

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE  
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE-MICROBIOLOGIE



*Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences  
biologiques*

*Option : Biochimie appliquée*

### ***Thème***

*Essai de fabrication d'un fromage à pâte molle  
(Camembert) à base du lait bovin et camelin avec un  
extrait brut de cailllette de dromadaire adulte.*

*Présenté par :*

*M<sup>lle</sup> AIT AHMED Manel.*

*M<sup>lle</sup> BELKHAMSA Tinhinane.*

*Soutenu le : 18/10/2021.*

*Devant le jury :*

*M<sup>me</sup> ISSELNANE-TAMACHE S.*

*Maître assistante A*

*Promotrice*

*M<sup>me</sup> DERMECHE S.*

*Maître de conférence B*

*Présidente*

*M<sup>r</sup> TITOUCHE Y.*

*Maître de conférence A*

*Examineur*

*Année universitaire : 2020/2021.*

## *Remerciements*

*Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant pour toute la volonté, le courage et la santé qu'il nous a donné pour l'achèvement de ce travail.*

*Nos sincères remerciements vont également à notre promotrice M<sup>me</sup> ISSELNANE-TAMACHE Souad, non seulement pour nous avoir proposée le sujet et acceptée d'encadrer ce travail, mais surtout pour nous avoir insufflée le désir et la passion de la recherche et pour la confiance qu'elle nous a accordée. On tient également à vous exprimer notre reconnaissance pour votre disponibilité, votre rigueur scientifique, et vos précieux conseils qui ont fait progresser ce travail.*

*Nous exprimons nos respectueux dévouements aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail :*

- *M<sup>me</sup> ISSELNANE-TAMACHE S : Promotrice, Maître assistante A.*
- *M<sup>me</sup> DERMECHE S : Présidente, Maître de conférence B.*
- *Mr TITOUCHE Y : Examineur, Maître de conférence A.*

*Nous tenons aussi à remercier vivement le personnel du service d'administration, de la production et du laboratoire de la fromagerie « Le Fermier » et plus particulièrement Mr KETTOUCHE Ahmed, Mr NECHICHE Brahim, Mr BOUHADDA Youcef et M<sup>me</sup> HAMDAD Djamilia pour leur aide durant la période du stage.*

*Un grand merci pour l'équipe et les enseignants-chercheurs des laboratoires Biochimie et Microbiologie, sans oublier de remercier du fond du cœur M<sup>me</sup> SENNANI, M<sup>me</sup> BEDOUHENE et Mr SEBBANE pour leurs conseils.*

*Sans oublier de remercier du fond du cœur tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail dans de meilleures conditions.*

*Merci à tous.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma très chère mère qui a su habilement guider mes premiers pas dans ce monde et qui m'a toujours soutenue.*

*A mon père, pour son soutien, sa patience, son encouragement durant mon parcours scolaire.*

*A ma tante, qu'aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour ses sacrifices qu'elle avait consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*Aux deux être les plus chers à mon cœur sur cette terre, Walid et mon frère Massinissa-Gaya, source de joie et du bonheur.*

*A tous mes amies et amis : Tinhinane, Kamelia et Cherif*

*A Manel, chère amie avant d'être binôme.*

*A vous chers lecteurs.*

*Tina.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents, tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte. Ma chère mère qui m'a appris d'être femme courageuse, mon amour éternel et ma considération pour ton soutien moral. Mon cher père qui m'a appris à me battre pour réaliser mes rêves et a veillé à ma réussite en déployant tous les efforts nécessaires. C'est à travers vos encouragements que j'ai optée pour cette noble profession, et c'est à travers vos critiques que je me suis réalisée. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés et le fruit de vos innombrables sacrifices. Je vous aime.*

*Mes adorables frères Jugurta et Amar et ma très chère sœur Hanane, ces quelques lignes sont insuffisantes pour exprimer mon profond amour et ma reconnaissance pour tout l'encouragement que vous m'avez donné. Que ce travail vous traduise ma profonde affection.*

*Ma grande famille, mes grands parents et mes grandes mères, mes tantes, leurs maris, mes oncles, leurs femmes et mes cousins, qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect et amour.*

*Mes très chers amis et amies : Djillali, Tina, Dyhia, Fahima, ... pour leurs encouragements sans limites, et plus particulièrement à Nacer qui a été tout le temps à mes côtés, qui m'a aidé et soutenu jusqu'à ce jour là.*

*Manel.*



# *Sommaire*

## Sommaire

<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>I. Synthèse des données bibliographiques</b>	
<b>I.1 Généralités sur le dromadaire</b>	<b>2</b>
I.1.1 Effectifs du cheptel camelin dans le monde et en Algérie	<b>3</b>
I.1.2 Anatomie de l'estomac du dromadaire	<b>4</b>
<b>I.2 Le lait</b>	<b>5</b>
I.2.1 Production laitière	<b>6</b>
I.2.2 Aperçu sur la composition de lait	<b>8</b>
I.2.2.1 Fraction protéique	<b>10</b>
I.2.2.1.1 Caséines	<b>10</b>
I.2.2.1.2 Protéines de lactosérum	<b>12</b>
<b>I.3 Le fromage</b>	<b>12</b>
I.3.1 Définition de fromage	<b>12</b>
I.3.2 La part du marché des fromages à l'échelle mondiale	<b>12</b>
I.3.3 Classification des fromages	<b>13</b>
I.3.4 Etapes de fabrication de fromage	<b>14</b>
I.3.4.1 Ensemencement-maturation	<b>14</b>
I.3.4.2 Coagulation	<b>14</b>
I.3.4.2.1 Coagulation acide	<b>14</b>
I.3.4.2.2 Coagulation enzymatique	<b>15</b>
I.3.4.2.3 Coagulation mixte	<b>15</b>
I.3.4.2.4 Coagulants utilisés dans la fabrication fromagère	<b>16</b>
I.3.4.2.5 Coagulation du lait camelin	<b>19</b>
I.3.4.3 Egouttage	<b>20</b>
I.3.4.4 Moulage	<b>21</b>
I.3.4.5 Ressuyage	<b>21</b>
I.3.4.6 Salage	<b>21</b>
I.3.4.7 Affinage	<b>21</b>
I.3.5 Les ferments lactiques	<b>22</b>
I.3.5.1 Définition	<b>22</b>
I.3.5.2 Rôle des ferments lactiques	<b>22</b>
I.3.5.3 Types des ferments lactiques	<b>23</b>
I.3.5.3.1 Selon la composition	<b>23</b>
I.3.5.3.2 Selon la température de croissance	<b>24</b>
I.3.5.3.3 Selon la fonction	<b>24</b>
I.3.6 Les voies métaboliques mises en jeu au cours de l'affinage des fromages	<b>24</b>
I.3.6.1 La glycolyse	<b>24</b>
I.3.6.2 La protéolyse	<b>25</b>

I.3.6.3 La lipolyse	26
<b>II. Matériels et méthodes</b>	
<b>II.1 Description de la zone d'étude</b>	<b>27</b>
<b>II.2 Matériels et méthodes</b>	<b>27</b>
<b>II.2.1 Matériels</b>	<b>27</b>
II.2.1.1 Matériels biologiques	27
II.2.1.2 Appareillages	28
II.2.1.3 Petits matériels	28
II.2.1.4 Produits chimiques et réactifs	28
II.2.1.5 Milieux de culture	28
<b>II.2.2 Méthodes</b>	<b>28</b>
II.2.2.1 Analyse du lait cru bovin et camelin utilisés dans la fabrication de Camembert	28
II.2.2.1.1 Méthodes d'analyses physico-chimiques du lait bovin et camelin	29
II.2.2.1.1.1 Mesure des paramètres déterminés par le LactoStar	29
II.2.2.1.1.2 Mesure du pH	29
II.2.2.1.1.3 Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode de GERBER	30
II.2.2.1.2 Méthodes d'analyse microbiologique du lait bovin et camelin	30
II.2.2.1.2.1 Préparation des dilutions décimales	30
II.2.2.1.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	30
II.2.2.1.2.3 Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale	31
II.2.2.2 Diagramme de fabrication de Camembert	32
II.2.2.3 Analyse de Camembert	33
II.2.2.3.1 Méthodes d'analyses physico-chimiques de Camembert	33
II.2.2.3.1.1 Détermination de la matière grasse par la méthode de VAN GULIK	33
II.2.2.3.1.2 Détermination de la teneur en extrait sec totale (EST), extrait sec dégraissé (ESD) et l'humidité	34
II.2.2.3.2 Méthodes d'analyses microbiologiques de Camembert	34
II.2.2.3.2.1 Préparation de la suspension mère	34
II.2.2.3.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	34
<b>III. Résultats et discussions</b>	
<b>III.1 Résultats des analyses effectuées sur le lait cru bovin et camelin</b>	<b>35</b>
III.1.1 Résultats des analyses physico-chimiques du lait bovin et camelin	35
III.1.1.1 pH	35
III.1.1.2 Matière grasse	35
III.1.1.3 Matière sèche non grasse	36
III.1.1.4 Protéines	36
III.1.1.5 Lactose	37
III.1.1.6 Densité	37

III.1.1.7 Point de congélation	38
III.1.2 Résultats des analyses microbiologiques du lait camelin et bovin	38
III.1.2.1 Coliformes totaux et fécaux	38
III.1.2.2 Flore totale mésophile aérobie	39
<b>III.2 Résultats des analyses effectuées sur le Camembert</b>	<b>39</b>
III.2.1 Résultats des analyses physico-chimiques de Camembert en utilisant le lait bovin	39
III.2.1.1 pH et température	39
III.2.1.2 Matière grasse	41
III.2.1.3 Matière sèche et humidité	42
III.2.2 Résultats des analyses microbiologiques de Camembert en utilisant le lait bovin	44
III.2.2.1 Coliformes totaux et fécaux	45
III.2.2.2 <i>Escherichia coli</i>	46
III.2.2.3 Staphylocoques à coagulase positive	46
III.2.2.4 Salmonelles	47
III.2.2.5 <i>Listeria monocytogenes</i>	47
III.2.3 Résultats des analyses de Camembert en utilisant le lait camelin	48
<b>III.3 Analyse sensorielle</b>	<b>49</b>
<b>Conclusion</b>	<b>51</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	

### Liste des abréviations

<b>Abréviation</b>	<b>Désignation</b>
<b>a<sub>w</sub></b>	Activité de l'eau.
<b>Ca/P</b>	Calcium/Phosphate.
<b>CaCl<sub>2</sub></b>	Chlorure de calcium.
<b>CHY-MAX</b>	Chymosine bovine recombinante
<b>CMP</b>	Caséino-macro-peptide.
<b>Cu</b>	Cuivre.
<b>Da</b>	Dalton.
<b>EPS</b>	exo-polysaccharides.
<b>ESD</b>	Extrait sec dégraissé.
<b>EST</b>	Extrait sec total.
<b>FAO</b>	Food and agriculture organization.
<b>FAOSTAT</b>	Food and agriculture organization Corporate Statistical Database.
<b>H</b>	Humidité.
<b>I.U.</b>	Unité Internationale.
<b>J</b>	Jour.
<b>K</b>	Potassium.
<b>LAB</b>	Bactéries lactiques.
<b>MADR</b>	Ministre de l'Agriculture et du Développement Rural.
<b>MG</b>	Matière grasse.
<b>MGES</b>	Teneur en matière grasse dans la matière sèche.
<b>NSLAB</b>	Non starter lactic acid bacteria.
<b>OCDE</b>	Organisation de Coopération et du Développement Economiques.
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé.
<b>Pc</b>	Présure cameline.
<b>PCA</b>	Plat Count Agar.
<b>PGRP</b>	Protéine de reconnaissance du peptidoglycane.
<b>SE</b>	Entrérottoxine staphylococcique.
<b>SM</b>	Solution mère.
<b>STEC</b>	Shiga <i>E. coli</i> producteur de toxines.
<b>TEFD</b>	Teneur en eau dans le fromage dégraissé.
<b>VRBL</b>	Violet Red Bile Lactose.

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01</b>	Effectifs des grands camélidés dans le monde.	<b>3</b>
<b>Figure 02</b>	Comparaison de l'estomac des ruminants et des camélidés.	<b>5</b>
<b>Figure 03</b>	Production laitière de différentes espèces de mammifères en 2000 et 2019 au niveau mondial.	<b>6</b>
<b>Figure 04</b>	Production du lait camelin (a) et bovin (b) au niveau mondial.	<b>7</b>
<b>Figure 05</b>	Représentation schématique des micelles de caséines d'après le modèle en sous micelles.	<b>10</b>
<b>Figure 06</b>	Production fromagère à l'échelle mondiale en 2019.	<b>13</b>
<b>Figure 07</b>	Comparaison entre la coagulation acide et la coagulation enzymatique.	<b>15</b>
<b>Figure 08</b>	Principales voies assurant le métabolisme de glucose par les bactéries lactiques.	<b>25</b>
<b>Figure 09</b>	Agents protéolytiques dans le fromage pendant l'affinage.	<b>26</b>
<b>Figure 10</b>	Principales voies de la transformation des lipides par lipolyse.	<b>26</b>
<b>Figure 11</b>	Schéma général de la méthodologie d'analyse du lait bovin et camelin.	<b>29</b>
<b>Figure 12</b>	Préparation des dilutions décimales à partir du lait cru bovin ou camelin.	<b>30</b>
<b>Figure 13</b>	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux en milieu solide.	<b>31</b>
<b>Figure 14</b>	Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles.	<b>31</b>
<b>Figure 15</b>	Diagramme de fabrication de Camembert au niveau de laboratoire.	<b>32</b>
<b>Figure 16</b>	Schéma général de la méthodologie d'analyse du produit fini.	<b>33</b>
<b>Figure 17</b>	Evolution du pH (a) et de la température (b) du Camembert « Le Fermier » et du Camembert bovin produit par l'extrait brut de caillette de dromadaire, durant 12 jours d'affinage.	<b>40</b>
<b>Figure 18</b>	Evolution de la concentration de la matière grasse du Camembert « Le Fermier » et du Camembert bovin produit par l'extrait brut de caillette de dromadaire, durant 12 jours d'affinage.	<b>42</b>
<b>Figure 19</b>	Evolution de la matière sèche (a), l'humidité (b) et du poids final (c) du Camembert « Le Fermier » et du Camembert bovin produit par l'extrait brut de caillette de dromadaire, durant 12 jours d'affinage.	<b>43</b>

### Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b>	Effectifs camelins en Algérie.	<b>4</b>
<b>Tableau II</b>	Tableau comparatif des constituants du lait de différentes espèces.	<b>9</b>
<b>Tableau III</b>	Paramètre physico-chimique des différentes caséines cameline et bovine.	<b>11</b>
<b>Tableau IV</b>	Classification des fromages selon la norme internationale A-6(1978-FAO/OMS) du codex alimentaire.	<b>13</b>
<b>Tableau V</b>	Coagulants utilisés pour la fabrication de différents types de fromage.	<b>16</b>
<b>Tableau VI</b>	Résultats des analyses physico-chimiques du lait bovin et camelin utilisés dans la fabrication fromagère.	<b>35</b>
<b>Tableau VII</b>	Résultats des analyses microbiologiques du lait bovin et camelin utilisés dans la fabrication fromagère.	<b>38</b>
<b>Tableau VIII</b>	Résultats des analyses microbiologiques de Camembert.	<b>45</b>

### Liste des annexes

<b>Annexe</b>	<b>Titre</b>
<b>Annexe 01</b>	La famille des camélidés.
<b>Annexe 02</b>	Localisation des principales races de dromadaire en Algérie.
<b>Annexe 03</b>	Diagramme des grandes familles de fromage.
<b>Annexe 04</b>	Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage de Camembert.
<b>Annexe 05</b>	Composition des milieux de culture.
<b>Annexe 06</b>	Comparaison entre les fromages à pâte molle fabriqués (Camembert).
<b>Annexe 07</b>	Résultats des analyses sensorielles des trois types de Camembert produits.

## Résumé

Dans le but de remédier au retard à la coagulation du lait camelin, nous avons étudié la coagulation de ce lait, en comparaison au lait bovin, en utilisant un extrait enzymatique coagulant issu de caillette de dromadaire adulte et la chymosine bovine recombinante (CHY-MAX) pour la fabrication d'un fromage à pâte molle (Camembert). Les résultats montrent que les caractéristiques physico-chimiques des deux laits sont similaires, à l'exception de la matière grasse qui est plus élevée dans le lait bovin. D'autre part, les résultats du Camembert produit montrent une similitude dans le pH du Camembert « Le Fermier » produit par la CHY-MAX et celui produit avec la présure cameline. Une augmentation de la matière sèche pour les deux types de Camembert est observée durant les 12 jours d'affinage. Une concentration en matière grasse plus élevée (38 %), est également observée, le 12<sup>ème</sup> jour d'affinage du Camembert bovin produit en utilisant la présure cameline par rapport au fromage témoin. Les résultats microbiologiques indiquent l'absence des germes pathogènes dans les deux fromages, ce qui confirme leur bonne qualité microbiologique. Une production du Camembert camelin en utilisant la présure cameline a donnée des résultats acceptables. Plus de tests devraient être envisagés pour améliorer ces résultats.

**Mots clés :** Dromadaire, extraits coagulants, lait camelin, lait bovin, Camembert, affinage.

## Abstract

In order to remedy the delay in the coagulation of camel's milk, we have studied the coagulation of this milk, in comparison with bovine milk, using a coagulating enzymatic extract obtained from adult dromedary abomasum and recombinant bovine chymosin (CHY-MAX) for the manufacture of a soft cheese (Camembert). The results show that the physicochemical characteristics of the two milks are similar, except for the fat which is higher in bovine milk. On the other hand, the results of the Camembert produced show a similarity in the pH of the Camembert "Le Fermier" produced by CHY-MAX and that produced with camel rennet. An increase in dry matter for both types of Camembert is observed during the 12 days of ripening. A higher fat concentration (38 %) is also observed on the 12<sup>th</sup> day of ripening of bovine Camembert produced using camel rennet compared to the control cheese. The microbiological results indicate the absence of pathogenic germs in the two cheeses, which confirms their good microbiological quality. Production of camel Camembert using camel rennet has given acceptable results. More testing should be considered to improve these results.

**Key words:** Dromedary, coagulant extracts, camel milk, bovine milk, Camembert, ripening.



# *Introduction*

### **Introduction**

Le dromadaire (*Camelus dromedarius*) est une composante importante de l'écosystème désertique. Il possède une tolérance exceptionnelle aux conditions hostiles des régions arides et désertiques comme les températures élevées, les radiations solaires, le manque d'eau, les terrains sablonneux et souvent la qualité médiocre de la végétation.

Dans les régions désertiques, la production laitière de la chamelle est maintenue en quantité et en qualité acceptables au moment où les autres ruminants cessent toute production et ne parviennent pas à survivre. Le lait camelin présente d'excellentes propriétés thérapeutiques et fonctionnelles à l'avantage des populations humaines grâce à sa valeur nutritionnelle et sa richesse en nutriments de base (lipides, protides et glucides), en fer, en nombreuses vitamines (vitamines du groupe B et notamment en vitamine C) et minéraux (calcium, phosphore et magnésium) mais renferme une teneur en lactose plus faible que celle du lait de vache.

Toutefois, le lait camelin possède une durée de conservation limitée et pour cette raison la transformation en fromage est une technique de préservation très utilisée, mais l'opération est réputée difficile voir impossible en raison des difficultés rencontrées pour réaliser la coagulation. Cette dernière est considérée comme l'étape clé dans la production fromagère. Elle consiste à la formation d'un gel suite à des modifications physico-chimiques intervenant sur les micelles de caséine.

Dans le but de remédier au retard de la coagulation du lait camelin, plusieurs travaux et adaptations technologiques ont été proposées par divers auteurs, afin d'améliorer sa phase de coagulation. Les corrections recommandées reposent généralement sur l'amélioration de la teneur en matière sèche et de l'équilibre salin de ce lait. Toutefois, le choix des enzymes coagulantes à employer demeure le facteur déterminant du temps de coagulation de lait.

Dans le but d'améliorer l'aptitude fromagère du lait camelin, nous nous sommes intéressés dans notre travail à l'essai de fabrication d'un fromage à pâte molle à croûte fleurie du type Camembert par l'utilisation d'un extrait brut de caillette de dromadaire adulte et puis sa comparaison avec le Camembert bovin fait avec la chymosine bovine recombinante. Un contrôle physico-chimique et microbiologique sur la matière première et le produit fini pendant le 3<sup>ème</sup> jour, le 6<sup>ème</sup> jour et le 12<sup>ème</sup> jour d'affinage et une analyse sensorielle ont été réalisés.



*Synthèse des  
données  
bibliographiques*

### I. Synthèse des données bibliographiques

#### I.1 Généralités sur le dromadaire

Les camélidés comprennent actuellement 3 genres et 7 espèces. Le genre *Camelus* vivant en Afrique et en Asie et comprend le *Camelus dromedarius* (dromadaire à une seule bosse que l'on trouve dans la péninsule arabe, principalement dans la Corne de l'Afrique, le Sahel, le Maghreb, le Moyen-Orient et l'Asie du Sud). Le *Camelus bactrianus* (chameau de Bactriane, avec deux bosses) et le *Camelus ferus* (chameau sauvage de Tartarie) qui est reconnu depuis peu comme une espèce sensiblement différente de l'espèce domestique de Bactriane. Le genre *Lama* englobe les espèces sans bosses, vivant en Amérique du sud, le *Lama glama* (lama), le *Lama guanicoe* (guanaco) et le *Lama pacos* (alpaga ou alpaca). Le genre *Vicugna* vivant en Amérique du sud et comprend le *Lama vicugna* (vigogne) (SKIDMORE, 2005 ; OULD-AHMED, 2009) (Annexe 1).

Le nom « dromadaire » (*Camelus dromadarius*) est dérivé du terme grec « dromados », qui signifie course, route ou chemin. Il est donné à l'espèce du chameau à une seule bosse grâce à son utilisation en transport ou en compétition (FAYE, 2014).

Le dromadaire est considéré comme une source importante de moyens de subsistance et de revenus dans le développement de l'économie rurale (ESHRA et BADAWY, 2014 ; FARAZ *et al*, 2019 ; FARAZ, 2020a). Il est élevé dans le but de produire de lait, de la laine, des poils, de la viande et de la peau (HUSSAIN *et al*, 2013 ; FARAZ, 2020b). Son lait est le produit le plus précieux et il est connu sous le nom « d'or blanc du désert » (WERNERY, 2006 ; DAVATI *et al*, 2015). Il est principalement consommé cru par les bédouins (peuples qui habitaient le désert) où l'accès aux fruits et légumes verts est limité.

Il peut se nourrir, pendant la saison sèche, de plantes herbacées, d'arbustes, de pousses d'arbres et même de cactées et de noyaux de dattes. Il ne dispose, le plus souvent, que de plantes desséchées ou épineuses, pauvres en protéines mais très riches en fibres et en cellulose. Sa morphologie, sa physiologie et son comportement particuliers lui permettent de conserver son énergie, de se priver de boire pendant de nombreuses semaines, et de se contenter d'une alimentation médiocre (FAYE *et al*, 2012 ; BEN-SEMAOUNE *et al*, 2019). Sa bosse est constituée de graisses stockées qui peuvent être métabolisées lorsque la nourriture et l'eau sont inaccessibles.

L'Algérie, pays d'Afrique du Nord, ne compte que l'espèce *Camelus dromadarius* qui est présent dans plusieurs wilayas couvrant le Sahara et les zones steppiques. Parmi les 97 populations de dromadaires recensées sur la terre, on en trouve 26 en Afrique dont 10 en Algérie (HAREK *et al*, 2017). D'après BENHADID (2010) et RAHLI (2015), les différentes races rencontrées en Algérie sont le Chaambi, l'Ouled Sidi Cheikh, le Saharaoui, l'Ait Khebbach, l'Ajjer, le Reguibi, le Chameau de l'Aftouh, le Chameau de la Steppe, le Targui ou race des Touaregs du Nord et le Berberi (Annexe 2).

### I.1.1 Effectifs du cheptel camelin dans le monde et en Algérie

Selon FAYE (2020), sur toute la population cameline existante, seulement 50 % des données concernant l'effectif camelin est officielle, le reste est basé sur des estimations de la FAO.

Le nombre total de chameaux dans le monde est estimé à 35 525 270 (FAOSTAT, 2020), dont 89 % sont des dromadaires à une bosse (*Camelus dromedarius*) et les 11 % restants sont des chameaux de Bactriane (*Camelus bactrianus*) généralement trouvés dans les déserts froids d'Asie (KUMAR et al, 2015).

La Somalie occupe la première place en termes du nombre de troupeau dans le monde (AL-HAJ et AL-KANHAL, 2010 ; RAGHVENDAR et al, 2017) (figure 01). Elle héberge toute seule 7,1 millions de chameaux, ce qui lui vaut vraisemblablement l'appellation du « pays de chameau » (CORREA, 2006 ; RAGHVENDAR et al, 2017). Tandis que l'Inde se situe au dixième rang mondial avec 0,38 millions de chameaux (FAOSTAT, 2015). Au cours des cinq dernières décennies, le nombre de chameaux a doublé de près de trois fois en Afrique (FAOSTAT, 2015). Cela pourrait être dû à la demande du lait et de viande de chameaux (RAGHVENDAR et al, 2017).

