiques et technologiques de la transformation fromagère des laits de la ferme expérimentale. L'appréciation des rendements fromagers et des extraits secs des caillés reste à parfaire par la caractérisation de la matière minérale et son amendement pour la conformité de ces paramètres.

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

# **Références**

# **Bibliographique**

## Liste bibliographiques

### A

**ABDELLAZIZ 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, Institut national agronomique d'El Harrach, Alger, 67 p.

**ABID Z., 2015** - Étude de l'activité antimicrobienne des souches de bactéries lactiques isolées d'un produit laitier traditionnel Algérien «Jben ». Mémoire de master, Univ. Abou BekrBelkaid, Tlemcen .

**Aissaoui Zitoun O., 2003.** Fabrication et caractéristiques d'un fromage traditionnel algérien bouhezza. Thèse de magister, INATAA, Constantine, Algérie. 138 p.

**Aissaoui Zitoun, O. (2004).** Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Bouhezza ». Mémoire de Magister. Université Mentouri - Constantine. Algérie. 134p.

**Aissaoui Zitoun O. Et zidoune M.N., 2006.** Le fromage traditionnel algérien Bouhezza. Séminaire d'Animation Régional Technologies douces et procédés de séparation. AUF-GP3A-INSAT, Tunis, Tunisie, 118-124.

**AISSAOUI ZITOUN O et ZIDOUNE M., 2006** - Le fromage traditionnel algérien Bouhezza. Séminaire d'Animation Régional Technologies douces et procédés de séparation, Tunisie, 118-124p.

**Aissaoui Zitoun, O. (2014).** Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien Bouhezza. Thèse de Doctorat. Zidoun M.N. Université Mentouri-Constantine. Algérie.173p.

**Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P. et Simpson, R. (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In Science et technologie du lait. C.L. Vignola. Montréal: Presses internationales polytechnique. P.1-74

**Ardö Y., McSweeney P.L.H., Magboul A.A.A., Upadhyay V.K. & Fox P.F., 2017.**Biochemistry of Cheese Ripening: Proteolysis. In: Cheese . Elsevier, 445-482.

## **B**

**Bencharif, A., (2001).** Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie: états des lieux et problématiques. Options Méditerranéennes. Série B. Etudes et Recherches 32: 25-45.

**Bendimerad N. (2013).** Caractérisation phénotypique technologique et moléculaire d'isolats de bactéries lactiques de laits crus recueillis dans les régions de l'Ouest Algérien. Essai de fabrication de fromage frais type «Jben».Thèse de Doctorat,Université de Tlemcen. Algérie.P149.

**Belbeldi, A. (2013).** Contribution à la caractérisation du fromage Bouhezza : contenu lipidique et vitamines. Mémoire de Magister en sciences alimentaires. Zidoun M.N. université Mentouri -Constantine. Algérie.190p.

**BOUADJAIB., 2013-** Etude physico chimique du produit laitier traditionnel du Sud algérien «Jben» recherche du pouvoir antimicrobien des bactéries lactiques. Mémoire de Master, Univ. Tlemcen, 80p.

## **C**

**Cayot, P. Et Lorient D. (1998).** Structures et technofonctions des protéines du lait.Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.281p.

**Cauty, et Perreau, 2009.** Conduite du troupeau bovin laitier. Production, Qualité Rentabilité. 2eme édition France Agricole.

**Claps, S. et Morone, G. (2011).** Produits laitiers et fromagers traditionnels de l'Algérie. In Développement de la Filière laitière et Fromagère en Algérie, CorFilac.57-77.

**Cotter P.D. & Beresford T.P., 2017.**Microbiome Changes During Ripening.In:Cheese. Elsevier, 389-409.

**Crema. (2003).** Problèmes de qualité du lait ? – Causes possibles et mesures à prendre. Brochure 1ere édition Paris. 3p.

