



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES

**MEMOIRE**

**Présenté pour l'obtention du diplôme de**

**MASTER ACADEMIQUE**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Option : Biochimie Appliquée**

**Thème**

**Effet du coagulant végétal (fleurs de chardon) et  
de la présure de veau sur les paramètres  
physicochimiques biochimiques d'un fromage  
traditionnels frais (*Jben*) du lait cru de chèvre.**

Présenté par :

Chenak Hadil

Zegrar Selma

Boukhiar Dalal

Soutenu le : 23/06/2024

Mémoire de Master académique soutenu devant le jury composé de :

Président : Mr. LARBAA Rabah	MCA	Université Abbès Laghrou – Khenchela
Encadreur : Mr. TABET Rachid	MCB	Université Abbès Laghrou – Khenchela
Examinatrice : Mme. BOUTERFA Soumia	MCB	Université Abbès Laghrou – Khenchela

Année 2023/2024



## *Remerciement*

*Tout d'abord, nous remercions Dieu de nous avoir donné la force*

*Et la capacité de faire ce travail.*

*Tout cela grâce à notre superviseur, le **Dr Thabet Rachid**, pour avoir accepté de mener cette étude. Son encadrement, son assistance, ses conseils et son orientation ont rendu cette étude possible.*

*Mr. LARBAA. R et Mme. BOUTERFA. S pour avoir accepté de présider et d'examiner ce comité d'arbitrage.*

*Un grand merci à nos professeurs et à tout le personnel enseignant et administratif des sciences naturelles et de la vie*

*Nous tenons également à remercier tous les membres du laboratoire pédagogique biologique pour leur aide, notamment Mme Sarah, Mme Bahia et M. Abdel Nour.*

*Nous tenons également à remercier tous les membres de la Bibliothèque des sciences naturelles et de la vie de l'Université Abbas Lagrou pour nous avoir accueillis.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui ont*

*Contribué directement ou indirectement au développement de cette méthode de travail.*

## *Dédicaces*

*Louange à Dieu qui m'a amené à ce stade de mon parcours éducatif.*

*Je présente le fruit de mon témoignage A celui qui m'a appris que le monde est un combat et que son arme est la connaissance et la compréhension.*

*A celui qui s'est battu pour mon confort et ma réussite.*

*Au plus grand homme de l'univers, mon **cher père**, que Dieu le protège.*

*À celle qui a mis le Paradis sous ses pieds et a soulagé mon malheur par ses prières.*

*À la lumière qui a éclairé mon chemin, à ma **chère mère**.*

*A ceux qui se sont réjouis de mes réussites et ont été mon meilleur soutien : mes frères **Nabil, Halim et Ezzedine**.*

*À **ma sœur** unique, mon âme sœur et ma compagne.*

*À toute la famille, notamment celle de mon oncle et de ses filles, pour tout le soutien qu'ils m'ont apporté tout au long de ces cinq années universitaires. Que Dieu les récompense de toute bonté.*

**DALAL**

# Dédicaces

*Je remercie surtout Dieu qui m'a donné la volonté de poursuivre mes études et d'atteindre cette réussite. Louange à Dieu qui m'a amené à cette étape de mon parcours éducatif.*

*Je présente le fruit de mon témoignage*

*A celui qui m'a appris que le monde est un combat et que son arme est la connaissance et la compréhension.*

*A celui qui s'est battu pour mon confort et ma réussite.*

*Au plus grand homme de l'univers, mon cher père, que Dieu le protège, il est mon bras droit*

*À celle qui a mis le Paradis sous ses pieds et a soulagé mon malheur par ses prières.*

*À la lumière qui a éclairé mon chemin, à ma chère mère.*

*À ceux qui se sont réjouis de mes réussites :*

*Mes frères **Iyad, Haythem et Islam***

*À ma chère et unique sœur, mon âme sœur et ma compagne, **Heyam.***

*À tous les membres de la famille, en particulier mon oncle Jamal, qui m'a soutenu et encouragé à étudier, que Dieu le récompense de tout le meilleur, et aux filles de la famille, **Omayma, Donia, Rania, Aya, Rayan, Amal. , et Fatima.***

*À mes collègues **Selma et Dalal**, qui ont partagé avec nous des moments de fatigue et de joie tout au long du parcours de ce travail. À tous ceux qui ont partagé mes efforts et m'ont soutenu, mes proches et amis, à mes collègues de la spécialité biochimie, car nous avons partagé chaque moment de réussite ensemble.*

*Et à tous les professeurs de la spécialité biologique, notamment les professeurs **DJEMIL Randa et KRIM Mareim** Chef spécialité, parce que ça m'a aidé pendant un moment de délégation, le professeur **LUELMI Nassima**, le professeur **BADIS Zakaria**, le professeur **THABET**, je le remercie pour son soutien continu et les efforts qu'il déploie tout au long de ce travail.*

*Je vous dédie cet humble effort*

**HADIL**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce message à celui qui m'a soutenu sans limites et m'a donné quelque chose en retour, à celui qui m'a appris que le monde est une lutte et que son arme est la connaissance et la connaissance, mon premier soutien sur mon chemin et ma force, qui sont les plus chers à mon cœur, « mon frère ou comme mon père (Jamal) ».*

*À mon côté ferme et aux espérances de mes jours, aux moments où j'ai renforcé mon soutien avec eux, et ils ont été pour moi des sources auxquelles je buvais, « **Mes frères et sœurs** ».*

*À la prunelle de mes yeux, à l'acier de mon foie et aux battements de mon cœur « **Zino, Haitham, Mahdi, Ishaq, Shihab, Nazir, Jawad,***

***AMINA Suzan, Juri, Fadwa, Ibtihaj, Sidra** »*

*À celle qui a été pour moi un nuage de pluie, à celle qui m'a encouragé et qui a fait que le don sans retour soit cher à mon cœur, « **AIDOUD farida** »*

*À mon âme sœur et ma meilleure amie, **LABOUAZDA sarah.***

*Et je n'oublierai jamais mes compagnons sur le chemin et le voyage du succès : «**CHENAK Hadil, BOUKHIAR Dalal, BELFADHEL Chahinez**».*

*Je tiens à adresser mes sincères remerciements à l'honorable Professeur **TABET.R.***

**SELMA**

# Table de matières

---

## Table des matières

### Remerciements

### Dédicaces

### Liste des tableaux

### Liste des figures

### Liste des abréviations

Introduction .....	01
--------------------	----

## Partie bibliographique

### Chapitre 01 : Généralités sur le lait

1. Définition du lait .....	3
2. Généralité sur le lait du chèvre.....	3
2.1. Composition biochimique .....	3
2.1.1. Eau .....	4
2.1.2. Lactose.....	5
2.1.3. Protéines.. ..	5
2.1.4. La matière grasse .....	7
2.1.5. Les minéraux.....	8
2.1.6. Vitamines .....	10
3. Principaux facteurs de variation de la composition du lait .....	10
3.1. Facteurs liés à l'animal.....	11
3.1.2. Stade de lactation .....	11
3.1.3. Le numéro de lactation.....	11
3.1.4. Etat sanitaire.....	12
3.2. Facteurs extrinsèques .....	12
3.2.2. L'alimentation .....	12
3.2.2. Effet saison/climat.....	13

### Chapitre 02 : les fromages traditionnels

1. Définition du fromage .....	14
2. Production fromagère :.....	14
2.1. La coagulation.....	14
2.1.1. La coagulation acide .....	15
2.1.2. La coagulation enzymatique .....	16
2.2. Égouttage.....	17
2.3. Le salage .....	18

## **Table de matières**

2.4. L'affinage.....	18
3. Présure et ses succédanés .....	18
3.1. La présure.....	19
3.2. Les succédanés de la présure.....	19
3.2.1. Protéases d'origine végétale.....	20
3.2.2. Protéases d'origine microbienne .....	20
3.2.1.1. Protéases d'origine bactérienne.....	20
3.2.1.2. Protéases d'origine fongique.....	21
3.2.3. Chymosine recombinante.....	21
4. Principaux fromages traditionnels Algérien.....	22
4.1. <i>Bouhazza</i> .....	22
4.2. <i>Takammart</i> .....	23
4.3. <i>Klila</i> .....	23
4.4. <i>Madghissa</i> .....	24
4.5. <i>Mechouna (Chnina)</i> .....	24
4.6. <i>Jben</i> .....	25

### **Partie expérimentale**

#### **Chapitre 01 : Matériel et méthodes**

1. Matériel.....	26
1.1. Matériel non biologique .....	26
1.2. Matériel biologique .....	26
1.2.2. Coagulants.....	26
2. Méthodes.....	27
2.1. Fabrication du fromage .....	27
3. Analyses physico-chimiques.....	28
3.1. Détermination du pH.....	28
3.2. Détermination de l'acidité titrable .....	28
4. Analyses biochimiques.....	29
4.1. Détermination de la matière sèche .....	29
4.2. Détermination de la matière grasse .....	29
4.3. Détermination de l'azote total par la méthode kjeldahl .....	30
4.3.1. La minéralisation.....	30
4.3.2. La distillation .....	31
4.3.3. La Titration .....	31

## *Table de matières*

4.4. Détermination des cendres .....	31
5. L'activité antioxydante.....	32
6. Analyse statistique .....	32

### **Chapitre 02 : Résultat et discussion**

1. Analyses physicochimiques .....	33
1.1. pH.....	33
1.2. L'acidité .....	34
2. Analyses biochimiques .....	35
2.1. Matière sèche .....	35
2.2. La teneur en matière grasse.....	36
2.3. La teneur en protéines .....	37
2.4. La teneur en cendres.....	38
3. L'activité antioxydante .....	39
<b>Conclusion :</b> .....	41
<b>Résumés</b> .....	42
<b>Références bibliographiques</b> .....	45
<b>Annexes</b>	

## *Liste des tableaux*

---

### **Liste des tableaux :**

<b>Tableau 1</b> : Composition biochimique du lait de chèvre .....	4
<b>Tableau 2</b> : Composition en protéines du lait de chèvre.....	6
<b>Tableau 3</b> : Composition en acides gras des lipides (g/100g) du lait de chèvre.. ..	8
<b>Tableau 4</b> : Composition du lait de chèvre en minéraux. ....	9
<b>Tableau 5</b> : Composition du lait de chèvre en vitamines .....	10
<b>Tableau 6</b> : Résultats des analyses physico-chimiques du fromage ( <i>Jben</i> ).....	33
<b>Tableau 7</b> : Résultats des caractéristiques biochimiques du fromage ( <i>Jben</i> ).....	35

## *Listes des figures*

---

### **Liste des figures :**

<b>Figure 1</b> : Structure en éponge de la micelle de caséine .....	7
<b>Figure 2</b> : Schématisation du processus intervenant lors de la coagulation acide des caséines du lait.....	15
<b>Figure 3</b> : Schématisation du processus intervenant au cours de la coagulation enzymatique des caséines du lait .....	17
<b>Figure 4</b> : Fromage <i>Bouhezza</i> .....	23
<b>Figure 5</b> : Fromage <i>Klila</i> .....	24
<b>Figure 6</b> : Fromage <i>Mechouna</i> .....	25
<b>Figure 7</b> : Diagramme représentant le procédé de la fabrication de fromage traditionnel ( <i>Jben</i> ). .....	28
<b>Figure 8</b> : Le pH dans le fromage traditionnel ( <i>Jben</i> ).....	34
<b>Figure 9</b> : Résultats de l'acidité pour le fromage traditionnel ( <i>Jben</i> ). .....	35
<b>Figure 10</b> : La teneur en matière sèche dans le fromage traditionnel ( <i>Jben</i> ).....	36
<b>Figure 11</b> : la teneur en Matière grasse dans le fromage traditionnel ( <i>Jben</i> ).....	37
<b>Figure 12</b> : La teneur en protéines dans le fromage traditionnel ( <i>Jben</i> ). .....	38
<b>Figure 13</b> : La teneur des cendres dans le fromage traditionnel ( <i>Jben</i> ). .....	39
<b>Figure 14</b> : La teneur de l'activité antioxydante dans le fromage traditionnel ( <i>Jben</i> ).....	40

## *Liste des abréviations*

---

### Liste des abréviations :

**AT** : Azote totale

**Ca**: Calcium

**CMP**: Caséine -macro-peptide

**°D**: Degrés Dornic

**DPPH**: (2,2Diphényl-1-picrylhydrazyl)

**E** : Echantillon

**FPA** : Fromage à présure animal

**FCV** : Fromage à coagulant végétal

**g** : Gramme

**H3 BO3** : Acide borique

**HCl**: Acide Chlorhydrique

**IDF**: International Dairy Federation

**ISO**: International Standardization Organization

**IU** : unité internationale

**Kg** : Kilogramme

**L** : Litre

**M** : Masse

**Mg** Magnésium

**MG** : Matière grasse

**MS** : Matière sèche

**N** : Normalité

**Na** : Sodium

**NaCl** : Chlorure de sodium

**NaOH** : Hydroxyde de sodium

**P** : Phosphor

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**T°** : Température

# *Introduction*

### **Introduction**

La transformation du lait en fromage est très fréquente dans le monde où il existe une très grande variété de celui-ci (Eck 1987). Le fromage est connu depuis des temps immémoriaux par la plupart des cultures à travers le monde. Les indigènes le fabriquent par l'utilisation des procédures purement traditionnelles (sans addition de levains) pendant des siècles. Cette technologie de fabrication a été par la suite transférée d'un pays à l'autre au temps que les hommes se déplaçaient à travers le monde (Lahsaoui, 2009).

Les produits laitiers indigènes y compris 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 (Licirta, 2010).

En Algérie, la consommation de produits laitiers locaux, dont le fromage, est une tradition ancienne, mais elle est en train de disparaître en raison de l'industrialisation de la majorité des méthodes traditionnelles de préparation de nombreux produits indigènes ainsi que, l'exode rural qui a provoqué la disparition de traditions ancestrales comme la fabrication traditionnelle de ces produits (Medjoudj et al., 2020).

D'autre part, La plupart de ces fromages sont produits à l'aide de diverses techniques de fabrication et de différentes sources du lait cru. La chèvre, qui représente une tradition en matière d'élevage et de consommation chez la société algérienne, figure parmi les ressources susceptibles pour produire de tels fromages notamment traditionnels (*Jben, Klila, Michouna, Bouhezza, Takammart et Madghissa...*). Le *Jben* fait partie des variétés traditionnelles de fromage les plus connues, dont le mode de production reste encore utilisé aujourd'hui et sa consommation augmente en raison de ses propriétés sensorielles et nutritionnelles agréables (Dahou et al., 2015).

Dans la production traditionnelle de *Jben*, Le lait utilisé doit être frais et entier, où le lait de ruminants (vache, brebis et de chèvre) est la principale matière première utilisée. La préparation traditionnelle de *Jben* commence toujours par la filtration de la matière première afin d'éliminer toutes les impuretés à travers un tissu (mousseline). Le lait est chauffé près d'une source de chaleur à feu doux pendant une dizaine de minutes. La

fabrication de ce fromage nécessite la coagulation enzymatique du lait. Le coagulant peut être d'origine végétale par l'utilisation de plusieurs plantes telles que les fleurs de chardon (*Cynara cardunculus L.*), la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus*) et feuilles de figuier (*Ficus carica*). Ou encore un coagulant d'origine animale, le plus fréquemment utilisé dans la région en Algérie est le morceau de caillette appelé dans certaines régions par les Douth. Sachant que, le coagulant est macéré dans le lait tiède ; la coagulation s'effectue à température ambiante pendant 10 à 15 minutes à feu doux (Derouiche et al., 2017).

Une fois la coagulation terminée, le coagulant est éliminé et le caillé formé est transféré à la louche dans les passoirs (couscous) pour le séparer du lactosérum. Le produit peut être ensuite salé. La quantité de sel ajoutée dépend de la quantité de lait utilisé. L'égouttage et le moulage peuvent être effectués en même temps par des moules spécifiques ; cette opération peut être renforcée au moyen d'un pressage qui permet d'éliminer le sérum emprisonné dans le caillé mais également d'augmenter la cohésion du fromage (Derouiche et al., 2017).

Les informations sur sa technologie de fabrication sont encore très limitées, de ce fait, il est important d'optimiser son procédé de fabrication et de déterminer les caractéristiques physicochimiques et biochimiques de ce fromage. Pour répondre aux objectifs fixés, notre manuscrit sera structuré en trois chapitres. Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique constitué de deux parties (le lait de chèvre et les fromages traditionnels). Le deuxième chapitre présente le matériel utilisé et les différentes méthodes d'analyse, alors que, Le troisième chapitre est consacré aux résultats et discussions de différentes caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et activités antioxydante des échantillons analysés du fromage traditionnel (*Jben*) suivie par la conclusion et les perspectives de cette étude.

# *Chapitre 01 : Généralités sur le lait*

## **1. Définition du lait**

D'après le congrès international de la répression des fraudes en 1909, le lait est le produit intégral de la traite totale ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum. (Bourgeois et Larpent, 1996)

Le lait est un liquide alimentaire, opaque blanc mat, légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre, à l'odeur peu marquée et au goût douceâtre, sécrété, après parturition par la glande mammaire des animaux mammifères femelles, pour nourrir leurs nouveaux nés (Marcel, 2007).

## **2. Généralités sur le lait du chèvre**

Le lait est un liquide physiologique complexe sécrété par les glandes mammaires des femelles des différentes espèces mammifères pour nourrir leurs petits. Ces laits présentent les mêmes caractéristiques que les autres laits (vache, brebis) et contiennent les mêmes nutriments (eau, protéines, lactose, matières grasses, vitamines et minéraux) (Alais, 1998 ; Chilliard et Sauvant, 1987 ; Mahe, 1986).

Le lait de chèvre est considéré comme étant l'un des plus complets et des mieux équilibrés (Doyon, 2005 ; Jenot et al., 2000). Une bonne connaissance des caractéristiques de ce lait et de sa valeur nutritionnelle pourrait faire de ce dernier un bon substitut du lait de vache (Wehrumuller et Ryffel, 2007).

En plus des caractéristiques précitées, le lait de chèvre est intéressant du point de vue nutritionnel et dit très digeste. Ce lait contient une bonne quantité de lipides, de protéines assimilables et moins de lactose que le lait de vache (Boulangier, 1984 ; Park, 2006). En plus de la faible quantité en lactose, la digestibilité de ce lait est due au petit diamètre des globules gras qui le composent, ainsi, qu'à la présence d'acides gras à courte et moyenne chaîne tels que l'acide caproïque, caprylique et caprique responsables de sa saveur spécifique (Alférez et al., 2006 ; Haenlein, 1992)

### **2.1. Composition biochimique**

Le lait de chèvre est constitué essentiellement d'eau où sont dissous d'autres éléments tels que le lactose, les protéines (caséines, albumines et globulines), les minéraux et les vitamines. À cette phase aqueuse vient s'ajouter des éléments non solubles, et, qui sont les lipides sous forme de triglycérides (Adrian, 1987).

Plusieurs travaux ont été menés sur la composition du lait de chèvre, ainsi, différents résultats ont été obtenus. Ces différences en composition laissent ce type de lait destiné à la fabrication de multiples fromages et d'autres produits dérivés (Paciovski et al., 2015) (Tab.1).