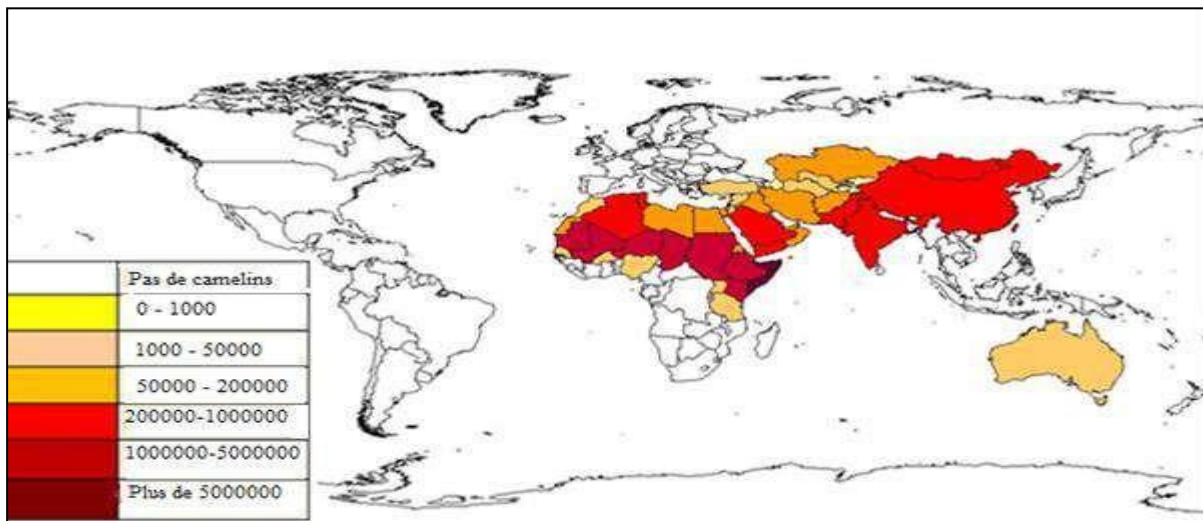


Figure 01 : Effectifs des grands camélidés dans le monde (FAO, 2011).

En Algérie, l'effectif camelin est estimé à 381 882 têtes, selon les statistiques de FAO en 2017, soit 1 % de l'effectif national et environ 17 % de la population Maghrébine cameline et se trouve confinée sur trois grandes aires principales où sont relevés plusieurs types d'élevages (OULD-LAID, 2008). Durant ces dernières décennies, les effectifs camelins en Algérie ont connus une évolution très nette due à l'encouragement de l'élevage camelin par l'état (FAYE, 2020).

## *Synthèse des données bibliographiques*

---

En Algérie, le dromadaire est réparti sur 17 wilayas, dont 8 Sahariennes et 9 Steppiques (BEN-AISSA, 1989). D'après les données statistiques de MADR en 2015, environ de 75 % de cheptel est dans les wilayas sahariennes et le 25 % est dans les wilayas steppiques (Tableau I).

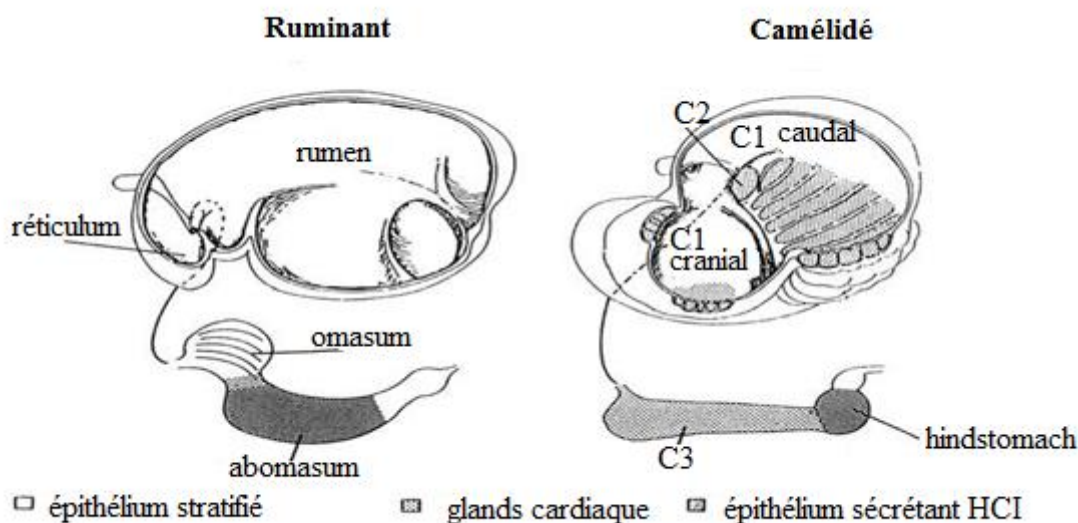
**Tableau I : Effectifs camelins en Algérie (MADR, 2015).**

<b>Wilaya</b>	<b>Année 2011</b>	<b>Année 2012</b>	<b>Année 2013</b>
<b>Adrar</b>	40 983	44 370	46 998
<b>Laghouat</b>	1 810	1 850	1 950
<b>Batna</b>	110	43	43
<b>Biskra</b>	2 260	3 005	3 025
<b>Bechar</b>	23 000	23 550	24 320
<b>Tamanrasset</b>	84 909	85 541	85 745
<b>Tebessa</b>	390	390	410
<b>Tiaret</b>	520	275	230
<b>Djelfa</b>	6 330	6 270	6 440
<b>M'sila</b>	1 600	1 600	1 620
<b>Ouargla</b>	29 833	30 858	31 787
<b>El-Bayadh</b>	9 610	17 853	10 060
<b>Illizi</b>	29 698	30 405	31 182
<b>Tindouf</b>	45 300	47 900	51 342
<b>El Oued</b>	31 342	34 125	36 700
<b>Naama</b>	-	1 005	1 013
<b>Ghardaïa</b>	11 060	11 100	11 150
<b>Total de l'Algérie</b>	318 755	340 140	344 015

Légende : (-) : non rapportée.

### **I.1.2 Anatomie de l'estomac du dromadaire**

Le dromadaire est un poly gastrique, mais il se distingue d'autres ruminants sur le plan de la conformation, de l'anatomie et de la structure de son estomac. De nombreux auteurs tels que HANSEN et SCHMIDT-NIELSEN (1957), SMUTS et BEZUIDENHOUT (1987) et OSMAN (1999), ont divisés l'estomac de dromadaire en quatre compartiments comme chez les autres ruminants : le rumen, le réticulum, l'omasum assurant la digestion microbienne et l'abomasum (la caillette) assurant la digestion gastrique et correspond à l'estomac chez les monogastriques. D'autres auteurs comme EERDUNCHAOLU *et al* (1999), ABDEL-MAGIED et TAHA (2003), VON-ENGELHARDT *et al* (2007) et PAN *et al* (2021) ont considérés le dromadaire comme étant un pseudo-ruminant car il n'avait que trois compartiments : le rumen ou compartiment C1, le réticulum ou compartiment C2 et la caillette ou compartiment C3 (figure 02).



**Figure 02 : Comparaison de l'estomac des ruminants et des camélidés (LECHNER-DOLL *et al*, 1995).**

## I.2 Le lait

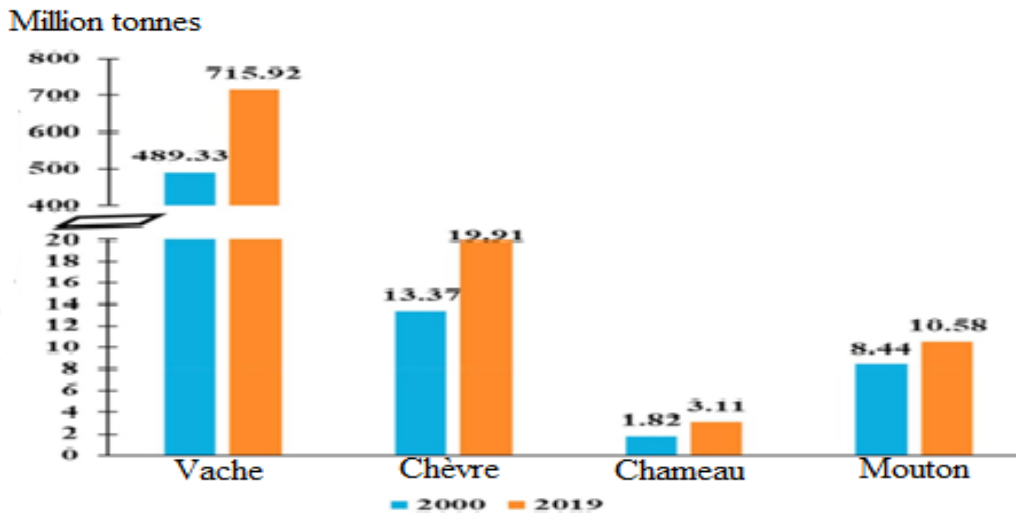
Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (ALAIS, 1975).

Le lait des mammifères, est un produit naturel sécrété par les glandes mammaires des femelles après la naissance du jeune. C'est un milieu de composition physique et chimique complexe qui permet au jeune mammifère et au consommateur de couvrir les besoins énergétiques et nutritionnels (ADAMOU et FAYE, 2007; MAL et PATHAK, 2010 ; SBOUI *et al*, 2015).

Le lait camelin est de couleur blanc opaque, mousseux avec une odeur laiteuse normale et un goût sucré salé (RAGHVENDAR *et al*, 2006 ; KUMAR *et al*, 2015) qui dépend principalement du type de fourrage ou de végétation disponible dans la zone de pâturage (KHASKHELI *et al*, 2005). Il possède une teneur plus faible en carotène par rapport au lait bovin, ce qui pourrait expliquer sa couleur (STAHL *et al*, 2006). Le lait camelin est de densité de  $1,029 \text{ g.cm}^{-3}$  contre  $1,028 \text{ g.cm}^{-3}$  dans le lait bovin (LALEYE *et al*, 2008 ; SBOUI *et al*, 2009). Son pH est de 6,41 et il est similaire à celui du lait de brebis, mais légèrement inférieur à celui du lait bovin qui est de 6,56 (SBOUI *et al*, 2009 ; KUMAR *et al*, 2015 ; RAGHVENDAR *et al*, 2017).

### I.2.1 Production laitière

Bien que le lait de vache continue de contribuer au maximum à la production laitière mondiale totale, le taux de croissance en pourcentage de la production laitière des espèces de mammifères mineurs, c'est-à-dire la chèvre (48,91 %), la chamelle (70,87 %) et la brebis (25,35 %) a considérablement augmentée de 2000 à 2019 par rapport au lait de vache (46,31 %) (DESHWAL *et al*, 2021) (Figure 03).



**Figure 03 : Production laitière de différentes espèces de mammifères en 2000 et 2019 au niveau mondial (FAOSTAT, 2020).**

A partir du début des années 2000, la production du lait de chamelle a connue une augmentation à l'échelle mondiale (FAOSTAT, 2020). Alors que la population des grands camélidés a été multipliée par 2,7 entre 1961 et 2017, leur production laitière aurait été multipliée par 4,5 au cours de la même période passant de 630 000 à 2 900 000 tonnes (FAYE, 2019).

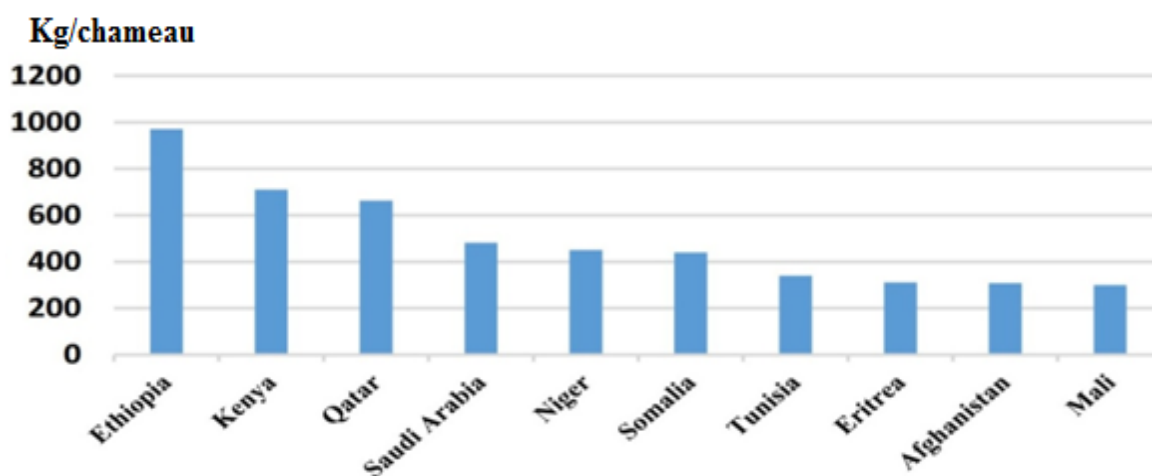
Récemment, le lait de chamelle a gagné une popularité en raison de sa capacité de prévention contre le diabète, le cancer et l'autisme (DESHWAL *et al*, 2021). Il est préféré du lait bovin en raison de sa non-allergénicité qui est attribuée à la plus faible quantité de  $\alpha$ 1-caséine. Il est caractérisé par sa quantité plus élevée en minéraux (Ca, Fe, Mg, Cu et Zn), en vitamines (A, B2, E et C), en composants antimicrobiens (immunoglobulines, lactoferrine et lysozyme), et une quantité plus faible de graisse et de cholestérol (EL-KHASMI et FAYE, 2019 ; DESHWAL *et al*, 2021 ; KADRI *et al*, 2021).

Les chamelles ont la capacité de produire de 2 000 à 4 200 L de lait pendant une période de lactation varie de 8 à 18 mois dans les conditions difficiles de l'écosystème désertique (KUMAR *et al*, 2015). En moyenne, la production laitière quotidienne est estimée entre 3 et 10 kg et le rendement pourrait passer de 20 L par jour avec une alimentation, des pratiques d'élevage, une disponibilité en eau et des soins vétérinaires améliorés (KUMAR *et al*, 2015).

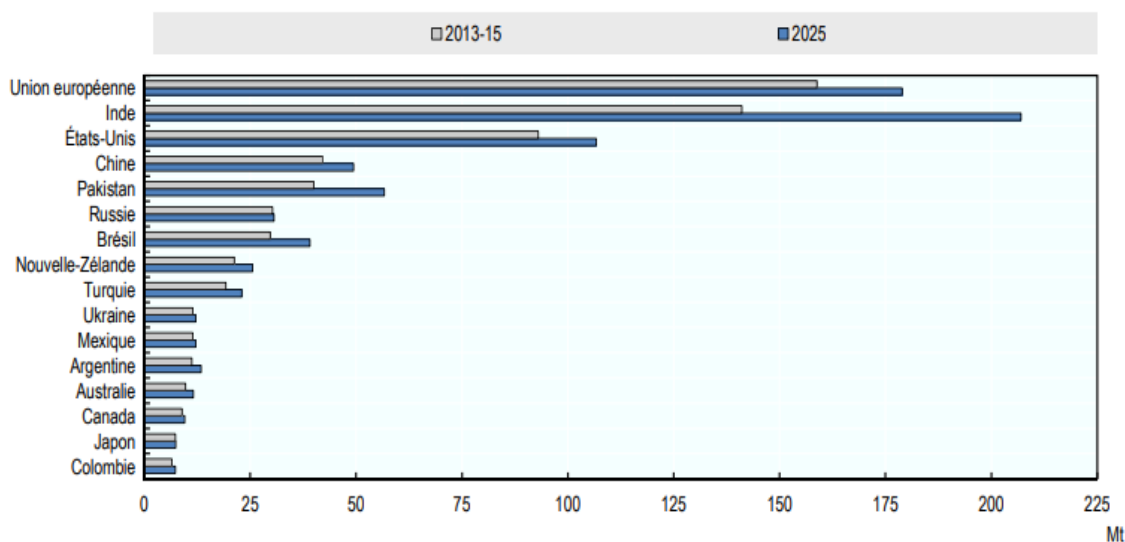
## *Synthèse des données bibliographiques*

La production mondiale annuelle du lait de chamelle est estimée à 2,9 millions de tonnes contre 435 millions de tonnes pour le lait de vache. La Somalie est le premier producteur du lait de chamelle avec 1,1 million de tonnes, suivie du Kenya, du Mali, de l'Éthiopie, de l'Arabie saoudite, du Niger, du Soudan, des Émirats arabes unis, de la Mauritanie et du Tchad (FAOSTAT, 2015 ; RAGHVENDAR *et al*, 2017). Cependant, en Inde, la production laitière du lait de vache augmentera le plus sensiblement, ce qui ravira à l'Union européenne la place de premier producteur mondial, suivie par le Pakistan, qui enregistrera une hausse moyenne de 3,4 % par an (OCDE/FAO, 2016). Le rendement en lait de chamelle et en lait de vache des premiers pays au niveau mondial est présenté dans la figure 04.

**a**



**b**



**Figure 04 : Production du lait camelin (a) (RAGHVENDAR *et al*, 2017) et bovin (b) (OCDE/FAO, 2016) au niveau mondial.**

### **I.2.2 Aperçu sur la composition de lait**

La composition du lait camelin s'est avérée moins stable que celle d'autres espèces. Les teneurs en protéines, matières grasses et matière sèche est comparativement plus faibles en période estivale (VALERIY *et al*, 2019). Elles diminuent de décembre à février et avaient tendance à augmenter de juin à août (VALERIY *et al*, 2019). Cependant, ces variations pourraient être attribuées à plusieurs facteurs tels que les emplacements géographiques, les conditions d'alimentation, les races et une variation saisonnière de l'approvisionnement alimentaire (KHASKHELI *et al*, 2005).

La teneur en eau varie de 87 jusqu'à 90 % dans le lait camelin contre 63 à 87 % dans le lait bovin, en fonction de sa disponibilité dans l'alimentation (LAFITEDUPONT, 2011 ; KUMAR *et al*, 2015 ; RAGHVENDAR *et al*, 2017). Tandis que, la teneur en matière grasse du lait de chamelle se caractérise par une proportion plus élevée en acides gras insaturés par rapport au lait d'autres espèces (WANG *et al*, 2011) (tableau II). Ainsi, la concentration sérique de cholestérol est plus élevée chez la vache (227,8 mg/100 ml) que chez le chameau (106,4 mg/100 ml) (FAYE *et al*, 2015).

Le lait de dromadaire est très riche en niacine et en vitamine C (3 à 5 fois plus que le lait de vache, 24-60 vs 3-15 mg/l) et pauvre en vitamine B1, B2, l'acide folique et l'acide pantothénique (KUMAR *et al*, 2015 ; RAGHVENDAR *et al*, 2017). Il est plus riche en Zn, Fe, Cu et Mn que le lait bovin (RAGHVENDAR *et al*, 2017) (tableau II). Le rapport Ca/P est de 1,5 pour le lait camelin contre 1,29 et 2,1 pour le lait bovin et le lait humain, respectivement.

## Synthèse des données bibliographiques

**Tableau II : Tableau comparatif des constituants du lait de différentes espèces.**

Espèce	Protéines (g/l)		Lipides (g/l)			Vitamines (µg/kg)				Minéraux (mg/100g)					Lactose (g/l)	Références	
	Totales	Caséines	C4	C12	C18	A	B5	B6	B9	Ca	Mg	K	Fe	Zn			Mn
<b>Brebis</b>	58,6	44,6	3,51 <sup>(1)</sup>	4,38 <sup>(1)</sup>	9,57 <sup>(1)</sup>	64 <sup>(5)</sup>	0,43 <sup>(3)</sup>	0,07 <sup>(3)</sup>	6 <sup>(5)</sup>	197,5	19,5	138,0	0,1	0,6	7,15 <sup>(5)</sup>	34,1	MAC-GIBBON et TAYLOR, 2006 ; MERLIN-JUNIOR <i>et al</i> , 2015 ; BALTHAZAR <i>et al</i> , 2017.
<b>Chèvre</b>	35	21,1		38		185 <sup>(6)</sup>	0,31 <sup>(3)</sup>	0,046 <sup>(3)</sup>	1,0 <sup>(5)</sup>	134	16	181	0,07	0,56	0,032	41	PARK, 2010.
<b>Femme</b>	10,6	28		45,9		190 <sup>(6)</sup>	0,20 <sup>(3)</sup>	0,011 <sup>(3)</sup>	5,5 <sup>(5)</sup>	33	4	55	0,20	0,38	0,07	85	PARK, 2010 ; FOLLAIN, 2015.
<b>Vache</b>	32,4	82		36		126 <sup>(6)</sup>	0,32 <sup>(3)</sup>	0,042 <sup>(3)</sup>	5,0 <sup>(5)</sup>	122	12	152	0,08	0,53	0,02	100	PARK, 2010 ; FOLLAIN, 2015.
<b>Chamelle</b>	30-39	16,3-27,6	0,60 <sup>(2)</sup>	1,19 <sup>(2)</sup>	16,12 <sup>(2)</sup>	150	880	520	4	1027 <sup>(4)</sup>	116,2 <sup>(4)</sup>	1511,7 <sup>(4)</sup>	2,5 <sup>(4)</sup>	4,3 <sup>(4)</sup>	0,19 <sup>(4)</sup>	32	KAPPELER <i>et al</i> , 1998 ; ATTIA <i>et al</i> , 2000 ; KHASKHELI <i>et al</i> , 2005 ; MAJDI, 2009 ; GUL <i>et al</i> , 2015.

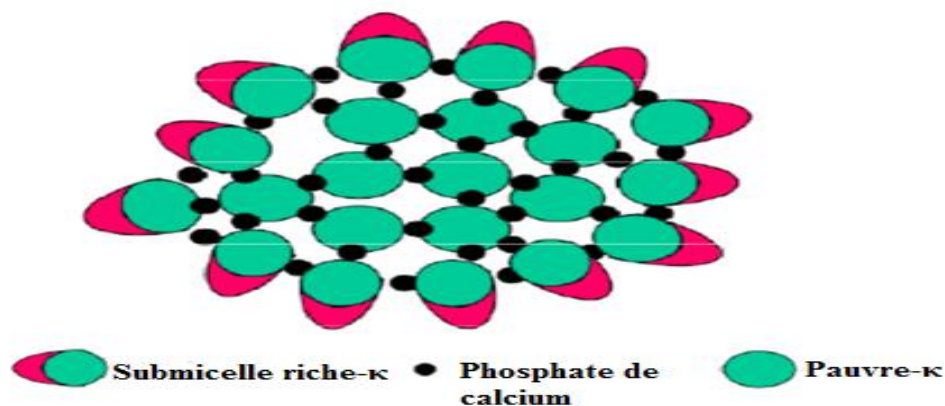
Légende : <sup>(1)</sup> : g/100g ; <sup>(2)</sup> : g/Kg ; <sup>(3)</sup> : mg/100g ; <sup>(4)</sup> : mg/l ; <sup>(5)</sup> : µg/100g ; <sup>(6)</sup> : I.U.

### I.2.2.1 Fraction protéique

Le lait de chamelle est une source de protéines et de peptides capables d'assurer différentes fonctions physiologiques. La teneur totale en protéines du lait camelin varie de 3 à 3,9 % (GUL *et al*, 2015) contre 3,24 % pour le lait bovin (FOLLAIN, 2015) (tableau II). Les protéines du lait camelin sont constituées principalement de 61,8 à 88,5 % de caséines composées de  $\alpha$ 1-caséines,  $\alpha$ 2-caséines,  $\beta$ -caséines et  $\kappa$ -caséines (EREIFEJ *et al*, 2011 ; OMAR *et al*, 2016), et de 20 à 25 % de protéines de lactosérum composées majoritairement de l' $\alpha$ -lactalbumine, l'albumine sérique, la lactoferrine, les immunoglobulines et la protéine de reconnaissance du peptidoglycane (MATI *et al*, 2017).

#### I.2.2.1.1 Caséines

Ce sont des protéines insolubles à leur pH isoélectrique égale 4,3 pour le lait camelin, 4,6 pour le lait bovin et 4,2 pour le lait caprin (BRULE *et al*, 1997). Elles s'associent en micelles, de taille variable et fortement hydratées et minéralisées, grâce aux liens phosphocalciques (HAMBRAEUS, 1982) (figure 05). Elles présentent une structure lâche qui les rend accessibles aux enzymes protéolytiques (SCHMIDT, 1982).



**Figure 05 : Représentation schématique des micelles de caséines d'après le modèle en sous micelles (HORNE, 2006).**

Il existe des différences structurelles et conformationnelles dans les caséines du lait camelin par rapport aux protéines d'autres animaux (KHALESI *et al*, 2017). Les caséines camelines sont moins phosphorylées et moins riches en phosphate de calcium micellaire que les caséines bovines.

La caséine est la protéine majeure du lait de dromadaire et constitue environ 52 à 87 % des protéines totales (KUMAR *et al*, 2015 ; RAGHVENDAR *et al*, 2017). Sa teneur est assez similaire à celle du lait de vache. La teneur en  $\beta$ -caséine (65 % de caséine totale) est supérieure à celle de  $\alpha$ -caséine (21% de caséine totale) dans le lait camelin (KAPPELER *et al*, 2003 ; KUMAR *et al*, 2015). Les paramètres physico-chimiques des 4 types de caséines bovine et cameline sont représentés dans le tableau III.

## Synthèse des données bibliographiques

**Tableau III : Paramètres physico-chimiques des différentes caséines cameline et bovine.**

Type de caséine	Paramètres physico-chimiques	Lait camelin	Lait bovin	Références
<b>Caséine <math>\alpha</math>S1</b>	<b>Proportion moyenne (%)</b>	22	36	LAFITEDUPONT, 2011 ; YELUBAYEVA <i>et al</i> , 2018.
	<b>Concentration (g/l)</b>	2,9	12,8	OMAR <i>et al</i> , 2016.
	<b>Masse moléculaire (Da)</b>	25,307.33	23.600	LAFITEDUPONT, 2011 ; KAPPELER <i>et al</i> , 2003 ; MATI <i>et al</i> , 2017.
	<b>Nombre d'acides aminés</b>	215	199	LAFITEDUPONT, 2011 ; KAPPELER <i>et al</i> , 2003 ; MATI <i>et al</i> , 2017.
	<b>Point isoélectrique</b>	4,89	6	MATI <i>et al</i> , 2017 ; PORTO-OLIVEIRA, 2018.
<b>Caséine <math>\alpha</math>S2</b>	<b>Proportion moyenne (%)</b>	9,5	10	LAFITEDUPONT, 2011 ; YELUBAYEVA <i>et al</i> , 2018.
	<b>Concentration (g/l)</b>	1,9	3,5	WAL, 1998 ; OMAR <i>et al</i> , 2016.
	<b>Masse moléculaire (Da)</b>	21,265.90	25 250	LAFITEDUPONT, 2011 ; MATI <i>et al</i> , 2017.
	<b>Nombre d'acides aminés</b>	178	207	MATI <i>et al</i> , 2017.
	<b>Point isoélectrique</b>	5,80	5,3	MATI <i>et al</i> , 2017 ; PORTO-OLIVEIRA, 2018.
<b>Caséine <math>\beta</math></b>	<b>Proportion moyenne (%)</b>	65	34	LAFITEDUPONT, 2011 ; YELUBAYEVA <i>et al</i> , 2018 ; MAQSOOD <i>et al</i> , 2019.
	<b>Concentration (g/l)</b>	12,8	11,7	OMAR <i>et al</i> , 2016.
	<b>Masse moléculaire (Da)</b>	24,650.76	24 000	LAFITEDUPONT, 2011 ; MATI <i>et al</i> , 2017.
	<b>Nombre d'acides aminés</b>	217	209	LAFITEDUPONT, 2011 ; MATI <i>et al</i> , 2017.
	<b>Point isoélectrique</b>	5,27	5,2	MATI <i>et al</i> , 2017 ; PORTO-OLIVEIRA, 2018.
<b>Caséine <math>\kappa</math></b>	<b>Proportion moyenne (%)</b>	3,47	13	KUMAR <i>et al</i> , 2015 ; KHALESY <i>et al</i> , 2017.
	<b>Concentration (g/l)</b>	1,7	4,4	OMAR <i>et al</i> , 2016.
	<b>Masse moléculaire (Da)</b>	18,209.79	19 000	MATI <i>et al</i> , 2017.
	<b>Nombre d'acides aminés</b>	162	169	MATI <i>et al</i> , 2017.
	<b>Point isoélectrique</b>	7,96	5,6	MATI <i>et al</i> , 2017 ; PORTO-OLIVEIRA, 2018.