## D

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

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

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

Effect of processing technology on the biodiversity of the bacterial flora of an industrial cheese camembert soft type. *ADVANCES IN BIORESEARCH*. Vol. 8 [6] 2017. Online ISSN 2277-1573 Print ISSN 0976-4585

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

**Daviau, C, Famelart, M. H., Pierre, A. Goudedranche, H. et Maubois, J. L. 2000.** Rennet coagulation of skimmilk and curd drainage : Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. *Lait*. 80: 397-415

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

**Desmaures N., 2014.** Mold-Ripened Varieties, *Encyclopedia of Food Microbiology*, Elsevier, 409–415

**Derouiche M. & Zidoune M.N., 2015.** Caractérisation d'un fromage traditionnel, le Michouna de la région de Tébessa, Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 27 (11)

**Derouiche M, Aissaoui zitoun W, Medjoudj H et Zidoune M N. (2016).** Consommation de lait et de produits laitiers en milieu rural de Tébessa, Algérie 2016 *Livestock Research for Rural Development* 28 (5) p13

**DJOUHRI K et MADANI S., 2015-** Etude microbiologique d'un produit laitier fermenté traditionnel (Jben) : isolement et identification des bactéries lactiques. Mémoire de Master, Univ. Ouargla, Algérie, 05 p.

## **E**

**Eck et Gillis, 2006.** Le fromage. 3eme edition : Tec et Doc, Lavoisier.Paris. 891p.

**Everett D.W. &Auty M.A.E., 2017.**Cheese Microstructure 1.In:Cheese. Elsevier, 547-569.

**Fagan C.C., O'Callaghan D.J., Mateo M.J. &Dejmek P., 2017.** The Syneresis of Rennet-CoagulatedCurd.In:Cheese. Elsevier, 145-177.

## **F**

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

**FAO, 2019.** Gateway to dairy production and products. <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/en/>

**FIL Référence ISO 707/ F.I.L octobre 2018** Normes définies pour les analyses microbiologiques et chimique des produits laitiers.

**Fox, P.F., T.P. Guinee, T.M. Cogan et McSweeney, P.L.H. (2000).** Fundamentals of Cheese Science. Aspen Publishers, Gaithersburg, MD. 587p.

**Fredot E. (2006).** Connaissance des aliments. Lavoisier. Londres- Paris-New York. P : 09-66.

## **G**

**Gagnaire V., Spinnler E. & Thierry A., 2018.** Biochimie de l'affinage: les phénomènes enzymatiques et microbiens.In:Le fromage. 429-466.

**Goudéranche H., Camier-Coudron B., Gassi J.-Y. &Schuck P., 2017a.** Partie 2: Procédés de transformation fromagère 33 (partie 2).

**Goudéranche H., Camier-Coudron B., Gassi J.-Y. &Schuck P., 2017b.** Partie 3: Procédés de transformation fromagère 33 (partie 3).

**Grandison, A. 1986.** Causes of variation in milk composition and their effects on coagulation and cheesemaking. Dairy Industries International. 12: 457-509

## **H**

**Hardy, J. (1997).** L'activité de l'eau et le salage des fromages. Le Fromage, Édition Lavoisier, Technique et Documentation. Paris. 62-85.

**Hayaloglu A.A., 2017.** Cheese Varieties Ripened Under Brine. In: Cheese. Elsevier, 997-1040.

**Herbert, S., Riaublanc, A., Bouchet, B., Gallant, D.J. et Dufour, E. (1999).** Fluorescence

**Hurtaud, C., S. Buchin, B. Martin, I. Verdier-Metz, J. L. Peyraud, Y. Noell. (2001)** La qualité des laits et ses conséquences sur la qualité des produits de transformation : quelques techniques de mesure dans les essais zootechniques.

## **J**

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

## **K**

**Kongo J.M. & Malcata F.X., 2016b.** Cheese: Chemistry and Microbiology. In: Encyclopedia of Food and Health. Elsevier, 735-740.

**Khaled, A. (2012).** Effet de traitements thermiques sur les propriétés fonctionnelles de fromages traditionnels : le cas des pâtes persillées. Agricultural sciences. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, France.