**Tableau 1 :** Composition biochimique du lait de chèvre (Claeys et al., 2014)

<b>Composés</b>	<b>Teneur (%)</b>
<b>Matière sèche totale</b>	11.9- 16.3
<b>Protéines</b>	3- 5.2
<b>Matière grasse</b>	3 -7.2
<b>Lactose</b>	3.2- 5
<b>Minéraux</b>	0.7- 0.9
<b>Ca (mg /100ml)</b>	85- 198
<b>P (mg /100ml)</b>	79- 153
<b>K (mg /100ml)</b>	140- 242
<b>Mg (mg /100ml)</b>	10- 36
<b>Na (mg /100ml)</b>	28 -59
<b>Fe (mg /100ml)</b>	0.05- 0 .1
<b>Zn (mg /100ml)</b>	0.4- 0.6
<b>Cu (mg /100ml)</b>	0.02- 0.05
<b>Thiamine (vit. B1) (µg /100ml)</b>	40-68
<b>Riboflavine (vit. B2) (µg /100ml)</b>	110-210
<b>Niacine (vit. B3) (µg /100ml)</b>	187-370
<b>Acide pantothénique (vit. B5) (µg /100ml)</b>	3-10
<b>Pyridoxine (vit. B6) (µg /100ml)</b>	7-48
<b>Biotine (vit. B7) (µg /100ml)</b>	1.5-3.9
<b>Acide folique (vit. B9) (µg /100ml)</b>	0.2-41
<b>Cobalamine (vit. B12) (µg /100ml)</b>	0.06-0.07
<b>Acide ascorbique (vit .C) (µg /100ml)</b>	900-1500
<b>Vitamine A (µg /100ml)</b>	50-68
<b>Cholécalciférol (vit. D3) (µg /100ml)</b>	0.2-5

### 2.1.1. Eau

L'eau est le constituant le plus important et représente plus de 80%. Elle permet l'homogénéisation des autres composants solubles en les gardant ainsi en solution. L'eau a

un rôle technologique intéressant dans la production des produits laitiers glaciers. Une fois le point de congélation atteint elle se transforme en cristaux en augmentant le volume du produit (Amiot et al., 2002).

Plusieurs valeurs ont été attribuées à la proportion en eau du lait de chèvre ; elle est estimée de 83,63% (Boumendjel et al., 2017) à 86,3% (Mukhekar et al., 2017). En somme, elle est située dans un intervalle allant de 83,7 à 88,1% (Claeys et al., 2014).

### **2.1.2. Lactose**

Le lactose est le sucre caractéristique du lait, son pourcentage est légèrement inférieur dans le lait de chèvre, par rapport au lait du vache. Le lactose est un disaccharide constitué d'une unité galactose et d'une unité glucose, le  $\beta$ -D- galactopyranosyl (1-4) D glucopyranose,  $\alpha$  ou  $\beta$  (Amiot et al., 2002).

Le lait de chèvre contient aussi des oligosaccharides à raison de 250 à 300 mg/l (Martinez Ferez et al., 2006). Les oligosaccharides ont une action anti inflammatoire très intéressantes ce qui valorise d'avantage le lait de chèvre (Daddaoua et al., 2006).

### **2.1.3. Protéines**

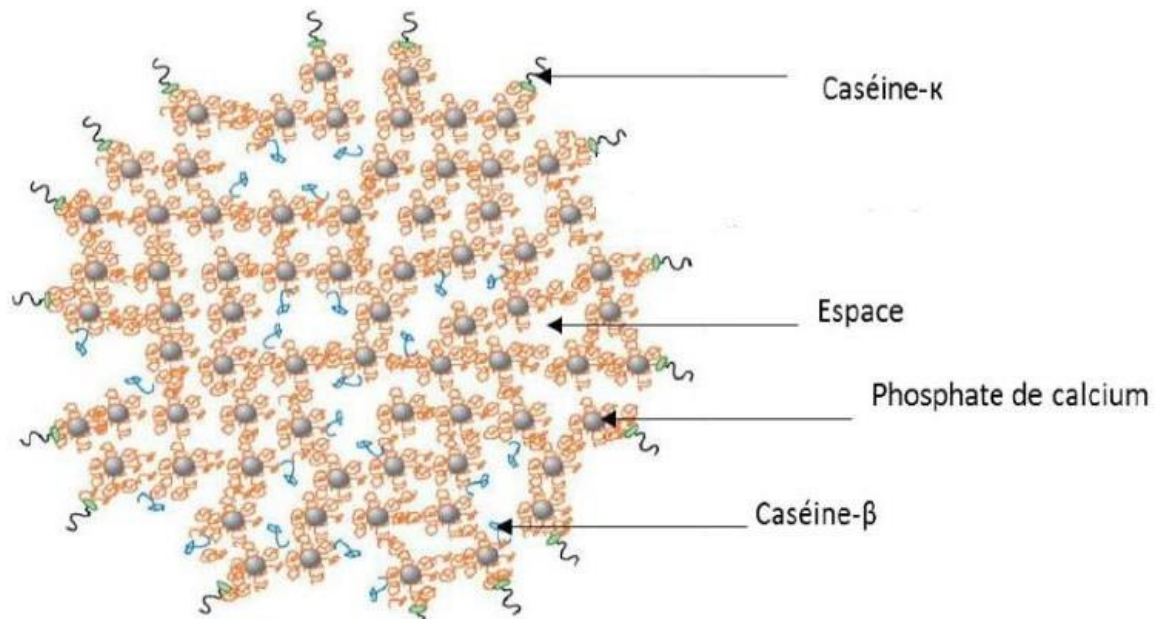
La teneur en protéines du lait varie en fonction de facteurs tels que l'espèce, la race, le génotype, le stade de lactation et l'aliment. La teneur en protéines du lait de chèvre est similaire à celle du lait de vache et varierait entre 2,6 et 4,8 % (21 ; 25). Les principales protéines de lactosérum sont l' $\alpha$ -lactalbumine ( $\alpha$ -la) et la  $\beta$ -lactoglobuline ( $\beta$ -lg), tandis que la fraction caséine est constituée d' $\alpha$ s1-,  $\alpha$ s2-,  $\beta$ - et  $\kappa$ -caséine et ensemble, ces protéines représentent plus de 95 %. Plusieurs protéines mineures présentes dans le lait comprennent les immunoglobulines, l'albumine sérique, le lysozyme, la lactoferrine, la transferrine, la prolactine, la lactoperoxydase, la lipoprotéine lipase (LPL), entre autres (26 ; 27). D'autre part, la teneur en  $\alpha$ -lactalbumine est supérieure dans le lait de chèvre alors que la teneur en  $\beta$ -lactoglobuline est inférieure (Amiot et al., 2002).

Les caséines sont les protéines les plus présentes dans le lait de chèvre et qui ont un rôle technologique très recherché (Lopez Aliaga et al., 2010). D'autre part, ce lait contient plus de caséine  $\alpha$  s 2 (Chandan et al., 1992), de  $\beta$  caséine et moins de caséine  $\alpha$  s 1 (Park et al., 2006 ; Trujillo, 1997) que dans le lait de vache. Ces propriétés surtout celles liées à la caséine  $\alpha$  s 1 laissent ce lait favorable à la fabrication fromagère (Ambrosoli et al., 1988) (**Tab.2**).

**Tableau 2** : Composition en protéines du lait de chèvre (Barth et Behnke, 1997 ; Mora Gutierrez et al., 1991 ; Park et al., 2007)

<b>Protéines totales (g/kg)</b>	<b>37.20-</b>
<b>Caséines totales (g/kg)</b>	24
<b>Caséine <math>\alpha</math>-s1(%des caséine totales)</b>	5.60
<b>Caséine <math>\alpha</math>-s2(%des caséine totales)</b>	19.20
<b><math>\beta</math>- caséines (%des caséine totales )</b>	54.80
<b>Caséine kappa (%des caséine totales)</b>	20.40
<b>Protéine du lactosérum (g/kg)</b>	7.40
<b><math>\alpha</math>-Lactoalbumine (% des Protéine du lactosérum)</b>	24
<b><math>\beta</math> -Lactoalbumine (%des Protéine du lactosérum)</b>	53.70
<b>Protéines secondaires du lactosérum (%des Protéine du lactosérum)</b>	22.30

Les monomères de caséine ; les caséines  $\alpha$ s1-,  $\alpha$ s2-,  $\beta$ - et  $\kappa$  possèdent des propriétés moléculaires uniques qui expliquent pourquoi elles sont présentes sous une forme agrégée, les micelles de caséine, dans le lait. Les caséines  $\alpha$ S1,  $\alpha$ S2 et  $\beta$  sont sensibles au calcium avec lequel elles sont en interaction par leurs résidus phosphosérine. Il permet des associations entre assemblages de caséines  $\beta$  et de caséines  $\alpha$ S ou des assemblages mixtes formés par des caséines  $\beta$  et  $\alpha$ S (De Kruif et Zhulina, 1998 ; Qi, 2007).). La caséine  $\kappa$  est insensible au calcium en raison de son faible degré de phosphorylation et c'est pourquoi cette caséine est située à l'extérieurde la micelle de caséine (Holt et Horne, 1996) (**Fig.1**).



**Figure 1** : Structure en éponge des micelles de caséine (Dalgleish et Corredig, 2012)

#### 2.1.4. La matière grasse

La teneur en matières grasses du lait de chèvre est quelque peu similaire à celle du lait de vache environ 4 %, mais comme le lait de vache, il varie en fonction de facteurs tels que le stade de lactation, la production laitière, l'alimentation, la race, etc. La matière grasse du lait de chèvre ne contient pas de caroténoïdes, raison de sa couleur plus blanche. Ce lait est composé de lipides en émulsion sous forme de globules. Ces globules sont légèrement plus petits, le diamètre moyen est d'environ 2  $\mu\text{m}$  comparativement à 3-4 $\mu\text{m}$  pour le lait de vache.

La matière grasse du lait est constituée de 98% de triglycérides, eux-mêmes constitués d'acides gras. Cette composition en acides gras est particulière dans le lait de chèvre par rapport au lait de vache, le lait de chèvre est riche en acides gras saturés à courte et moyenne chaîne ainsi que des acides gras polyinsaturés (Park, 2006) (**Tab.3**).

Les lipides de lait de chèvre sont une composante importante de la qualité technologique et diététique des produits laitiers caprins. Ils peuvent modifier le rendement de transformation (fromage) et les caractéristiques organoleptiques des produits laitiers.

**Tableau 3** : Composition en acides gras des lipides (g/100g) du lait de chèvre (Haenlein, 2004 ; Nunez Sanchez et al., 2016).

<b>Acide gras</b>	<b>Lait de chèvre</b>
<b>Acide butyrique (C4 :0)</b>	0.13
<b>Acide caproïque (C6 :0)</b>	0.09
<b>Acide caprylique (C8 :0)</b>	0.1
<b>Acide caprique (C 10 :0)</b>	0.26
<b>Acide laurique (C12 :0)</b>	0.12
<b>Acide myristique (C14 :0)</b>	0.32
<b>Acide palmitique (C16 :0)</b>	0.91
<b>Acide stéarique (C18 :0)</b>	0.44
<b>Total triglycérides à moyenne chaîne</b>	0.89
<b>Total des acides gras saturés</b>	2.67
<b>Acide palmitoléique (C16 :1)</b>	0.08
<b>Acide oléique (C18 :1)</b>	0.98
<b>Total des acides gras mono-insaturé</b>	1.11
<b>Acide linoléique (C18 :2)</b>	0.11
<b>Acide linoléinique (C18 :3)</b>	0.04
<b>Total des acides gras polyinsaturés</b>	0.15

**2.1.5. Les minéraux**

Les minéraux ne sont pas produits par le corps lui-même et doivent donc entrer dans l'organisme par le biais de l'alimentation. Les teneurs varient légèrement en fonction du

stade de lactation, des races, de la saison et de l'alimentation. L'intérêt du lait de chèvre réside essentiellement en sa richesse en calcium (120 mg/100ml) particulièrement bien absorbée (du fait notamment de la présence dans le lait de protéines, de peptides, de lactose...) et en phosphore (FID, 2008). La proportion des minéraux de ce lait est très importante, elle varie de 0,7 à 0,85% (Silanikove et al., 2010) (**Tab.4**).

En général, en ce qui concerne la composition minérale du lait de chèvre, les niveaux mesurés des principaux éléments et l'utilisation nutritionnelle sont les meilleurs que le lait de vache (Boza et al., 1997 ; Haenlein, 2001 ; Moereno, 1995).

**Tableau 4 :** Composition du lait de chèvre en minéraux (mg/100g) (Park et al., 2007)

<b>Minéraux (mg)</b>	<b>Lait de chèvre</b>
<b>Ca (mg)</b>	134
<b>P (mg)</b>	121
<b>Mg (mg)</b>	16
<b>K (mg)</b>	181
<b>Na (mg)</b>	41
<b>Cl (mg)</b>	150
<b>S (mg)</b>	28
<b>Fe (mg)</b>	0.07
<b>Cu (mg)</b>	0.05
<b>Mn (mg)</b>	0.032
<b>Zn (mg)</b>	0.56
<b>I (mg)</b>	0.022
<b>Se (µ134g)</b>	1.33

### 2.1.6 Vitamines

La composition vitaminique du lait de chèvre est comparable à celle du lait humain mais, il se distingue par des teneurs supérieures en vitamines B1, B2, B3, B6 et B8, il est très riche en vitamine B3 par rapport au lait de vache, alors qu'il est particulièrement plus pauvre en vitamines C, D, pyridoxine, B12 et acide folique (Amiot et al., 2002) (**Tab.5**).

**Tableau 5** : Composition du lait de chèvre en vitamines par rapport à 100g (Park et al., 2007).

Vitamine	Lait de chèvre
Vitamine A(UI)	185
Vitamine D(UI)	2.3
Thiamine (mg)	0.068
Riboflavine (mg)	0.21
Niacine (mg)	0.27
Acide pantothénique (mg)	0.31
Vitamine B6 (mg)	0.046
Acide folique (µg)	1
Biotine (µg)	1.5
Vitamine B12 (µg)	0.065
Vitamine C (mg)	1.29

### 3. Principaux facteurs de variation de la composition du lait

La composition des différents laits d'animaux varie considérablement d'une espèce à l'autre, mais aussi à l'intérieur d'une même espèce, voire à l'intérieur des types ou des races d'espèces identiques (Siboukeur, 2008).

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus. Selon Pougheon (2001), la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs. Ces facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit

à l'animal (facteurs génétique, stade de lactation, état sanitaire...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation).

### **3.1. Facteurs liés à l'animal**

#### **3.1.1. Facteurs génétiques**

Les facteurs génétiques agissent davantage sur la composition chimique du lait que sur la quantité produite. Le coefficient d'héritabilité des teneurs en matières grasses et en protéines varie de 0,45 à 0,70 ; alors que celui de la quantité de lait est de l'ordre de 0,25 (Coulon et al., 1988). D'une manière générale, les races les plus laitières présentent des taux butyreux et protéiques les plus faibles. Ce qui justifie le choix des éleveurs qui se détournent des races ayant un lait riche au profit de celles ayant une production élevée. Le choix d'une race reposant sur un bilan économique global qui tient compte de la composition du lait mais aussi des critères de fertilité ou de l'aptitude bouchère. (Barillet et al., 1987).

#### **3.1.2. Stade de lactation**

La composition du lait est influencée par le stade de lactation. Certains auteurs ont mis en évidence des variations dans les teneurs en matières grasses et en protéines. Agabriel et al. (1990) et Rémond et al. (1987) rapportent que les teneurs en matières grasses et en matières protéiques évoluent d'une façon inverse de la production laitière. Les teneurs sont maximales au cours des premiers jours de lactation, diminuent durant le 2ème mois de lactation puis s'accroissent jusqu'à la fin de lactation (Coulon et al., 1988). La teneur en lactose est aussi influencée par le stade de lactation ; la synthèse du lactose débute avant la mise bas en quelques jours (Kuhn et al., 1980). La production et la teneur du lait en lactose suit la même allure que la production laitière : un pic entre 30 et 60 jours de lactation puis une diminution régulière sur la suite de la lactation (Malchiodi et al., 2014 ; Miglior et al., 2006).

#### **3.1.3. Le numéro de lactation**

Le numéro de lactation ou l'effet de l'âge est difficile à mesurer. On considère souvent que le vieillissement des vaches entraîne un appauvrissement de leur lait. Le sommet de la production laitière est atteint à partir de la 5<sup>ème</sup> lactation (Yennek, 2010). Agabriel et al. (1990) rapportent des taux butyreux supérieurs à la moyenne chez des vaches primipares et des taux protéiques inférieurs chez des vaches multipares.

Coulon et al. (1998) notent que le rapport caséines/ protéines diminue avec l'âge, notamment après la 4<sup>ème</sup> lactation, il peut passer de 82,5% dans la lactation numéro 1 à 81,7% durant la 5<sup>ème</sup> lactation ; ceci peut être expliqué, selon les mêmes auteurs, par l'altération des capacités de synthèse du tissu sécréteur et l'augmentation de la perméabilité tissulaire, en particulier sous l'effet des mammites survenues au cours des lactations précédentes. La teneur en lactose diminue avec l'âge et le nombre de lactations (Miglior et al., 2006). Selon certains auteurs (Lucy et al., 2009 ; Malchiodi et al., 2014), la concentration en lactose est plus faible de 1,9 à 3,1% entre des vaches multipares par rapport à d'autres primipares.

### **3.1.4. Etat sanitaire**

D'une manière générale, Tout problème sanitaire perturbe la composition du lait : parasitisme interne, maladies infectieuses, maladies métaboliques mais surtout mammites (Paradal, 2012). La numération cellulaire dans le lait est un indicateur de la santé de la mamelle en particulier pour le lait de vache, en ce qui concerne le lait de chèvre cette numération cellulaire varie physiologiquement. Les cellules identifiées regroupent les polynucléaires, les cellules épithéliales et les lymphocytes.

En effet, des numérations cellulaires élevées associées à des teneurs en lactose et à des proportions en caséines dans les protéines totales plus faibles ont été observées dans les études menées par Coulon et al. (2002) et par Bony et al. (2005). Selon Serieys et al. (1987), la composition de la matière grasse est également modifiée. D'autre part, les mammites constituent la pathologie la plus fréquente et la plus coûteuse rencontrée en élevage laitier (Seegers et al., 2003).

## **3.2. Facteurs extrinsèques**

### **3.2.1. L'alimentation**

L'alimentation des chèvres joue un rôle très important sur la composition du lait et donc sur la composition du fromage. La composition chimique du lait varie selon le type d'aliment, sa teneur en matière grasse, en protéines, en eau et (Verdier-Metz, 2000). L'ordre de distribution et les moyens de conservation (Regnault, 2001).

Les facteurs alimentaires font varier le taux protéique de 1 point à 2 points, alors qu'ils peuvent modifier de 5 à 7 points la teneur du lait en matière grasse. L'élaboration des matières grasses dans la mamelle se fait principalement grâce à une ingestion

suffisante du fourrage et de fibres longues. Le rapport fourrage/ concentré ne semble avoir que peu d'incidence sur le taux protéique du lait. En revanche, une alimentation trop riche en concentré engendre systématiquement une baisse significative du taux butyreux (Jenot et al., 2000).

### **3.2.2. Effet saison/climat**

L'effet de la saison est difficile à évaluer, car il regroupe plusieurs facteurs ; stade de lactation, alimentation disponible, température, période de vêlage (Fayolle, 2015). Coulon et al. (1991), ont étudiés l'évolution du taux butyreux et du taux protéique du lait au cours de l'année après annulation de l'effet du stade de lactation, les taux butyreux et protéique du lait sont les plus faibles en été et les plus élevés en hiver. Il semble selon les mêmes auteurs, que les laits du printemps et d'été présentent une meilleure aptitude à la coagulation que les laits d'hiver, mais il est difficile de préciser si cet effet est dû à autre chose qu'à l'amélioration observée à la mise à l'herbe. Dans l'étude de Heck et al. (2009), la concentration en lactose du lait est le paramètre le plus stable au cours des saisons avec une moyenne de 4,51%, une valeur maximale en printemps de 4,55% et une valeur minimale en automne de 4,46%.

D'autre part, l'augmentation de la température ambiante, lorsqu'elle se situe dans la zone de confort thermique des vaches, pourrait avoir un effet propre favorable à la production laitière et défavorable à la richesse du lait (Agabriel et al., 1990). Les vaches qui se trouvent dans un milieu chaud produisent un lait moins riche en matières grasses, en matières azotées et en lactose. Les animaux les moins productifs sont les plus résistants au stress thermique (Meyer et Denis, 1999).

*Chapitre 02 : Les fromages  
traditionnels*

## **1. Définition du fromage**

Le fromage est un aliment fermenté dont la plus vieille trace de production date il y a 7200 ans (McClure et al., 2018). La fabrication du fromage nécessite de nombreuses étapes et variantes, influençant les caractéristiques physico-chimiques du produit final et donc les potentiels micro-organismes qui pourront s’y développer.