### **I.2.2.1.2 Protéines de lactosérum**

Les protéines sériques désignent toutes les protéines de lait qui restent solubles après précipitations des caséines à pH isoélectrique. La fraction des protéines sériques est plus élevée dans le lait camelin par rapport au lait bovin. Elle constitue environ 20 à 25 % des protéines totales et 0,63 à 0,80 % du lait camelin (KHASKHELI *et al*, 2005 ; MAL et PATHAK, 2010 ; KUMAR *et al*, 2015).

L' $\alpha$ -lactalbumine est considéré comme le composant principal du lait camelin tandis que la  $\beta$ -lactoglobuline est déficiente (LALEYE *et al*, 2008 ; EL-AGAMY *et al*, 2009). D'autres protéines de lactosérum présentes dans le lait de chamelle sont l'albumine sérique, la lactoferrine, les immunoglobulines et la protéine de reconnaissance de peptidoglycane (PGRP) (KAPPELER *et al*, 2004 ; KUMAR *et al*, 2015 ; MATI *et al*, 2017). Celle-ci possède une activité antibactérienne contre les bactéries gram-positives et gram-négatives (BENKERROUM *et al*, 2004 ; KUMAR *et al*, 2015) et un effet thérapeutique potentiel contre de nombreuses maladies tels que l'hépatite (EL-MINI AWY *et al*, 2014), l'intolérance au lactose (AL-AGAMY *et al*, 2009), l'autisme (SHABO et YAGIL, 2005) et les atteintes hépatiques induites par l'alcool (AHMED *et al*, 2011). Ces agents antimicrobiens perdent complètement leur activité dans le lait de chamelle s'ils étaient traités thermiquement à 100°C pendant 30 minutes (EL-AGAMY, 2000).

Le rapport protéine de lactosérum/caséine dans le lait camelin est plus élevé par rapport au lait bovin et au lait maternel, ce qui peut expliquer pourquoi le coagulum du lait de chamelle est plus mou que celui du lait de vache (KUMAR *et al*, 2015 ; RAGHVENDAR *et al*, 2017).

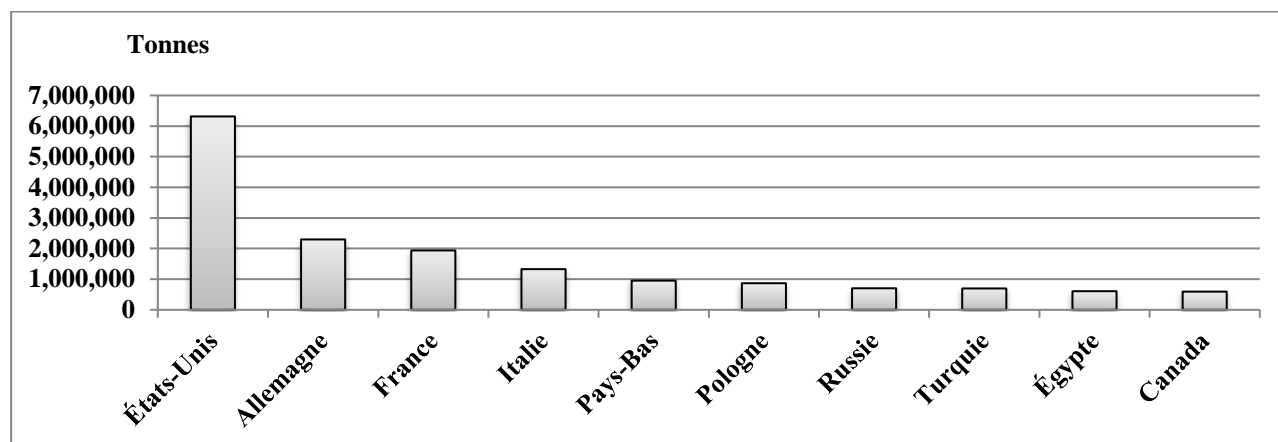
## **I.3 Le fromage**

### **I.3.1 Définition de fromage**

Selon la norme (CODEX STAN 283-1978), le fromage (du latin formaticus = former) est un produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure et dans lequel le rapport protéines sérique/caséine ne dépasse pas celui de lait.

### **I.3.2 La part du marché des fromages à l'échelle mondiale**

Environ de 40 % de la production mondiale de lait est utilisée dans la fabrication fromagère. La production annuelle de fromages atteint plus de 20 millions de tonnes dans le monde et 85 000 de tonnes en Algérie. De ce fait, les États-Unis sont le 1er pays producteur mondial de fromage. La France est le premier exportateur mondial de fromage en valeur, tandis que l'Allemagne est le premier en quantité. Les dix premiers pays producteurs de fromage au niveau mondial sont représentés dans la figure 06.



**Figure 06 : Production fromagère à l'échelle mondiale en 2019 (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture 2018 & Office statistique de l'Union européenne 2019).**

### I.3.3 Classification des fromages

Selon la norme internationale A-6(1978-FAO/OMS) du codex alimentaire les fromages sont classés en trois critères la teneur en matière grasse dans la matière sèche (MGES), la teneur en eau dans le fromage dégraissé (TEFD) et les principales caractéristiques d'affinage (tableau IV).

**Tableau IV : Classification des fromages selon la norme internationale A-6(1978-FAO/OMS) du codex alimentaire.**

Critère de classification	Type du fromage
<b>Teneur en matière grasse</b>	Fromage extra-gras (MGES $\geq$ 60%).
	Fromage tout gras ( $45 \leq$ MGES $<$ 60%).
	Fromage migras ( $25 \leq$ MGES $<$ 45%).
	Fromage quart gras ( $10 \leq$ MGES $<$ 25%).
	Fromage maigre (MGES $<$ 10%).
<b>Teneur en eau</b>	Fromage à pâte extra-dure (TEFD $<$ 51 %).
	Fromage à pâte dure ( $49 <$ TEFD $<$ 56 %).
	Fromage à pâte semi-dure ( $54 <$ TEFD $<$ 63 %).
	Fromage à pâte molle (TEFD $>$ 67 %).
<b>Degré d'affinage</b>	Fromage affiné (en surface ou dans la masse).
	Fromage affiné aux moisissures (en surface ou dans la masse).
	Fromage frais ou non affiné.

Légende : MGES : Pourcentage de matière grasse dans l'extrait sec ; TEFD : Pourcentage de la teneur en eau dans le fromage dégraissé.

Les fromages sont aussi classés selon d'autres critères dont la nature de lait (cru, pasteurisé, entier, écrémé, frais ou reconstitué, ...), l'origine de lait (camelin, bovin, chèvre, mélange de laits de différentes espèces), la technologie de fabrication et le pays ou la région de fabrication (MIETTON *et al*, 2004) (Annexe 03).

### **I.3.4 Etapes de fabrication de fromage**

La fabrication de fromage est une pratique courante de l'humanité depuis des milliers d'années. Il s'agit essentiellement de la transformation du lait liquide en caillé solide, suivie ou non de l'évolution biochimique du caillé en fromage affiné (REIS et MALCATA, 2011). La plupart des variétés de fromages sont produites par coagulation enzymatique avec de la présure (GARCIA-GOMEZ *et al*, 2019). De ce fait, la fabrication de fromage passe par de nombreuses étapes technologiques dont principalement celles citées ci-dessous.

#### **I.3.4.1 Ensemencement-maturation**

Après la pasteurisation, un petit volume de lait estensemencé par des ferments lactiques à une dose de 1,5 à 2 % (LENOIR *et al*, 1983). La maturation est l'étape d'introduction de la flore lactique sélectionnée qui va participer, d'une part, à la coagulation de lait en provoquant l'acidification, et d'autre part, à l'affinage de fromage (rôle dans l'activité protéolytique). Les levains fongiques sont également introduit dont le *Penicillium Camemberti*, *Penicillium caseicolum* et *Geotrichum candidum* (OUALI, 2003).

#### **I.3.4.2 Coagulation**

L'emprésurage correspond au moment où l'on ajoute la présure en vue de provoquer la coagulation de lait. Le caillage est une étape importante dans la fabrication de fromage et son succès est un paramètre important pour avoir un fromage de haute qualité (FOX *et al*, 2004 ; RAYANATOU *et al*, 2017). VIGNOLA (2002) a défini la coagulation de lait comme étant la déstabilisation des micelles de caséine, qui flocculent et s'agrègent pour former un gel renfermant les composants solubles du lait soluble. Elle peut être causée par l'acidification, par l'action d'une enzyme ou par une combinaison des deux.

##### **I.3.4.2.1 Coagulation acide**

Elle consiste à une précipitation des caséines jusqu'à leur point isoélectrique par acidification biologique en utilisant des bactéries productrices d'acide lactique (MAHAUT *et al*, 2005) (figure 07), ou par acidification chimique (injection de CO<sub>2</sub>, addition de gluconodeltalactone) (MAHAUT *et al*, 2000). A une température ambiante, les micelles commencent à s'agréger à pH égal à 5,2, et lorsqu'il atteint 4,6 (pH isoélectrique de caséine), il y a une floculation totale. Ce type de coagulation permet la formation d'un caillé inélastique, cassant, avec une bonne porosité et une haute perméabilité mais une capacité du drainage limitée (JEANTET *et al*, 2008).

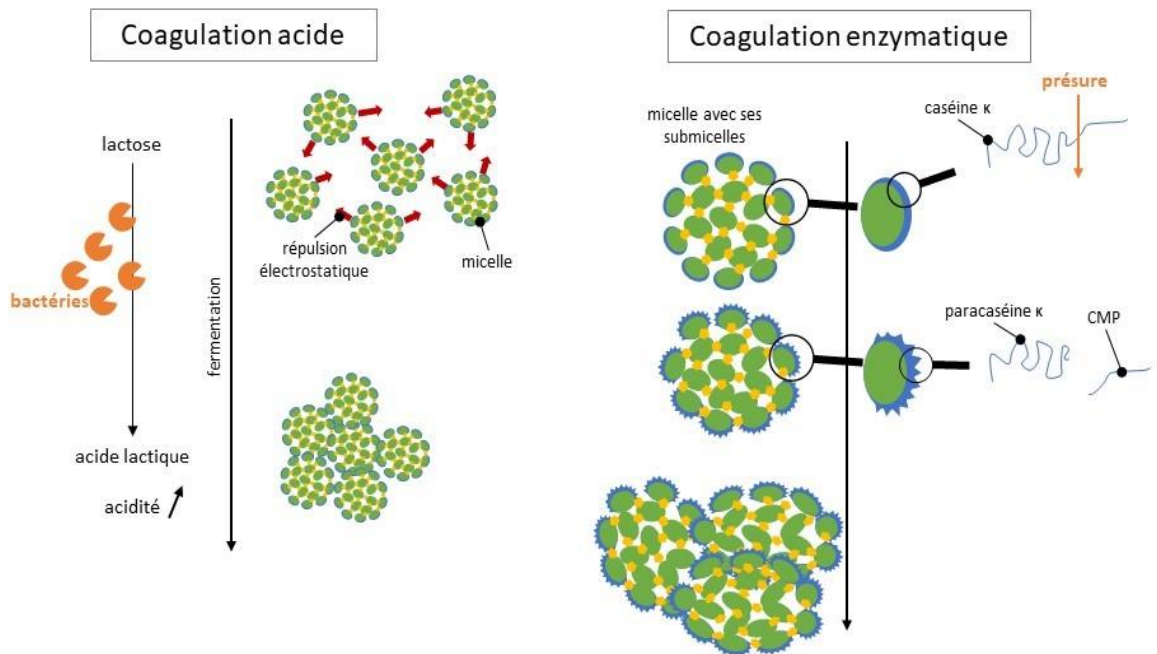
### I.3.4.2.2 Coagulation enzymatique

Elle est provoquée par l'action d'une enzyme protéolytique, ajoutée à un taux bien défini au lait de fabrication, sous des conditions de température et du pH contrôlées. Elle a lieu par la déstabilisation et l'hydrolyse des micelles de  $\kappa$ -caséines qui sont agrégées, donnant une matrice protéique tridimensionnelle formant le caillé (FOX *et al*, 2016 ; AMIRA *et al*, 2017 ; FREITAS *et al*, 2019) (figure 07).

La coagulation par la présure, constituée d'un mélange des enzymes protéolytiques telles que la chymosine, la pepsine et la cathepsine (ALIHANOGLU *et al*, 2021), est généralement lieu pour des pH compris entre 6,2 et 6,7, ce qui fait que la déminéralisation de la micelle est nulle ou faible, ainsi entraîne la stabilisation de la micelle (LENOIR *et al*, 1985a). De plus, des enzymes d'origine microbienne, des protéases végétales et des protéases recombinantes synthétisées par des micro-organismes génétiquement modifiés sont également utilisés dans l'industrie fromagère (JACOB *et al*, 2011 ; MANUELIAN *et al*, 2020 ; ANDREN, 2021).

### I.3.4.2.3 Coagulation mixte

Elle résulte de l'action conjuguée de la coagulation enzymatique et de l'acidification. Ce type de coagulation est utilisée pour la production de fromages frais (petit-suisse, demi-sel) et de fromages à pâte molle (Camembert) (GREEN *et al*, 1984 ; MAHAUT *et al*, 2003). Le coagulum formé détache du lactosérum, on parle de la synérèse de caillé par emprésurage et lent pour le coagulum acide (LENOIR *et al*, 1985a).



**Figure 07 : Comparaison entre la coagulation acide et la coagulation enzymatique (FLORIAN, 2012).**

#### I.3.4.2.4 Coagulants utilisés dans la fabrication fromagère

De nos jours, les produits laitiers fonctionnels présents sur le marché sont principalement fabriqués à partir du lait de vache, bien que les fromages fabriqués avec du lait de petits ruminants comme les brebis et les chèvres soient également fréquents (ARDELEAN *et al*, 2012 ; PINHEIRO *et al*, 2012 ; LLAMAS-ARRIBA *et al*, 2019). Plusieurs agents coagulants d'origine animale, végétale et microbienne peuvent être utilisés pour la production de différents types de fromage à base de différentes sources de lait comme le mentionne le tableau V.

**Tableau V : Coagulants utilisés pour la fabrication de différents types de fromage.**

Type du coagulant	Agent coagulant utilisé	Type du fromage fabriqué	Références
<b>Coagulants d'origine animale</b>	Présure de veau (chymosine > 70%).	Fromage frais allégé.	MAYTA-HANCCO <i>et al</i> , 2019.
	Présure de veau.	Fromage frais d'ânesse.	FACCIA <i>et al</i> , 2018.
	Présure préparé à partir des quatrièmes estomacs frais des jeunes chameaux.	Fromage à pâte molle « Domiati » à base du lait camelin.	IBRAHIM <i>et al</i> , 2018.
	Extraits artisanaux de présure de chevreau.	Fromage à pâte molle à croûte persillée « Cabrales ».	FLOREZ <i>et al</i> , 2006.
<b>Coagulants d'origine végétale</b>	Extrait des fleurs de cardon ( <i>Cynara cardunculus</i> L).	Fromage artisanal.	BARRACOSA <i>et al</i> , 2021.
	Extrait des fleurs de cardon ( <i>Cynara cardunculus</i> L).	Fromage frais traditionnel « Tiklilt ou Djben ».	BENHEDDI et HELLAL, 2019 ; ZIKIOU <i>et al</i> , 2020.
	Enzyme extraite d'ananas ( <i>Ananas comosus</i> L. Mer), du kiwi ( <i>Actinidia deliciosa</i> ) ou du gingembre rhizome ( <i>Zingiber officinale</i> ).	Fromage frais de chameau.	HAILU <i>et al</i> , 2014 ; FGUIRI <i>et al</i> , 2020.
	Extrait de caprifique ( <i>Ficus carica</i> L).	Fromage frais de chèvre.	HACHANA <i>et al</i> , 2021.
	Présure de chardon	Fromage à pâte	CARDINALI <i>et al</i> , 2017.

## Synthèse des données bibliographiques

	( <i>Carlina acanthifolia</i> All. subsp. <i>Acanthifolia</i> ).	molle « <i>Caciofiore della Sibilla</i> » à base du lait de brebis <i>Sopravissana</i> .	
	Extrait de chardon ( <i>Cynara cardunculus</i> L).	Fromage à pâte molle à croûte lavée « <i>Queijo de Azeitão</i> ».	CARDINALI <i>et al</i> , 2021.
	Extrait des fleurs de cardon ( <i>Cynara cardunculus</i> L. var ; <i>sylvestris</i> ).	Fromage à pâte molle « <i>Camembert</i> ».	ZIKIOU <i>et al</i> , 2020.
	Extrait brut de <i>Moringa oleifera</i> .	Fromage à pâte molle de chèvre.	ABDEEN <i>et al</i> , 2021a.
	Extrait végétal de <i>Cynara cardunculus</i> .	Fromage à pâte filée « <i>Mozzarella</i> » à base du lait de buffle.	MANUELIAN <i>et al</i> , 2020.
<b>Coagulants d'origine microbienne</b>	Chymosine commerciale produite par <i>Aspergillus niger</i> var. <i>awamorii</i> .	Fromage frais.	MUNOZ <i>et al</i> , 2018.
	Présure microbienne de <i>Rhizomucor miehei</i> .	Fromage en saumure.	GULER <i>et al</i> , 2021.
<b>Coagulants d'origine fermentaire</b>	Chymosine fermentaire du veau.	fromage traditionnel « <i>Tulum</i> » à base du lait de chèvre.	TEKIN et GULER, 2019.
	Chymosine cameline fermentaire (CHY-MAX® M).	Fromage frais « <i>Crescenza</i> ».	ALINOVI <i>et al</i> , 2018.
	Chymosine cameline fermentaire (CHY-MAX® M).	Fromage blanc en saumure à partir du lait écrémé de dromadaire.	BOUAZIZI <i>et al</i> , 2021.
	Chymosines fermentaires bovine (CHY-MAX®) ou cameline (CHY-	Fromage à pâte pressée non cuite « <i>Cheddar</i> ».	BANSAL <i>et al</i> , 2009 ; BORSTING <i>et al</i> , 2012 ; BORSTING <i>et al</i> , 2015 ; OZTURK <i>et al</i> , 2015 ; SOODAM

## *Synthèse des données bibliographiques*

MAX® M).		<i>et al</i> , 2015.
Chymosine bovine fermentaire (CHY-MAX® Plus).	Fromage à pâte pressée.	BELKHEIR <i>et al</i> , 2020.
Chymosine recombinante de veau (CHY-MAX).	Fromage à pâte molle sans croûte « Akawi ».	AYYASH <i>et al</i> , 2012 ; AL-DHAHERI <i>et al</i> , 2017.
Chymosine cameline recombinante (CHY-MAX®M).	Fromage à pâte molle non affiné au lait camelin et bovin.	MBYE <i>et al</i> , 2020.
Chymosine cameline recombinante (CHY-MAX®M).	Fromage camelin à pâte molle.	HAILU <i>et al</i> , 2018 ; BEKELE <i>et al</i> , 2019 ; AL-ZOREKY <i>et ALMATHEN</i> , 2021
Chymosine fermentaire de veau (Berthelot).	Fromage de pâte molle à croûte fleurie « Camembert » et fromages à pâte pressée non cuite « Reblochon ».	DUGAT-BONY <i>et al</i> , 2019.
Chymosine fermentaire de veau (Laboratoires Humeau, La Chapelle-sur-Erdre, France).	Fromage à pâte molle à croûte persillée « Fromage bleu ».	CARON <i>et al</i> , 2021.
Chymosines fermentaires bovine (CHY-MAX Extra) et cameline (CHY-MAX® M).	Fromage à pâte filée « Mozzarella partiellement écrémé à faible teneur en eau ».	MOYNIHAN <i>et al</i> , 2014.
Chymosine recombinante de buffle.	Fromage à pâte filée « Mozzarella ».	TYAGI <i>et al</i> , 2017.
Chymosine bovine (CHY-MAX M®) et cameline fermentaires (CHY-MAX plus®).	Fromage danois à pâte semi-dure.	AKKERMAN <i>et al</i> , 2017.

## Synthèse des données bibliographiques

	Présure animale bovine ou présure végétale extraite de <i>Cynara cardunculus</i> ou présure microbienne de <i>Rhizomucor miehei</i> ou présure recombinante produite par <i>Kluyveromyces lactis</i> .	Fromage blanc à pâte fraîche.	GARCIA-GOMEZ <i>et al</i> , 2019.
<b>Mélange de coagulants de différentes origines</b>	Mélange de chymosine cameline recombinante et la présure microbienne ( <i>Rhizomucor miehei</i> ).	Fromage blanc à pâte fraîche.	SOLTANI <i>et al</i> , 2016 ; SOLTANI <i>et al</i> , 2019.
	Mélange coagulant de peptidases de <i>C. cardunculus</i> et de chymosine.	Fromages à pâte pressée non cuite « Cheddar ».	O'MAHONY <i>et al</i> , 2003.
	Mélange coagulant d'extrait aqueux de <i>Silybum marianum</i> et de chymosine (CHY-MAX® Extra).	Fromages à pâte pressée non cuite « Cheddar ».	COLOMBO <i>et al</i> , 2018.

### I.3.4.2.5 Coagulation du lait camelin

La transformation de lait en fromage est une méthode de conservation de lait très largement utilisée dans le monde au plan artisanal et industriel. Cependant, la conservation du lait de dromadaire peut être réalisée par pasteurisation et stérilisation (OMAR *et al*, 2018), par coagulation acide (ZOUARI *et al*, 2018) ou par le séchage par atomisation (FELFOUL *et al*, 2020).

Malgré sa richesse nutritionnelle et sa bonne qualité microbiologique, le lait camelin est techniquement plus difficile à transformer en fromage et autres produits fermentés que le lait d'autres animaux d'élevage, où il produit un caillé fragile qui ne convient pas à la transformation en dérivés élaborés (BERHE *et al*, 2018 ; BENKERROUM *et al*, 2021). La faible aptitude du lait camelin à la coagulation lors de l'acidification et/ou de la protéolyse est dû principalement à sa faible teneur en  $\kappa$ -caséine, à la teneur en calcium total et à l'absence de  $\beta$ -lactoglobuline, jouant

un rôle clé dans la gélification de lait (BERHE *et al*, 2017 ; KAMAL *et al*, 2017 ; MBEY *et al*, 2020). Les différences qualitatives avec le lait de vache telles que les structures des dérivés de  $\beta$ -caséine et la grande taille des micelles de caséine expliquent également l'inaptitude du lait camelin à la coagulation (MERIN *et al*, 2001 ; BENKERROUM *et al*, 2021). Les lactoferrines, molécules antimicrobiennes naturellement, présentes dans le lait camelin contribueraient au retard de la coagulation en raison du retard de la croissance des bactéries lactiques, empêchant ainsi la formation de caillé (BORNAZ *et al*, 2009 ; AL-HAJ et AL-KANHAL, 2010 ; BENKERROUM *et al*, 2021).

Selon KAPPELER *et al* (2006), HAILU *et al* (2016) et AL-ZOREKY et ALMATHEN (2021), le lait camelin ne pouvait pas être coagulé avec la chymosine bovine, en raison de la spécificité du substrat élevée de cette enzyme et des différences majeures entre les structures primaires de la  $\kappa$ -caséine du lait camelin et du lait bovin. Tandis que, la chymosine recombinante de chameau a été utilisée pour produire un fromage à pâte molle à base du lait camelin (BEKELE *et al*, 2019 ; AL-ZOREKY et ALMATHEN, 2021).

BERHE *et al* (2018) et BEKELE *et al* (2019), quand à eux, ont suggérés l'ajout au lait de chamelle des bactéries lactiques, tels que R-707 (*Lactococcus lactis* avec biovar *diacetylactis*) qui s'est avéré être la meilleure culture mésophile et STI-12 (*Streptococcus thermophilus*) la meilleure culture thermophile, pour la coagulation de ce lait, en augmentant la teneur en acide lactique, la durée de conservation et en améliorant la fermeté de caillé. De même, HAILU *et al* (2018) ont montrés que la dégradation de la caséine dans le fromage à saumure molle fabriqué à base du lait de dromadaire, est augmentée significativement au cours de l'affinage avec l'augmentation de la concentration de la chymosine cameline recombinante.

Récemment, MBEY *et al* (2020) ont rapportés également que les fromages au lait de dromadaire étaient caractérisés par un réseau de caséine lisse et continu, des agrégats plus minces et des espaces poreux plus petits, tandis que les fromages au lait de vache présentaient de grands espaces poreux avec des agrégats irréguliers.

Seulement quelques enquêtes ont portées sur les possibilités de fabriquer des produits dérivés du lait camelin grâce à des ajustements diligents de la technologie (BERHE *et al*, 2018). Ces produits dérivés sont le lait fermenté, la crème glacée (AL-HAJ et AL-KANHAL, 2010 ; AYYASH *et al*, 2018), le beurre (BERHE *et al*, 2013), le fromage (MEHAIA, 2006 ; MBEY *et al*, 2020 ; BOUAZIZI *et al*, 2021), le yaourt (AL-ZOREKEY et AL-OTAIBI, 2015 ; IBRAHEM et EL-ZUBEIR, 2016 ; BENKERROUM *et al*, 2021), la poudre du lait de chamelle, le café au lait et le savon au lait de chamelle (AL-HAJ et AL-KANHAL, 2010 ; AYYASH *et al*, 2018).