**KHATER I et GHEFAR M., 2017-** Dénombrement et caractérisation de la flore lactique et la flore de contamination du « jben » traditionnel fabriqué par des coagulants de nature végétale. Mémoire de MASTER, UNIV. Abou Beker Belkaid, Tlemcen, 15p.

**KHOUALDI, Ghania.** Caractérisation du fromage traditionnel algérien (Medeghissa). thèse de magister. université des Frères Mentouri Constantine1, 2017, p1.

**Kindstedt, P.S., J.K. Rippe, et C.M. Duthie (1989).** Application of helical viscometry to study commercial Mozzarella cheese melting properties. *Journal of Dairy Science* 72(12):312–3128.

## **L**

**Lapointe-Vignola, C.L. (2002).** Science et technologie du lait, transformation du lait. Presses inter Polytechnique. Québec. 608p.

**Lahsaoui S., 2009.** Étude du procédé de fabrication d'un fromage traditionnel Klila. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme d'Ingénieur Université El Hadj Lakhdar Batna, Département d'Agronomie.

**Lahsaoui, S. (2009).** Etude du Procédé de Fabrication du Fromage Traditionnel Klila. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie. Fahloul, D. Université de Batna. Algérie.

**Le Graet Y. et Brulé G. (1993).** Les équilibres minéraux du lait : influence du pH et de la force ionique. *Le Lait*, INRA Editions. 73 (1): 51-60.

**LEKSIR C et CHEMMAM M., 2015-** Contribution à la caractérisation du Klila, un fromage traditionnel de l'est de l'Algérie. Univ. 8 Mai 1945, Guelma.

**Leksir C. et Chemmam M. (2015).** Contribution à la caractérisation du klila, un fromage traditionnel de l'est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development*. 27 (5).

**Lucey J.A. (2008).** Some perspectives on the use of cheese as a food ingredient. *Dairy Sci. Technol.* p.1-22.

## **M**

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

**Mahaut, M., Jeantet, R. et Brûlé, G. 2000.** Initiation à la technologie fromagère. Éditions Technique & Documentation Lavoisier. Paris, France. 194pp

**Mahamedi, A. E. (2015).** Etude des qualités: hygiénique, physicochimique et microbiologique des ferments et des beurres traditionnels destinés à la consommation dans

différentes régions d'Algérie. Mémoire de Magister en Biologie. Benlahcen K. Université d'Oran. Algérie.111p.

**McSweeney P.L.H., Ottogalli G. & Fox P.F., 2017.**Diversity and Classification of Cheese Varieties: An Overview. In: Cheese. Elsevier, 781-808.

**Medouni Y Omrane B & Khader M et al., 2004.** Etude du système d'élevage et du mode d'exploitation des parcours collectifs, cas de la zone Ain Oussara (Djelfa) Algérie. SIHEAM-Option Méditerranéennes. Série A, 6 : 279-288

**Mennane Z., Khedid K., Zinedine A., Lagzouli M., Ouhssine M. & Elyachioui M., 2007.**Microbial Characteristics of Klila and Jben Traditionnal Moroccan Cheese from Raw Cow's Milk. World Journal of Dairy & Food Sciences, 2 (1): 23-27.

**Mietton B. & Chablain I., 2018.**Du lait au fromage: les fondamentaux technologiques. In : Le fromage. 321-359.

**Mounier J., Coton M., Irlinger F., Landaud S. & Bonnarme P., 2017.**Smear-Ripened Cheeses. In: Cheese. Elsevier, 955-996.

## **N**

**Nouani A., Dako E., Morsli A., Belhamiche N., Belbraouet S., Bellal M. & Dadie A., 2009.**Characterization of purified coagulant extract from artichoke flower (*Cynara scolymus*) and from the fig tree latex (*Ficus carica*) in light of their use in the manufacture of traditional cheese in Algeria. Journal of food technology (7); 20-29

## **O**

**Olson, N.F. (1995).** Cheese. In Biotechnology, Vol. 9, Eds Rehm, H.-J. et Reed, G., Weinheim, Germany: Verlag Chemie.p. 355-384

**Ozturkoglu-Budak S. & De Vries R.P., 2017.**Mold-ripened and raw milk cheeses: Production, risks, and benefits to human health, Dairy in Human Health and Disease across the Lifespan, Elsevier Inc., 353-361.