Le terme fromage est un nom générique pour un groupe de produits laitiers, caillés et fermentés, produits partout dans le monde. Les fromages possèdent une grande diversité d’arômes, de textures et de goûts (Fox, 2011). L’Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture (ONUAA) et l’Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en ont donné la définition suivante : « Le Fromage est un solide, frais ou maturé, ou un produit semi-solide obtenu par coagulation du lait, du lait écrémé, du lait partiellement écrémé, de crème, de crème de lactosérum, de babeurre, ou toutes combinaisons de ces produits, par l’action de présure ou de tout agent coagulant adapté, et par un égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. » (Walstra et al., 2006).

Avant la production d’un fromage, il est important de sélectionner le lait, son origine animale et sa zone géographique. Le lait peut être traité par pasteurisation ou thermisation (Fox, 2011 ; Hill et Kethireddipalli, 2013). Si le lait n’est pas traité thermiquement, la fabrication aboutira à un fromage au lait cru.

## **2. La production fromagère :**

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

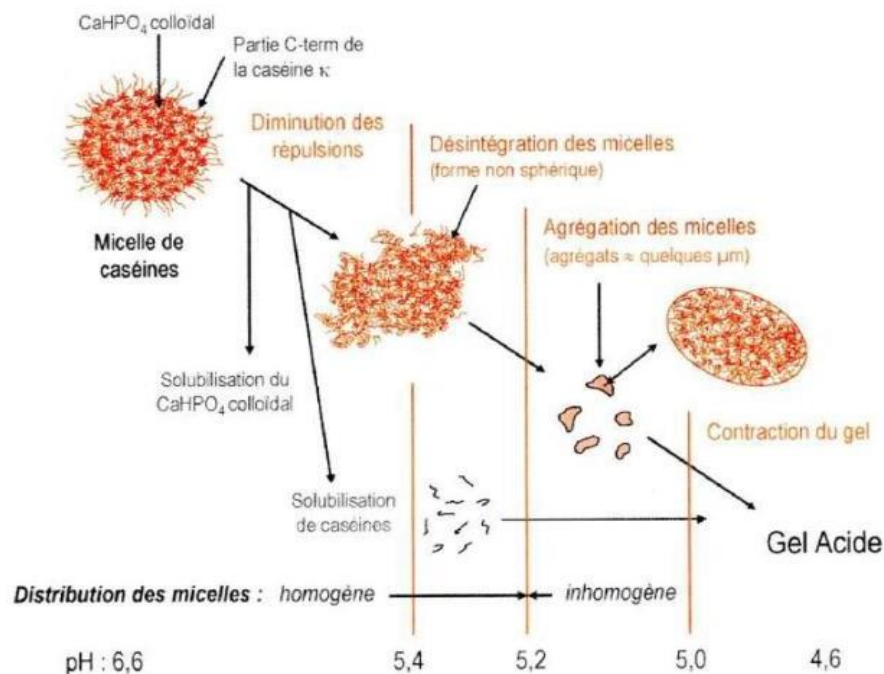
### **2.1. La coagulation**

Le caillage du lait (également appelé coagulation) est défini comme étant la déstabilisation des micelles de caséines, causant ainsi leur agrégation pour former un gel lactique composé de deux phases : le caillé (phase solide) et le lactosérum, également dénommé petit-lait (liquide jaune-verdâtre, composé principalement d’eau, de lactose, de sels minéraux solubles et de protéines solubles). La coagulation correspond à la première étape au cours de laquelle il peut y avoir une fermentation. La coagulation peut être provoquée par acidification due à l’action de bactéries lactiques ou sous l’action d’une enzyme (utilisation de présure) ou par combinaison de ces deux actions (Lapointe-Vignola, 2002).

### 2.1.1. La coagulation acide

La coagulation fromagère du lait est obtenue par une acidification lente par voie fermentaire en utilisant des bactéries acidogènes qui transforment le lactose en acide lactique ou par voie chimique acidogène avec la glucono- delta-lactone (GDL) qui s'hydrolyse en acide gluconique (Brulé et al., 1997 ; Lucey et Singh, 1998).

Si la micelle de caséine est très stable au pH du lait, sa structure devient instable au fur et à mesure de l'acidification (Cayot et Lorient, 1998). L'acidification du lait diminue le pouvoir séquestrant des caséines  $\alpha$  et  $\beta$ , ce qui augmente la solubilité du phosphate de calcium qui se déplace vers la phase aqueuse. Jusqu'à un pH de 5,2, la solubilisation du phosphate inorganique ne provoque pas de modifications majeures de la micelle mais au pH isoélectrique de la micelle (pH=4,6), la solubilisation du phosphate de calcium est totale et entraîne un affaiblissement des liaisons hydrophobes des micelles (Phadungath, 2005). L'augmentation de la force ionique de la phase aqueuse affaiblit les répulsions électrostatiques entre les caséines, provoquant leur dissociation en sous-unités suivie d'une floculation (**Fig.2**) (Fox et McSweeney, 1998).



**Figure 2** : Schématisation du processus intervenant lors de la coagulation acide des caséines du lait (Panouillé et al., 2015).

### 2.1.2. La coagulation enzymatique

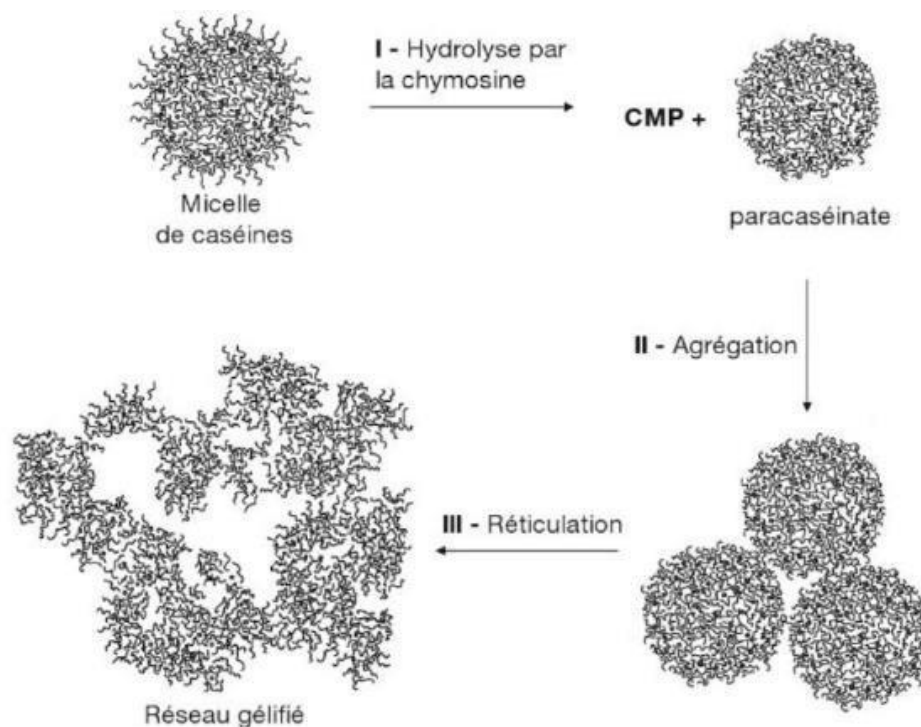
La coagulation enzymatique du lait fait intervenir des protéases ayant pour spécificité, l'hydrolyse de la caséine  $\kappa$ . Ainsi, un grand nombre d'enzymes d'origine animale, végétale et microbienne, possédant cette particularité sont utilisées pour coaguler le lait (Brulé et al., 1997). L'enzyme coagulante la plus utilisée en technologie fromagère est la chymosine. Son action a été longuement étudié et est relativement bien connue. Elle comporte deux principales étapes :

La phase primaire (enzymatique) qui correspond à l'hydrolyse de la caséine  $\kappa$  et à la libération du caséino-macro-peptide (CMP). L'hydrolyse de la caséine par la chymosine se fait au niveau de la liaison peptidique Phe105-Met106 située entre la zone hydrophobe et la zone hydrophile de la protéine (Figure 14). Il résulte de cette hydrolyse, la production de 2 segments : la paracaséine  $\kappa$  (segment N-Terminal 1-105) qui est hydrophobe et le CMP (segment C-terminal 106-169) qui est hydrophile. La paracaséine  $\kappa$  reste accrochée à la micelle tandis que le CMP est libéré dans le lactosérum (Dalgleish et Corredig, 2012 ; Sandra et al., 2007 ; Walstra et al., 2006).

Cette étape de la coagulation enzymatique du lait est très sensible à la température : elle est lente (voire nulle) entre 0 et 10 °C et optimale entre 30 et 42 °C. A partir de 55 °C, la chymosine est dépourvue d'activité (Cayot et Lorient, 1998). Un autre facteur influençant la coagulation présure du lait est le pH. L'abaissement du pH conduit à la solubilisation du calcium micellaire (Gaucheron, 2005 ; Marchin et al., 2007), à la diminution de la charge de surface des micelles et à la dissociation des caséines les constituant (Gonzalez-Jordan et al., 2015). Les micelles ainsi modifiées réagissent plus facilement à l'action de la chymosine et à l'agrégation.

La phase secondaire qui correspond à la formation d'un gel par agrégation des micelles. La libération du CMP entraîne une diminution de la charge de surface des micelles et diminue leurs forces répulsives et leur état d'hydratation. Lorsque 80 à 90 % de la caséine  $\kappa$  est hydrolysée, les micelles de caséine ne sont plus stables (Dalgleish 1980, Fox et McSweeney, 1998 ; Sandra et al., 2007). A ce stade, les micelles de caséine se rapprochent et les interactions hydrophobes provoquent une liaison entre les particules. L'agrégation micellaire induite par la présure a été décrite comme la formation d'un gel par des sphères dures adhérentes (De Kruif, 1998) (**Fig.3**).

Les calcium ionique et micellaire jouent un rôle déterminant dans la réticulation et la fermeté du gel car ils interviennent dans la formation des liaisons inter-micellaires (Daviau et al., 2000 ; Sandra et al., 2012).



**Figure 3** : Schématisation du processus intervenant au cours de la coagulation enzymatique des caséines du lait (Fournier, 2019).

## 2.2. Égouttage

A la coagulation du lait, s'ensuit un phénomène spontané d'expulsion de l'eau contenue dans le gel laitier appelé synérèse. Cette synérèse consiste en une contraction du réseau de caséines renfermant les globules gras et expulsant le lactosérum. L'égouttage peut se faire spontanément après moulage du caillé dans des moules perforés, mais également par pressage et/ou cuisson. Avant d'être moulé, le caillé est tranché en grains plus ou moins gros, afin d'augmenter la surface d'égouttage. Ce sont ces étapes de tranchage et d'égouttage qui vont conditionner en grande partie l'extrait sec du fromage et donc sa structure finale. Le type de pâte fromagère est très souvent lié à la façon dont a été menée cette étape (Termo, 2010).

**2.3. Le salage**

L'étape de salage est destinée à protéger le caillé contre l'installation de micro-organismes indésirables ainsi qu'à favoriser l'égouttage par drainage du sérum. Il contribue également à la formation de la croûte. Par la régulation de l'activité de l'eau ( $a_w$ ), le sel module le développement des micro-organismes et favorise les activités enzymatiques au cours de l'affinage. Le salage peut être effectué par immersion dans une solution de saumure (NaCl) concentrée, à sec par frottement à la surface, ou encore par incorporation du sel dans le caillé broyé (Adouard, 2015).

**2.4. L'affinage**

L'affinage correspond donc à une succession de transformations biochimiques, réalisées à la fois par des enzymes déjà présentes dans le lait ou le caillé, et par des enzymes synthétisées par le microbiote qui se développe au cours de la maturation (bactéries, levures et/ou moisissures) (Choisy et al., 1997 ; Mahaut et al., 2000). Le temps d'affinage varie en moyenne de 12 à 45 jours suivant les fromages et les qualités organoleptiques désirées. Cette étape est d'autant plus importante concernant les fromages à pâte molle que la grande majorité de la typicité des fromages obtenus dépend du développement de la flore aérobie de surface lors de l'affinage, celle-ci intervenant tardivement (Brennan et al., 2004).

Sur le plan biochimique, il s'agit d'une série de transformations que sont : glycolyse des sucres résiduels, protéolyse des caséines, et lipolyse. Ces réactions libèrent respectivement des acides volatiles, des acides aminés, et des acides gras volatiles, responsables de l'arôme du fromage. Les différentes populations de micro-organismes évoluent en étroite interaction au long de l'affinage, de manière concourante ou successive. On distingue donc plusieurs microflore, ayant chacune un rôle spécifique (Adouard, 2015).

**3. Présure et ses succédanés**

Pour coaguler le lait, il existe différentes familles d'enzymes : les présures et les autres préparations d'origine animale, les coagulants végétaux, fongiques ou fermentaires. Les deux premiers types sont issus de la macération d'estomacs ou de fleurs. Les coagulants fongiques et fermentaires sont obtenus par voie biotechnologique : extraction d'enzymes endogènes ou production de chymosine à l'aide de micro-organismes génétiquement modifiés (Collin, 2015).

### **3.1. La présure**

La présure est un agent coagulant utilisé dans la fabrication de nombreux fromages. Son objectif principal est de coaguler les protéines du lait (caséines). L'activité protéolytique de la présure ajoutée au lait facilite la coagulation des protéines du lait en « caillé » dans le processus de production de fromage (Bezie et Regasa, 2019).

La présure contient essentiellement deux protéases, l'une majeure constituée de chymosine (EC 3.4.23.3) et l'autre mineure constituée de pepsine bovine appelée pepsine A ou pepsine-II (EC 3.4.23.1) (Alais, 1984, Choisy et al., 1997). L'enzyme de coagulation du lait la plus couramment utilisée dans l'industrie fromagère est la présure de veau, qui provient principalement du quatrième estomac des veaux allaités, ces enzymes gastriques appartiennent à la catégorie des endopeptidases actives à pH acide appelées protéases à aspartate ou encore protéases acides. (Ben Amira et al., 2017 ; Kethireddipalli et Hill, 2015 ; Mamo et Balasubramanian, 2018).

D'autre part, la présure de veau est également bien connue pour sa haute spécificité dans le clivage du caséino-macro-peptide (CMP) de la  $\kappa$ -caséine (Liu et al., 2021). Le site phe105 – Met106 de la  $\kappa$ -caséine dans la caséine est hydrolysé par la présure de veau. Le macro peptide hydrophile et la para- $\kappa$ -caséine se diffusent dans le lactosérum. Plus de la moitié de la  $\kappa$ -caséine est hydrolysée à un pH de 5,2 à 6,6. Les para- $\kappa$ -caséine se rapprochent pour former la structure micellaire en réseau tridimensionnel (Ghorbel et al., 2003). Les ions calcium neutralisent ensuite la charge négative à la surface des micelles en agissant comme un pont entre les micelles, les faisant s'agréger et apparaître comme du caillé (Liu et al., 2021).

### **3.2. Les succédanés de la présure**

L'utilisation de la présure animale traditionnelle est limitée pour des raisons religieuses ou alimentaires. De plus, l'extraction et la purification de la présure de veau comportent plusieurs étapes et opérations, ce qui rend l'approvisionnement en enzymes très laborieux et coûteux (Puglisi et al., 2013). En outre, en raison de l'expansion de la production fromagère mondiale, la recherche de substituts s'est intensifiée (Merheb-Dini et al., 2010).

A cette fin, différentes protéases d'origine microbienne (Ahmed et al., 2016 ; Zhang et al., 2019), végétale (Espinosa et al., 2016 ; Mazora et al., 2013 ; Shi et al., 2019) et animale (Kumar et al., 2006 ; Moschopoulou et al., 2006) ont été utilisés.

### 3.2.1. Protéases d'origine végétale

Les coagulants végétaux sont traditionnellement utilisés dans de nombreux pays, dans un usage essentiellement domestique. Il existe plusieurs préparations coagulantes provenant du règne végétal. Elles sont extraites par macération de divers organes de plantes supérieures. Parmi les espèces connues on peut citer le gaillet, l'artichaut, le chardon qui ont été utilisés jadis dans des fabrications de fromages fermiers au Portugal et en Espagne (Silva et Malkata, 2005 ; Sousa et Malcata, 2002).

D'autres extraits coagulants ont été obtenus à partir de plantes tropicales ; les plus connus sont la ficine ; extraite du latex de figuier, la papaïne ; extraite des feuilles de papayer, la bromélaïne ; extraite de l'ananas (Yamamoto, 1975).

Semblable à la chymosine, de nombreuses protéases végétales hydrolysent sélectivement la liaison  $\kappa$ -caséine Phe105-Met106, tandis que d'autres hydrolysent différents sites, comme la protéase extraite de *Solanum dubium* hydrolyse la liaison Ser104-Phe105 de la  $\kappa$ -caséine bovine tandis que l'actinidine (protéase *d'actinidia chinesnsis*), qui hydrolyse probablement la liaison Arg97-His98 ou Lys111-Lys112 (Ahmed et al., 2010 ; Lo Piero et al., 2011). Les protéases végétales sont classées en divers groupes sur la base du mécanisme catalytique utilisé au cours du processus hydrolytique. Les principales classes de protéases de coagulation du lait sont les protéases aspartiques, à sérine et à cystéine (Shah et al., 2014).

D'une manière générale, ces diverses préparations végétales ont donné des résultats assez décevants en fromagerie car elles possèdent le plus souvent une activité protéolytique très élevée qui induit des pertes dans le rendement fromager et le développement de goût amère au cours de l'affinage. Pour cette raison, l'évaluation des activités enzymatiques et leur comparaison avec celles de la présure commerciale (chymosine) est une première étape importante dans la sélection d'un coagulant végétal adapté (Ben Amira et al., 2017).

### 3.2.2. Protéases d'origine microbienne

#### 3.2.2.1. Protéases d'origine bactérienne

De multiples espèces de bactéries ont été étudiées notamment dans les genres *Bacillus* et *Pseudomonas* tels que *Bacillus cereus*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus subtilis* et *Bacillus coagulans*. Les résultats ont été en général décevants en raison de l'activité protéolytique généralement très élevée de ces protéases par rapport à celle de la présure.

Du cheddar préparé par la protéase de *Bacillus subtilis* présentait une flaveur acceptable, cependant, le rendement était très faible suite à une protéolyse excessive (Ernstrom et Wong, 1983 ; Ramet, 1997).

### 3.2.2.2. Protéases d'origine fongique

Les enzymes d'origine fongique, contrairement à celles d'origine bactérienne, ont donné des résultats meilleurs, souvent comparables à ceux obtenus avec la présure ; les préparations commerciales employées actuellement proviennent de trois genres de moisissures ; *Cryphonectria parasitica*, *Rhizomucor pusillus* et *Rhizomucor Miehei* (Balabanova et al., 2017 ; Sumantha et al., 2006). Comparée à la présure, la protéase aspartique de *Rhizomucor miehei* a donné un rendement et une qualité de fromage similaires, lors de la fabrication l'emmental. Aucun développement de l'amertume n'a été observé (Jacob et al., 2011). Toutefois, comparé à la présure des pertes de matière grasse et de protéine, dans le lactosérum, plus importante, sont relevées lors de la préparation du cheddar avec les protéases de *Cryphonectria parasitica* et *Rhizomucro miehei*. (Barbano et Rasmussen, 1990 ; Emmons et al., 1990)

### 3.2.3. Chymosine recombinante

La chymosine recombinante présente plusieurs avantages tels qu'un comportement de coagulation prévisible, une faible activité protéolytique, d'où un rendement plus élevé puisqu'il s'agit d'une enzyme pure à 100 %. En raison des connaissances approfondies sur le génome d'*E. coli* a été utilisé comme organisme hôte de la chymosine recombinante (Kumar et al., 2010). Les avantages de sa capacité à croître rapidement et sur des supports peu coûteux en font une usine de protéines appropriée. Également, la levure présente plusieurs avantages en tant qu'usine de protéines. Faible coût économique lors de la culture, connaissances approfondies sur la fermentation et la physiologie ainsi que la génétique de l'organisme (Kumar et al., 2010).

La comparaison entre la présure animale et la chymosine recombinante n'a montré aucune différence significative dans des propriétés telles que le rendement, l'odeur, le goût ou la texture du fromage. Ces résultats montrent que les enzymes se comportent de la même manière (Kumar et al., 2010).