### I.3.4.3 Egouttage

C'est un phénomène dynamique qui se caractérise par l'extraction d'environ 80 % du lactosérum durant le temps et s'accompagne d'un durcissement de gel. En effet, il fixe les caractéristiques physiques (pH et  $a_w$ ) et chimique de caillé et par conséquent l'affinage de

fromage (WEBER, 1987). Ce phénomène physique de séparation de la phase dispersante, fréquente dans le système biologique est appelé la synérèse (RAMET, 1997). Le phénomène d'égouttage se traduit par la séparation (PRADAL, 2012) :

- d'une part, d'un bloc de pâte plus ou moins friable composé essentiellement de caséine, de matière grasse et de sels minéraux par le phénomène de « synérèse » ou rétraction de caillé, dont la rapidité et l'efficacité sont liées à la teneur en calcium et en matières protéiques de lait ;
- d'autre part, d'un liquide opalescent et acide appelé lactosérum ou « petit lait » qui dissous dans l'eau, les autres constituants de lait tels que le lactose, les matières azotiques solubles (albumine, globuline...) et une quantité de sels minéraux.

### **I.3.4.4 Moulage**

Il s'agit d'une opération fondamentale tant pour la régulation du drainage du lactosérum que la mise en forme finale de fromage (RAMET, 2006). Dans le cas de Camembert, des traitements mécaniques tels que le découpage, le brassage, le moulage et les retournements sont utilisés pour permettre l'élimination du lactosérum (ST-GELAIS *et al*, 2002). Les fromages obtenus sont pressés dans des moles perforées, ce qui permet d'obtenir leur forme définitive (FREDOT, 2006).

### **I.3.4.5 Ressuyage**

C'est une phase qui permet de poursuivre l'égouttage de fromage et d'éliminer l'excédent superficiel d'humidité restant à la surface de fromage lorsque celui-ci vient d'être salé (SPERAT-CZAR *et al*, 2018). Il s'opère dans une plage de température oscillant idéalement entre 15 et 18 °C et une hygrométrie de 80 à 92 % (SPERAT-CZAR *et al*, 2018).

### **I.3.4.6 Salage**

C'est une étape de conservation et d'antiseptique, qui peut être réalisée par l'ajout de sel, lors du brossage avec une saumure (eau salée) ou encore à la toute fin du procédé de fabrication. Le chlorure de sodium (NaCl), est un ingrédient clé de fromage, contribuant à sa saveur et agissant comme agent de conservation (MATTES et DONNELLY, 1991 ; AKKERMAN *et al*, 2017). Il contrôle l'activité de l'eau et donc la croissance microbienne, l'hydratation des caséines pendant l'affinage, l'activité enzymatique, il modifie les propriétés physiques de caillé et de la croûte de fromage, mais il contribue également à la formation de la saveur et aux propriétés de texture de fromage (FOX *et al*, 2000 ; PASTORINO *et al*, 2003 ; GUINEE, 2004 ; DUGAT-BONY *et al*, 2019 ; GUINEE et SUTHERLAND, 2020).

### **I.3.4.7 Affinage**

L'affinage de fromage est un processus complexe impliquant des changements physico-chimiques tels que des fluctuations du pH, une glycolyse, une lipolyse, une protéolyse, une

accumulation progressive d'acides aminés et une solubilisation lente du phosphate de calcium colloïdal résiduel (SOLTANI *et al*, 2016). La période d'affinage de Camembert est de 9 à 10 jours et se déroule à une température variant habituellement entre 12 et 14°C (SPERAT-CZAR *et al*, 2018). Les fromages sont généralement entreposés dans un lieu d'affinage permettant de contrôler l'humidité relative entre 85 et 95 % (CHOLET, 2006).

Au début d'affinage, une variété de levures et de *Penicillium camemberti* se développent à la surface du fromage affiné par moisissure, tandis que des levures halotolérantes se développent sur le fromage affiné par frottis bactérien (UNNO *et al*, 2021). Le pH à la surface de fromage peut atteindre une valeur supérieure à 7,5 en fin d'affinage, permettant non seulement aux bactéries lactiques de se développer, mais aussi aux autres, comme les bactéries sensibles aux acides (MONNET *et al*, 2015). D'une part, les micro-organismes (moisissures, levures, bactéries,...) satisfont leur appétit en dévorant les nutriments présents dans le caillé (protéines, sucres, graisses,...), ce qui induit la transformation peu à peu de la structure et la texture de fromage et la libération des composés chimiques dont de nouveaux composés aromatiques (SPERAT-CZAR *et al*, 2018). D'autre part des enzymes (provenant du lait, des coagulants ajoutés, des micro-organismes présents) contribuent à façonner la matière (SPERAT-CZAR *et al*, 2018). L'affinage permet au fromage d'acquiescer une saveur et une texture qui s'assouplit peu à peu. Pour le fromage frais gorgé d'humidité, il devient fromage affiné gorgé de saveurs (SPERAT-CZAR *et al*, 2018).

Diverses approches ont été étudiées pour accélérer l'affinage, notamment une température d'affinage plus élevée (en particulier pour le fromage du type Cheddar, qui est généralement affiné de 6 à 8°C), l'utilisation de protéinases et peptidases exogènes, des ferments modifiés (souches soumises à un choc thermique ou lactose-négatives), bactéries lactiques ou adjuvants de bactéries lactiques génétiquement modifiés (FOX, 2021).

### **I.3.5 Les ferments lactiques**

#### **I.3.5.1 Définition**

Les levains ou les ferments lactiques sont définis comme étant des cultures pures ou des mélanges de bactéries lactiques sélectionnées et utilisées pour la fabrication de produits fermentés tels que les fromages (LEROY et DE-VUYST, 2004 ; MAYRA-MAKINEN et BIGRET, 2004). De plus, SHEEHAN (2007) a défini les ferments comme étant des cultures bactériennes utilisées dans la fabrication de fromage pour produire de l'acide lactique par fermentation contrôlée de lactose avec une réduction conséquente du pH.

#### **I.3.5.2 Rôle des ferments lactiques**

L'acidification est le rôle principal des ferments lactiques accompagnée d'une dégradation de lactose entraînant une production d'acide lactique et une baisse notable du pH. Elle joue un rôle important dans la fabrication et l'affinage de fromage car (MC-SWEENEY, 2007) :

- contrôle ou empêche la croissance de micro-organismes pathogènes ou d'altération ;
- affecte l'activité du coagulant pendant la fabrication et l'affinage et maintient l'activité coagulante dans le caillé de fromage ;
- solubilise le phosphate de calcium colloïdal et aide ainsi à déterminer le niveau de Ca dans le caillé du fromage et le rapport entre le calcium soluble et le calcium colloïdal, ce qui influencent grandement la texture de fromage ;
- favorise la synérèse et aide ainsi à déterminer la composition de fromage (en particulier le taux d'humidité de fromage) ;
- influence l'activité des enzymes pendant l'affinage et affecte donc la saveur et la qualité de fromage.

Elles influencent également la saveur et l'arôme de fromage par le métabolisme de citrate ou par les activités des peptidases, estérases, lipases et autres enzymes libérées pendant l'affinage (SHEEHAN, 2007). De plus, les exo-polysaccharides (EPS) produits par plusieurs bactéries lactiques peuvent influencer de manière significative les attributs de fromage tels que la composition chimique, les propriétés viscoélastiques, les attributs sensoriels et les propriétés bénéfiques pour la santé (AL-DAHERI *et al*, 2017).

Les ferments lactiques utilisés pour la transformation et la conservation des sous-produits laitiers sont souvent d'origine bovine quelle que soit la source de lait utilisée (EL-HATMI *et al*, 2018). Dans le cas du lait camelin, elles peuvent ne pas donner un produit souhaitable. Cependant, les souches de l'espèce *Lc. lactis*, *S. lutetiensis*, *S. infantarius* et *P. acidilactici* donneraient une bonne acidification au lait camelin, avec un pH final favorable (FUGL *et al*, 2017).

### I.3.5.3 Types des ferments lactiques

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

**I.3.5.3.1 Selon la composition :** les ferments lactiques peuvent être classés en trois catégories (WOUTERS *et al*, 2002 ; MOUNET *et al*, 2008).

- **les ferments purs :** sont obtenues à partir d'une même cellule mère. Il s'use vite et leur hyper spécificités les rend sensibles aux attaques phagiques ;
- **les ferments mixtes :** est un mélange de souches en nombres et en proportions indéfinis. Ces souches appartiennent aux différents types lysotypiques et ont donc, en général, une bonne activité acidifiante ;
- **les ferments mixtes sélectionnés :** est un mélange de souches bien définies dont l'activité est connue.

**I.3.5.3.2 Selon la température de croissance :** les ferments lactiques peuvent être classés en deux catégories :

- **les ferments thermophiles :** englobent les *Streptococcus thermophilus* et les *Lactobacillus sp.* tels que *Lactobacillus helveticus*, *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* et *L. delbrueckii subsp. lactis* (Annexe 04) (MC-SWEENEY, 2007 ; SHEEHAN, 2007). Leur température optimale de multiplication est de 42°C (MC-SWEENEY, 2007 ; SHEEHAN, 2007). Ils sont souvent utilisés pour la fabrication des yaourts, certains laits fermentés et quelques fromages à pâte cuite tel que l'Emmental et la Gruyère (MAYRA-MAKINEN et BIGRET, 2004 ; CARMINATI *et al*, 2010) ;
- **les ferments mésophiles :** ont une température optimale d'environ 30°C (MC-SWEENEY, 2007). Ils sont constitués essentiellement de souches de lactocoques ; parfois, des leuconostocs ou des souches de lactocoques citrate-positives comme producteurs d'arômes (MC-SWEENEY, 2007). Les ferments mésophiles sont habituellement utilisés dans la fabrication de plusieurs variétés de fromages, en particulier les fromages frais, de certains laits fermentés et de beurre (CHAMBA, 2008 ; CARMINATI *et al*, 2010).

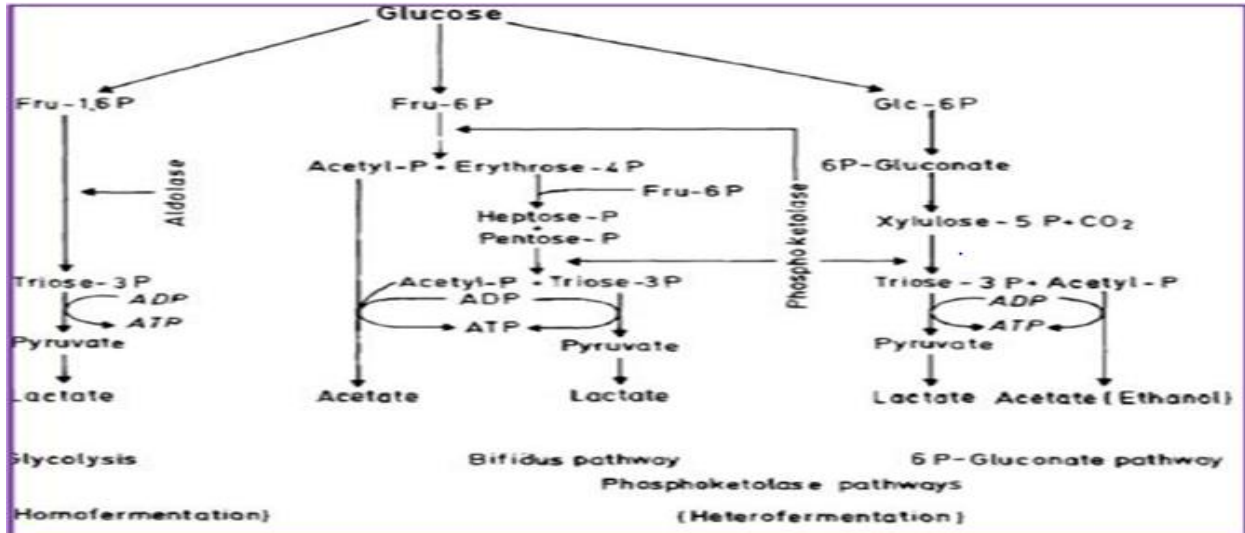
**I.3.5.3.3 Selon la fonction :** les ferments lactiques peuvent être classés en deux catégories (RAKHMANOVA *et al*, 2018) :

- **les bactéries homo-fermentaires :** ce sont des bactéries fermentant le lactose en produisant uniquement de l'acide lactique comme *Pediococcus*, *Lactococcus* et *Streptococcus* (Annexe 04) ;
- **les bactéries hétéro-fermentaires :** ce sont des bactéries produisant du CO<sub>2</sub>, de lactate et de l'éthanol ou l'acétate à partir de lactose telles que *Leuconostoc* et *Weissella*. Cette particularité entraîne la formation de bulles de gaz emprisonnées dans le coagulum, responsables de la formation de trous visibles dans le fromage.

### I.3.6 Les voies métaboliques mises en jeu au cours de l'affinage des fromages

#### I.3.6.1 La glycolyse

Il s'agit de la transformation de lactose en acide lactique, qui ne concerne donc que les fromages contenant encore de lactose et de galactose après démoulage comme les pâtes molles (8 à 22 g/Kg) (SPERAT-CZAR *et al*, 2018). Le lactose va être métabolisé soit presque totalement en acide lactique (voie homo-fermentaire), soit en acide lactique, éthanol et CO<sub>2</sub> (voie hétéro-fermentaire) (ROMAIN *et al*, 2008) (figure 08), selon les conditions optimale ou non optimale de croissance des bactéries lactiques (milieu riche ou appauvri en certains sucres, avec des souches mutées...) et la présence d'une enzyme spécifique de la voie hétéro-fermentaire (la D-xylulose-5-phosphate phosphocétolase).



**Figure 08 : Principales voies assurant le métabolisme de glucose par les bactéries lactiques (KANDLER, 1983).**

### I.3.6.2 La protéolyse

La protéolyse est la réaction biologique la plus importante qui se produit pendant l'affinage de fromage (SOLTANI *et al*, 2016). Elle est catalysée par des enzymes provenant de coagulant, de lait, des bactéries lactiques, des cultures d'affinage tels que *P. camemberti*, *P. roqueforti*, des protéinases et des peptidases exogènes (SOUSA *et al*, 2001) (figure 09).

Les enzymes protéolytiques (protéinases et peptidases) dégradent considérablement les caséines, provoquant ainsi des changements de texture de la matrice de fromage, dus à la rupture du réseau protéique, le développement d'arômes en produisant des composés précurseurs (peptides et acides aminés), et contribuant à la saveur de fromage, à la diminution de l'activité d'eau et à l'augmentation du pH, ce qui facilite la libération de composés sapides lors de la mastication (SOUSA *et al*, 2001 ; ARDO *et al*, 2017).

SPERAT-CZAR *et al* (2018) estiment que 80 % des composés aromatiques présents dans le fromage sont liés à la dégradation des acides aminés et à ses conséquences en chaîne. La protéolyse doit être séparée en (SPERAT-CZAR *et al*, 2018) :

- protéolyse primaire qui hydrolyse les caséines en peptides (figure 09) et possède un effet très fort sur la texture de fromage ;
- protéolyse secondaire appelée aussi fine qui transforme à son tour, les peptides en acides aminés (figure 09). Leur accumulation peut former des cristaux dans la pâte, souvent pris à tort pour de sel. Elle est moins sensible à la chaleur que la protéolyse primaire car en affinant plus froid, on aura plus d'arômes et de complexité, pour une texture comparable,

mais en affinant plus chaud, on aura plus rapidement un effet sur la texture avec moins d'arômes.

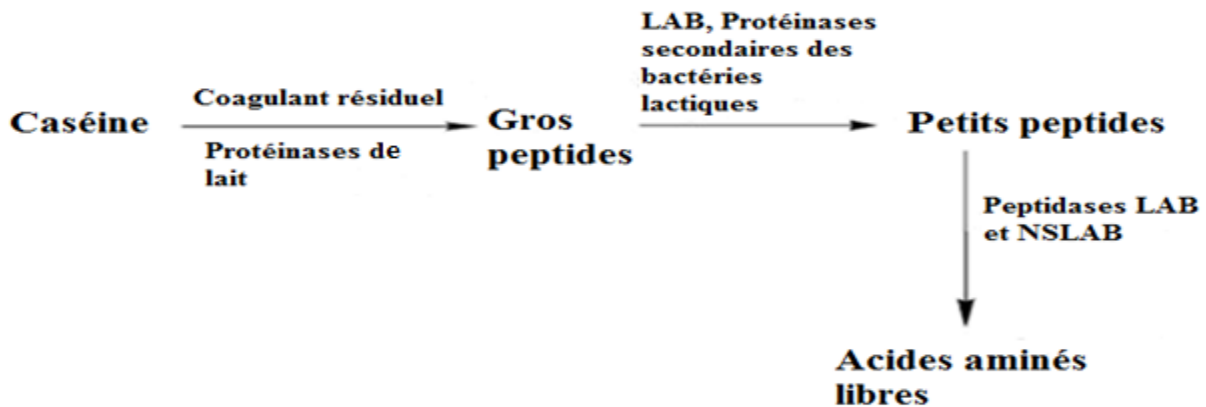


Figure 09 : Agents protéolytiques dans le fromage pendant l'affinage (SOUSA *et al*, 2001).

### I.3.6.3 La lipolyse

Les ferments présents dans le caillé et sur la croûte de fromage trouvent dans la matière grasse une source d'alimentation (SPERAT-CZAR *et al*, 2018). Une grande quantité d'acides gras libres est produite par les enzymes lipolytiques (XIA *et al*, 2020) (figure 10). La lipolyse s'effectue en deux étapes (SPERAT-CZAR *et al*, 2018) :

- première étape : la lipolyse détache les acides gras de glycérol. Ceux à courte chaîne, volatiles, ont une incidence directe sur la saveur ;
- seconde étape : ces acides gras libres vont à leur tour produire, par oxydation, des alcools et des cétones, qui participent à l'aromatisation des produits (figure 10).

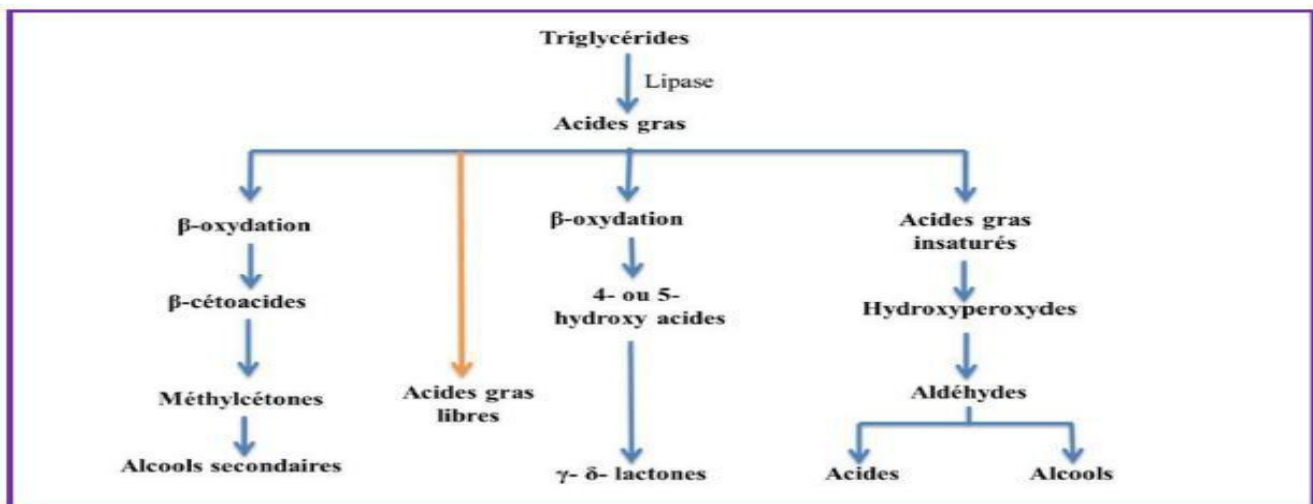


Figure 10 : Principales voies de la transformation des lipides par lipolyse (SIEGUMFELDT *et al*, 2000).



*Matériels et  
méthodes*

### II. Matériels et méthodes

Le présent travail a été effectué au niveau de la fromagerie « Le Fermier » localisée dans la zone d'activités Draâ-Ben-Khedda willaya de Tizi-Ouzou et du laboratoire de biochimie analytique et biotechnologique, à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, durant 3 mois.

#### II.1 Description de la zone d'étude

« Le Fermier » est une fromagerie algérienne qui veille à satisfaire le consommateur en respectant les normes et le mode opératoire de l'analyse effectuée et assurent la mise sur le marché de produits présentant une qualité nutritionnelle, hygiénique, sanitaire et organoleptique optimale. Par ailleurs, l'unité est équipée de deux laboratoires d'analyses et de contrôle de la qualité, l'une pour les analyses physico-chimiques et l'autre pour les analyses microbiologiques.

#### II.2 Matériels et méthodes

##### II.2.1 Matériels

###### II.2.1.1 Matériels biologiques

- **Le lait**

Le lait cru de vache issu de la traite du matin de vache en stabulation dans plusieurs fermes situées dans les régions de Tizi-Ouzou, a été fourni gracieusement par la fromagerie « Le Fermier » de Draâ-Ben-Khedda.

Le lait cru de chamelle est issu des chamelles en bonne santé élevées en extensif et localisées dans la région de Beskra au Sud d'Algérie. Ils ont été collectés en période qui s'étale d'Avril à Juin.

- **La présure**

La présure bovine (CHY-MAX 1400 IMCU, Christian Hansen. Lab, Danemark), et la présure cameline extraite à partir de caillettes de dromadaires adultes ont été utilisées.

- **Les ferments lactiques**

Les ferments lactiques utilisés dans cette étude sont fournis, sous forme lyophilisée, gracieusement par la fromagerie « Le Fermier ». Ils sont constitués d'un mélange de bactéries mésophiles (*Lactococcus lactis subsp lactis*, *Lactococcus lactis subsp lactis var diacetylactis* et de *Leuconostoc*) et thermophiles (*Streptococcus thermophilus*).

- ***Penicillium camemberti***

Le champignon *Penicillium camemberti*, également fourni par la fromagerie « Le Fermier » sous forme lyophilisée, est utilisé pour l'affinage.

### **II.2.1.2 Appareillages**

- Dessiccateur à infrarouge (Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH, MLB 50-3) ;
- LactoStar (Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH, 3510) ;
- Centrifugeuse Nova Safety (Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH, 3670) ;
- Mixeur à sachets avec fenêtre (Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH, BagMixer) ;
- Hotte de laboratoire ;
- Etuves de 30°C et 44° C (Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH) ;
- pH-mètre du laboratoire (Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH) ;
- Bain-marie (Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH, WB 436-D) ;
- Balance de précision (Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH, 5820) ;
- Butyromètres à lait (Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH) ;
- Butyromètres à fromage (Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH).

### **II.2.1.3 Petits Matériels**

Un certain nombre de petits matériels et d'accessoires spécifiques sont utilisés dans le cadre de cette étude tels que les pipettes volumétriques, les éprouvettes gradués, une burette, un pipeteur, des béchers, des fioles, des capsules en aluminium, des boîtes de Pétri, des flacons, une pissette, des récipients de 5 litres, des spatules, un thermomètre numérique et autres.

### **II.2.1.4 Produits chimiques et réactifs**

- Chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) à 36 % ;
- Chlorure de sodium (NaCl) ;
- Acide sulfurique 62 % et 91 % ;
- Alcool iso-amylque.

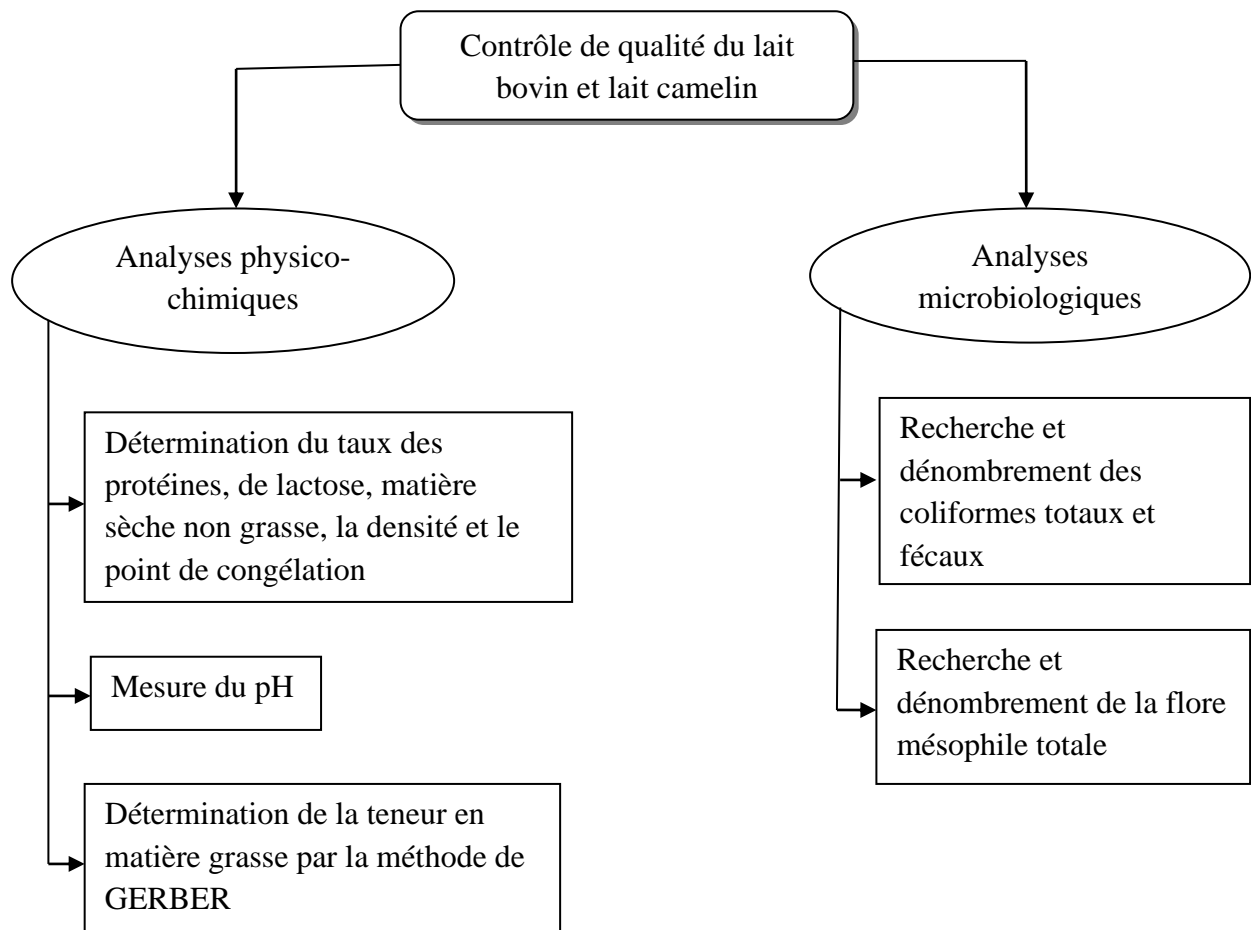
### **II.2.1.5 Milieux de cultures**

- Gélose PCA (Plat Count Agar) ;
- Gélose VRBL (Violet Red Bile Lactose).