## **P**

**Paulson, B.M., McMahon, D. J. et Oberg, C. J. (1998).** Influence of sodium chloride on appearance, functionality and protein arrangements in nonfat mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*. 81(8): 2053-2064.

**POZNANSKI E., CAVAZZA A., CAPPA F., COCCONCELLI P., 2004**-Indigenous raw milk micro biota influences the bacterial development in traditional cheese from an alpine natural park. *International journal of food microbiology*, 92(2), 141

**Prentice, J.H. (1993).** Cheese rheology. In *Cheese: Chemistry, Physics & Microbiology*, Vol.1, General Aspects, Ed. Fox P.F. Elsevier Applied Science, London p.303–340.

**Profession Fromager, 2016.**La famille de fromages.

<https://www.professionfromager.com/boutique/>

## R

**Romain Jeantet, Thomas Croguennec, Pierre Schucke, Gérard Brulé. 2007 :** Science des aliments ; volume 2. Technologie des produits alimentaires, chapitre 1 du lait aux produits laitier. Edition Tec et Doc. Pp 43-50.183p.

**SSaoudi Z. (2012).** Caractérisation microbiologique et de la protéolyse du fromage traditionnel algérien Bouhezza de ferme. Mémoire de Magister. Zidoun M.N. université Mentouri Constantine. Algérie.

**Scott, R., Robinson, R.K. et Wilbey, R.A. (1998).**Cheesemaking Practice. Springer Science & Business Media.

**Spinnler H., 2017.** Surface Mold–Ripened Cheeses.In:Cheese. Elsevier, 911-928.

**St-Gelais, D. Patrik, T.C., Géatan, B. Roger, C. et Roger, D. (2000).** Fromage technologie de lait et ses dérivés.Chapitre 6.p.349-415.

**St-Gelais, D. et Tirard-Collet, P. 2002. Fromage.** In : Science et technologie du lait. Transformation du lait. Chapitre 6. Vignola, C. L. Éditions Presses internationales Polytechnique. Montréal, Québec, Canada, p. 349-415

## T

**Tsakalidou E. (2010).** Handbook of dairy products. Chapter 30. Microbial flora. uniaxial compression. Journal of Food Science 57(5):1078–1081.

## V

**Vétier, C., Banon, S., Ramet, J.P. et Hardy, J. (2000).** Hydratation des micelles de caséine et structure fractale des agrégats et des gels de lait. Le Lait .80(2): 237-246.

**Vignola C.L., 2002 :** Science et technologie du lait : Transformation du lait – Montréal : Presse internationale polytechnique 600p.

**Visser, J. (1991).** Factors affecting the rheological and fracture properties of hard and semihard cheese. Federation Internationale de Laiterie; International Dairy Federation. 268 IDF, Brussels, Belgium. 49-61.

## W

**Walstra, P., Van Dijk, H.J.M. et Geurts, T.J. (1985).** The syneresis of curd. 1. General consideration and literature review. Netherlands Milk and Dairy Journal 39: 209-246.

**Walstra, P. (1999).** Dairy technology: principles of milk properties and processes. CRC Press.

## Z

**Zad H., 1998.** Bactéries lactiques isolées de lait de Camelus dromedarius: étude microbiologique et biochimique, caractéristiques technologiques, élaboration de ferments lactiques mésophiles et fabrication de fromages. Thèse de doctorat d'état. Université de Constantine Algérie.