## 4. Principaux fromages traditionnels Algérien

En Algérie, comme dans les différents autres pays du monde, il existe produits laitiers indigènes, dont le mode de production découle du patrimoine culturel de la population. Différentes techniques locales de transformation du lait sont utilisées par la population algérienne. La production de fromages traditionnels est localisée dans les zones rurales où les ménages possèdent une ferme laitière dont la matière première est souvent disponible. Ces produits sont mal connus, très peu présentés et étudiés. Les fromages traditionnels algériens semblent peu nombreux, probablement parce qu'ils ne sont pas entièrement identifiés et n'ont pas été suffisamment étudiés. Parmi les fromages les plus typiques d'Algérie : *Jben*, *Klila*, *Michouna*, *Bouhazza*, *Takammart*, et *Madghissa* (Derouiche et al., 2017).

### 4.1. *Bouhazza*

C'est un fromage affiné traditionnel, à pâte molle (Mekentichi, 2003), préparé à partir de lait de chèvre, de vache ou de brebis baratté et écrémé (*Lben*) (Touati, 1990). Il est très répandu dans l'est algérien (Aurès) plus précisément dans les régions de Oum-El Bouaghi, Khenchela, et dans certaines régions de Batna (Mekentichi, 2003). La préparation du *Bouhezza* est habituellement débute de mars à Juin (Zaidi, 2002), se fait par l'introduction d'une quantité initiale de lait fermenté spontanément, baratté et écrémé et désigné par *Lben*. Cette quantité est complétée durant toute la période defabrication par des ajouts successifs de *Lben* et/ou de lait cru (Saoudi, 2012).

Une fois le *Lben* ou le lait est ajouté, le col de la Chekoua est noué puis une bonne homogénéisation de son contenu est réalisée par un léger pétrissage (Zitoun et al., 2012), puis la Chekoua est suspendue dans un endroit aéré, et à l'ombre et bien entretenue au cours de la fabrication par des lavages réguliers à l'aide de l'eau avec raclage de sa surface externe (Zitoun et al., 2011).

Une fois le fromage est affiné un ajout de lait cru est réalisé pour ajuster l'acidité et la salinité du fromage. A la fin, le fromage est épicé avec la poudre de piment rouge piquant qui est mélangée avec une quantité du lait cru lors du dernier ajout et bien homogénéisé. L'addition de H'rissa, poivron noir, vinaigre, et colorants (généralement le rouge) est aussi possible (Zitoun, 2014) (**Fig.4**).



**Figure 4 :** Fromage *Bouhezza*

#### **4.2. Takammart**

Fromage du Hoggar dont la coagulation est assurée par la présure du chevreau. Le caillé est retiré à la louche en petit tas sur une natte. La pâte est ensuite pétrie et déposée sur un tapis conçu avec des tiges de fenouil sauvage pour la parfumer. Les nattes sont ensuite exposées au soleil pendant deux jours pour évaporer le maximum de lactosérum et placées à l'ombre jusqu'à durcissement complet du fromage. Le fromage peut subir un affinage pendant un mois (Zitoune et al., 2011).

#### **4.3. Klila**

Le *Klila* est un fromage fermenté à pâte dure produit empiriquement dans plusieurs régions de l'Algérie. Il est fabriqué par un chauffage relativement modéré (entre 55 et 75C°) du *Lben* jusqu'à l'obtention d'un coagulum (10 à 15 minutes) (Mennane et al., 2007). Le coagulum peut être consommé tel qu'il est après égouttage naturel ou à l'aide d'une pierre (fromage frais) ou bien, il peut subir un découpage et séchage (réhydratation de 2 à 15 jours selon la saison) et être utilisé comme un ingrédient dans les préparations culinaires traditionnelles. Le fromage *Klila* se conserve plusieurs années à température ambiante sous sa forme déshydratée, dans des jarres en poterie ou en verre, dans des sacs en peau de chèvre ou de mouton (Lahsaoui, 2009) (**Fig.5**).



**Figure 5 :** Fromage *Klila*

#### **4.4. *Madghissa***

Le fromage *Madghissa* est connu dans la région de Chaouia, à l'est du pays. Il est préparé avec du *Klila* frais après salage et incorporation de lait frais. Le tout est porté à ébullition à feu doux jusqu'à séparation du caillé et du lactosérum. Après refroidissement du mélange, la casserole est inclinée pour retirer le lactosérum. Le fromage ainsi préparé est une pâte élastique jaune salée appelée *Madghissa* (Zitoun et al., 2011).

#### **4.5. *Mechouna (Chnina)***

Le *Mechouna* est un fromage frais fréquemment fabriqué dans la région de Tébessa notamment en milieu rural. Il peut être préparé tout au long de l'année, notamment en période de production laitière et en excès (Derouiche et Zidoune, 2015).

La préparation de ce fromage commence par un traitement thermique du lait jusqu'à ébullition, ensuite on ajoute une quantité de *Lben* salé, égale à la moitié de celle du lait. L'ensemble est chauffé une deuxième fois jusqu'à coagulation et séparation du caillé du lactosérum. Le caillé est séparé du lactosérum par filtration à travers une passoire, puis mis dans un tissu (mousseline) et suspendu pour égouttage jusqu'à élimination totale du lactosérum. Pour s'assurer que l'égouttage est complet, cette opération est suivie par un pressage (Derouiche et al., 2015 ; Benkheniche et al., 2015). Pour agréments son goût il peut être épicé selon le choix des consommateurs ; dans ce cas le *Mechouna* est dénommé *Chnina* (Lemouchi, 2007) (**Fig.6**).



**Figure 6 :** Fromage *Mechouna*

#### 4.6. *Jben*

C'est un fromage frais, traditionnel connu est fabriqué dans les pays du Maghreb. Cette dénomination regroupe des trajectoires technologiques très différentes qui aboutissent à des produits aux caractéristiques très variées (Benkerroum et Tamime, 2004 ; Boudjaib, 2013).

Dans la fabrication Traditionnellement du Jben, le lait cru de vache, de brebis ou de chèvre est utilisé, le lait est d'abord filtré pour éliminer les impuretés grossières qu'il peut contenir, puis il est chauffé dans un récipient à 40 °C pendant 10 min, puis un morceau de présure d'origine animale (veau, agneau ou chevreau) est mis dans le lait, ce qui fait cailler le lait, ou encore par coagulant d'origine végétale où les fleurs (fleurs de chardon) entières sont mises à macérer dans la lait jusqu'à coagulation (Amimour, 2019; Derouiche et al., 2017; Lahsaoui, 2009).

Le caillé ainsi formé est transféré à la louche dans un passoire (couscous) pour le séparer du lactosérum, cette opération peut être renforcée au moyen d'un pressage qui permet d'éliminer le maximum sérum emprisonné dans le caillé mais également d'augmenter la cohésion du fromage. Selon les régions, le caillé obtenu peut être salé, pour des fins organoleptiques, des additifs (l'ail, le persil, le poivre) peuvent être ajoutés. Sa durée de conservation est de 3 à 5 jours maximum à froid (Derouiche et al., 2017 ; Bendimerad, 2013).

## *Partie expérimentale*

***Chapitre 01 : Matériel et  
méthodes***

## 1. Matériel

### 1.1. Matériel non biologique

#### ❖ Produits chimiques et réactifs :

Colorants et réactifs spécifiques (réactif de Folin- Ciocalteu, phénophtaléine, Sérum Albumine Bovine (BSA), Tashiro, Tartrate de potassium et de sodium, sulfate de cuivre, Acideborique (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) ...).

#### ❖ Appareillage :

- Agitateurs (SCIOLOGEX)
- Thermomètre
- Bain-marie (mêmemment)
- Dessiccateur (BOEKEL SCIENTIFIC)
- PH-mètre (Hanna instruments pH 211)
- Balance électronique (KERN PCB)
- Etuve (memmert UN55)
- Four à moufle (Nabertherm)
- Doseur d'azote (UDK 126 D –VELP sientifica)
- Soxhlet
- Évaporateur rotatif
- Spectrophotomètre (JENWAY 6305 UV– Visible)
- Verrerie (béchers, fioles jaugées, pipettes graduées, burette de précision, verre de Essai...etc.)

### 1.2. Matériel biologique

#### 1.2.1. Lait cru de chèvre

Les échantillons du lait cru de chèvre utilisé dans la fabrication du fromage ont été prélevés à partir d'une ferme dans la zone d'Ain Mimoun (Khenchela). Les échantillons de lait ont été prélevés juste après la traite ; une quantité de lait (4 litres) a été récupérée et placée dans des glacières propres. Les échantillons ont ensuite été amenés directement au laboratoire dans des récipients stériles et réfrigérés (4°C) jusqu'à fabrication du fromage et par la suite pour subir les différentes analyses.

#### 1.2.2. Coagulants

Pour le coagulant végétal, Les fleurs de chardon (*Cynara cardunculus*) ont été récoltées sur des capitules d'artichauts frais à un stade de floraison avancé (dans le nord de

La willaya de Khenchela. Par la suite, les fleurs sont conservées dans un linge pour le séchage pendant 10 à 20 jours à température ambiante et à l'abri de la lumière directe du soleil, dans un endroit bien ventilé (Aquilanti et al., 2011 ; Roseiro et al., 2003). Tandis que, pour le coagulant animal, on procède à l'utilisation de la présure commerciale du veau (LACTOFERMENT 25957398).

## 2. Méthodes

### 2.1. Fabrication du fromage

Dans les procédures traditionnelles de préparation du *Jben*, on suit les étapes suivantes selon le protocole décrit par Lahsaoui (2009) (**Fig.7**) :

1. Pour préparer ce fromage, on utilise généralement du lait de chèvre. Le lait est d'abord filtré pour éliminer les impuretés grossières qu'il peut contenir.



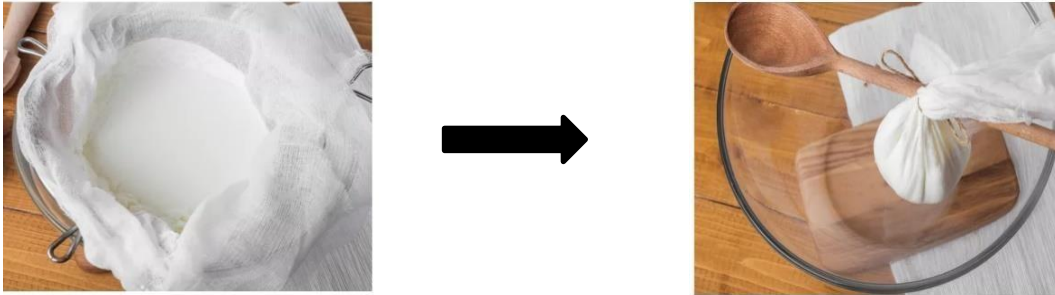
2. Puis le lait est chauffé dans un récipient à 40 °C pendant 10 min.



3. Ensuite, une quantité (1 g dans 2 litres) du coagulant végétal (fleur de chardon) est mise dans un tissu poreux où ce dernier est immergé dans le lait modérément chauffé, alors que pour la présure animale un volume précis (cuillère à café) est versé ce qui provoque le caillage du lait.



4. Le caillé obtenu est ensuite égoutté dans des sacs en mousseline, puis suspendus pour permettre au lactosérum de s'égoutter à température ambiante. La durée pendant laquelle le caillé est exposé à l'air dépend de la consistance souhaitée



5. Une fois séché, le caillé est divisé en petits morceaux et placé dans des caisses en verre



**Figure 7 :** Diagramme représentant le procédé de la fabrication de fromage traditionnel (*Jben*)

### 3. Analyses physico-chimiques

#### 3.1. Détermination du pH

Les échantillons de fromage (10 g) ont été homogénéisés avec 90 ml d'eau distillée, puis le pH de l'homogénat a été évalué en triple à l'aide d'un pH-mètre numérique (PHM 211, Meter Lab® standard), préalablement calibré (Benamara et al., 2016).

#### 3.2. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable est mesurée selon la méthode décrite par Sulieman et al. (2012). 5g de fromage sont homogénéisés avec 40 mL d'eau distillée à 40°C dans un mortier. Le volume de la solution fromagère est ajusté à 100 mL. La solution est titrée par NaOH (0,1 N), en présence de phénolphtaléine (0,1 %) jusqu'à virage au rose de la solution qui doit persister pendant une dizaine de secondes. Le résultat est exprimé en grammes d'acide lactique pour cent gramme de fromage ou en degré Dornic (°D).

L'acidité du fromage est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable (\%)} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times 0.1 \times 90.08 \times 100}{PE \times 1000}$$

**V<sub>NaOH</sub>** : Volume de NaOH utilisé pour la titration (mL)

**90.08** : Masse molaire acide lactique (g/mol)

**T** : Volume totale solution fromagère (mL)

**PE** : Prise d'essai fromage (5 g)

## 4. Analyses biochimiques

### 4.1. Détermination de la matière sèche

La détermination de la matière sèche a été réalisée par un dessiccateur, son principe repose sur l'élimination de toute l'eau à une température de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  jusqu'à obtention d'un poids constant de la prise d'essai analysée. Une prise d'essai de 3 g de fromage (Norme algérienne : NA n° 10.54.14) a été étalée sur toute la surface d'une capsule en aluminium préalablement tarée. Cette préparation présente dans le dessiccateur a été placée dans une étuve à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 24 h (Amimour, 2019).

La valeur de la matière sèche du fromage est exprimée en pourcentage (%). Elle est déterminée par la relation suivante :

$$\text{MS (\%)} = \frac{M_{\text{sec}}}{M_{\text{i}}} \times 100$$

**M<sub>i</sub>** : masse de l'échantillon initial (g)

**M<sub>sec</sub>** : masse de l'échantillon sec (g) après passage dans l'étuve à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ .

### 4.2. Détermination de la matière grasse

La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour l'extraction de la matière grasse (AOAC, 2005). Un poids de 5 g de fromage broyé et séché enveloppé dans du papier filtre a été placé dans une cartouche (une capsule de cellulose qui est perméable au solvant et à la matière grasse qui y est dissoute) d'extraction Soxhlet. Ensuite, un ballon rempli d'un solvant (éther de pétrole) a été chauffé (à  $65^\circ\text{C}$ ) afin que le solvant se déplace à travers l'échantillon et extrait graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. La matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que

l'extraction soit complète. La procédure d'extraction doit être poursuivie pendant près de 4 à 5 h (4-6 siphonages au cours de l'extraction).

Le contenu du ballon a été évaporé sous pression réduite dans un bain-marie réglé à 50°C jusqu'à ce que l'évaporation soit visuellement terminée. Le ballon contenant les lipides est placé à l'étuve pendant 30 min à 103°C, puis au dessiccateur pendant 30 min. On réalise une série de pesées jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

La teneur en matière grasse est donnée par la relation suivante :

$$\text{Matière grasse en (\%)} = ((m1 - m0) / me) \times 100$$

**m0** : la masse de la fiole rodée

**m1** : la masse de la fiole rodée avec la matière grasse

**me** : la masse d'échantillon de fromage

### 4.3. Détermination de l'azote total par la méthode kjeldahl

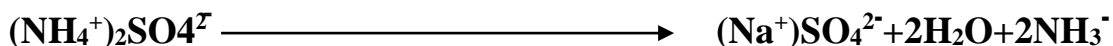
La teneur en matière azotée est déterminée selon la méthode de Kjeldahl, conformément à la norme ISO 27871 :2011, dont le principe est fondé sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammoniacale  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  par l'action de l'acide sulfurique à chaud et en présence de catalyseur de minéralisation.

#### 4.3.1. La minéralisation

La phase de minéralisation se déroule selon la réaction suivante :



Le sulfate d'ammonium est déplacé par une solution d'hydroxyde concentré puis entraîné par la vapeur d'eau ensuite la solution est titrée.



Dans un récipient de minéralisation (matras) on ajoute à 1g du fromage, 20 mL d'acide sulfurique, 2 g de catalyseur (mélange de 25g de sulfate de potassium ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), 2,5g de sulfate de cuivre ( $\text{CuSO}_4$ ) et 0.25g de sélénium (Se)). L'ajout de sulfate de potassium permet l'élévation de la température d'ébullition du milieu de minéralisation jusqu'à 420°C pendant environ 3 heures.

### 4.3.2. La distillation

Après l'étape de minéralisation, la distillation et la fixation de l'ammoniac sont effectuées dans un distillateur automatique (BÜCHI Distillation Unit K-350) par l'ajout d'un volume d'eau puis un volume de NaOH égal à celui de l'acide sulfurique en présence d'un indicateur coloré pour neutraliser puis alcaliniser le  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NH}_3$ .

### 4.3.3. La Titration

L'hydroxyde d'ammonium formé ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) est entraîné par la vapeur d'eau et récupéré dans un vase de titrage contenant 50mL d'une solution d'acide borique (4 % (p/v)). Le borate d'ammonium formé ( $(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$ ) fait augmenter le pH de la solution qui est ensuite titrée par de l'acide chlorhydrique (0,1N).

La teneur en azote total en g/100g de fromage est calculé selon la formule suivante :

$$\text{NT} = (\text{V1} - \text{V0}) \times 1,004 \times \text{N} / \text{P}$$

La teneur en protéines (g/100 g fromage) = 6,38 x NT.

**V1** : volume d' $\text{H}_2\text{SO}_4$  nécessaire au titrage de l'échantillon en mL ;

**V0** : volume d' $\text{H}_2\text{SO}_4$  nécessaire au titrage du blanc en mL ;

**N** : normalité de l'acide chlorhydrique (0,1N) ;

**P** : masse de l'échantillon du fromage en g ; 6,38 : facteur protéique (Adler- Nissen, 1986).

### 4.4. Détermination des cendres

Les cendres des échantillons étaient déterminées en utilisant les protocoles décrits dans les normes de l'IDF (Issa Ado et al., 2017) pour le caillé. Environ 2,5 g de caillé était pesés dans des creusets en porcelaine préalablement séchés à l'étuve à 150 °C pendant 30

min. La masse des creusets vide était notée  $m_0$  et celle des creusets contenant les échantillons  $m_1$ . Les creusets étaient ensuite placés à l'étuve à 150 °C pendant une nuit puis minéralisés au four à 550 °C pendant 5 h et refroidis dans des dessiccateurs à température ambiante. La masse des coupelles contenant les cendres était notée  $m_2$ . La teneur en cendres des échantillons était calculée sur la base de la formule suivante :

$$\text{Teneur en cendres (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

Les mesures étaient effectuées en duplicata à partir d'un même échantillon et les résultats étaient exprimés en pourcentage. L'erreur expérimentale était de 0,01 g de cendres pour 100 g de fromage.

## **5. L'activité antioxydante**

L'activité de piégeage des radicaux DPPH a été déterminée selon la méthode de Chaiwong et al. (2022) avec une légère modification. En bref, l'échantillon de fromage (0,5 g) a été mélangé avec de l'éthanol absolu (9,5 ml). Le mélange a ensuite été centrifugé à 4 000 x g pendant 15 min. Le surnageant a été collecté et dilué à 0,5 mg/mL avec de l'éthanol absolu. Ensuite, 1 ml de l'échantillon a été ajouté à 1 ml de DPPH (0,2 mmol/L) dans une solution d'éthanol, soigneusement mélangé avec un mélangeur vortex et maintenu à 30 °C pendant 30 min dans l'obscurité. L'absorbance a été lue à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-1800 (Simadzu UV-1601 PC, Shimadzu Corp., Kyoto, Japon). L'activité de piégeage des radicaux libres du DPPH a été exprimée en termes de capacité antioxydante équivalente au Trolox (TEAC) en  $\mu\text{mol}$  d'équivalents Trolox (TE)/g d'échantillon.

Le pourcentage de l'activité est mesuré par l'utilisation de la formule suivante :

$$\text{Inhibition de DPPH (\%)} = [(A_{\text{contrôle}} - A_{\text{échantillon}}) / A_{\text{contrôle}}] \times 100$$

Le control est préparé par l'utilisation d'eau distillée à la place de l'échantillon.

- **A contrôle** : absorbance du DPPH
- **A échantillon** : absorbance de l'échantillon analysé

## **6. Analyse statistique**

La comparaison entre les échantillons pour les différents paramètres est effectuée par le logiciel Excel (2010).

## ***Chapitre 02 : Résultats et discussion***

## 1. Analyses physicochimiques

Le tableau 01 présente les résultats relatifs aux caractéristiques physico- chimiques de fromage *Jben* fabriqué à l'aide de deux agents de coagulation (animal et végétal).