## **II.2.2 Méthodes**

### **II.2.2.1 Analyse du lait cru bovin et camelin utilisés dans la fabrication de Camembert**

La méthodologie du travail adoptée dans cette étude expérimentale pour l'analyse de lait est récapitulée sur le schéma de la figure 11.



**Figure 11 : Schéma général de la méthodologie d'analyse du lait bovin et camelin.**

### **II.2.2.1.1 Méthodes d'analyses physico-chimiques du lait bovin et camelin**

#### **II.2.2.1.1.1 Mesure des paramètres déterminés par le LactoStar**

Les analyses physico-chimiques de lait contribuent à la protection de consommateur. Ils sont déterminés grâce au LactoStar et englobent à la fois la mesure de la matière grasse, du taux des protéines, de la matière sèche non grasse, du lactose, de la densité et du point de congélation.

#### **II.2.2.1.1.2 Mesure du pH**

Le pH est mesuré à l'aide du pH-mètre, qui est une technique rapide et importante. C'est un indicateur de l'état de fraîcheur, de la stabilité et de la richesse de lait en certains constituants.

La détermination du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre en introduisant directement les deux sondes (pH et température) dans un échantillon de lait à une température de 20 à 25°C. La lecture est faite après la stabilisation de la valeur du pH.

### II.2.2.1.1.3 Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode de GERBER

La méthode acido-butyrométrique basée sur la dissolution des protéines et la séparation complète des lipides, par l'acide sulfurique sous l'action d'une force centrifuge. L'addition d'un petit volume d'alcool iso-amylé (3-méthyl-1-butanol) favorise l'opération et crée une séparation de la matière grasse.

Après le positionnement des butyromètres sur un support, un volume de 10 ml d'acide sulfurique à 91 % est versé. Aussitôt, 10,75 ml de l'échantillon (lait bovin ou lait camelin) est introduit sans se mouiller le cou du butyromètre. Ensuite, 1 ml d'alcool iso-amylé est déposé sur le lait. Le butyromètre est agité énergétiquement jusqu'à dissolution des protéines. Enfin, les butyromètres sont centrifugés à 65°C pendant 3 à 5 minutes à 350 tours/min.

### II.2.2.1.2 Méthode d'analyse microbiologique du lait bovin et camelin

L'analyse microbiologique consiste à vérifier la conformité de lait par la recherche ou le dénombrement microbien du produit et de contrôler la qualité hygiénique et les caractéristiques microbiologiques des échantillons prélevés.

#### II.2.2.1.2.1 Préparation des dilutions décimales

Dans le but de la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux ainsi de la flore aérobie mésophile totale, des dilutions ont été préparées selon le diagramme de la figure 12.

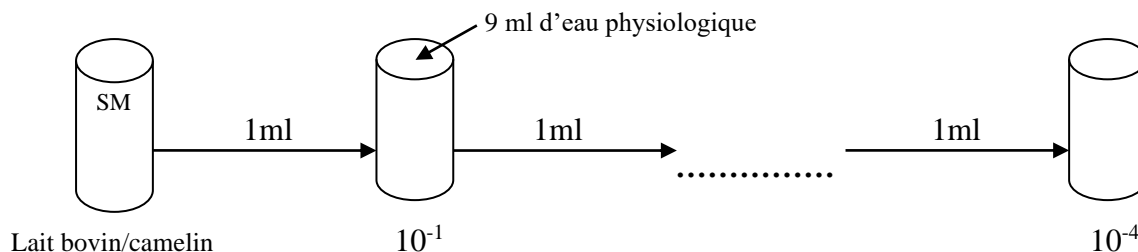


Figure 12 : Préparation des dilutions décimales à partir du lait cru bovin ou camelin.

#### II.2.2.1.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes totaux sont des bactéries aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, de forme bâtonnet. Ce sont des entérobactéries qui englobent des espèces bactériennes vivantes dans l'intestin des animaux, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau).

Le dénombrement des colonies caractéristiques des coliformes totaux et fécaux, est réalisé sur gélose VRBL, à partir des dilutions décimales, en se basant sur la méthode d'ensemencement en masse (figure 13). La présence de ces espèces est un signe d'une contamination fécale peut être dû à un traitement thermique inefficace.

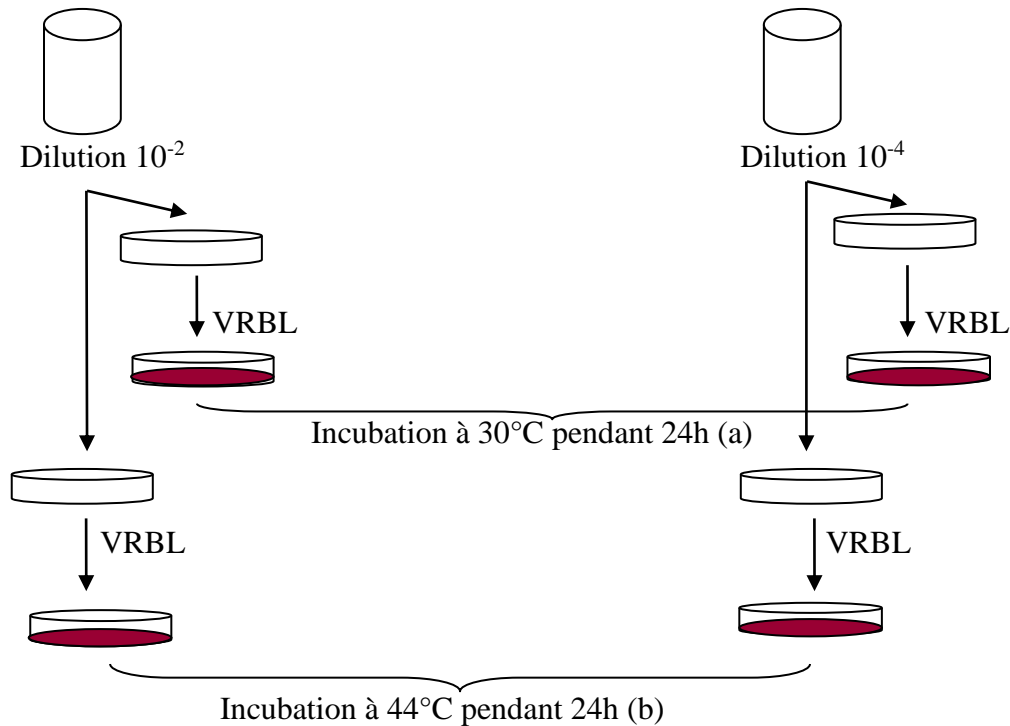


Figure 13 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux (a) et fécaux (b) en milieu solide.

#### II.2.2.1.2.3 Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale

Elle peut être saprophyte ou pathogène, originelle ou apportée lors des manipulations. Par sa quantité, elle peut dégrader la denrée alimentaire, altérer sa qualité marchande et provoquer des troubles digestifs ou allergiques chez le consommateur.

Le dénombrement des germes aérobies mésophile totaux sur gélose PCA (figure 14), reste la meilleure méthode permettant d'estimer l'indice de salubrité et de la qualité hygiénique du lait cru. Il est effectué à partir des dilutions décimales, en se basant sur la méthode d'ensemencement en masse.

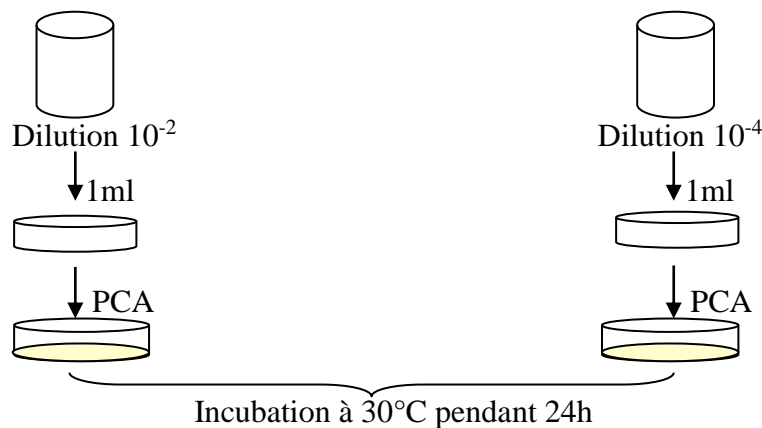
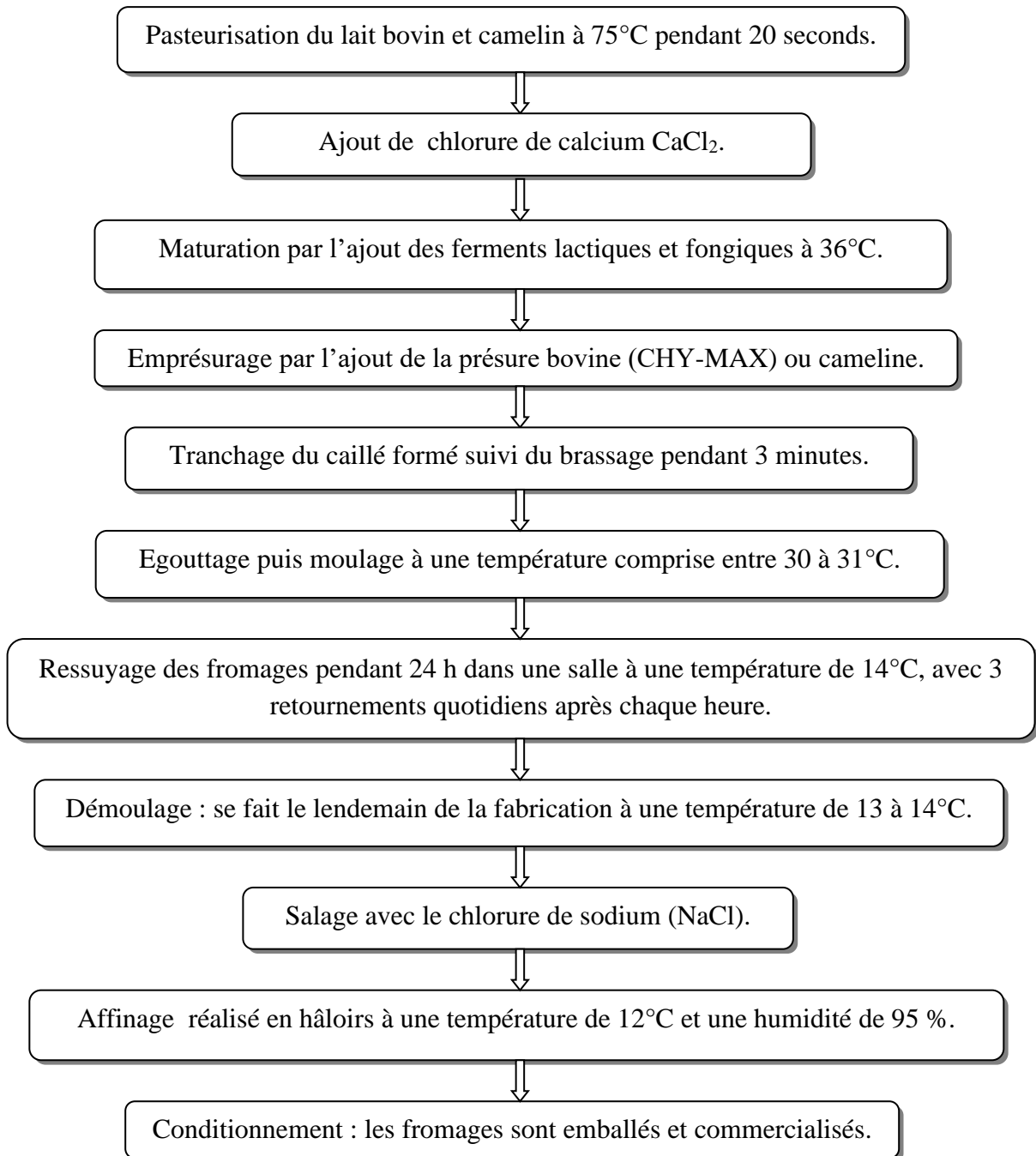


Figure 14 : Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles.

### II.2.2.2 Diagramme de fabrication de Camembert

La production de Camembert dans la fromagerie « Le Fermier », passe par plusieurs étapes récapitulées dans le diagramme de la figure 15.



**Figure 15 : Diagramme de fabrication de Camembert au niveau de laboratoire.**

### II.2.2.3 Analyse de Camembert

La méthodologie du travail adoptée dans cette étude expérimentale pour l'analyse du produit fini est récapitulée dans le schéma de la figure 16.

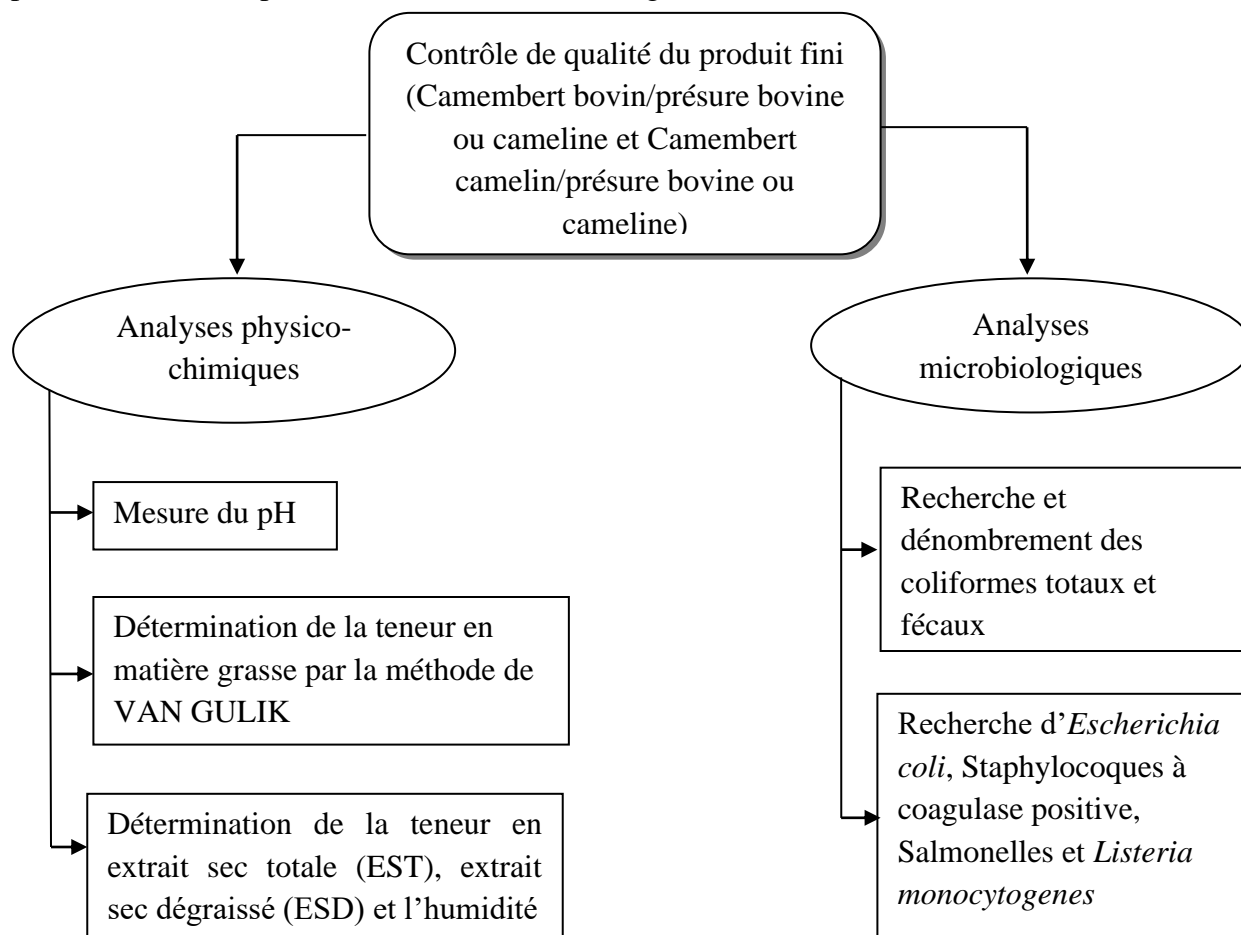


Figure 16 : Schéma général de la méthodologie d'analyse du produit fini.

#### II.2.2.3.1 Méthodes d'analyses physico-chimiques de Camembert

##### II.2.2.3.1.1 Détermination de la matière grasse par la méthode de VAN GULIK

Le taux de la matière grasse de fromage est déterminé selon la méthode acido-butyrométrique. Pour cela, 3g de l'échantillon de fromage ont été pesés dans un godet en verre préalablement taré. Ensuite, le butyromètre est recouvert avec l'acide sulfurique à 62 % jusqu'à l'immersion totale de l'échantillon, puis placé dans un bain marie à 80°C jusqu'à dissolution complète de fromage. Un volume de 1ml d'alcool iso-amylque est ajouté, ensuite de l'acide sulfurique jusqu'à la marque 15 % de l'échelle. Enfin, le butyromètre est centrifugé pendant 3 à 5 minutes à 350 tours/min à 65°C.

### **II.2.2.3.1.2 Détermination de la teneur en extrait sec totale (EST), extrait sec dégraissé (ESD) et l'humidité**

Cette méthode est basée sur l'évaporation d'une certaine quantité d'eau de Camembert par l'émission des radiations infrarouges à l'aide d'un dessiccateur, à une température varie de 105°C jusqu'à 165°C.

La valeur de l'EST est exprimée en pourcentage et l'ESD est calculé par la formule suivante :  $ESD = EST - MG$ , tandis que l'humidité est calculée comme suivant :  $H (\%) = 100 - EST$  avec :

- EST : c'est l'extrait sec total ;
- ESD : c'est l'extrait sec dégraissé ;
- MG : c'est la matière grasse.

### **II.2.2.3.2 Méthodes d'analyses microbiologiques de Camembert**

#### **II.2.2.3.2.1 Préparation de la suspension mère**

Une quantité de 2g de la pâte du Camembert à analyser est pesée aseptiquement dans un sachet stérile. Après solubilisation dans 20 ml d'eau physiologique stérile, le mélange est broyé dans un mixeur jusqu'à solubilisation et homogénéisation des constituants de la prise d'essai.

#### **II.2.2.3.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

Un volume de 1ml du surnageant de la suspension mère est prélevée aseptiquement dans des boîtes de Pétri stériles puis coulée avec la gélose VRBL. Une fois le milieu est solidifié, les boîtes sont coulées à nouveau avec la même gélose (ensemencement en double couche) pour éviter la contamination des bactéries. Après solidification, les boîtes sont incubées à 30°C ou à 44°C pendant 24 heures, respectivement pour la recherche des coliformes totaux ou fécaux.



*Résultats et  
discussions*

### III. Résultats et discussions

#### III.1 Résultats des analyses effectuées sur le lait cru bovin et camelin

##### III.1.1 Résultats des analyses physico-chimiques du lait bovin et camelin

Les résultats des analyses physico-chimiques du lait cru de vache et de chamelle utilisés pour la fabrication du fromage à pâte molle du type Camembert sont présentés dans le tableau VI.

**Tableau VI : Résultats des analyses physico-chimiques du lait bovin et camelin utilisés dans la fabrication fromagère.**

Paramètres physico-chimiques	Lait cru bovin	Lait cru camelin
Ph	6,47	6,40
Matière grasse (g/l)	37,1	26,6
Matière sèche non grasse (g/l)	78,59	77,72
Protéine (g/l)	31,7	30,9
Lactose (g/l)	41,0	39,7
Densité	1,0288	1,0291
Point de congélation (°C)	-0,482	-0,524

##### III.1.1.1 pH

La valeur du pH du lait camelin collecté égale à 6,40 après environ d'un mois de conservation à 4°C. Il est plus acide comparativement au lait bovin analysé avec un pH égal à 6,47 (tableau VI). Cette valeur dans le lait bovin est relativement supérieure à celle signalée par SBOUI *et al* (2009) qui est de 6,41. Tandis que, le pH du lait camelin concorde à la valeur du pH estimée à 6,41 rapportée par SBOUI *et al* (2009) et relativement inférieure à ceux déclarées par KHASKHELI *et al* (2005), AL-ZOREKY et AL-OTAIBI (2015), AL-ZOREKY et ALMATHEN (2021) mesurées respectivement à 6,77, 6,76 et 6,65.

Le pH du lait varie d'une espèce à l'autre et dépend, pour une espèce donnée, de la richesse de son lait en certains constituants, plus particulièrement en phosphates, citrates et caséines (VIGNOLA, 2002 ; YABRIR *et al*, 2011). Selon KHASKHELI *et al* (2005), cette variation était plus importante entre les troupeaux qu'à l'intérieur d'un troupeau. Le faible pH du lait camelin semble à être corrélé à la teneur relativement élevée en vitamine C et en acides gras volatils donnant au lait son acidité (SALEY, 1993 ; AL-JUBOORI *et al*, 2013).

##### III.1.1.2 Matière grasse

Selon les résultats illustrés dans le tableau VI, le lait camelin (26,6 g/l) est caractérisé par une faible teneur en matière grasse par rapport au lait bovin (37,1 g/l). Cette teneur dans le lait camelin est comparable à celle trouvée par KHASKHELI *et al* (2005) (26,3 g/l) et AL-ZOREKY et ALMATHEN (2021) (28,3 g/l), mais inférieure à ceux rapportés par SBOUI *et al* (2009) (37,5 g/l), AL-ZOREKY et AL-OTAIBI (2015) (43,4 g/l), ELHOSSSENY *et al* (2018) (34 g/l) et SUMAIRA *et al* (2020) (29-54 g/l). La teneur en lipide dans le lait bovin analysé correspond à

celle signalée par PARK *et al* (2007) (37,8 g/l), mais relativement supérieure à celle annoncée par SBOUI *et al* (2009) (32,5 g/l).

En générale, la composition globale de lait peut être influencée par plusieurs facteurs y compris le stade physiologique, la stratégie d'alimentation, la qualité et la quantité des aliments et de l'eau, les variations saisonnières, génétique et raciale, le stade de lactation et l'état de santé (ELHOSSSENY *et al*, 2018). Selon FAO (1982), l'état d'hydratation de l'animal ainsi que le type du fourrage consommé affecteraient également la teneur en matière grasse de lait. De plus, la température élevée et la restriction d'eau provoque l'augmentation de la teneur en eau du lait de chamelle et réduit le pourcentage de sa matière grasse (AL-JUBOORI *et al*, 2013). Enfin, la traite du matin donne un lait relativement pauvre en matière grasse par rapport à celui des autres traites bien que quantitativement plus important (KAMOUN, 1994).

### III.1.1.3 Matière sèche non grasse

Quand à la matière sèche non grasse (extrait sec dégraissé), sa valeur est estimée respectivement dans le lait de vache et de chamelle à 78,59 g/l et 77,72 g/l (tableau VI). Cette valeur dans le lait camelin est plus ou moins relativement similaire à ceux rapportées par KHASKHELI *et al* (2005) (71,2 g/l), MEHTA *et al* (2015) (80,4 g/l), YOGANANDI *et al* (2015) (75,6 g/l) et ELHOSSSENY *et al* (2018) (81 g/l), mais inférieure à ceux signalés par AL-ZOREKY et ALMATHEN (2021) (91,1 g/l). Tandis que, dans le lait bovin cette valeur était légèrement inférieure par rapport aux résultats déclarés par MEHTA *et al* (2015) (86,4 g/l) et YOGANANDI *et al* (2015) (83,9 g/l).

La teneur en matière sèche de lait varié en fonction de stade de lactation, diminue sous l'effet du stress hydrique et avec l'âge de l'animal et augmente lorsque celui-ci va au pâturage du printemps en raison de l'augmentation de la consommation d'herbes (HARRIS et BACHMAN, 2003 ; SBOUI *et al*, 2016). Elle atteint son maximum en mi-hiver et son minimum en été (YOUSSEF-LEAROUSSY *et al*, 2020). Ainsi, le passage d'un régime hydraté à un régime pauvre en eau entraîne également une diminution de la teneur en matière sèche (SBOUI *et al*, 2016 ; YOUSSEF-LEAROUSSY *et al*, 2020).

### III.1.1.4 Protéines

Les teneurs en matière protéique du lait bovin et camelin sont très voisines et sont respectivement 31,7 g/l et 30,9 g/l. La teneur en protéines du lait bovin est relativement supérieure à celle rapportée par SBOUI *et al* (2009) estimée à 49,5 g/l. Tandis que, la concentration en protéines du lait camelin concorde aux valeurs signalées par ATTIA *et al* (2001) (30,72 g/l), PARK *et al* (2007) (32 g/l) et SUMAIRA *et al* (2020) (30-39 g/l), mais différente des concentrations rapportées par SBOUI *et al* (2009) (34,15 g/l), AL-ZOREKY et ALMATHEN (2021) (33,4 g/l), KHASKHELI *et al* (2005), AL-ZOREKY et AL-OTAIBI (2015) (25,4 g/l) et ELHOSSSENY *et al* (2018) (27 g/l).