**ZIANI R., GATTOUT T., 2008-** Mise au point des activités antimicrobiennes des bactéries lactiques bactériocinogènes dans le fromage artisanal de type Jben de la Wilaya de Tébessa. Mémoire de Master, Université de Tébessa, 11p.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Takammart>

# **Table des matières**

## Table de matières

Remercîment .....	I
Dédicace .....	II
Résumé.....	III
Summary .....	IV
ملخص .....	V
Sommaire.....	VI
Liste des abréviations.....	VII
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des figures.....	IX
Introduction.....	1

## *Partie Bibliographique*

### Chapitre I: Généralités sur les fromages

1. Fromages.....	3
1.1.Définition du fromage .....	3
1.2.Etapes de transformation du lait en fromage .....	3
1.2.1. La coagulation.....	3
1.2.2. Egouttage .....	6
1.2.3. Salage .....	8
1.2.4. Affinage .....	8
1.3.Classification des fromages .....	10

### Chapitre II: les types de fromage

<u>1.</u>	Les types de fromage .....	12
<u>1.1.</u>	Les caillés lactiques .....	12
<u>1.2.</u>	Les caillés mixtes .....	13
<u>1.2.1.</u>	Les pâtes molles .....	13
<u>1.2.2.</u>	Les pâtes pressées non cuites .....	14
<u>1.2.3.</u>	Les pâtes pressées mi- cuites .....	15
<u>1.2.4.</u>	Les pâtes pressées cuites.....	15
<u>1.3.</u>	Le caillé enzymatique.....	18

### **Chapitre III:Fromages traditionnels en Algérie**

<u>1.</u>	Fromage affiné : Bouhezza .....	19
<u>1.1.</u>	La définition et la région .....	19
<u>1.2.</u>	La technologie de fabrication.....	20
<u>2.</u>	Fromage frais ou extra-dur : Klila .....	21
<u>2.1.</u>	La définition et la région .....	21
<u>2.2.</u>	La technologie de fabrication.....	21
<u>3.</u>	Fromages frais .....	22
<u>3.1.</u>	.Jben .....	22
<u>3.1.1.</u>	La définition et la région .....	22
<u>3.1.2.</u>	La technologie de fabrication .....	23
<u>3.2.</u>	Takammart.....	24
<u>3.2.1.</u>	La définition et la région .....	24
<u>3.2.2.</u>	La technologie de fabrication .....	25
<u>3.3.</u>	Michouna.....	25
<u>3.3.1.</u>	La définition et la région .....	25
<u>3.3.2.</u>	La technologie de fabrication .....	25
<u>3.4.</u>	L'Ighounane ou Adghess .....	26

<u>3.4.1.</u> La Définition et la région .....	26
<u>3.4.2.</u> La technologie de fabrication .....	26
<u>3.5.</u> Aghoughlou .....	27
<u>3.5.1.</u> La définition et la région .....	27
<u>3.5.2.</u> Technologie de fabrication .....	27
<u>3.6.</u> Aoules.....	27
<u>3.6.1.</u> La définition et la région .....	27
<u>3.6.2.</u> Technologie de fabrication.....	27
<u>3.7.</u> Madghissa.....	27
<u>3.7.1.</u> La définition et la région .....	27
<u>3.7.2.</u> Technologie de fabrication .....	27
3.8. Takammarit.....	28
3.8.1. La définition et la région.....	28
3.8.2. Technologie de fabrication.....	28

## ***Partie pratique***

Objectif .....	29
Méthodologie .....	29

### **Chapitre I: Matériels et Méthodes**

1. Matériels .....	30
1.1.Ingrédients des essais .....	30
1.2.Equipements et produits .....	30
1.2.1. Produit biologique .....	30
1.2.2. Equipements.....	30
2. Méthodes.....	30
2.1.Analyses physico-chimiques des laits .....	30

2.2. Protocole de préparation des trois caillés fromages (lactique ; enzymatique ; mixte) ...	31
2.2.1. Préparation de caillé lactique et caillé mixte et caillé enzymatique.....	31
2.2.2. Calcul du rendement fromager.....	33
2.2.3. L'extrait sec total des caillés fromagers obtenus .....	33

## **Chapitre II: Résultats et Discussion**

1. Résultats.....	35
1.1. Analyses physico-chimique .....	35
1.2. Les Temps de coagulation.....	35
1.3. Le Rendement de trois caillés fromagers en % .....	36
1.4. L'extrait sec total des caillés fromagers .....	36
2. Discussion.....	38
Conclusion .....	41
Liste bibliographiques .....	42