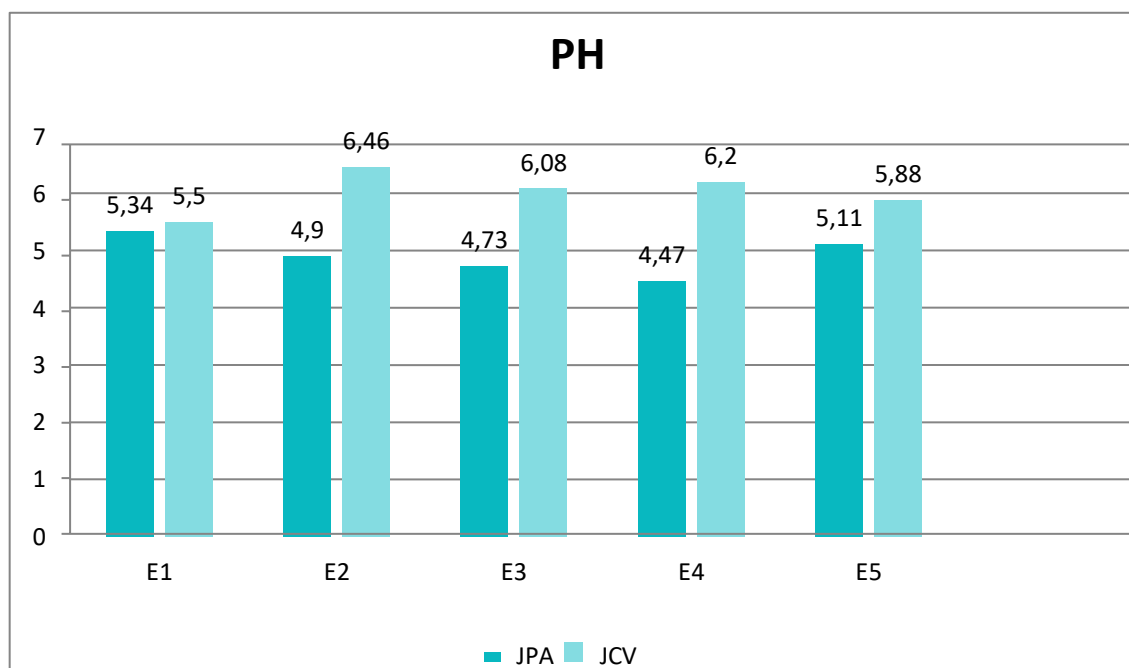
**Tableau 6** : Résultats des analyses physico-chimiques de (*Jben*)

Paramètres	Valeur moyenne $\pm$ écart type	
	Fromage à base de la présure animale (FPA)	Fromage à base du coagulant végétal (FCV)
<b>PH</b>	4.91 $\pm$ 0.33	6.02 $\pm$ 0.36
<b>L'acidité</b>	41.4 $\pm$ 10.3	47.75 $\pm$ 8.13

### 1.1. pH

Concernant le pH, Les échantillons du fromage (*Jben*) fabriqués à l'aide de deux agents de coagulation du lait (animal et végétal) se caractérisent par un pH légèrement acide (**Tab 06**). Les valeurs obtenues ont montré que le pH des échantillons analysés vari de 5.5 à 6.46 avec une moyenne de 6.02  $\pm$ 0.36 pour le fromage à base du coagulant végétal (FCV) et de 4,47 à 5,34 avec une moyenne de 4.91  $\pm$  0.33 pour le fromage à base de la présure animale (FPA) (**Fig.08**), cette différence entre les deux types de fromage peut être due à l'emprésurage avec la présure animale qui a diminué le pH par rapport à la présure végétale, ce qui pourrait être lié à une plus grande activité des bactéries lactiques (La diminution du pH pendant la fermentation du lait est le résultat de la fermentation du lactose) ( Bjekić et al., 2022) .

En comparaison avec d'autres travaux sur le même type de fromage, les valeurs obtenues se rapprochent à ceux rapportés par Dahou et al. (2015) (4,81  $\pm$  0,03) pour le *Jben* marocain et par Gürsoy et al. (2021) (5,01) et Guzmán et al. (2021) (4.99) pour un fromage fabriqué à base de présure animal. Alors que pour le FCV, nos valeurs moyennes se coïncident avec de nombreux travaux notamment révélés par Abdeen et al. (2021) (6,06). D'autre part, nos résultats sont légèrement différents par rapport à ceux rapportés par Tadjine et al. (2020) (4,69  $\pm$  0,12) pour le FPA, par Islam et al. (2021) (5,90  $\pm$  0,06) pour le FCV.



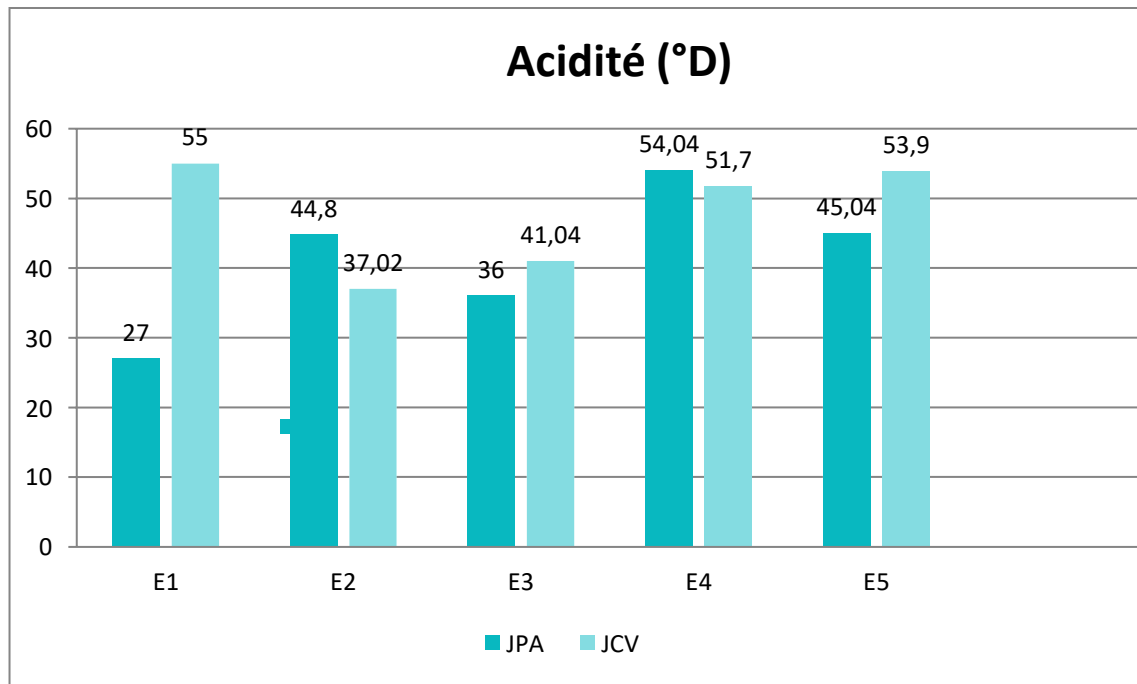
**Figure 8 :** Le pH dans le fromage traditionnel (*Jben*)

## 1.2. L'acidité

En ce qui concerne l'acidité titrable, une large variation a été enregistrée dans les valeurs moyennes des différents échantillons analysés. D'après les résultats obtenus (**Tab 06**), le FPA avait une moyenne de  $41.4 \pm 10.3$  °D contre  $47.75 \pm 8.13$  °D pour le FCV. la différence enregistrée dans les valeurs moyennes de l'acidité des échantillons étudiés peut être liée à l'activité plus élevée des bactéries lactiques lors de la fabrication du fromage notamment dans le fromage à base de coagulant végétal (Czyżak-Runowska et al., 2020), puisque l'acidité développée dans le fromage résulte de la transformation du lactose en acide lactique. (El Marnissi et al. 2013).

D'autre part, nos teneurs en acidité se coïncident avec les résultats trouvés dans d'autres études sur le même type de fromage dévoilés par Tadjine et al. (2021)  $46.1 \pm 8.45$  °D sur le *Jben* fabriqué au lait cru de chèvre. Cependant, Nos résultats sont largement inférieurs à ceux rapportés par d'autres auteurs à savoir, Tejada et Fernandez-Salguero (2003) ( $0.74 \pm 0.07$  °D et  $0.86 \pm 0.04$  °D pour un fromage à base de la présure animale et végétale, respectivement, et Rhiat et al. (2013) (76 à 97 °D), El Marnissi et al. (2013) (95 °D) et par Bendimerad (2013) (88,50 °D).

Les faibles valeurs d'acidité titrable enregistrées dans nos résultats reflètent une faible fermentation lactique dans les échantillons de fromage. En effet la préparation de ce fromage se basait sur la coagulation enzymatique après une faible fermentation lactique (Amimour 2019).



**Figure 9 :** Résultats de mesure de l'acidité pour le fromage traditionnel (*Jben*).

## 2. Analyses biochimiques

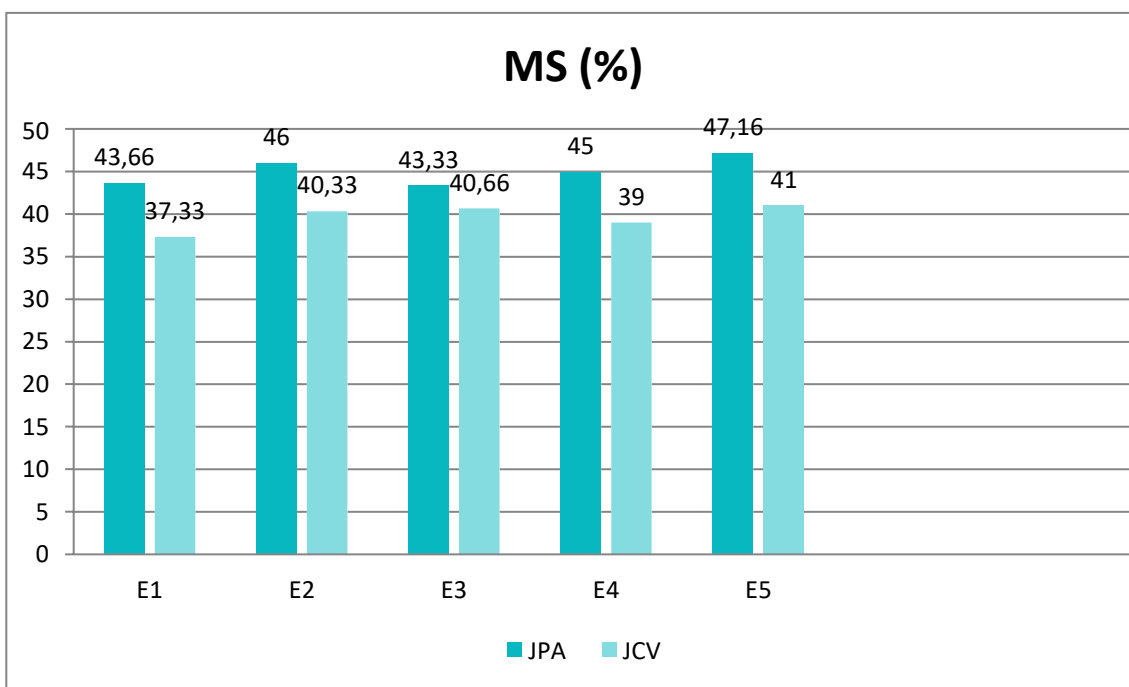
**Tableau 7:** Résultats des caractéristiques biochimiques le fromage traditionnel (*Jben*).

Paramètres	Valeur moyenne ± écart type	
	FPA	FCV
Matière sèche (%)	45.03±1.60	39.67±1.51
Matière grasse (g/100g)	23.30±0.57	18.28±0.78
Protéine (g/100g)	14.23±0.91	13.25±0.99
Cendres (%)	1.5±0.24	1.1±0.32

### 2.1. Matière sèche

Concernant la teneur en matière sèche dans les échantillons analysés, les valeurs moyennes obtenues varient de 39.67±1.51g/100g pour le FCV à 45.03±1.60 g/100g pour le FPA (**Tab.07**). Cette variabilité entre les deux types de coagulants (animal et végétal) peut être attribué à la perte de protéines en raison d'activités protéolytiques excessives des fromages à base du coagulant végétal et par conséquent, la réduction de la matière sèche, ce qui est cohérent à nos résultats (Khan et Masud, 2013).

Cependant, les résultats obtenus se trouvent dans la fourchette de nombreux travaux à savoir, Abd El-Salam et al. (2021) (38.39 g/100g), de la Haba Ruiz et al. (2016) ( $39.6 \pm 6.3$  %) pour un fromage fabriqué à base du coagulant végétal (*Cynara cardunculus*) et Dhanraj et al. (2017) ( $44.27 \pm 0.16$  %) pour un fromage fabriqué à base de la présure animale. Comme mentionné par de nombreux auteurs, la variabilité de la matière sèche peut être due à différents facteurs tel que l'égouttage, la composition de la matière première, le type et la quantité du coagulant utilisé (Amimour 2019 ; Benyahia et al., 2021).



**Figure 10** : La teneur de la matière sèche dans le fromage traditionnel (*Jben*).

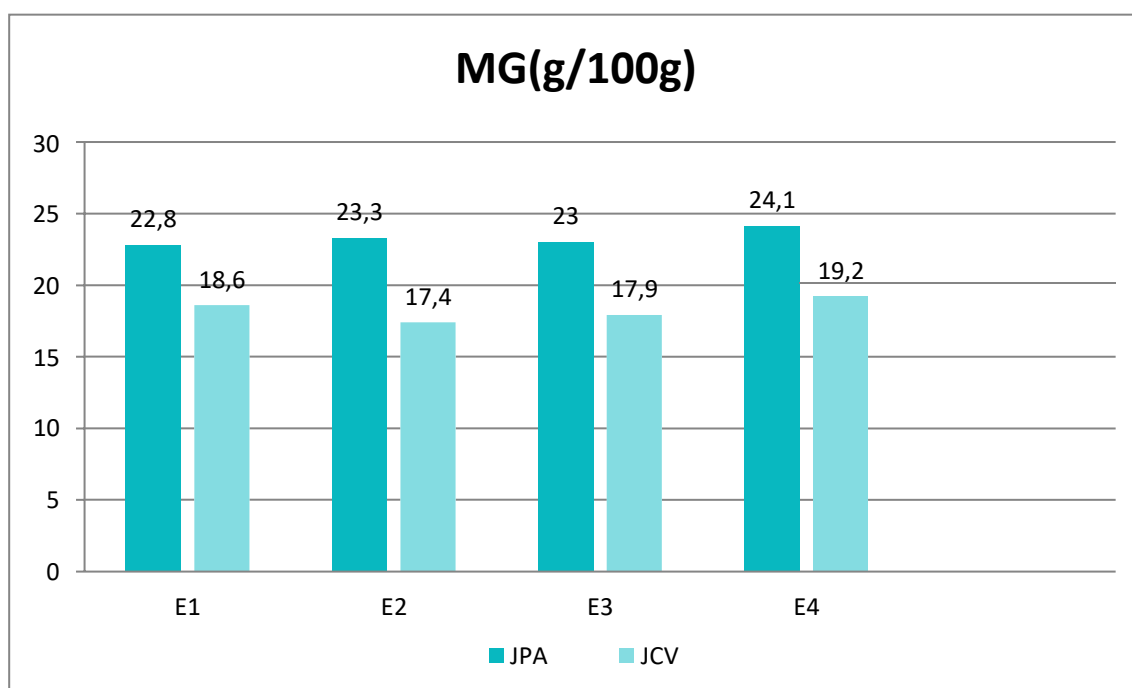
## 2.2. La teneur en matière grasse

Selon les résultats enregistrés dans les échantillons de fromage analysés (FPA et FCV) (**Fig 11**), les teneurs moyennes de la matière grasse varient de  $18.28 \pm 0.78$ g/100g pour le fromage à base de coagulant végétal à  $23.30 \pm 0.57$ g/100g pour le fromage à base de la présure animale.

Par comparaison avec les données de la littérature, nos teneurs moyennes pour le FPA, étaient en concordance avec celles obtenues par Rasheed et al. (2016) (22.5%), par Messias et al. (2016) ( $24.13 \pm 2.64$ %) pour le fromage frais minas, et par Hashim et al. (2011) ( $23.08 \pm 1.16$ ) et par Cassinello, et Pereira (1999) ( $23,36 \pm 3,61$ %). Tandis que pour le fromage obtenu par les fleurs de chardon (*Cynara cardunculus*), nos teneurs moyennes se rapprochent de celles révélées par Bjekić et al. (2021) et par Rana et al. (2017).

Cependant, nos résultats sont inférieurs par rapport aux valeurs obtenues par El-Abd El-Salam et al. (2017) (22.00 %) pour le fromage fabriqué à base des fleurs de chardon et aux résultats révélés par Noutfia et al. (2011) (20.6%) pour le *Jben*. D'autre part, nos valeurs sont supérieures par rapport aux résultats obtenus par Amimour (2019) pour les deux types de fromages (FPA et FCV) ( $12.23 \pm 0.6$  % et  $114.6 \pm 0.55$ %), respectivement.

Les variations de la matière grasse sont sous l'influence de nombreux facteurs tel que l'alimentation, les procédés de fabrication, les conditions climatiques et le stade de lactation (Labioui et al., 2009).



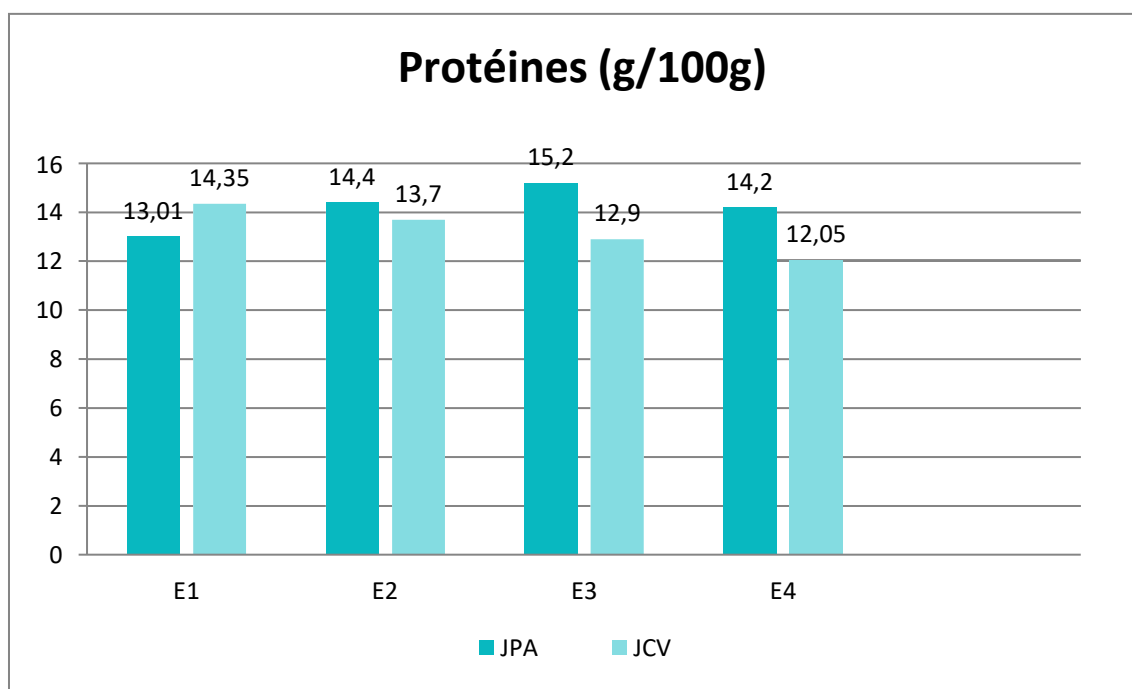
**Figure 11** : la teneur en Matière grasse (g/100g) dans le fromage traditionnel (*Jben*)

### 2.3. La teneur en protéines

Les résultats présentés dans la **Figure 12** montrent que les valeurs moyennes en protéines varient de  $13.25 \pm 0.996$ g/100g à  $14.23 \pm 0.914$ g/100g pour les échantillons de

FCV et FPA, respectivement. La différence légère entre les deux types de fromages (FCV et FPA) peut être attribuée et à l'origine des agents de coagulation du lait animal et végétal, notamment ce dernier qui possède selon les données de la littérature une activité protéolytique excessive qui entraîne des pertes dans la matière sèche et par conséquent dans les protéines, ce qui est cohérent à nos résultats (Khan et Masud, 2013).