La teneur en protéines de l'aliment digéré par l'animal, la consommation d'eau, ainsi que l'origine géographique de l'animal vont directement affectés la concentration protéique de lait (KHASKHELI *et al*, 2005 ; KONUSPAYEVA *et al*, 2009 ; MATI *et al*, 2017). De ce fait, un régime à base du blé, du maïs, des betteraves et des concentrés entraîne un accroissement du taux des protéines de lait par rapport à un régime à base d'herbe conservée ou pâturée (DELABY et PEYRAUD, 1994 ; WOLTER, 1997). Les races et les conditions saisonnières influencent également sur le changement de la teneur en protéines du lait de chamelle (AL-HAJ et AL-KANHAL, 2010).

### III.1.1.5 Lactose

Le lactose est le glucide de base présent dans le lait et est considéré comme étant la principale source d'énergie pour le nouveau né mammifère (KHASKHELI *et al*, 2005 ; SUMAIRA *et al*, 2020).

D'après les résultats du tableau VI, la teneur en lactose semble proche entre le lait bovin et camelin. Cette teneur dans le lait bovin (41 g/l) rejoint les résultats déclarés par SBOUI *et al* (2009) (40,2 g/l) et relativement inférieure aux résultats signalés par PARK *et al* (2007) (48,3 g/l).

La teneur en lactose dans le lait camelin est de 39,7 g/l. Cette concentration est proche de celle rapportée par SBOUI *et al* (2009), MOHAMED-SEGHIR et CZYZ (2020) et SUMAIRA *et al* (2020), mais différente des teneurs rapportées par KHASKHELI *et al* (2005), ELHOSSSENY *et al* (2018) et AL-ZOREKY et ALMATHEN (2021).

Selon RAHLI (2015), la teneur en lactose de lait ne peut pas être changée, sauf dans la manipulation alimentaire extrême, car le lactose est le composant osmotique de lait le plus important. Dans le lait camelin, une grande variation de la concentration en lactose pourrait être due au fait que les chameaux broutent généralement sur des plantes halophiles et arides comme Atriplex, Acacia,... (FAO, 1982 ; SUMAIRA *et al*, 2020). En cas de déshydratation et lorsque l'eau est restreinte, la teneur en lactose diminue et le goût de lait devient moins sucré (AL-JUBOORI *et al*, 2013).

### III.1.1.6 Densité

Les densités mesurées est d'ordre 1,0288 pour le lait bovin et 1,0291 pour le lait camelin (tableau VI). Ces valeurs rejoignent celles trouvées par MOHAMED-SGHIR et CZYZ (2020) qui est de 1,06 pour le lait de vache et 1,07 pour le lait de chamelle.

La densité de lait varie en fonction de la concentration des éléments dissous et en suspension (la matière sèche non grasse) (MOSBAH *et al*, 2019). Par conséquent, plus le lait est riche en matière grasse plus sa densité sera basse (VIGNOLA, 2002).

### III.1.1.7 Point de congélation

Le point de congélation du lait bovin et camelin est de  $-0,482^{\circ}\text{C}$  et  $-0,524^{\circ}\text{C}$  respectivement. Ces résultats rejoignent ceux signalés par YOGANANDI *et al* (2015) avec une valeur de  $-0,530^{\circ}\text{C}$  et  $-0,518^{\circ}\text{C}$  pour le lait bovin et camelin respectivement.

La majorité des pays utilisent le point de congélation de lait comme l'un des critères de qualité pour assurer sa haute qualité, contrôler la présence des substances indésirables, prouver l'adultération de lait avec l'eau et pour déterminer la quantité d'eau qu'il contient (BUHBERGER, 2000 ; JONKUS *et al*, 2008 ; ZAGORSKA et CIPROVICA, 2013). JONKUS *et al* (2008), KEDZIERSKA *et al* (2011) et ZAGORSKA et CIPROVICA (2013) ont montrés que non seulement la présence d'eau affecte le point de congélation de lait, mais aussi sa composition chimique, sa concentration en lactose et son pH.

### III.1.2 Résultats des analyses microbiologiques du lait camelin et bovin

Des échantillons de lait ont été soumis à un examen microbiologique pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux, fécaux et de la flore totale mésophile aérobie et les résultats sont exprimés en UFC/ml. UFC (Unité Formant Colonie) est une unité utilisée pour estimer le nombre de bactéries ou de cellules fongiques viables dans un échantillon donné. Le tableau VII représente la charge des différents germes recherchés dans le lait pasteurisé comparée aux normes des journaux officieux de la république Algérienne n° 35 du 27 Mai 1998 et n° 39 du 2 Juillet 2017.

**Tableau VII : Résultats des analyses microbiologiques du lait bovin et camelin utilisés dans la fabrication fromagère.**

Paramètres microbiologiques	Lait cru bovin	Lait cru camelin	Normes
Coliformes totaux (UFC/ml)	0	0	10
Coliformes fécaux (UFC/ml)	0	0	Absence
Flore totale mésophile aérobie (UFC/ml)	0	0	$10^4-10^5$

#### III.1.2.1 Coliformes totaux et fécaux

Aujourd'hui, les tests des coliformes sont toujours utilisés dans l'industrie laitière pour indiquer si les conditions dans lesquelles le produit a été fabriqué sont insalubres, s'il y a eu une contamination post-traitement ou un échec de la pasteurisation (TRMCIC *et al*, 2016).

Les coliformes totaux et fécaux sont considérés comme étant un indicateur d'une mauvaise qualité hygiénique, d'un non respect des « bonnes pratiques », d'une contamination

fécale ou par l'eau contaminée utilisée lors des différentes opérations de nettoyage ou d'un traitement thermique inefficace (MANSOUR, 2015 ; ELHOSSSENY *et al*, 2018).

D'après le tableau VII, les résultats montrent l'absence des coliformes totaux et fécaux dans le lait bovin et camelin pasteurisés. Ces résultats sont conformes aux normes algériennes fixées par le journal officiel n° 35 de 1998, donc le lait bovin et camelin sont de qualité microbiologique satisfaisante et donc pourront être utilisés dans la fabrication du fromage à pâte molle (Camembert).

### **III.1.2.2 Flore totale mésophile aérobie**

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes capables de se multiplier en aérobie à des températures optimales de croissance comprises entre 20°C et 45°C (BONNEFOY *et al*, 2002). La recherche et le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel (GUIRAUD, 1998).

D'après les résultats du tableau VII, les analyses microbiologiques du lait bovin et camelin pasteurisés, utilisés pour la production fromagère, constatent l'absence de la flore mésophile aérobie totale dans les échantillons analysés. Pour cela, ces résultats sont conformes aux normes algériennes fixées par le journal officiel n° 39 de 2017, ce qui confirme que le lait bovin et camelin sont de qualité microbiologique satisfaisante et donc pourront être utilisés dans la production du fromage à pâte molle (Camembert).

## **III.2 Résultats des analyses effectuées sur le Camembert**

L'affinage se caractérise par le développement d'un consortium microbien dont les activités sont responsables d'importantes modifications qui se produisent à la surface et au cœur de caillé en fonction du temps de maturation (CHOISY *et al*, 2000 ; HELIAS *et al*, 2007). Sa maîtrise passe par une connaissance précise de l'évolution des principales caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de chaque type de fromages à différents stades de l'affinage (RIAHI, 2007).

### **III.2.1 Résultats des analyses physico-chimiques de Camembert en utilisant le lait bovin**

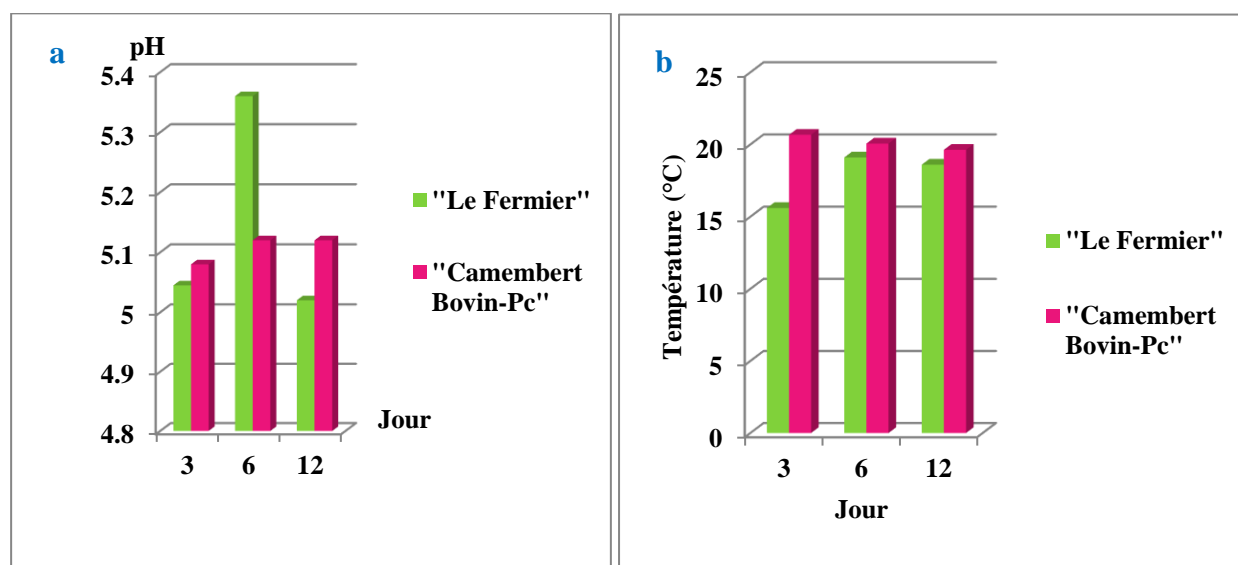
#### **III.2.1.1 pH et température**

La figure 17 montre l'évolution du pH (a) et de la température (b) durant l'affinage des deux types de Camembert. Le pH du Camembert « Le Fermier » produit en utilisant la CHY-MAX (durant le 3<sup>ème</sup> jour 5,045, le 6<sup>ème</sup> jour 5,36 et le 12<sup>ème</sup> jour 5,02) est plus ou moins similaire au pH du Camembert bovin fabriqué en utilisant la présure cameline (durant le 3<sup>ème</sup> jour 5,08, le 6<sup>ème</sup> jour 5,12 et le 12<sup>ème</sup> jour 5,12) au cours des 12 jours d'affinage. La température des deux types de Camembert au cours d'affinage est de 15,6°C à J3, 19,1°C à J6 et 18,6°C à J12 contre

## Résultats et discussions

20,67°C à J3, 20,06°C à J6 et 19,63°C à J12, respectivement pour le Camembert « Le Fermier » et le Camembert bovin fabriqué en utilisant la présure cameline.

Le pH des deux types de Camembert fabriqués est en concorde avec ceux rapportés par VASSAL *et al* (1986), SCHLESSER *et al* (1992), GUIZANI *et al* (2002), MANE et MC-SWEENEY (2019), mais relativement supérieur à ceux rapportés par SPERAT-CZAR *et al* (2018) et MBYE *et al* (2020).



**Figure 17 : Evolution du pH (a) et de la température (b) du Camembert « Le Fermier » et du Camembert bovin produit par l'extrait brut de caillette de dromadaire, durant 12 jours d'affinage.**

Dans les fromages à pâte molle du type Camembert, le pH remonte rapidement et atteint en surface une valeur proche de 7 avant la fin de l'affinage, alors que l'augmentation du pH à l'intérieur de la pâte est beaucoup plus lent (LENOIR *et al*, 1985b ; LECLERCQ-PERLAT *et al*, 2004). Le pH interne du fromage dépend des concentrations de lactate, tandis que le pH de surface est lié au lactose interne, à la température et à l'humidité relative (LECLERCQ-PERLAT *et al*, 2000).

La neutralisation de la surface de fromage par les levures a conduit à la formation d'un gradient du pH entre la surface et le centre, qui s'est maintenu pendant la période d'affinage (GUIZANI *et al*, 2002). De ce fait, l'élévation du pH de Camembert est due à la flore de surface *Geotrichum candidum* et *Penicillium camemberti*, qui oxydent rapidement le lactate en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O et désaminent les acides aminés, désacidifiant ainsi la surface de fromage (GUIZANI *et al*, 2002 ; MC-SWEENEY, 2004 ; ABRAHAM *et al*, 2007). Puisque le lactate est métabolisé à la surface et des concentrations plus élevées se trouvent dans le noyau, donc il diffuse probablement vers la croûte (MC-SWEENEY, 2004 ; ABRAHAM *et al*, 2007).

Lorsque le pH de la surface de fromage augmente, le phosphate de calcium précipite sous forme d'une couche de  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , ce qui entraîne un gradient du phosphate de calcium et sa migration vers la surface (BAE *et al*, 2020). La diminution de la concentration en phosphate de calcium, ainsi que l'augmentation du pH et de la protéolyse, entraînent un ramollissement de la pâte, caractéristique du fromage affiné du type Camembert (MC-SWEENEY et FOX, 2004 ; BAE *et al*, 2020).

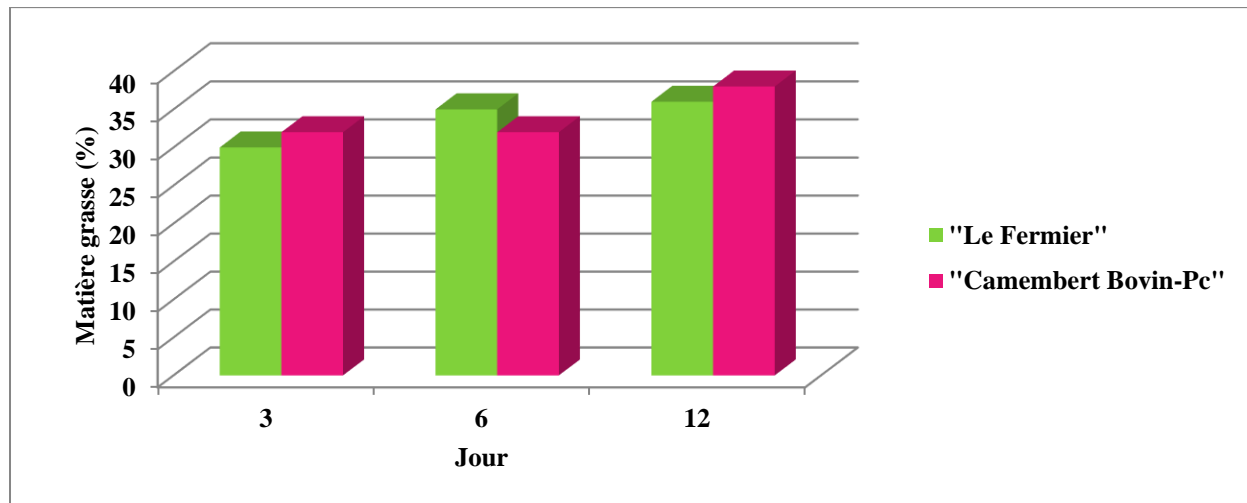
La concentration en sel possède également des influences majeures sur la protéolyse et les changements du pH, ainsi que sur la croissance des moisissures en surface (BAE *et al*, 2020). Le faible pH et le sel sont deux facteurs qui contribuent à l'inactivation des agents pathogènes bactériens pendant 60 jours d'affinage de fromage (LECLERCQ-PERLAT *et al*, 2000). Ainsi, le pH influe sur les développements microbiens, l'activité des enzymes associées et la texture des fromages pendant l'affinage (RIAHI, 2007).

Parmi les micro-organismes intervenant dans l'affinage, seules les bactéries lactiques, les levures et les moisissures (VAN-DEN-TEMPEL et NIELSEN, 2000) peuvent se développer à des pH inférieurs à 5. En revanche, certaines espèces comme *Brevibacterium* ou certains groupes, tels que les *Pseudomonas*, sont inhibées dans des milieux à pH bas (RIAHI, 2007). De plus, les caillés du type pâte molle ont un pH inférieur à 5 et voisin de 4,7, ce qui empêche le développement des *Micrococcacees* et des *Coryneformes*, qui sont des agents de la maturation, une action suffisante des protéases et des lipases (RIAHI, 2007). L'activité des enzymes est également très sensible aux variations du pH. En effet, l'activité maximale de la plupart des protéases microbiennes se situe à des pH compris entre 5,5 à 7,5 et celle des lipases pour des pH allant de 7,5 à 9 (RIAHI, 2007). Cependant, au dessous du pH égal à 4,5, l'activité et la stabilité de nombreuses enzymes sont fortement réduites (RIAHI, 2007). En outre, le pH empêche les interactions protéines-minéraux et protéines-eau qui confèrent à la pâte une texture souple et homogène (RIAHI, 2007).

### III.2.1.2 Matière grasse

Les résultats des analyses mentionnés dans la figure 18, montrent une différence de la teneur en matière grasse entre les deux types de Camembert fabriqués au cours des 12 jours d'affinage. Dans le cas du Camembert bovin produit par la présure cameline, le taux de matière grasse va de 32 à 38 % durant l'affinage.

Ces valeurs sont appartenent à l'intervalle établi par le CODEX STAN 276-1973 allant de 30 à 55 %, inférieures aux résultats estimés par GUIZANI *et al* (2002) allant de 48,15 à 47,92 % pendant 11 jours d'affinage, mais supérieures aux résultats enregistrés SPERAT-CZAR *et al* (2018) (19-19,5 %) et MANE et MC-SWEENEY (2019) (28-28,17 %).



**Figure 18 : Evolution de la concentration de la matière grasse du Camembert « Le Fermier » et du Camembert bovin produit par l'extrait brut de caillette de dromadaire, durant 12 jours d'affinage.**

La teneur en matière grasse de Camembert (25 à 40 %) conditionne l'onctuosité de la pâte et constitue une source importante de la flaveur particulière conférée au produit fini (NEELAKANTEN *et al*, 1971). Elle est importante pour le développement des composés aromatiques (événements biochimiques secondaires de maturation), principalement par les lipases de lait (lipoprotéine lipase) libérés par *Geotrichum candidum* (JASTER *et al*, 2019).

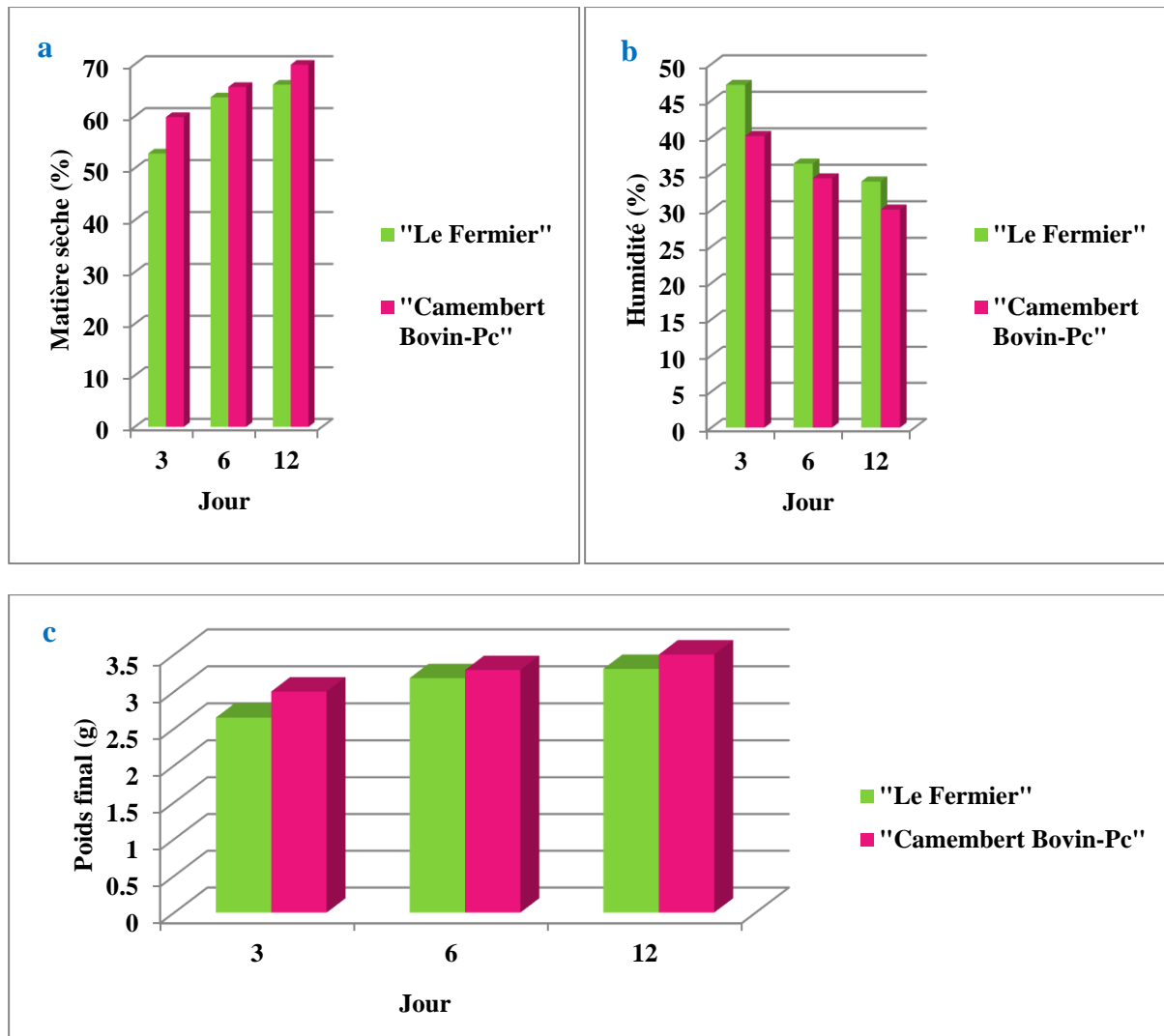
La quantité de matière grasse, exprimée sur une base sèche, variait relativement peu au cours du processus d'affinage tant à la surface qu'au centre de caillé (GUIZANI *et al*, 2002). Son augmentation régulière due à la dessiccation de fromage (PIEN et MAURICE, 1937). La stabilité de cette teneur peut être attribuée à la faible réaction de la lipolyse présente à la surface des fromages affinés par la moisissure (GUIZANI *et al*, 2002). Ainsi, il a été rapporté que dans les fromages affinés en surface, comme le Camembert, la lipolyse ne touche que 3 à 5 % de la matière grasse totale (CHOISY *et al*, 1987). Enfin, le chauffage à des températures supérieures ou voisines de 100°C peut être à l'origine de certaines dégradations de la teneur en matière grasse (modification de la structure physicochimique du globule gras) (RICHARD et DESMAZEAUD, 1997).

### III.2.1.3 Matière sèche et humidité

La teneur en matière sèche de lait utilisé dans la fabrication de Camembert est un facteur important car elle conditionne la viscosité et la consistance du produit. D'après la figure 20a, la teneur en matière sèche du Camembert « Le Fermier » produit par la CHY-MAX est plus faible que celle du Camembert bovin fabriqué en utilisant l'extrait brut de caillette de dromadaire, au fur et à mesure de l'affinage. En parallèle, l'humidité de premier Camembert est plus élevée que celle de deuxième, au fur et à mesure de l'affinage (figure 19b).

## Résultats et discussions

Cette différence peut être due au poids initial du Camembert « Le Fermier » mesuré à 316 g, permettant la rétention d'un grand pourcentage d'eau, ainsi la perte d'un grand pourcentage de la matière sèche comparativement au poids initial du Camembert bovin produit en utilisant l'extrait brut de caillette de dromadaire avec une moyenne de 142,46 g.



**Figure 19 : Evolution de la matière sèche (a), l'humidité (b) et du poids final (c) du Camembert « Le Fermier » et du Camembert bovin produit par l'extrait brut de caillette de dromadaire, durant 12 jours d'affinage.**

La teneur en matière sèche et en eau du Camembert « Le Fermier » rejoignent les résultats signalés par MBYE *et al* (2020) avec 52 % de la matière sèche et 48 % d'eau et aux normes exigées par l'usine estimées à 45 % de la matière sèche et 55 % d'eau, mais différents aux résultats estimés par SPERAT-CZAR *et al* (2018) avec une teneur en matière sèche comprise entre 41 à 42 % et une humidité comprise entre 58 à 59 %. La teneur en humidité plus élevée dans le Camembert « Le Fermier » peut s'expliquer par la taille minuscule des pores et la

rétenion d'eau plus élevée dans la microstructure comparativement au Camembert bovin fabriqué par l'extrait brut de caillette de dromadaire (MBYE *et al*, 2020).

On remarque également la diminution de l'humidité et l'augmentation de la teneur en matière sèche dans les deux types de Camembert fabriqués durant les 12 jours d'affinage. Ces résultats correspondent aux résultats trouvés par PIEN et MAURICE (1937) (47 % de la matière sèche durant le 3<sup>ème</sup> jour d'affinage), SCHLESSER *et al* (1992) (de 41,6 à 50,6 % de la matière sèche pendant 15 jours d'affinage) et GUIZANI *et al* (2002) (de 47,13 à 50,26 % de la matière sèche pendant 11 jours d'affinage).

Le niveau de la matière sèche est l'un des déterminants de la texture dans les produits finis (GUIZANI *et al*, 2002). L'augmentation du taux de la matière sèche pendant la maturation est due à l'évaporation en surface et à l'échange des produits volatils (eau, ammoniac, acides gras,...) entre le fromage et son environnement (HASSOUNA *et al*, 1996 ; GUIZANI *et al*, 2002). Cette matière sèche, au début, comporte une certaine quantité de matières hydrocarbonées (lactose et acide lactique) qui disparaissent rapidement. Le taux de matières azotées, au lieu de diminuer régulièrement dès le début, augmente relativement pendant les premières semaines suite à la disparition de ces hydrates de carbone (PIEN et MAURICE, 1937). Quand ceux-ci sont complètement brûlés, les matières azotées totales, exprimées en caséine diminuent régulièrement, ce qui est la raison essentielle de l'augmentation relative de la matière sèche (PIEN et MAURICE, 1937).

Les fromages à pâte molle, tels que le Camembert, mûrissent très rapidement en raison de la teneur élevée en humidité et de la croissance rapide de moisissures en surface (GUIZANI *et al*, 2002). De ce fait, au fur et à mesure que le Camembert mûrissait, la teneur en eau diminuait (SCHLESSER *et al*, 1992). Enfin, la dessiccation s'accompagne de la formation de matières volatiles perdues dans le dessiccateur au cours du dosage de l'humidité (PIEN et MAURICE, 1937).