D'après les données de la littérature, Les teneurs en protéines que nous avons trouvées concordent à celles dévoilées par Cassinello & Pereira (1999) (15.10), par Zantar et al. (2013) (15,26±0,75), par López (2012) (14.77 ±1.05), par de Benheddi, et Hellal (2019) (17 ± 0.70g/100 g) pour FPA. Alors que, pour le FCV, nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par Komansilan et al. (2012) (12.64), par Rana et al. (2017) (14.94±0.16). D'autre part, nos valeurs sont différentes à celles obtenues par de nombreux auteurs à savoir Amimour (2019) (15.4± 1.49) pour le Jben issu des fleurs de chardon, Kose et al. (2021) (19.78 ± 1.78), Abd El-Salam al. (2017) (14.60) et par Tejada et al. (2003) (19.40±0.41) pour le FPA. Ces différences dans la teneur en protéines entre les fromages pourraient être liées au type de lait, origine des agents de coagulation du lait et aux méthodes de production (Kose et al., 2021).



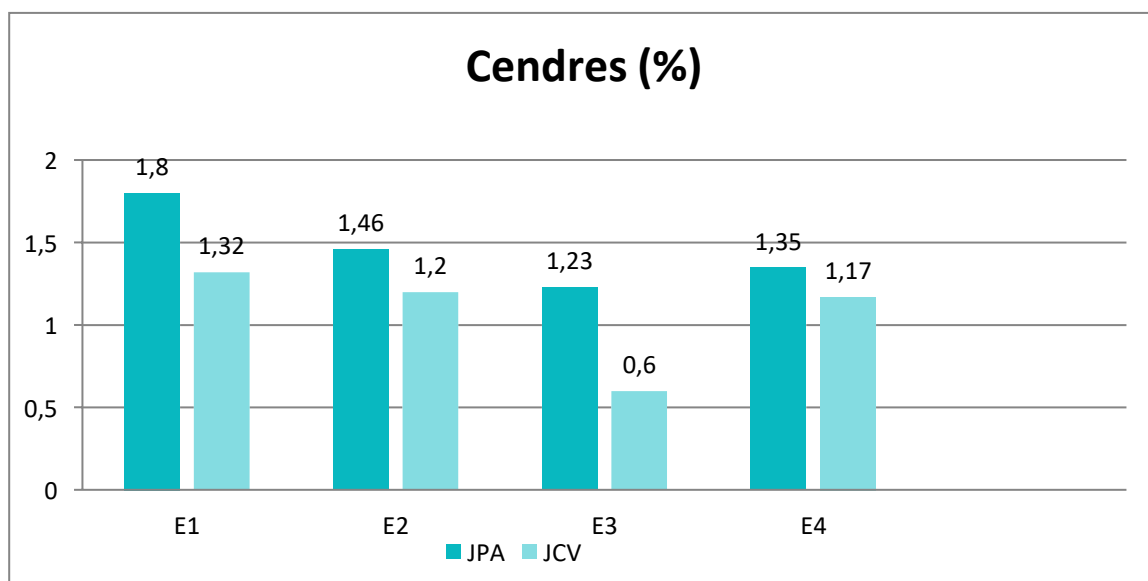
**Figure 7** : La teneur en protéines dans le fromage traditionnel (*Jben*).

#### 2.4. La teneur en cendres

D'après les résultats obtenus pour les analyses physicochimiques des fromages (Fig.12), La teneur en cendre est variable entre les deux types de fromages (1.5±0.24 % pour FPA et 1.1±0.322 % pour FPV). Le type et la quantité d'agent coagulant pourraient avoir causé de telles différences dans les résultats, ce qui est cohérent aux résultats trouvés par Islam et al. (2021) pour des fromages fabriqués à base de coagulants d'origine végétale et animale.

D'autre part, nos teneurs moyenne se trouvent dans la fourchette des résultats obtenus par de nombreux auteurs à savoir Noutfia et al. (2011) (1,053 %), Tadjine et al. (2019) ( $1.04 \pm 0.39\%$ ) pour le FCV. Alors que, pour le FPA, nos résultats se coïncident avec ceux trouvés par Amimour (2019) ( $1.46 \pm 0.03\%$ ) et par Komansilan et al. (2020) (0,59-2,06%). Cependant, nos valeurs moyenne sont différentes par rapport aux résultats obtenus par Islam et al. (2021) ( $2.29 \pm 0.10\%$ ) ( $2.37 \pm 0.15\%$ ) pour un fromage fabriqué à l'aide de deux agents de coagulation animal et végétal, respectivement, par Mladenović et al. (2021)

( $2.03 \pm 0.17\%$ ) pour le FCV et par Rana et al. (2017) ( $2.50 \pm 0.10\%$ ) pour le FPA. Les variations observées dans les teneurs en minéraux pourraient être attribuées à de nombreux facteurs dont le type de lait, la race animale, la période de lactation, l'alimentation, les variations dans le processus de production technologique (en particulier le pressage et le salage) (Gordon, 2014).



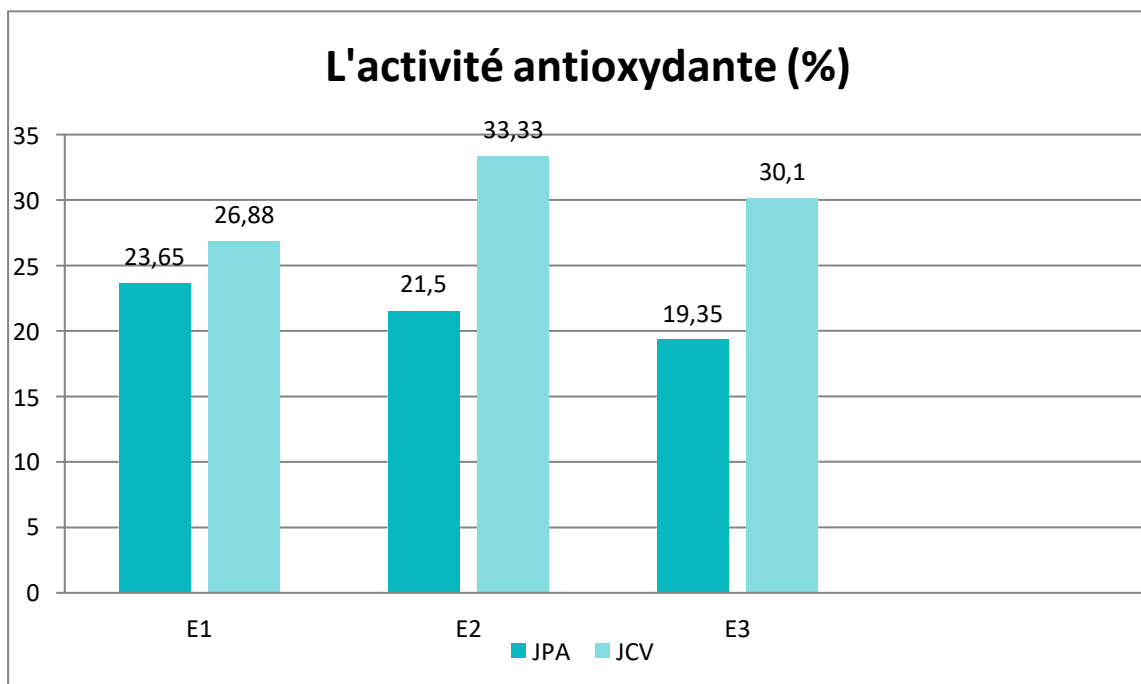
**Figure 8:** La teneur des cendres dans le fromage traditionnel (*Jben*).

### 3. L'activité antioxydante

Le radical DPPH est généralement considéré comme l'un des composés les plus utilisés pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante (Bozin et al., 2008). Concernant l'activité antioxydante, Les échantillons du fromage (*Jben*) fabriqués à l'aide de deux agents de coagulation du lait (animal et végétal), une large variation a été enregistrée dans les valeurs des différents échantillons analysés. Pour le FCV, le pourcentage d'inhibition du radical libre varie entre 26.88% à 33.33% avec une moyenne

30.10±3.23% alors que, le FPA entre 19.35% à 23.65% avec une moyenne de 21.5±2.15% (Fig7). Ces résultats se rapprochent avec ceux obtenus Kariyawasam et al. (2019) (26.04 %) Assem et al. (2018) qui ont enregistré des activités antioxydantes de 28,08 et 27,78 % et par Hilario et al. (2010) (26,9%)

Cependant, nos résultats sont différents par rapport à d'autres travaux à savoir par Kumar et al. (2016) (37,65%) et par Apostolidis et al. (2006) dans une étude effectuée sur trois types de fromages (cheddar, feta et roquefort) pour déterminer l'activité antiradicalaire de ces fromages, comprise entre 25 et 90%. Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH dans les fromages dépend du degré de protéolyse et du type de culture bactérienne impliquée dans la maturation des fromages utilisés pour la fabrication des fromages (Meira et al., 2012).



**Figure 9** : La teneur de l'activité antioxydante dans le fromage traditionnel (*Jben*).

***Conclusion***

## *Conclusion*

---

### **Conclusion :**

A travers cette recherche, nous apportons notre contribution à enrichir nos connaissances sur un fromage traditionnel frais (Jben). Il s'agit d'une pratique traditionnelle ancestrale qui fait partie du patrimoine culturel et culinaire algérien. En s'appuyant sur des informations collectées pour optimiser son procédé de fabrication et les résultats des analyses physicochimiques et biochimiques menées sur ce fromage traditionnel fabriqué à l'aide de deux agents de coagulation (animal et végétal).

Dans la présente étude, les propriétés physicochimiques (pH, l'acidité titrable) des fromages frais traditionnels (Jben), qui ont été fabriqué à l'aide de deux agents de coagulation du lait (animal et végétal), ont montré généralement, des différences significatives entre les deux types de fromage analysé (FPA et FCV) en fonction du type du coagulant. La teneur élevée en acidité obtenue pour ce type de fromage permet d'assurer une bonne conservation pour une durée plus ou moins longue.

Quant aux résultats des caractéristiques biochimiques (matière sèche et la matière grasse, protéines) qui ont montrés des valeurs moyennes supérieurs dans le fromage fabriqué à base de la présure animale par rapport au fromage fabriqué à base du coagulant végétal ce qui est cohérent d'une part avec une grande partie des données de la littérature et d'autre part confirme que l'activité protéolytique excessive du coagulant végétal provoquant ainsi des pertes dans la matière sèche (la matière grasse et protéines) est l'une causes principales de cette différence de point vue biochimiques. Tandis que, les cendres sa teneur moyenne dans le FCV est supérieur par rapport le FPA. La caractérisation physico- chimiques de fromages analysés a montré des niveaux adéquats en nutriments par rapport d'autres types de fromage.

Concernant l'activité antioxydante, les résultats obtenus pour les extraits des fromages analysés sont tous capables d'inhiber même moyennement le phénomène d'oxydation notamment dans le fromage fabriqué à base du coagulant végétal. Globalement, Les présures végétales sont devenues un sujet d'intérêt croissant dans l'industrie fromagère, en raison de leur disponibilité facile et de leurs processus de purification simple comme alternatif à la présure animale mais le problème posé est le faible rendement (perte de la matière sèche) de ce type de fromage (FCV). Donc, la bonne sélection du coagulant végétal et sa dose adéquate joue un rôle important dans le succès Des fromages fabriqués avec ces coagulants.

### Résumé :

Pour conserver notre patrimoine culturel, il est important de caractériser les aliments traditionnels dont les fromages qui font partie d'héritage de chaque peuple. L'objectif de ce travail était de fabriquer et d'étudier les caractéristiques physicochimiques (pH et Acidité) et biochimiques (matière sèche, matière grasse, protéines et cendres) ainsi que l'activité antioxydante, d'un fromage artisanal frais (*Jben*) à base du lait cru de chèvre, fabriqué à l'aide de deux agents de coagulation du lait (animal et végétal).

Les résultats obtenus ont révélé que le fromage à base du coagulant végétal avait des teneurs plus élevées en pH ( $6.02 \pm 0.36$ ), en acidité ( $47.75 \pm 8.13^\circ\text{D}$ ) et en cendres ( $1.5 \pm 0.24\%$ ) mais des valeurs plus faibles en matière sèche ( $39.67 \pm 1.51\text{g}/100\text{g}$ ), de matière grasse ( $18.28 \pm 0.78\text{g}/100\text{g}$ ) et de protéine ( $13.25 \pm 0.996\text{g}/100\text{g}$ ). Alor que, le fromage à base de la présure animale avait des valeurs plus faibles en pH ( $4.91 \pm 0.33$ ), en acidité ( $41.4 \pm 10.3^\circ\text{D}$ ) et en cendres ( $1.1 \pm 0.32\%$ ) mais des valeurs plus élevées en matière sèche ( $45.03 \pm 1.60\text{g}/100\text{g}$ ), de matière grasse ( $23.30 \pm 0.57\text{g}/100\text{g}$ ) et de protéine ( $14.22 \pm 0.91\text{g}/100\text{g}$ ).

D'autre part, les résultats des propriétés antioxydants ont révélé que Le fromage à base du coagulant végétal présentait une meilleure activité de piégeage du DPPH de  $30.10 \pm 3.23\%$  par rapport au le fromage à base de la présure animale ( $21.5 \pm 2.15\%$ ).

**Mot clés :** Activité antioxydante, analyses physicochimiques, analyses biochimiques, chèvre, fleures de chardon, *Jben*, présure animale.

## *Abstract*

---

### **Abstract:**

To preserve our cultural heritage, it is important to characterize traditional foods including cheeses which are part of the heritage of each people. The objective of this work was to manufacture and study the physicochemical (pH and Acidity) and biochemical (dry matter, fat, proteins and ash) characteristics as well as the antioxidant activity of a fresh artisanal cheese (*Jben*) based on raw goat's milk, manufactured using two milk coagulation agents (animal and vegetable).

The results obtained revealed that the cheese based on the vegetable coagulant had higher contents in pH ( $6.02 \pm 0.36$ ), acidity ( $47.75 \pm 8.13^\circ\text{D}$ ) and ash ( $1.5 \pm 0.24\%$ ) but lower values in dry matter ( $39.67 \pm 1.51\text{g}/100\text{g}$ ), fat ( $18.28 \pm 0.78\text{g}/100\text{g}$ ) and protein ( $13.25 \pm 0.996\text{g}/100\text{g}$ ). Whereas, cheese made from animal rennet had lower values in pH ( $4.91 \pm 0.33$ ), acidity ( $41.4 \pm 10.3^\circ\text{D}$ ) and ash ( $1.1 \pm 0.32\%$ ) but higher values in dry matter ( $45.03 \pm 1.60\text{g}/100\text{g}$ ), fat ( $23.30 \pm 0.57\text{g}/100\text{g}$ ) and protein ( $14.22 \pm 0.91\text{g}/100\text{g}$ ).

On the other hand, the results of the antioxidant properties revealed that the cheese based on the vegetable coagulant had a better DPPH trapping activity of  $30.10 \pm 3.23\%$  compared to the cheese based on the animal rennet ( $21.5 \pm 2.15\%$ ).

**Key words:** Antioxidant activity, physicochemical analyses, Goat, thistle flowers, animal rennet, *Jben*.

ملخص:

للحفاظ على تراثنا الثقافي، من المهم دراسة الأطعمة التقليدية بما في ذلك الجبن التي تشكل جزءاً من تراث كل شعب. كان الهدف من هذا العمل هو تصنيع ودراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية (الرقم الهيدروجيني والحموضة) والكيميائية الحيوية (المادة الجافة والدهون والبروتينات والرماد)، وكذلك النشاط المضاد للأكسدة، لجبن تقليدي طازج (جبن) من حليب الماعز الخام، مصنوع باستخدام اثنين من عوامل تخثر الحليب (الحيوانية والنباتية).

كشفت النتائج المتحصل عليها أن الجبن المصنوع من المنفحة النباتية كانت له قيم أعلى في الرقم الهيدروجيني ( $0.36 \pm 6.02$ )، الحموضة ( $D^{\circ} 8.13 \pm 47.75$ ) والرماد ( $0.24 \pm 1.5$ %) ولكن قيم أقل في المادة الجافة ( $1.51 \pm 39.67$  غ/100 غ)، الدهون ( $0.78 \pm 18.28$  غ/100 غ) والبروتين ( $13.25 \pm 0.996$  غ/100 غ). في حين أن الجبن المصنوع من المنفحة الحيوانية كانت له قيم أقل في الرقم الهيدروجيني ( $0.33 \pm 4.91$ )، الحموضة ( $D^{\circ} 10.3 \pm 41.4$ ) والرماد ( $0.32 \pm 1.1$ %) ولكن قيم أعلى في المادة الجافة ( $1.60 \pm 45.03$  غ/100 غ)، الدهون ( $0.57 \pm 23.30$  غ/100 غ) والبروتين ( $0.91 \pm 14.22$  غ/100 غ).

من جهة أخرى كشفت نتائج خصائص مضادات الأكسدة أن الجبن المصنوع من المنفحة النباتية كان له نشاط محاصرة DPPH أفضل بنسبة  $3.23 \pm 30.10$ % مقارنة بالجبن المصنوع من المنفحة الحيوانية ( $2.15 \pm 21.5$ %).

**الكلمات المفتاحية:** النشاط المضاد للأكسدة، التحليلات الفيزيائية والكيميائية، الماعز، زهرة الشوك، منفحة حيوانية، جبن.

## *Références bibliographiques*

### Références bibliographiques

- Abd El-Salam, B. A. E. Y., Ibrahim, O. A., & El-Sayed, H. A. (2017). Purification and characterization of milk clotting enzyme from artichoke (*Cynara cardunculus* L.) flowers as coagulant on white soft cheese. *Int. J. Dairy Sci*, 12, 254-265.
- Adler-Nissen, J. (1986). Enzymatic hydrolysis of food proteins. Elsevier App. Sci., NYork, U.S.Ans.
- Adouard N. (2015). *Les micro-organismes du microbiote fromager survivent-ils à la digestion et peuvent-ils avoir un effet immunomodulateur sur l'hôte ?* (Doctoral dissertation, AgroParisTech).
- Adrian, R. J. (1991). Particle-imaging techniques for experimental fluid mechanics. *Annual review of fluid mechanics*, 23(1), 261-304.
- Ahmed S. A., Wehaidy H. R., Ibrahim, O. A., El Ghani, S. A., & El-Hofi, M. A. (2016). Novel milk-clotting enzyme from *Bacillus stearotherophilus* as a coagulant in UF-white soft cheese.
- Ahmed, I. A. M., Babiker, E. E., & Mori, N. (2010). pH stability and influence of salts on activity of a milk-clotting enzyme from *Solanum dubium* seeds and its enzymatic action on bovine caseins. *LWT-Food Science and Technology*, 43(5), 759-764.
- Alais, D., Blake, R. Et Lee, SH (1998). Les caractéristiques visuelles qui varient dans le temps se regroupent dans l'espace. *Neurosciences naturelles*, 1 (2), 160-164.
- Alférez, MJ, López-Aliaga, I., Nestares, T., Díaz-Castro, J., Barrionuevo, M., Ros, PB et Campos, MS (2006). Le lait de chèvre alimentaire améliore la biodisponibilité du fer chez les rats atteints d'anémie ferropénique induite par rapport au lait de vache. *Journal laitier international*, 16 (7), 813-821.
- Ambrosoli, R., di Stasio, L., & Mazzocco, P. (1988). Content of  $\alpha$ s1-casein and coagulation properties in goat milk. *Journal of Dairy Science*, 71(1), 24-28.
- Amimour, M. (2019). *Essais d'optimisation des procédés de fabrication des fromages traditionnels de qualité (J'ben)* (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis, Algérie).
- Anonyme, A. (1998). Les Brèves du Courrier 34. *Le Courrier de l'environnement de L'INRA*, 34(34), 151-154.
- AOAC. (2005). Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists international. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 41, 12.

## *Références bibliographiques*

---

- Apetoh, L., Ghiringhelli, F., Tesniere, A., Obeid, M., Ortiz, C., Criollo, A., & Zitvogel, L. (2007). Contribution du système immunitaire dépendante du récepteur Toll-like 4 à la chimiothérapie et à la radiothérapie anticancéreuses. *Médecine naturelle*, 13 (9), 1050-1059.
- Apostolidis E., Kwon Y-I., & Shetty K. (2007). Inhibitory potential of herb, fruit, and fungal enriched cheese against key enzymes linked to type 2 diabetes and hypertension. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8 :46–54.
- Aquilanti, L., Babini, V., Santarelli, S., Osimani, A., Petruzzelli, A., & Clementi, F. (2011). Bacterial dynamics in a raw cow's milk Caciotta cheese manufactured with aqueous extract of *Cynara cardunculus* dried flowers. *Letters in applied microbiology*, 52(6), 651-659.
- Axelsson, L., Angélique, J.C., Anne, R., Grévy, S., Guillemaud-Mueller, D., Hornshøj, P., & Sorlin, O. (2001). Dérivation de la variation angulaire des distributions pll pour les neutrons halo avec des statistiques robustes. *Physique nucléaire A*, 679 (3-4), 215-230.
- Balabanova T., Ivanova M., & Vlaseva R. (2017). Effect of rennet type and ripening period on chemical properties of Bulgarian white brined cheese. *International Food Research Journal*, 24(6), p.p.2414–2418.
- Barbano, D. M., & Rasmussen, R. R. (1992). Cheese yield performance of fermentation-produced chymosin and other milk coagulants. *J. Dairy Sci.*, 75 : 1 – 12.
- Barillet, F., & Boichard, D. (1987). Etudes sur la production laitière des brebis laitières I.-Estimations des paramètres génétiques de la composition totale du lait et du rendement. *Génétique sélection évolution*, 19 (4), 459-474.
- Ben Amira, A., Besbes, S., Attia, H., & Blecker, C. (2017). Milk-clotting properties of plant rennets and their enzymatic, rheological, and sensory role in cheese making: A review. *International Journal of Food Properties*, 20(sup1), S76-S93.
- Benamara, R., Gemelas, L., Ibri, K., Moussa-Boudjemaa, B., & Demarigny, Y. (2016). Sensory, microbiological and physico-chemical characterization of Klila, a traditional cheese made in the south-west of Algeria. *African Journal of Microbiology Research*, 10(41), 1728-1738.
- 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 »*.
- Benkerroum, N., & Tamime, A. Y. (2004). Technology transfer of some

## *Références bibliographiques*

---

Moroccan traditional dairy products (Iben, jben and smen) to small industrial scale. *Food Microbiology*, 21(4), 399-413.

– Benkheniche A., & Kaya A. (2013) Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Mechouna » et un autre fromage au Lben. Mémoire d'Ingénieur d'état en Nutrition, Alimentation et Technologies Agro-alimentaires. Aissouaoui Zitoun, O., Université de Constantine1. Algérie. 48p.

– Bezie, A., & Regasa, H. (2019). The role of starter culture and enzymes/rennet for fermented dairy products manufacture—a review. *Nutr. Food Sci. Int. J*, 9, 21-27. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 7, p.p.241–249.

– Bjekić, M., Iličić, M., Vukić, V., Vukić, D., Kanurić, K., Pavlić, B., ... & Degenek, J. (2021). Protein characterisation and antioxidant potential of fresh cheese obtained by kombucha inoculum. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 71(4), 215-225.

– Bony, S. & Dufresne, JL (2005). Les nuages de la couche limite marine au cœur des incertitudes de rétroaction des nuages tropicaux dans les modèles climatiques. *Lettres de recherche géophysique*, 32 (20).

– Boudjaib S. (2013) Etude physicochimique du produit laitier traditionnel du sud algérien Jben : recherche du pouvoir antibactérien des bactéries lactiques. Mémoire de Master en Biologie. Belyagoubi, L. Université de Tlemcen. Algérie. 91P.

– Boukhemis, M., Djeghri-Hocine, B., Tahar, A., & Amrane, A. (2009). Phenotypic characterization of *Lactobacillus* strains isolated from different biotopes. *African Journal of Biotechnology*, 8(19).

– Brennan, N. M., T. M. Cogan, M. Loessner, S. Scherer P. L., & Patrick F. Fox (2004). Bacterial surface-ripened cheeses. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Academic Press. Volume 2 : 199-225.

– Brulé, G., Lenoir, J., & Remeuf, F. (1997). La micelle de caséine et la coagulation du lait, Dans *Le Fromage*, (Eck A., Gillis J.C. (Eds.), Lavoisier Tec & Doc, Paris.

– Carton, R. J., & Park, A. (2006). Review of the 2006 United States National Research Council report: fluoride in drinking water. *Fluoride*, 39(3), 163-72.

– Carton, RJ., & Park, A. (2006). Examen du rapport 2006 du Conseil national de recherches des États-Unis : fluorure dans l'eau potable. *Fluorure*, 39 (3), 163-72.

– Cassinello, J., & Pereira, S. (1999). La qualité du lait et du fromage dans cinq exploitations caprines de la Serra do Caldeirão. *Direcção Regional de Agricultura do*

## *Références bibliographiques*

---

*Algarve (DRAALG), Patacão, 8000.*

- Cayot, P., & Lorient, D. (1998). Structures et technofonctions des protéines du lait. Lavoisier TEC & DOC, Paris, France.
- Chandan, R. C., Attaie, R., & Shahani, K. M. (1992). Nutritional aspects of goat milk and its products. characterization of milk clotting enzyme from goat (*Capra hircus*). *Biochem Molecular Biology*, 145, p.p.108–113.
- Chilliard, Y., Sauvant, D., Morand-Fehr, P., & Delouis, C. (1987). Relations entre le bilan énergétique et l'activité métabolique du tissu adipeux de la chèvre au cours de la première moitié de la lactation. *Reproduction Nutrition Développement*, 27 (1B), 307-308.
- Choisy, C., Desmazeaud, M., Gripon, J. C., Lamberet, G., & Lenoir, J. (1997). La biochimie de l'affinage. In *Le fromage*, Edited by Eck, A. & Gillis J. C. Paris : Technique Documentation, Lavoisier. 86- 153.
- Claeyss, W. L., Verraes, C., Cardoen, S., De Block, J., Huyghebaert, A., Raes, K., & Herman, L. (2014). Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food control*, 42, 188-201.
- Coulon, C., Megartsi, MH, Fourcade, S., Maury, RC, Bellon, H., Louni-Hacini, A., & Hermitte, D. (2002). Transition post-collisionnelle du volcanisme calco-alcalin à alcalin au cours du Néogène en Oranie (Algérie) : expression magmatique d'une rupture de plaque. *Lithos*, 62 (3-4), 87-110.
- Collin, J. C. (2015). *Présures et coagulants de substitution : Comment faire le bonchoix ?* Editions Quae.
- Daddaoua, A., Puerta, V., Requena, P., Martínez-Férez, A., Guadix, E., de Medina, F. S., ... & Martínez-Augustin, O. (2006). Goat milk oligosaccharides are anti-inflammatory in rats with hapten-induced colitis. *The Journal of nutrition*, 136(3), 672-676.
- Daddaoua, A., Puerta, V., Requena, P., Martínez-Férez, A., Guadix, E., de Medina, F. S., ... & Martínez-Augustin, O. (2006). Goat milk oligosaccharides are anti-inflammatory in rats with hapten-induced colitis. *The Journal of nutrition*, 136(3), 672-676.
- Dagleish, D. G. (1980). A mechanism for the chymosin-induced flocculation of casein micelles. *Biophysical Chemistry*, 11, 147-155.
- Dagleish, D. G., & Corredig, M. (2012). The structure of the casein micelle of milk and its changes during processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 449-467.
- Daviau, C., Famelart, M-H., Pierre, A., & Goudéranche, J-L. M. (2000).

## *Références bibliographiques*

---

Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. *Le Lait*, 80, 397-415.

– De Kruif, C. G. (1998). Supra-aggregates of casein micelles as a prelude to coagulation. *Journal of Dairy Science*, 81, 3019-3028.

– De Vadder, F., Kovatcheva-Datchary, P., Goncalves, D., Vinera, J., Zitoun, C., Duchamp, A., & Mithieux, G. (2014). Les métabolites générés par le microbiote favorisent les bienfaits métaboliques via les circuits neuronaux intestin- cerveau. *Cellule*, 156 (1), 84-96.

– Deaton, A. et Zaidi, S. (2002). Lignes directrices pour la construction d'agrégats de consommation pour l'analyse du bien-être (Vol. 135). Publications de la Banque mondiale.

– Dell, GS & O'Seaghdha, PG (1991). Amorçage lexical médié et convergent dans la production linguistique : un commentaire sur Levelt et al (1991).

– Dentice, M., Ambrosio, R., Damiano, V., Sibilio, A., Luongo, C., Guardiola, O., & Salvatore, D. (2014). L'inactivation intracellulaire de l'hormone thyroïdienne est un mécanisme de survie pour la prolifération des cellules souches musculaires et la progression de la lignée. *Métabolisme cellulaire*, 20 (6), 1038-1048.

– Derenne, S., Monia, B., Dean, N. M., Taylor, J. K., Rapp, M. J., Harousseau, J. L., & Amiot, M. (2002). Antisense strategy shows that Mcl-1 rather than Bcl-2 or Bcl-xL is an essential survival protein of human myeloma cells. *Blood, The Journal of the American Society of Hematology*, 100(1), 194-199.

– Derenne, S., Monia, B., Dean, N. M., Taylor, J. K., Rapp, M. J., Harousseau, J. L., & Amiot, M. (2002). Antisense strategy shows that Mcl-1 rather than Bcl-2 or Bcl-xL is an essential survival protein of human myeloma cells. *Blood, The Journal of the American Society of Hematology*, 100(1), 194-199.

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

– Derouiche, N., Medjouj, H., Aissaoui-Zitoune, W., & Zidoune, M. N. (2017). Some traditional cheeses manufactured in Algeria. *Cheese Production, Consumption and Health Benefits*. New York : Food Science and Technology, Nova Science Publisher, 225-242.

– Deutsch, D. & Boulanger, RC (1984). Equivalence d'octave et rappel immédiat des hauteurs. *Perception musicale*, 2 (1), 40-51.

## *Références bibliographiques*

---

- Doyon, J. & Benali, H. (2005). Réorganisation et plasticité du cerveau adulte lors de l'apprentissage de la motricité. *Opinion actuelle en neurobiologie*, 15 (2), 161- 167.
- El-Kholy, A. M. (2015). Ras cheese making with vegetable coagulant-a comparison with calf rennet.
- Emmons, D. B., Ernstrom, C. A., Lacroix, C., & Verret, P. (1990). Predictive formulas for yield of cheese from composition of milk: a review. *Journal of dairy science*, 73(6), 1365-1394.
- Ernstrom, C.A. & Wongt, N.P. (1983). Milk clotting enzymes and cheese chemistry. In: *Fundamentals on dairy chemistry*. Ed., B.H. Webb, A.H. Johnson and J.A. Alford .2ème ed., the Avi publishing Company Inc, p. 662-771, 929p.
- Esposito M., Di Pierro P., Dejonghe W., Mariniello L, & Porta R. (2016). Enzymatic milk clotting activity in artichoke (*Cynara scolymus*) leaves and alpine thistle (*Carduus defloratus*) flowers. *Food Science and Technology*, 43(5), p.p.759–764.
- Fournier, I. (2019). Approche pour favoriser l'égouttage et la déminéralisation lors de la fabrication fromagère à partir de concentrés d'osmose inverse du lait.
- Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (1998). *Dairy chemistry and biochemistry*. 1st Edition, Cork, Ireland.
- Fox, P.F., 2011. « Cheese | Overview »; Dans: Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Éd.), *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Elsevier, p. 533-543. | ISBN :978-0-12-374407-4.
- Gaucheron, F. (2005). The minerals of milk. *Reproduction Nutrition Development*, 45, 473-483.
- Ghorbel, B., Sellami-Kamoun, A., & Nsri, M. (2003). Stability studies of protease from *Bacillus cereus* BG1.
- Gonzalez-Jordan, A., Thomar, P., Nocolai, T., & Dittmer, J. (2015). The effect of pH on the structure and phosphate mobility of casein micelles in aqueous solution. *Food Hydrocolloids*, 51, 88-94.
- Gordon, I. (2014). Minerals and vitamins in milk and dairy products. *Milk and Dairy Products as Functional Foods*, 289-313.
- Haenlein, GF (1992). *Tout sur les chèvres*. Université du Delaware, Newark, A-2, États-Unis.
- Haenlein, G. F. W. (2001). Past, present, and future perspective of small ruminant dairy research. *Journal of dairy science*, 84(9), 2097-2115.

## *Références bibliographiques*

---

- Hashim, M. M., Dong, M., Iqbal, M. F., Li, W., & Chen, X. (2011). Ginger protease used as coagulant enhances the proteolysis and sensory quality of Peshawari cheese compared to calf rennet. *Dairy science & technology*, *91*, 431- 440.
- Hilario, M. C., Puga, C. D., Ocana, A. N., & Romo, F. P. G. (2010). Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. *Journal of Dairy Research*, *77*(1), 2-26.
- Hill, A.R., & Kethireddipalli, P., (2013). « Dairy products »; Dans: Eskin, N.A.M., Shahidi, F. (Éd.), *Biochemistry of Foods*. Elsevier, p. 319-362. |ISBN :978-0-12-242352-9.
- Holt, C., & Horne, D. S. (1996). its implications for dairy technology. *Netherlands Milk & Dairy Journal*, *50*, 85-1.
- ISO 27871 :2011. Cheese and processed cheese – Determination of the nitrogenous fractions
- Issa Ado, R., Saâdou, M., & Gaucheron, F. (2017). Etude de la coagulation du lait par l'extrait de feuilles de *Calotropis procera* en réponse au contexte laitier dans la région de Maradi au Niger.
- Jacob M., Jaros D., & Rohm H., (2011). Recent advances in milk clotting enzymes. *International Journal of Dairy Technology*, *64*, p.p.14–33.
- Jenot, F., Ouafthouh, M., Duquennoy, M., & Ourak, M. (2001). Mesure de l'épaisseur de corrosion dans des plaques à l'aide de mesures de vitesse de groupe d'ondes de Lamb. *Science et technologie de la mesure*, *12* (8), 1287.
- Kethireddipalli, P., & Hill, A. R. (2015). Rennet coagulation and cheesemaking properties of thermally processed milk: overview and recent developments. *J. Agric. Food Chem.* *63* (43), 9389-9403. doi :10.1021/jf504167v.
- Komansilan, S., Rosyidi, D., Radiati, L. E., & Purwadi, P. (2020). The effect of *Ananas comucos* Extracted Bromelain Enzyme Addition Under Different pH on the Physicochemical Properties of Cottage Cheese. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak (JITEK)*, *15*(1), 38-45.
- Komansilan, S., Rosyidi, D., Radiati, L. E., Purwadi, P., & Evanuarini, H. (2021). The physicochemical characteristics and protein profile of cottage cheese produced by using crude bromelain enzyme extracted from ananas comosus. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, *9*(2), 578-587.
- Kose, S., Ceylan, M. M., Altun, I., & Erim Kose, Y. (2021). Determination of some basic properties of traditional cheese. *Food Science and Technology*, *42*, e03921.

## *Références bibliographiques*

---

- Kühn, H. (1980). Light-and GTP-regulated interaction of GTPase and other proteins with bovine photoreceptor membranes. *Nature*, 283(5747), 587-589.
- Kumar, A., Sharma, J., Mohanty, A. K., Grover, S., & Batish, V. K. (2006). Purification and characterization of milk clotting enzyme from goat (*Capra hircus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 145(1), 108-113.
- Kumar, A., Grover, S., Sharma, J., & Batish, V. K. (2010). Chymosin and other milk coagulants: sources and biotechnological interventions. *Critical reviews in biotechnology*, 30(4), 243-258
- Lahsaoui, S. (2009). *Étude du procédé de fabrication d'un produit laitier traditionnel Algérien (Kilila)* Thèse de Doctorat : Science Agronomie, université de Batna (Algérie)].
- Lapointe-Vignola, C. (2002). *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Presses inter Polytechnique.
- Lemouchi L. (2007) Le fromage traditionnel Bouhezza : enquête dans la wilaya de Tébessa et suivi de l'évolution des caractéristiques physicochimiques de deux fabrications. Mémoire d'ingénieur en Nutrition et Technologies Agro-Alimentaires. Université de Constantine 1. Algérie.
- Libouga, D. G., Vercaigne-Marko, D., Djangal, S. L., Choukambou, I., Ebangi, A. L., Ombionyo, M., & Guillochon, D. (2006). Mise en évidence d'un agent coagulant utilisable en fromagerie dans les fruits de *Balanites aegyptiaca*. *Tropicult*, 24(4), 229-238.
- Liñán, F., & Fayolle, A. (2015). A systematic literature review on entrepreneurial intentions: citation, thematic analyses, and research agenda. *International entrepreneurship and management journal*, 11, 907-933.
- Litwin, DE, Darzi, A., Jakimowicz, J., Kelly, JJ, Arvidsson, D., Hansen, P., & Meyers, WC (2000). Chirurgie laparoscopique assistée à la main (HALS) avec le système HandPort : première expérience auprès de 68 patients. *Annales de chirurgie*, 231 (5), 715-723.
- Liu, X., Wu, Y., Guan, R., Jia, G., Ma, Y., & Zhang, Y. (2021). Advances in research on calf rennet substitutes and their effects on cheese quality. *Food Res. Int.* 149, 1-11. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110704.
- Lo Piero, A. R., Puglisi, I., & Petrone, G. (2011). Characterization of the purified actinidin as a plant coagulant of bovine milk. *European Food Research and*

## *Références bibliographiques*

---

*Technology*, 233, 517-524.

- López, M. (2012). Effect of vegetable coagulant, microbial coagulant and calf rennet on physicochemical, proteolysis, sensory and texture profiles of fresh goats cheese. *Dairy science & technology*, 92(6), 691-707.
- López-Aliaga, I., Díaz-Castro, J., Alférez, M. J. M., Barrionuevo, M., & Campos, M. S. (2010). A review of the nutritional and health aspects of goat milk in cases of intestinal resection. *Dairy science & technology*, 90(6), 611-622.
- Lucey, J. A., & Singh, H. (1998). Formation and physical properties of acid milk gels : a review. *Food Research International*, 30, 529-542.
- Lucy, MC, Verkerk, GA, Whyte, BE, Macdonald, KA, Burton, L., Cursons, R., & Holmes CW. (2009). Composants de l'axe somatotrope et répartition des nutriments chez des vaches laitières génétiquement diverses gérées sous différentes allocations alimentaires dans un système de pâturage. *Journal of Dairy Science*, 92. (2), 526-539
- Mahaut, M., R. Jeantet, G. Brulé & P. Schuck. (2000). Industrial milk products. Editions Tec & Doc.
- Mahé, S., Roos, N., Benamouzig, R., Davin, L., Luengo, C., Gagnon, L., & Tomé, D. (1996). Cinétique gastrojéjunale et digestion de la [15N] bêta- lactoglobuline et de la caséine chez l'homme : influence de la nature et de la quantité de la protéine. *Le journal américain de nutrition clinique*, 63 (4), 546-552.
- Malchiodi, L., Cucchi, A., Ghensi, P., Consonni, D., & Nocini, P. F. (2014). Influence of crown-implant ratio on implant success rates and crestal bone levels: A 36-month follow-up prospective study. *Clinical Oral Implants Research*, 25(2), 240-251.
- Malterre, C., Ro Malterre, C., Robelin, J., Agabriel, J., & Bordes, P. (1989). Engraissement des vaches de réforme de race Limousine. *INRAE Productions Animales*, 2(5), 325-334.
- Mamo, A., & Balubramanian, N. (2018). Calf rennet production and its performance optimization. *J. Appl. Nat. Sci.* 10 (1), 247-252. doi :10.31018/jans.v10i1.1612.
- Marcel, S., & Millán, JDR. (2007). Authentification des personnes par ondes cérébrales (EEG) et adaptation maximale du modèle a posteriori. *Transactions IEEE sur l'analyse de modèles et l'intelligence artificielle*, 29 (4), 743-752.
- Marchin, S., Putaux, J. L., Pignon, F., & Léonil, J. (2007). Effects of the environmental factors on the casein micelle structure studied by cryo transmission electron microscopy and small-angle x-ray scattering/ultrasmall-angle x-ray scattering. *The*

## Références bibliographiques

---

*Journal of chemical physics*, 126(4).