### **III.2.2 Résultats des analyses microbiologiques de Camembert en utilisant le lait bovin**

La contamination de fromage par différents types de micro-organismes au cours du traitement, de la manipulation, du stockage et de la distribution entraînant une détérioration du produit ou pouvant constituer un danger pour la santé publique (PHONGTANG *et al*, 2019). Pour cela, des échantillons de deux types de Camembert fabriqués ont été soumis à un examen microbiologique pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux, fécaux (effectués dans le laboratoire de l'usine) et d'*Escherichia coli*, des staphylocoques à coagulase positive, de *Listeria monocytogène* (effectués dans un laboratoire externe). Le tableau VIII représente la charge des différents germes recherchés dans les deux types de Camembert comparée aux normes des journaux officiels de la république Algérienne n° 35 du 27 Mai 1998 et n° 39 du 2 Juillet 2017.

**Tableau VIII : Résultats des analyses microbiologiques de Camembert.**

Paramètres microbiologiques	Camembert « Le Fermier »			Camembert bovin-extrait brut de caillette de dromadaire (Jour3)	Normes
	Jour3	Jour6	Jour12		
Coliformes totaux (UFC/g)	2,08x10 <sup>2</sup> ±64	3,00x10 <sup>2</sup>	2,12x10 <sup>2</sup>	0	10 <sup>2</sup>
Coliformes fécaux (UFC/g)	1,77x10 <sup>2</sup> ±188	1,92x10 <sup>2</sup>	0,14x10 <sup>2</sup>	0	10
<i>Escherichia coli</i> /g	0	0	0	0	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>
Staphylocoques à coagulase positive/g	0	0	0	0	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>
Salmonelles/25g	0	0	0	0	Absence
<i>Listeria monocytogènes</i> /g	0	0	0	0	100

### III.2.2.1 Coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont une classification non taxonomique qui par définition, décrit un groupe de bactéries Gram-négatives en forme de bâtonnets anaérobies ou aérobies facultatives (DAVIDSON *et al*, 2004). Ils sont fréquemment utilisés pour prédire les conditions d'hygiène dans lesquelles les produits laitiers sont fabriqués (TRMCIC *et al*, 2016). La recherche et le dénombrement des coliformes sont encore utilisés dans la production fromagère pour indiquer des conditions de fabrication insalubres et son utilité dans ce produit est de plus en plus remise en question (STRONGIN, 2015).

Les résultats des analyses microbiologiques effectués sur les deux types de Camembert indiquent l'absence de toute origine de contamination par les coliformes totaux et fécaux du Camembert bovin fabriqué en utilisant l'extrait brut de caillette de dromadaire et la présence d'une charge moyenne en coliformes totaux et fécaux dans le Camembert « Le Fermier » produit à base de la CHY-MAX pendant les 12 jours d'affinage (tableau VIII).

Généralement, les effectifs des coliformes sont plus importants en surface qu'au centre de fromage à chaque stade de maturation (GUIZANI *et al*, 2002). Ainsi, le nombre de coliformes variait significativement d'un Camembert à l'autre et même d'un échantillon à l'autre pour un même lot de fromage (LENOIR, 1963 ; GUIZANI *et al*, 2002). En fait, leur présence dans le Camembert peut avoir plusieurs origines à savoir la matière première, le personnel et/ou le matériel de fabrication. De ce fait, la pasteurisation de lait, le faible pH, la faible activité de l'eau et d'autres caractéristiques de fromage contribuent d'une manière significative à la prévalence plus faible des coliformes dans le fromage (TRMCIC *et al*, 2016).

MORALES *et al* (2003) ont démontré une bonne croissance des souches de coliformes dans les fromages avec un pH compris entre 5,2 et 5,3. Des études antérieures ont montré que la

mort des coliformes, même à un pH < 5, peut prendre plusieurs jours (FERESU et NYATI, 1990 ; MANOLOPOULOU *et al*, 2003).

Généralement les coliformes et les bactéries Gram-négatives sont inactivés par la pasteurisation (TRMCIC *et al*, 2016). Alors, en sachant que la fromagerie « Le Fermier » procède à la pasteurisation du lait cru avant la production, donc la matière première n'est pas la vraie cause de la présence des coliformes dans le Camembert « Le Fermier ». Donc, la contamination peut être due à une mauvaise hygiène corporelle du personnel de la fromagerie, ou à un mauvais nettoyage du matériel de production. Selon les normes du journal officiel de la république Algérienne n° 35 du 27 Mai 1998, ces seuils de contaminations en coliformes totaux et fécaux sont acceptables, ce qui indique que les fromages fabriqués sont de bonne qualité microbiologique.

### III.2.2.2 *Escherichia coli*

Les résultats des analyses microbiologiques mentionnés sur le tableau VIII, ont montrés l'absence de toute origine de contamination par *Escherichia coli*. Alors, selon les normes du journal officiel de la république Algérienne n° 39 du 2 Juillet 2017, le Camembert « Le Fermier » et le Camembert bovin produit à base de l'extrait brut de caillette de dromadaire sont de bonne qualité du point de vue microbiologique.

Les coliformes fécaux ne représentent qu'une faible proportion du groupe des coliformes, et plusieurs rapports différents suggèrent qu'*Escherichia coli* est le seul coliforme à représenter exclusivement l'environnement fécal (EDBERG *et al*, 2000 ; STEVANS *et al*, 2003 ; PARUCH et MAEHLUM, 2012). Des lignées bactériennes spécifiques non associées à des sources fécales ont été également identifiées au sein du genre *Escherichia* et sont souvent presque impossibles à distinguer de cette espèce (WALK *et al*, 2009 ; LUO *et al*, 2011 ; OH *et al*, 2012). Par conséquent, la croissance différentielle d'*Escherichia* et d'autres micro-organismes concurrents tel que les coliformes peuvent affectés la probabilité de détection d'*Escherichia* (TRMCIC *et al*, 2016). ALMEIDA *et al* (2007), ont trouvé une corrélation positive entre l'activité de l'eau et la présence d'*E. coli* générique dans le fromage au lait cru.

### III.2.2.3 Staphylocoques à coagulase positive

L'analyse microbiologique des deux types de Camembert fabriqués (tableau VIII), comparé aux normes du journal officiel de la république Algérienne n° 39 du 2 Juillet 2017, montrent l'absence totale de ces germes pathogènes, grâce à l'utilisation de matières premières de qualité microbiologique satisfaisante et le bon respect des règles d'hygiène générale durant la fabrication fromagère.

Un rapport récent a déclaré que les souches de *S. aureus* peuvent se propager dans différentes régions géographiques par le biais des aliments et des produits laitiers (ABDEEN *et al*, 2021b). *Staphylococcus aureus* est un agent pathogène zoonotique, provoquant des infections

d'importance économique majeure telles que les infections intra-mammaires chez les ruminants allaitants (LINAGE *et al*, 2012 ; ABDEEN *et al*, 2021b). À l'échelle mondiale, *S. aureus* provoque des maladies opportunistes, nosocomiales et liées à la population largement répandues (PATERSON *et al*, 2014). Il peut provoquer des maladies à médiation toxinique, telles que le syndrome du choc toxique et l'intoxication alimentaire staphylococcique par consommation d'aliments contaminés avec des entérotoxines staphylococciques (SE) préformées, en plus des lésions cutanées et des infections systémiques chez l'humain (LINAGE *et al*, 2012).

### III.2.2.4 Salmonelles

Les résultats des analyses microbiologiques mentionnés sur le tableau VIII, montrent l'absence de toute origine de contamination par les salmonelles. Donc, selon les normes du journal officiel de la république Algérienne n° 39 du 2 Juillet 2017, le Camembert « Le Fermier » et le Camembert bovin produit à base de l'extrait brut de caillette de dromadaire sont de bonne qualité en point de vue microbiologique.

Plus précisément, la contamination microbienne est devenue une préoccupation majeure pour le lait cru et les produits à base de lait tels que le fromage (FAILLE *et al*, 2017). La salmonelle appartenant à la famille des entérobactéries et englobe de nombreux sérotypes différents, variant en antigènes somatiques, flagellaires et capsulaires (MUNGAI *et al*, 2015 ; PHONGTANG *et al*, 2019).

La présence de *Salmonella* dans les produits laitiers est principalement due à une contamination post-pasteurisation de lait (MODI *et al*, 2001 ; OLSEN *et al*, 2004). La consommation de produits laitiers contaminés par cet agent peut provoquer une grave maladie d'origine alimentaire connue sous le nom de salmonellose et son contrôle empêche la dissémination des sérotypes de *Salmonella* dans ces produits (ENG *et al*, 2015 ; PHONGTANG *et al*, 2019). TRMCIC *et al* (2016) suggèrent que la prévalence de *Salmonella* est faible dans le fromage et qu'une plus grande taille d'échantillon est nécessaire pour estimer sa prévalence et identifier ses facteurs du risque. Cependant, des épidémies impliquant à la fois *Salmonella* et STEC de fromage se produisent et ne doivent pas être négligées (KOSTA *et al*, 2010 ; GILL et OUDIT, 2015).

### III.2.2.5 *Listeria monocytogenes*

*Listeria monocytogenes* est le principal agent pathogène préoccupant dans le fromage et capable de provoquer des effets néfastes sur la santé tels qu'une infection intra-utérine, une méningite et une septicémie pathogène (TRMCIC *et al*, 2016 ; CAMPAGNOLLO *et al*, 2018).

BACHMANN et SPAHR (1995) ont identifiés *L. monocytogenes* comme le seul agent pathogène qui peut survivre au processus d'affinage de fromage du type suisse semi-dur. D'autres auteurs ont montré que différentes espèces de *Listeria* peuvent persister dans les environnements de transformation des aliments et des produits laitiers au fil du temps (HO *et al*, 2007 ;

DALMASSO et JORDAN, 2012 ; ALMEIDA *et al*, 2013 ; SCHODER *et al*, 2013). De ce fait, la consommation des produits prêts à manger peut causer une listériose d'origine alimentaire et différents types de fromages sont impliqués dans des épidémies dans le monde (KOCH *et al*, 2010 ; GOULD *et al*, 2014 ; HEIMAN *et al*, 2016).

Les modèles de croissance de *L. monocytogenes* à la surface du fromage affiné par frottis ont identifiés le pH de surface comme étant associé à une croissance plus élevée de cet agent (SCHVARTZMAN *et al*, 2014). La mammite bovine à *L. monocytogenes* peut représenter une source importante de contamination, car le lait produit par des vaches atteintes de mammite peut contenir jusqu'à  $10^6$  cellules de *L. monocytogenes*/ml (SANAA *et al*, 1993 ; CAMPAGNOLLO *et al*, 2018). La contamination post-pasteurisation peut se produire également à différentes étapes de la production de fromage (SILVA *et al*, 2003 ; BARANCELLI *et al*, 2014 ; OXARAN *et al*, 2017).

FSANZ (2009) a signalé que 70 % de tous les fromages impliqués dans les épidémies de maladies d'origine alimentaire sont produits avec du lait cru. Cependant, des conditions de pasteurisation normales peuvent éliminer une concentration typique de *L. monocytogenes* dans le lait cru, mais cette dernière peut être isolée de fromage fabriqué à partir du lait pasteurisé (BRITO *et al*, 2008 ; SILVA *et al*, 2011 ; CAMPAGNOLLO *et al*, 2018).

Les résultats des analyses microbiologiques effectués sur les deux types de Camembert fabriqués, mentionnés sur le tableau VIII, indiquent l'absence de toute origine de contamination par *Listeria monocytogenes*. Alors, selon les normes du journal officiel de la république Algérienne n° 39 du 2 Juillet 2017, le Camembert « Le Fermier » et le Camembert bovin produit à base de l'extrait brut de caillette de dromadaire sont de bonne qualité du point de vue microbiologique.

### III.2.3 Résultats des analyses de Camembert en utilisant le lait camelin

Dans la présente étude, on a essayé de produire un Camembert camelin à partir de deux présures différentes, la présure bovine recombinante CHY-MAX et l'extrait brut de caillette de dromadaire adulte. La composition physico-chimique du lait camelin utilisé a été analysée avant de commencer l'expérimentation et les teneurs en matières grasses et en protéines se situaient dans l'intervalle des valeurs normales rapportées dans la littérature (SUMAIRA *et al*, 2020 ; AL-ZOREKY et ALMZTHEN, 2021).

Des essais ont été réalisés sans grand succès puisqu'on a obtenu un fromage de nature friable et cassant après moulage et salage. L'échec de cette production pourrait être dû à la concentration des présures utilisées nécessaires pour coaguler le lait camelin connu par sa faible aptitude à la transformation fromagère, ou à cause de l'acidification de lait utilisé après environ un mois de conservation à 4°C. Selon KHEROUATOU (2000) et EL-HATMI *et al* (2003), l'acidité du lait de chamelle est dans les normes (20°D) après 7 jours de conservation à 4°C, tandis que l'acidité du lait de vache commence à s'élever d'une façon remarquable dès le 5ème

jour (22°D). De plus, le refroidissement manuel réalisé à petite échelle au bout de 45 min, peut influencer sur la fermeté et la dureté de fromage produit.

L'aptitude du lait camelin à la transformation fromagère diminue également pendant la saison chaude, lorsque la production du lait de chamelle est influencée par la disponibilité de l'eau et des aliments (KHAN *et al*, 2004). Il est indiqué également qu'au cours du premier mois post-partum, la qualité des protéines de lait subit d'importants changements, les immunoglobulines et certaines autres protéines de lactosérum diminuent et les protéines de la caséine complexe augmentent (KONUSPAYEVA *et al*, 2014). Pour la fabrication de fromage, seules les protéines de caséine présentent un intérêt majeur, et pour cela le moment optimal pour la fabrication de fromage sera après 25 jours post-partum (KONUSPAYEVA *et al*, 2014).

Dans le monde, le lait camelin est mieux connu pour ses produits fermentés plutôt que pour ses types de fromages (KONUSPAYEVA et FAYE, 2011 ; BENKERROUM *et al*, 2011 ; KONUSPAYEVA *et al*, 2014). Cependant, les rapports précédents ont montré sa faible propriété de coagulation, qui est l'étape clé de sa transformation en produits dérivés (BOUDJENAH-HAROUN *et al*, 2012). Ceci pourrait être dû à un faible rapport caséine/lactosérum (BERHE *et al*, 2017), une faible teneur en solides totaux (KHAN *et al*, 2004), une faible concentration en  $\kappa$ -caséines par rapport à la caséine totale (3,5 % contre 13,6 % dans le lait bovin) (KONUSPAYEVA *et al*, 2017 ; HAILU *et al*, 2018) et une faible teneur en calcium (BEUX *et al*, 2018).

Dans la littérature, il existe quelques données sur l'utilisation de la présure bovine ou végétale, pour la fabrication du fromage de chamelle (AHMED et EL-ZUBEIR, 2011; BOUDJENAH-HAROUN *et al*, 2011 ; BOUDJENAH-HAROUN *et al*, 2012). D'autre part, l'utilisation des enzymes gastriques des dromadaires plus âgés ont donné les meilleurs résultats concernant l'activité de coagulation du lait bovin et camelin par rapport aux autres préparations enzymatiques testées (pepsine bovine, présure bovine contenant 80 % de la chymosine et 20 % de la pepsine) (BOUDJENAH-HAROUN *et al*, 2012).

### III.3 Analyse sensorielle

Les caractéristiques sensorielles des fromages sont considérées comme l'un des attributs les plus importants déterminant le choix des consommateurs (SULIEMAN *et al*, 2016). Elles reflètent les caractéristiques de la matière première, les conditions de fabrication de fromage et les changements physico-chimiques au cours de l'affinage (JERONIMO et MALCATA, 2013). A cet effet, une deuxième série de Camembert a été fabriquée afin d'évaluer sa qualité sensorielle. Pour cela, des panélistes naïfs du laboratoire ont été autorisés à goûter des tranches de chaque type de Camembert, marqué et codé par un chiffre et à enregistrer leurs évaluations individuelles, basées sur la couleur, l'épaisseur, la surface, l'arôme, la texture, la saveur et de leur acceptabilité (Annexe 07).

## *Résultats et discussions*

---

D'après ces panélistes naïfs, le Camembert « Le Fermier » fabriqué à base de la CHY-MAX et le Camembert bovin fabriqué par la présure cameline sont plus ferme que le Camembert camelin produit par la présure cameline. De plus, le Camembert « Le Fermier » présente une texture plus lisse, moelleuse et crémeux que les deux autres Camemberts. Ainsi, le Camembert camelin fabriqué par la présure cameline est plus friable et Collant, tandis que le Camembert bovin fabriqué par la présure cameline est plus dur et moins humide. Cependant, le Camembert camelin produit par la présure cameline est plus acide et salé que les deux autres Camemberts fabriqués.

Selon les panélistes naïfs, le Camembert « Le Fermier » est le plus agréable suivi par le Camembert camelin fabriqué par l'extrait brut de caillette de dromadaire et enfin du Camembert bovin fabriqué à base de la l'extrait brut de caillette de dromadaire. D'une façon générale, l'étude comparative entre les trois types de Camembert a montrée une qualité nutritionnelle satisfaisante et une bonne qualité microbiologique, avec préférence des panélistes naïfs d'augmenter leur duré d'affinage.



*Conclusion*

### Conclusion

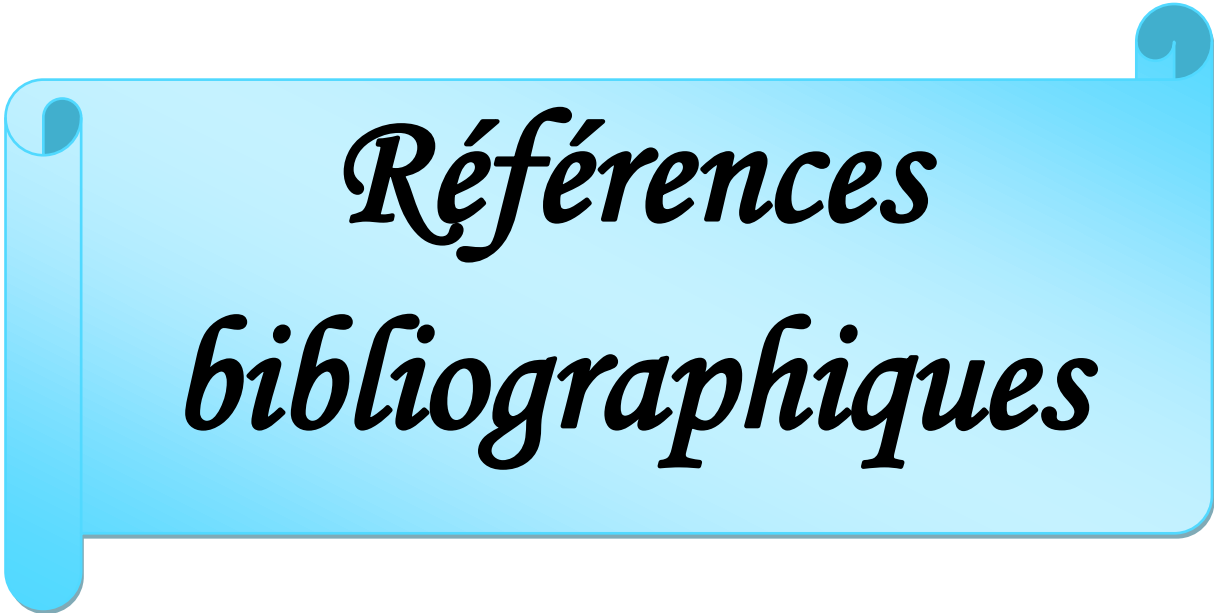
Dans le cadre de résoudre le problème lié à la production de fromage à base du lait camelin, nous avons essayé de contribuer à une meilleure connaissance sur la technologie de fabrication du fromage à pâte molle du type Camembert, à base du lait bovin et camelin, en testant notre agent coagulant extraite à partir de caillette de dromadaire adulte avec la présure bovine recombinante CHY-MAX.

Les analyses physico-chimiques montrent que le lait camelin utilisé dans la production fromagère, présentent globalement une composition comparable à celle du lait bovin utilisé dans la fromagerie, au niveau des concentrations en nutriments de base (protéines, matière sèche non grasse et lactose) et du pH. Cependant, le lait bovin est caractérisé par une teneur en matière grasse plus élevée par rapport au lait camelin. Les analyses microbiologiques confirment que le lait bovin et camelin, présentent une bonne qualité, en comparaison aux normes de la république Algérienne de 1998 et 2017.

Les analyses physico-chimiques indiquent que le pH du Camembert bovin produit en utilisant l'agent coagulant extraite à partir de caillette de dromadaire adulte et du Camembert « Le Fermier » produit par la CHY-MAX, sont assez similaire et plus ou moins stable au cours des 12 jours d'affinage. Une similitude de la concentration en matière grasse entre les deux types de Camembert fabriqués, est constatée au cours d'affinage, à l'exception de 12<sup>ème</sup>, qui montre son augmentation jusqu'à 38 %, dans le Camembert bovin fabriqué à partir de l'extrait brut de caillette de dromadaire. Durant les 12 jours d'affinage, la teneur en matière sèche a augmentée pour le Camembert « Le Fermier » de 53,21 à 63,63 et pour le Camembert bovin fabriqué en utilisant la présure cameline de 58,09 à 70,53 %. Les deux types de Camembert fabriqués sont de qualité hygiénique, sanitaire et microbiologique satisfaisante conforme aux normes de la république Algérienne de 1998 et 2017.

La coagulation par l'extrait brut de caillette de dromadaire, nous a permis d'obtenir un fromage à pâte molle du type Camembert, à base du lait bovin et camelin, dont les caractéristiques sensorielle, nutritionnelle, microbiologique et organoleptiques sont moyennement appréciables.

Néanmoins, il est intéressant de poursuivre ce travail, ainsi de nombreuses perspectives peuvent être retirées dont l'utilisation d'autres coagulants enzymatiques pour l'amélioration de l'aptitude du lait camelin à la production fromagère ou d'autres dérivés et l'utilisation des différentes concentrations de l'extrait brut de caillette de dromadaire adulte pour la fabrication d'autres types de fromage afin de mettre en évidence son effet sur la qualité du produit.



*Références  
bibliographiques*

## Références bibliographiques

---

- **ABDEEN E.S.M.M., IBRAHIM O.A. et KHOLIF A.M.M. (2021a).** Utility of Moringa oleifera waste as a coagulant in goat soft cheese production. *Heliyon*, 7-07536.
- **ABDEEN E., MOUSA W.S., ABDELSALAM S.Y., HEIKAL H.S., SHAWISH R., NOORUZZAMAN M., SOLIMAN M., BATIHA G.E., HAMAD A. et ABDEEN A. (2021b).** Prevalence and Characterization of Coagulase Positive Staphylococci from Food Products and Human Specimens in Egypt. *Antibiotics*, 10, 75.
- **ABDEL-MAGIED E.M. et TAHA A.A.M. (2003).** Morphological, Morphometric and Histochemical Characterization of the Gastric Mucosa of the Camel (*Camelus dromedarius*). *Anatomia Histologia Embryologia*.32: 42 – 47.
- **ABRAHAM S. et CONINCK J.D. (2007).** Eh and ph gradients in camembert vheese during ripening: Measurements using microelectrodes and correlation with texture. *International dairy journal*.
- **ADAMOU A. et FAYE B. (2007).** L'élevage camelin en Algérie : contraintes et perspectives de développement. *Cahiers du CREAD n°79-80*, pages 77-97.
- **AHMED A.S., ABDALBAGI N.H., MUSTAFA H.A., IDRIS A.A.A., ELTAYB A.M.A. et ISMAIL R (2011).** The role of camel milk in the reactivation of liver damaged by Sudanese liquor (Aragi). *Journal Public Health* 6, 157–163.
- **AHMED N.A.A. et EL-ZUBEIR E.M. (2011).** Effect of salt level on some physical and chemical properties and acceptability of camel milk cheese. *Journal Camelid Sci.* 4:40-48.
- **AKKERMAN M., KRISTENSEN L.S., JESPERSEN L., RYSEL M.B., MACKIE A., LARSEN N.N., ANDERSEN U., NORGAARD M.K., LOKKE M.M., MOLLER J.R., MIELBY L.A., ANDERSEN B.V., KIDMOSE U. et HAMMERSHOJ M. (2017).** Interaction between sodium chloride and texture in semi-hard Danish cheese as affected by brining time, DL-starter culture, chymosin type and cheese repining. *International Dairy Journal*, 70, 34-45.
- **ALAIS C. (1975).** *Sciences du lait. Principes des techniques laitières.* Edition Sepaic, Paris.
- **AL-DHAHERI A.S., AL-HEMEIRI R., KIZHAKKAYIL J., AL-NABULSI A., ABUSHELAIBI A., SHAH N.P. et AYYASH M. (2017).** Health-promoting benefits of low-fat akawi cheese made by exopolysaccharide-producing probiotic *Lactobacillus plantarum* isolated from camel milk. *Journal Dairy Sciences*. 100, 7771–7779.
- **AL-HAJ O.A. et AL-KANHAL H.A. (2010).** Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk. *International Dairy Journal*: 20,811–821.
- **ALINOVI M., CARDIOLI M., FRANCOLINO S., LOCCI F., GHIGLIETTI R., MONTI L., TIDONA F., MUCCHETTI G. et GIRAFFA G. (2018).** Effect of fermentation-produced camel chymosin on quality of Crescenza cheese. *International Dairy Journal* 84, 72-78.