- Marsh, DJ, Coulon, V., Lunetta, KL, Rocca-Serra, P., Dahia, PL, Zheng, Z., & Eng, C. (1998). Analyses du spectre de mutation et du génotype-phénotype dans la maladie de Cowden et le syndrome de Bannayan-Zonana, deux syndromes d'hamartome avec mutation germinale PTEN. *Génétique moléculaire humaine*, 7 (3), 507-515.
- Mazorra-Manzano, M. A., Moreno-Hernández, J. M., Ramírez-Suarez, J. C., de Jesús Torres-Llanez, M., González-Córdova, A. F., & Vallejo-Córdova, B. (2013). Sour orange *Citrus aurantium* L. flowers: a new vegetable source of milk-clotting proteases. *LWT-Food Science and Technology*, 54(2), 325-330.
- McClure, S. B., Magill, C., Podrug, E., Moore, A. M., Harper, T. K., Culleton, B.J., & Freeman, K. H. (2018). Fatty acid specific  $\delta^{13}\text{C}$  values reveal earliest Mediterranean cheese production 7,200 years ago. *PLoS One*, 13(9), e0202807.
- Mehraein, Y., Wippermann, C. F., Michel-Behnke, I., Ngo, T. K. N., Hillig, U., Giersberg, M., & Rehder, H. (1997). Microdeletion 22q11 in complex cardiovascular malformations. *Human genetics*, 99, 433-442.
- Meira S-M-M., Daroit D-J., Helfer V-E., Corrêa A-P-F., Segalin J., Carro S., & Bardi A. (2012). Bioactive peptides in water-soluble extracts of ovine cheeses from Southern Brazil and Uruguay. *Food Research International* 48 : 322–329.
- Mekentichi, Z. (2003). Qualité physicochimique et bactériologique d'un fromage traditionnel (Bouhezza). Mémoire d'ingénieur. *Dept Agronomie. Université de Batna*.
- Mennane, Z., Khedid, K., Zinedine, A., Lagzouli, M., Ouhsine, M., & Elyachioui, M. (2007). Microbial characteristics of Klila and Jben traditional Moroccan cheese from raw cow's milk. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 2(1), 23-27. Mentouri Constantine. Algérie.
- Merheb-Dini, C., Gomes, E., Boscolo, M., & da Silva, R. (2010). Production and characterization of a milk-clotting protease in the crude enzymatic extract from the newly isolated *Thermomucor indicae-seudaticae* N31:(Milk-clotting protease from the newly isolated *Thermomucor indicae-seudaticae* N31). *Food Chemistry*, 120(1),87-93.
- Messias, T. B. O. N., Magnani, M., Pimentel, T. C., SILVA, L. M. D., Alves, J., Gadelha, T. S., ... & Queiroga, R. D. C. R. D. E. (2021). Typical Brazilian cheeses: safety, mineral content and adequacy to the nutritional labeling. *Food Science and Technology*, 42, e37121. *Microbioly*. 21(4) : pp 399-413.
- Mladenović, K. G., Grujović, M. Ž., Kocić-Tanackov, S. D., Bulut, S., Iličić,

## *Références bibliographiques*

---

- M., Degenek, J., & Semedo-Lemsaddek, T. (2021). Serbian traditional goat cheese: physico-chemical, sensory, hygienic and safety characteristics. *Microorganisms*, 10(1), 90.
- Mora-Gutierrez, A., Kumosinski, T. F., & Farrell Jr, H. M. (1991). Quantification of  $\alpha$ s1-casein in goat milk from French-Alpine and Anglo-Nubian breeds using reversed-phase high performance liquid chromatography. *Journal of dairy science*, 74(10), 3303-3307.
  - Moreno, J. D. (1995). Deciding together: bioethics and moral consensus.
  - Moschopoulou, E. E., Kandarakis, I. G., Alichanidis, E., & Anifantakis, E. M. (2006). Purification and characterization of chymosin and pepsin from kid. *Journal of dairy research*, 73(1), 49-57.
  - Mutel, E., Gautier-Stein, A., Abdul-Wahed, A., Amigó-Correig, M., Zitoun, C., Stefanutti, A., & Rajas, F. (2011). Control of blood glucose in the absence of hepatic glucose production during prolonged fasting in mice: induction of renal and intestinal gluconeogenesis by glucagon. *Diabetes*, 60(12), 3121-3131.
  - Noutfia, Y., Ibnelbachyr, M., & Zantar, S. (2011). Aperçu sur le secteur de fabrication de fromage de chèvre dans la région d'Ouarzazate. *Economic, social and environmental sustainability in sheep and goat production systems. Options Méditerranéennes, Série A*, (100), 305-310.
  - Núñez-Sánchez, M. Á., Karmokar, A., González-Sarriás, A., García-Villalba, R., Tomás-Barberán, F. A., García-Conesa, M. T., & Espín, J. C. (2016). In vivo relevant mixed urolithins and ellagic acid inhibit phenotypic and molecular colon cancer stem cell features: A new potentiality for ellagitannin metabolites against cancer. *Food and Chemical Toxicology*, 92, 8-16.
  - O'Donnell, C. L. (2008). Defining, conceptualizing, and measuring fidelity of implementation and its relationship to outcomes in K–12 curriculum intervention research. *Review of educational research*, 78(1), 33-84.
  - Pacinovski, N., Dimitrovska, G., Kochoski, L., Cilev, G., Menkovska, M., Petrovska, B., & Pacinovski, A. (2015). Nutritive advantages of goat milk and possibilities of its production in Republic of Macedonia. *Macedonian Journal of Animal Science*, 5(2), 81-88.
  - Panouillé, M., Cuvelier, G., Baglieri, A. M., Bosc, V., Michon, C., & Relkin, P. (2015). Sciences de la Production et de la Transformation. *UC3 Transformation. Fonctionnalités des ingrédients*, 1-34.
  - Pardal, X., Brunet, F., Charpentier, T., Pochard, I. & Nonat, A. (2012).

## *Références bibliographiques*

---

Caractérisation par RMN à l'état solide du <sup>27</sup>Al et du <sup>29</sup>Si de l'hydrate d'aluminosilicate de calcium. *Chimie inorganique*, 51 (3), 1827-1836.

– Parisi, V., Miglior, S., Manni, G., Centofanti, M. & Bucci, MG (2006). Capacité clinique des électrorétinogrammes et des potentiels évoqués visuels à détecter un dysfonctionnement visuel dans l'hypertension oculaire et le glaucome. *Ophthalmologie*, 113 (2), 216-228.

– Park, J. H., Kim, S., & Bard, A. J. (2006). Novel carbon-doped TiO<sub>2</sub> nanotube arrays with high aspect ratios for efficient solar water splitting. *Nano letters*, 6(1), 24-28

– Park, D. H., Lee, J., & Han, I. (2007). The effect of on-line consumer reviews on consumer purchasing intention: The moderating role of involvement. *International journal of electronic commerce*, 11(4), 125-148.

– Phadungath, C. (2005). Casein micelle structure: a concise review. *Journal of Science and Technology*, 27, 202-2012.

– Préhaud, Christophe, Coulon, Patrice, LaFay, Florence, Thiers, Chantal, & Flamand, Anne (1988). Site antigénique II de la glycoprotéine du virus de la rage : structure et rôle dans la virulence virale. *Journal de virologie*, 62 (1), 1-7.

– Puglisi, I., Petrone, G., & Piero, A. R. L. (2014). A kiwi juice aqueous solution as coagulant of bovine milk and its potential in Mozzarella cheese manufacture. *Food and Bioproducts Processing*, 92(1), 67-72.

– Qi, P. X. (2007). Studies of casein micelle structure: the past and the present. *Le Lait*,

– 87(4-5), 363-383.

– Ramet, J. P. (1997). Les agents de la transformation du lait; in «Le fromage» éd. *Eck et Gillis. Tec. Doc*, 3, 105-111.

– Rana, M. S., Hoque, M. R., Rahman, M. O., Raihan Habib, R. H., & Siddiki, M. S. R. (2017). Papaya (*Carica papaya*) latex-an alternative to rennet for cottage cheese preparation.

– Rasheed, S., Qazi, I. M., Ahmed, I., Durrani, Y., & Azmat, Z. (2016). Comparative study of cottage cheese prepared from various sources of milk. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences*, 53(4), 269-282.

– Regnault, P., Bigand, E., & Besson, M. (2001). Différents mécanismes cérébraux interviennent dans la sensibilité à la consonance sensorielle et au contexte harmonique : preuves des potentiels cérébraux liés aux événements auditifs. *Journal des*

## *Références bibliographiques*

---

neurosciences cognitives, 13 (2), 241-255.

- Robelin, J., Agabriel, J., Malterre, C., & Bonnemaire, J. (1990). Modifications de la composition corporelle des vaches tarées matures de races Holstein, Limousin et Charolaise au cours de l'engraissement. I. Squelette, muscles, tissus adipeux et abats. *Science de la production animale*, 25 (3), 199-215.
- Roseiro, L. B., Barbosa, M., Ames, J. M., & Wilbey, R. A. (2003). Cheesemaking with vegetable coagulants—the use of *Cynara L.* for the production of ovine milk cheeses. *International Journal of Dairy Technology*, 56(2), 76-85.
- Sampelayo, M. S., Mariscal, I. R., Extremera, F. G., & Boza, J. (1997). The effect of different concentrations of protein and fat in milk replacers on protein utilization in kid goats. *Animal Science*, 64(3), 485-492.
- Sandra, S., Alexander, M., & Dalgleish, D. G. (2007). The rennet mechanism of coagulation of skim milk as observed by transmission diffusing wave spectroscopy. *Journal of Colloid and Interface Science*, 308, 364-373.
- Sandra, S., Alexander, M., & Dalgleish, D. G. (2012). Effect of soluble calcium on the renneting properties of casein micelles as measured by rheology and diffusing wave spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 95, 75-82.
- Saudi Z. (2012). Caractérisation microbiologique et de la protéolyse du fromage
- Schäfer, T., & Teaney, D. (2009). Nearly perfect fluidity: from cold atomic gases to hot Quark
- Seegers, H., Fourichon, C., & Beaudeau, F. (2003). Effets sur la production liés à la mammite et aux aspects économiques de la mammite dans les troupeaux de bovins laitiers. *Recherche vétérinaire*, 34 (5), 475-491.
- Senoussi, A., Zidoune, M. N., & Benatallah Benchikh El Feggoun, L. (2013). *Caractérisation microbiologique de la peau de chèvre utilisée dans la fabrication du fromage traditionnel Algérien « Bouhazza »* (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).
- Shah, M. A., Mir, S. A., & Paray, M. A. (2014). Plant proteases as milk-clotting enzymes in cheesemaking: a review. *Dairy Science & Technology*, 94, 5-16.
- Shi, Y., Prabakusuma, A.S., Zhao, Q., Wang, X., & Huang, A. (2019). Proteomic analysis of *Moringa oleifera* Lam. leaf extract provides insights into milk-clotting proteases, *LWT - Food Science and Technology*
- Siboukeur, A., Mimouni, Y., Hafiane, A., & Siboukeur, O. (2011).

## *Références bibliographiques*

---

Valorisation des dattes (cultivar ‘Ghars’) par procédé technologique. Dans I Symposium international sur le palmier dattier 994 (pp. 257-261).

– Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., & Prosser, C. G. (2010). Recent advances in exploiting goat’s milk: quality, safety and production aspects. *Small ruminant research*, 89(2-3), 110-124.

– Silva SV., & Malcata FX (2005) Studies pertaining to coagulant and proteolytic activities of plant proteases from *Cynara cardunculus*. *Food Chem* 89:19–26.

– Son, J. H., Ravindran, V., & Tanaka, T. (2010). Effects of sex ratio on the behavioral traits of broiler chickens. *Animal Behaviour and Management*, 46(2), 55-60.

– Sousa, M. J., & Malcata, F. X. (2002). Advances in the role of a plant coagulant (*Cynara cardunculus*) in vitro and during ripening of cheeses from several milk species. *Le Lait*, 82(2), 151-170.

– Sulieman, A. M. E., Ali, R. A. M., & Razig, K. A. A. (2012). Production and effect of storage in the chemical composition of Mozzarella cheese. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2(3), 21-26.

– Sumantha, A., Larroche, C., & Pandey, A. (2006). Microbiology and industrial biotechnology of food-grade proteases: a perspective. *Food Technology and Biotechnology*, 44(2), 211.

– Tadjine, D., Boudalia, S., Bousbia, A., Khelifa, R., Mebirouk Boudechiche, L., Tadjine, A., & Chemmam, M. (2019). Pasteurization effects on yield and physicochemical parameters of cheese in cow and goat milk. *Food Science and Technology*, 40, 580-587.

– Takheaw, N., Liwsrisakun, C., Chaiwong, W., Laopajon, W., Pata, S., Inchai, J., & Kasinrerak, W. (2022). Analyse de corrélation des IgG anti-SARS-CoV-2 RBD et des anticorps neutralisants contre les variantes du SRAS-CoV-2 Omicron après vaccination. *Diagnostic*, 12 (6), 1315.

– Tejada, L., & Fernandez-Salguero, J. (2003). Chemical and microbiological characteristics of ewe milk cheese (Los Pedroches) made with a powdered vegetable coagulant or calf rennet. *Italian journal of food science*, 15(1), 125-132.

– Touati, K., Bormans, M., Ectors, F., & Massip, A. (1990). Congelation d'embryons bovins par la methode au glycerol-sucrose pour transfert direct, apres congelation. Pt. 2. In *Annales de Medecine Veterinaire* (Vol. 134).

– Troch T, Lefébure É., Baeten V., Colinet F., Gengler N., & Sindic M. (2017). Cow milk coagulation : process description, variation factors and evaluation

## *Références bibliographiques*

---

methodologies. A review. *Biotechnol Agron Soc Environ.* ;21(4) :276–87.

- Verrando, P., Hsi, BL, Yeh, CJ, Pisani, A., Serieys, N. & Ortonne, JP. (1987). Anticorps monoclonal GB3, une nouvelle sonde pour l'étude des membranes basales humaines et des hémidesmosomes. *Recherche cellulaire expérimentale*, 170(1), 116-128.
- Viallonista, C., Martin, B., Verdier-Metz, I., Pradel, P., Garel, JP, Coulon, JB & Berdagué, JL (2000). Transfert des monoterpènes et sesquiterpènes des fourrages vers la matière grasse laitière. *Le lait*, 80 (6), 635-641.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. (2006). *Dairy Science and Technology*. Taylor and Francis Group, Boca Ranton, USA.
- Yamamoto Y. (1975) Effect of desiccation on the germination of akinetes of *Anabaena cylindrica*. *Plant Cell Physiol* 16 :749–752.
- Yegin S., & Dekker P. (2013). Progress in the field of aspartic proteinases in cheese manufacturing: Structures, functions, catalytic mechanism, inhibition, and engineering. *Dairy Science & Technology*, 93(6), p.p.565–594.
- Zantar, S., Zerrouk, H. M., Zahar, M., Saidi, B., Notfia, Z., Laglaoui, A., & Chentouf, M. (2013). Effet de l'utilisation des huiles essentielles (du thym, du romarin, de l'origan et du myrte) sur les propriétés physicochimiques, microbiologiques et sensorielles du fromage de chèvre frais et semi-affiné. *development services and farmer associations, (108 Technology creation and transfer in small ruminants: roles of research,)*.
- Zemmouri, H., Sekiou, O., Ammar, S., El Feki, A., Bouaziz, M., Messarah, M., & Boumendjel, A. (2017). *Urtica dioica* attenuates ovalbumin-induced inflammation and lipid peroxidation of lung tissues in rat asthma model. *Pharmaceutical biology*, 55(1), 1561-1568.
- Zhang, Y., Xia, Y., Ding, Z., H. Lai, P. F., Wang, G., Xiong, Z., & AiL. (2019). Purification and characteristics of a new milk-clotting enzyme from *Bacillus licheniformis* BL312. *LWT*, 113, 108276.
- Zitoun, O. A. (2014). Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Bouhezza ». Thèse de doctorat en Sciences alimentaires, INATAA Constantine. Université de Constantine 1. 174P.
- Zitoun, O. A., Benatallah, L., Ghennam, E., & Zidoune, M. N. (2011). Manufacture And characteristics of the traditional Algerian ripened bouhezza cheese. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(2 parts 1), 96-100.
- Zitoun, O. A., Pediliggieri, C., Benatallah, L., Lortal, S., Licitra, G., Zidoune, M. N., & Carpino, S. (2012). Bouhezza, a traditional Algerian raw milk cheese, made and

## ***Références bibliographiques***

---

ripened in goatskin bags. *Journal of Food, Agriculture and Environment*,10(2),289-295.

# ***ANNEXES***

## Annexes

### Annexes

❖ Annexe 01 : analyses physicochimiques

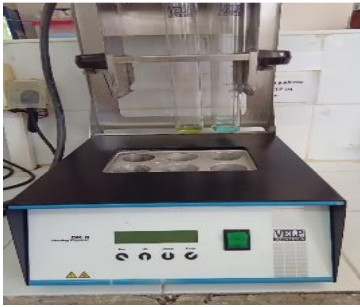
Paramètre	PH		Acidité (D°)		Matière sèche (%)	
	Animal	Végétal	Animal	Végétal	Animal	Végétal
<b>E1</b>	5.31	5.5	27	55	43.66	37.33
<b>E2</b>	4.9	6.46	44.8	37.02	46	40.33
<b>E3</b>	4.73	6.06	36	41.04	43.33	40.66
<b>E4</b>	4.47	6.2	54.04	51.7	45	39
<b>E5</b>	5.11	5.80	45.04	53.9	47.16	41
<b>Moyenne ± écart type</b>	<b>4.91±0.33</b>	<b>6.02±0.36</b>	<b>41.4±10.3</b>	<b>47.75±8.13</b>	<b>45.03±1.60</b>	<b>39.67±1.51</b>

❖ Annexe 02 : Analyses biochimiques

Paramètre	Matière grasse (g /100g)		Protéines (g/100g)		Cendre (g/100g)	
	Animal	Végétal	Animal	Végétal	Animal	Végétal
<b>E1</b>	22.8	18.6	13.01	14.35	1.8	1.32
<b>E2</b>	23.3	17.4	14.5	13.7	1.46	1.2
<b>E3</b>	23	17.9	15.2	12.9	1.23	0.6
<b>E4</b>	24.1	19.2	14.2	12.05	1.35	1.17
<b>Moyenne± écart type</b>	<b>23.30±0.57</b>	<b>18.28±0.78</b>	<b>14.23±0.91</b>	<b>13.25±0.99</b>	<b>1.5±0.24</b>	<b>1.1±0.32</b>

## Annexes

❖ Annexe 03 : les appareils utilisés pour chaque paramètre.



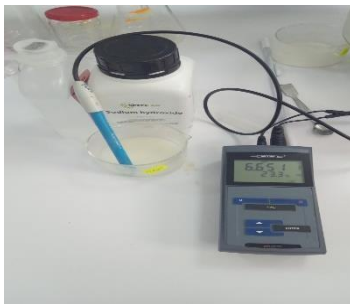
Appareil de Kjeldahl



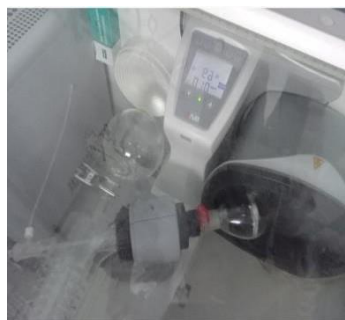
Four à moufle



Appareil de Soxhlet



PH-mètre



Rot vapeur



Balance



Étuve



Bain marie



Appareil pour le titrage