## Références bibliographiques

---

- **AL-JUBOORI A.T., MOHAMMED M., RASHID J., KURIAN J. et EL-REFAEY S. (2013).** Nutritional and medicinal value of camel (*Camelus dromedarius*) milk. *IResearch and Development Division, Abu Dhabi Food Control Authority, UAE, Animal Health Division, Abu Dhabi Food Control Authority, UAE.*
- **ALMEIDA G., FIGUEIREDO A., ROLA M., BARROS R.M., GIBBS P., HOGG T. et TEIXEIRA P. (2007).** Microbiological characterization of randomly selected Portuguese raw milk cheeses with reference to food safety. *Journal Food Prot.* 70, 1710–1716.
- **ALMEIDA G., MAGHALHAES R., CARNEIRO L., SANTOS I., SILVA J., FERREIRA V., HOGG T. et TEIXEIRA P. (2013).** Foci of contamination of *Listeria monocytogenes* in different cheese processing plants. *International Journal of Food Microbiology.*
- **AL-ZOREKY N.S. et AL-OTAIBI M.M. (2015).** Suitability of camel milk for making yogurt. *Food Science Biotechnology* 24(2), 601–606.
- **AMIRA A.B., BESBES S., ATTIA H. et 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(1), 76–93.
- **ANDREN A. (2021).** Agents of Change Milk-Clotting Enzymes; in « Agents of Change Enzymes in Milk and Dairy Products ». Eds. *Food Engineering Series*, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- **ARDELEAN A.I., OTTO C., JAROS D. et ROHM H. (2012).** Transglutaminase treatment to improve physical properties of acid gels from enriched goat milk. *Small Ruminant Research*, 106(1), 47–53.
- **ARDO Y., MC-SWEENEY P.L.H., MAGBOUL A.A.A., UPADHYAY V.K. et FOX P.F. (2017).** Biochemistry of cheese ripening: proteolysis. In: Mc-Sweeney PLH, Fox PF, Cotter PD, Everett DW (eds) *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, 4th edn. Academic, London, pp 446–482.
- **ATTIA H., KHEROUATOU N., FAKHFAKH N., KHORCHANI T. et TRIGUI N. (2000).** Dromedary milk fat: biochemical, microscopic and rheological characteristics. *Journal of Food Lipids*, 7, 95-112.
- **ATTIA H., KHEROUATOU N. et DHOUIB A. (2001).** Dromedary milk acid fermentation: Microbiological and rheological characteristics. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 26, 263–270.
- **AYYASH M.M., SHERKAT F. et SHAH N.P. (2012).** The effect of NaCl substitution with KCl on Akawi cheese: Chemical composition, proteolysis, angiotensin-converting enzyme-inhibitory activity, probiotic survival, texture profile, and sensory properties. *Journal Dairy Science.* 95, 4747–4759.

## Références bibliographiques

---

- **AYYASH M., AL-NUAIMI A.K., AL-MAHADIN S. et LIU S.Q. (2018).** In vitro investigation of anticancer and ACE-inhibiting activity,  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase inhibition, and antioxidant activity of camel milk fermented with camel milk probiotic: A comparative study with fermented bovine milk. *Food Chemistry*, 239, 588–597.
- **BACHMANN H.P. et SPAHR U. (1995).** The fate of potentially pathogenic bacteria in Swiss hard and semihard cheeses made from raw milk. *Journal Dairy Science*, 78, 476–483.
- **BAE H.C., NAM J.N., RENCHINKHAND G., CHOI S.H. et NAM M.S. (2020).** Physicochemical changes during 4 weeks ripening of Camembert cheeses salted with four types of salts. *Applied Biological Chemistry*. 63-66.
- **BALTHAZAR C.F., PIMENTEL T.C., FERRAO L.L., ALMADA C.N., SANTILLO A., ALBENZIO M., MOLLAKHALILI N., MORTAZAVAIN A.M., NASCIMENTO., SILVA M.C., FREITAS M.Q., SANT’ANA A.S., GRANATO D. et CRUZ A.G. (2017).** Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol.16.
- **BANSAL N., DRAKE M.A., PIRAINO P., BROE M.L., HARBOE M., FOX P.F. et MC-SWEENEY P.L.H. (2009).** Suitability of recombinant camel (*Camelus dromedarius*) chymosin as a coagulant for Cheddar cheese. *International Dairy Journal*. 19, 510–517.
- **BARANCELLI G.V., CAMARGO T.M., GAGLIARDI N.G., PORTO E., SOUZA R.A., CAMPIONI F. et al. (2014).** Pulsed-field gel electrophoresis characterization of *Listeria monocytogenes* isolates from cheese manufacturing plants in São Paulo, Brazil. *International Journal of Food Microbiology*, 173, 21–29.
- **BARRACOSA P., SIMOES I., MARTINS A.P., BARROS M. et PIRES E. (2021).** Biochemical diversity of cardoon flowers (*Cynara cardunculus* L.): Predicting PDO Mediterranean cheese textures. *Food Bioscience*, 39-100805.
- **BEKELE B., HANSEN E.B., ESHETU M., IPSEN R. et HAILU Y. (2019).** Effect of starter cultures on properties of soft white cheese made from camel (*Camelus dromedarius*) milk. *Journal Dairy Science*, 102, 1108–1115.
- **BELKHEIR K., ZADI-KARAM H., KARAM N.E., CARBALLO J. et CENTENO J.A. (2020).** Effects of selected mesophilic *Lactobacillus* strains obtained from camel milk on the volatile and sensory profiles of a model short-ripened pressed cows’ milk cheese. *International Dairy Journal*, 109, 104738.
- **BEN-AISSA M. (1989).** Le dromadaire en Algérie. *Options Méditerranéennes – Série Séminaires* (02), 19-28.
- **BENHADID D. (2010).** Evaluation de la production de viande cameline et estimation des poids dans la commune de Ghardaïa. p 16-18.

## Références bibliographiques

---

- **BENHEDDI W. et HELLAL A. (2019).** Technological characterization and sensory evaluation of a traditional Algerian fresh cheese clotted with *Cyanura cardunculus* L. flowers and lactic acid bacteria. *Journal of Food Science Technology*, 56, 3431-3438.
- **BENKERROUM N., DEHHAOUI M., EL FAYQ M. et TLAIHA R. (2011).** The effect of concentration of chymosin on the yield and sensory properties of camel cheese and on its microbiological quality. *International Journal Dairy Technology*, 64(2), 232-239.
- **BENKERROUM N., DEHHAOUI M. et TLAIHA R. (2021).** Chymosin Addition for Yogurt Making from Camel Milk. *Agric Res.*
- **BENKERROUM N., MEKKAOUI M., BENNANI N. et KAMAL H. (2004).** Antimicrobial activity of camel's milk against pathogenic strains of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogene*. *International Journal of Dairy Technology*, Vol. 57 No. 1, pp. 39-43.
- **BEN-SMAOUNE Y., SENOUSSESI A. et FAYE B. (2019).** Typologie structurale des élevages camélins au Sahara septentrional Algérien - cas de la willaya de Ghardaïa. *Livestock Research for Rural Development*, Guide for preparation of papers. LRRD Newsletter.
- **BERHE T., SEIFU E. et KURTU M.Y. (2013).** Physicochemical properties of butter made from camel milk. *International Dairy Journal*, 31(2), 51-54.
- **BERHE T., SEIFU E., IPSEN R., KURTU M.Y. et HANSEN E.B. (2017).** Processing challenges and opportunities of camel dairy products. *International Journal Food Science* 2017, 9061757.
- **BERHE T., IPSEN R., SEIFU E., KURTU M.Y., ESHETU M. et HANSEN E.B. (2018).** Comparison of the acidification activities of commercial starter cultures in camel and bovine milk. *LWT - Food Science and Technology*, 89, 123-127.
- **BEUX S., MARTINO C., FERREIRA Z.A.A., ALESSANDRO N. et NINA W. (2018).** Seasonal effect on milk composition, somatic cell content and milk coagulation properties of Italian Holstein-Friesian cows, *Emirates Journal Food Agric*, 998-1005.
- **BONNEFOY C., GUILLET F., LEYRAL G. et VERNE E. (2002).** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. *Doin, paris*, 238p.
- **BORNAZ S., SAHLI A., ATTALAH A. et ATTIA H. (2009).** Physicochemical characteristics and renneting properties of camels' milk: A comparison with goats', ewes' and cows' milks. *International Journal of Dairy Technology*, 62, 505e513.
- **BORSTING M.W., QVIST K.B., RASMUSSEN M., VINDELØV J., VOGENSEN F.K. et ARDO Y. (2012).** Impact of selected coagulants and starters on primary proteolysis and amino acid release related to bitterness and structure of reduced-fat Cheddar cheese. *Dairy Science and Technology*, 92, 593-612.
- **BORSTING M.W., STALLKNECHT M.K., VOGENSEN F.K. et ARDO Y. (2015).** Influence of proteolytic *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* on ripening of reduced-fat Cheddar cheese made with camel chymosin. *International Dairy Journal* 41, 38-45.

## Références bibliographiques

---

- **BOUDJENAH-HAROUN S., LALEYE C.L., MOULTI-MATI F., SI AHMED S., MAHBOUB N., SIBOUKEUR O. et MATI A. (2011).** Comparative study of milk clotting activity of crude gastric enzymes extrated from camels abomasum at different ages and commercial enzymes (rennet and pepsin) on bovine and camel milk. *Emirate Journal Food Agriculture*, 23 (4), 301-310.
- **BOUDJENAH-HAROUN S., LALEYE L., CHAHRA C.S., MOULTI-MATI F., SI AHMED S. et MATI A. (2012).** Coagulation of camel milk using dromedary gastric enzymes as a substitute of the commercial rennet. *American Journal Food technology*. 7(7), 409-419.
- **BRITO J.R., SANTOS E.M., ARCURI E.F., LANGE S.S., BRITO M., SOUZA G. et al. (2008).** Retail survey of Brazilian milk and Minas frescal cheese and a contaminated dairy plant to establish prevalence, relatedness, and sources of *Listeria monocytogenes* isolates. *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 4954–4961.
- **BRULE G., LENOIR J. et RENEUF F. (1997).** La micelle de caséine et la coagulation du lait. In *le Fromage. Techniques & Documentations*, Lavoisier: Paris; 7-41.
- **BUHBERGER J. (2000).** Umweltfaktoren und rohmilk, *Lebensmittelindustrie un Milchwirtschaft*. vol. 121, pp. 1054–1059.
- **CAMPAGNOLLO F.B., GONZALES-BARRONB U., PILAO CADAVEZB V.A., SANT'ANA A.S. et SCHAFFNER D.W. (2018).** Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in traditional Minas cheeses: The cases of artisanal semi-hard and fresh soft cheeses. *Food Control*, 92, 370–379.
- **CARDINALI F., OSIMANI A., TACCARI M., MILANOVIC V., GAROFALOA C., CLEMENTIA F., POLVERIGIANI S., ZITTI S., RAFFAELLI N., MOZZON M., FOLIGNI R., FRANCIOSI E., TUOHY K. et AQUILANTI L. (2017).** Impact of thistle rennet from *Carlina acanthifolia All. subsp. acanthifolia* on bacterial diversity and dynamics of a specialty Italian raw ewes' milk cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 255, 7–16.
- **CARDINALI F., FERROCINO I., MILANOVIC V., BELLEGGIA L., CORVAGLIA M.R., GAROFALO C., FOLIGNI R., MANNOZZI C., MOZZON M., COLIN L., OSIMANI A. et AQUILANTI L. (2021).** Microbial communities and volatile profile of Queijo de Azeitão PDO cheese, a traditional Mediterranean thistle-curdled cheese from Portugal. *Food Research International*, 147-110537.
- **CARMINATI D., GIRAFFA G., QUIBERONI A., BINETTI A., SUAREZ V. et REINHEIMER J. (2010).** Advances and trends in starter cultures for dairy fermentations. In: *Biotechnology of lactic acid bacteria: Novel Applications* (Mozzi F., Raya R.R. et Vignolo G.M.), 177-192.

## Références bibliographiques

---

- **CARON T., LE-PIVER M., PERON A.C., LIEBEN P., LAVIGNE R., BRUNEL S., ROUEYRE D., PLACE M., BONNARME P., GIRAUD T., BRANCA A., LANDAUD S. et CHASSARD C. (2021).** Strong effect of *Penicillium roqueforti* populations on volatile and metabolic compounds responsible for aromas, flavor and texture in blue cheeses. *International Journal of Food Microbiology* xxx (xxxx) xxx.
- **CHAMBA F.J. (2008).** Application des bactéries lactiques lors des fabrications fromagères. In: *Bactéries lactiques de la génétique aux ferments* (Corrieu G. et Luquet F.M.). Techniques & Documentations, Lavoisier. Paris. 787-813.
- **CHOISY C., DESMAZEAUD M., GRIPON J.C., LAMBERET G., LENOIR J. et TOURNEUR C. (1987).** In « Le fromage », 2<sup>e</sup> ed.; Eck, A., Ed.; Techniques Et Documents, Lavoisier: Paris, 627100.
- **CHOISY C., DESMAZEAUD M., GRIPON J.C., G. LAMBERET G. et LENOIR J. (2000).** The biochemistry of ripening. Pages 82–151 in « Cheesemaking », from Science to Quality Assurance. A. Eck and J. C. Gillis, ed. Lavoisier Publishing, Paris, France.
- **CHOLET O. (2006).** Étude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire. Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, France.
- **Codex Alimentarius (CODEX STAN A-6-1978, révisé 1-1999, amendé 2001).**
- **Codex pour le Camembert (CODEX STAN 276-1973).**
- **Codex pour le fromage (CODEX STAN 283- 1978).**
- **COLOMBO M.L., FERNANDEZ A., CIMINO C.V., LIGGIERI C., BRUNO M., FARO C., VERISSIMO P.C. et VAIRO-CAVALLIA S. (2018).** Miniature cheeses made with blends of chymosin and vegetable rennet from flowers of *Silybum marianum*: Enzymatic characterization of the flower-coagulant peptidase. *Food Chemistry*, 266, 223–231.
- **CORRERA A. (2006).** Thèse de doctorat en écologie et gestion de la biodiversité. Muséum national d'histoire naturelle Paris.
- **DALMASSO M. et JORDAN K. (2012).** Process environment sampling can help to reduce the occurrence of *Listeria monocytogenes* in food processing facilities. *Iranian Journal of Agriculture Food and Research*, 52, 93–100.
- **DAVATI N., YAZDI F.T., ZIBAE S., SHAHIDI F. et EDALATIAN M.R. (2015).** Study of lactic acid bacteria community from raw milk of Iranian one humped camel and evaluation of their probiotic properties. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 8, 1-6.
- **DAVIDSON P., M, ROTH L.A. et GAMBREL-LENARZ S.A. (2004).** Coliform and other indicator bacteria. Pages 187–226 in *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*. 17th ed. H. M. Wehr and J. F. Frank, ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- **DELABY L. et PEYRAUD J.L. (1994).** Influence de la nature du concentré énergétique sur les performances des vaches laitières au pâturage. *Rencontre Recherche Ruminants*, 1, 113 - 116.

## Références bibliographiques

---

- **DESHWAL G.K., TIWARI S. et KADYAN S. (2021).** Applications of emerging processing technologies for quality and safety enhancement of non-bovine milk and milk products. *LWT-Food Science and Technology*, 149, Article 111845.
- **DUGAT-BONY E., BONNARME P., FRAUD S., CATELLOTE J., SARTHOU A.S., LOUX V., RUE O., BEL N., CHUZEVILLE S. et HELINCK S. (2019).** Effect of sodium chloride reduction or partial substitution with potassium chloride on the microbiological, biochemical and sensory characteristics of semi-hard and soft cheeses. *Food Research International*, 125, 108643.
- **EDBERG S.C., RICE E.W., KARLIN R.J. et ALLEN M.J. (2000).** *Escherichia coli*: The best biological drinking water indicator for public health protection. Symposium Series. Society of Applied Microbiology, (29), 106S– 116S.
- **EERDUNCHAOLU K., TAKEHANA A., KOBAYASI K., IWAS A. et ABE M. (1999).** Morphological Characterization of Gland Cells of the Glandular Sac Area in the Complex Stomach of the Bactrian camel (*Camelus bactrianus*). *Anatomia Histologia Embryologia*, 28, 183 – 191.
- **EL-AGAMY E.I. (2000).** Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cows' and buffalo milk proteins. *Food Chemistry*, Vol. 68 No. 2, pp. 227-232.
- **EL-AGAMY E.I., NAWAR M., SHAMSIA S.M., AWAD S. et HAENLEIN G.F.W. (2009).** Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children? *Small Rumin Res*, 82, 1–6.
- **EL-HATMI H., JRAD Z., OUSSAIEF O., NASRI W., SBISSI I., KHORCHANI T. et CANABADY-ROCHELLE L.L.S. (2018).** Fermentation of dromedary camel (*Camelus dromedarius*) milk by *Enterococcus faecium*, *Streptococcus macedonicus* as a potential alternative of fermented cow milk. *LWT - Food Science and Technology*, 90, 373–380.
- **EI-HATMI H., KHORCHANI T., HAMADI M., ABDENEBI M. et ATTIA H. (2003).** Production et composition du lait de chamelle élevée dans le sud tunisien, Les filières laits en méditerranée: enjeux pour un futur durable. *EAAP*, 99, 62-68.
- **ELHOSSSENY M., GWIDA M., ELSHERBINI M., ABU-SAMRA R. et AL-ASHMAWY M. (2018).** Evaluation of physicochemical properties and microbiological quality of camel milk from Egypt. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*.
- **EL-KHASMI M. et FAYE B. (2019).** Blood, milk and meat vitamin D in the dromedary camel. *Iranian Journal Applied Animal Science*, 9, 585–595.
- **EL-MINIAWY H.M.F., AHMAD K.A., TONY M.A., MANSOUR S.A. et KHATTAB M.M.S. (2014).** Camel milk inhibits murine hepatic carcinogenesis initiated by diethylnitrosamine and promoted by phenobarbitone. *Indian Journal of Veterinary and Science Medicine*, 2, 137–141.

## Références bibliographiques

---

- **ENG S.K., PUSPARAJAH P., AB MUTALIB N.S., SER H L., CHAN K.G. et LEE L.H. (2015).** *Salmonella*: A review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. *Frontiers in Life Science*, 8,284–293.
- **EREIFEJ K I., ALU'DATT M.H., ALKHALIDY H.A., ALLI A. et RABABAH T. (2011).** Comparison and characterisation of fat and protein composition for camel milk from eight Jordanian locations. *Food Chemistry*, 127, 282-289.
- **ESHRA E.A. et BADAWY A.M. (2014).** Peculiarities of the camel and sheep narial musculature in relation to the clinical value and the mechanism of narial closure. *Indian Journal of Veterinary Anatomy*, 26, 10–13.
- **FACCIA M., GAMBACORTA G., NATRELLA G. et D'ALESSANDRO A.G. (2018).** Technological attempts at producing cheese from donkey milk. *Journal Dairy Research*, 85, 327–330.
- **FAILLE C., CUNAUT C., DUBOIS T. et BENEZECH T. (2017).** Hygienic design of food processing lines to mitigate the risk of bacterial food contamination with respect to environmental concerns. *Technology: Innovation Food Science Emergency*.
- **FAO. (1982).** FAO Animal Production and Health Papers. Camels and Camel Milk. Food Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- **FAO. (2011).** Food and Agriculture Organization.
- **FAOSTAT. (2015).** Animal Production Yearbook, Food & Agricultural Organization, Rome, Italy. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E> (Accessed 31 July 2015).
- **FAO. (2017).** Food and agriculture organization of the United Nations.
- **FAOSTAT. (2020).** <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA>. Accessed 12 Apr 2020
- **FARAZ A., WAHEED A., MIRZA R.H. et ISHAQ H.M. (2019).** Socio economic status and associated constraints of camel production in desert Thal Punjab, Pakistan. *Journal of Fisheries and Livestock Production*, 7(1), 288.
- **FARAZ A. (2020a).** Portrayal of Camelid production in desert ecosystem of Pakistan. *Journal of Zoological Research*, 2(3), 15–20.
- **FARAZ A. (2020b).** Food security and socio-economic uplift of camel herders in Southern Punjab, Pakistan. *Land Science*, 2(2), 8–11.
- **FAYE B., ALSHARARY F.Z. et AL-RWAILY S.H. (2012).** Gestion et évaluation du statut énergétique du dromadaire. *Review. Bioressources*, 2(2), 1-16.
- **FAYE B. (2014).** The camel today: asserts and potentiels. *Anthropozoologica*, 49(2), 167-176.
- **FAYE B., BENGOU MI., ALI-AL-MASAUD A. et KONUSPAYEVA G. (2015).** Comparative milk and serum cholesterol content in dairy cow and camel. *J King Saud University Science*, 27, 168–175.
- **FAYE B. (2019).** The merchandising of camel milk and the "periurbanization" of camelstock: which model of dairy development? CIRAD-ES, UMR SELMET (France).
- **FAYE B. (2020).** How many large camelids in the world? A synthetic analysis of the world camel demographic changes. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*.

## *Références bibliographiques*

---

- **FELFOUL I., BURGAIN J., PERROUD C., GAIANI C., SCHER P., ATTIA H. et al. (2020).** Impact of spray-drying conditions on physicochemical properties and rehydration ability of skim dromedary and cows' milk powder. *Drying Technology*.
- **FERESU S. et NYATI H. (1990).** Fate of pathogenic and non-pathogenic *Escherichia coli* strains in two fermented milk products. *Journal Applied Bacteriology*, 69, 814–821..
- **FLOREZ A.B., HERNANDEZ-BARRANCO A.M., MARCOS I. et MAYO B. (2006).** Biochemical and microbiological characterization of artisan kid rennet extracts used for Cabrales cheese manufacture. *LWT*, 39, 605–612.
- **FLORIAN R. (2012).** Le lait et sa coagulation. Thèse de doctorat.
- **FOLLAIN C. (2015).** Les laits infantiles : analyse comparative et rôle du pharmacien. Thèse de doctorat en médecine et pharmacie, Université de Rouen UFR.
- **FOX P. (2021).** Enzymology of Milk and Dairy Products: Overview; in « Agents of Change Enzymes in Milk and Dairy Products ». Eds. Food Engineering Series, School of Food and Nutritional Sciences, University College Cork, Cork, Ireland.
- **FOX P.F., GUINEE T.P., COGAN T.M. et MC-SWEENEY P.L.H. (2000).** Fundamentals of cheese science. Gaithersberg, MD, USA: Aspen Publishers.
- **FOX P.F., MC-SWEENEY P.L.H., COGAN T.M. et GUINEE T.P. (2004).** Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. General Aspects (Vo. 1) London, UK: Academic Press.
- **FOX P.F., GUINEE T.P., COGAN T.M. et MC-SWEENEY P.L.H. (2016).** Fundamentals of cheese science. New York: Springer.
- **FREDOT. (2006).** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Techniques et Documentations, Lavoisier, p. (397 pages).
- **FREITAS D.T.C., SILVA Z.R.M., OLIVEIRA J.P.B., SILVA A.F.B., RAMOS M.V. et DE SOUSA J.S. (2019).** Study of milk coagulation induced by chymosin using atomic force microscopy. *Food Bioscience*, 29, 81–85.
- **FSANZ (2009).** Microbiological risk assessment of raw milk cheese. Food Standards Australia New Zeland.
- **FUGL A., BERHE T., KIRAN A., HUSSAIN S., LAURSEN M.F., BAHL M.I., HAILU Y., SORENSEN K.I., GUYA M.E., IPSEN R. et HANSEN E.B. (2017).** Characterisation of lactic acid bacteria in spontaneously fermented camel milk and selection of strains for fermentation of camel milk. *International Dairy Journal*, 73, 19-24.
- **GARCIA-GOMEZ B., VAZQUEZ-ORDERIZ M.L., MUNOZ-FERREIRO N., ROMERO-RODRIGUEZ M.A. et VAZQUEZ M. (2019).** Interaction between rennet source and transglutaminase in white fresh cheese production: Effect on physicochemical and textural properties. *LWT - Food Science and Technology* 113, 108279.

## Références bibliographiques

---

- **GILL A. et OUDIT D. (2015).** Enumeration of *Escherichia coli* O157 in outbreak-associated Gouda cheese made with raw milk. *Journal Food Properties*, 78, 1733–1737.
- **GOULD L.H., MUNGAI E. et BEHRAVESH C.B. (2014).** Outbreaks attributed to cheese: Differences between outbreaks caused by unpasteurized and pasteurized dairy products, United States, 1998-2011. *Food borne Pathogens and Disease*, 11, 545–551.
- **GREEN M.L., VALLER M.J. et Kay J. (1984).** Assesment of the suitability for cheddar cheesemaking of purified and commercial chicken pepsin preparations. *Journal of dairy research*, 51, 331-340.
- **GUIRAUD T.P. (1998).** *Microbiologie alimentaire*. Ed Dunod, Paris, 250p.
- **GUINEE T.P. (2004).** Salting and the role of salt in cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 57, 99-109.
- **GUINEE T.P. et SUTHERLAND B.J. (2020).** CHEESE: Salting of Cheese. Reference Module in Food Science.
- **GUIZANI N., KASAPIS S., AL-ATTABI H.Z. et AL-RUZEIKI M.H. (2002).** Microbiological, physicochemical, and biochemical changes during ripening of camembert cheese made of pasteurized cow's milk. *International Journal of Food Properties*, Vol. 5, No. 3, pp. 483–494.
- **GUL W., FAROOQ N., ANEES D., KHAN U. et REHAN F. (2015).** Camel Milk: A Boon to Mankind. *International Journal of Research Studies in Biosciences (IJRSB)* 3.11, 23-29.
- **HACHANA Y., ALOUI O. et FORTINA R. (2021).** Use of caprifig tree extract as a substitute for calf rennet in goat's fresh cheese production. *Small Ruminant Research*, 199, 106382.
- **HAILU Y., HANSEN E.B., SEIFU E., ESHETU M., IPSEN R. et KAPPELER S. (2016).** Functional and technological properties of camel milk proteins: A review. *Journal of Dairy Research*, 83, 422–429.
- **HAILU Y., HANSEN E.B., SEIFU E., ESHETU M., PETERSEN M.A., LAMETSCH R., RATTRAY F. et IPSEN R. (2018).** Rheological and sensory properties and aroma compounds formed during ripening of soft-brined cheese made from camel milk. *International Dairy Journal*, 81, 122-130.
- **HAILU Y., SEIFU E. et YILMA Z. (2014).** Physicochemical properties and consumer acceptability of soft unripened cheese made from camel milk using crude extract of ginger (*Zingiber officinale*) as coagulant. *African Journal of Food Science*, 8, 87-91.
- **HAMBRAEUS L. (1982).** Nutritional aspects of milk proteins. *Journal of Food and Nutrition*, 39, 1-13.
- **HANSEN A. et SCHMID-NIELSEN K. (1957).** On the stomach of the camel with special reference to structure of its mucous membrane. *Acta Anatomica*, 31 (3), 353- 375.

## Références bibliographiques

---

- **HAREK D., IKHLEF H., BOUHADAD R., SAHEL H., CHERIFI Y., DJELLOUT N., KHELIFA-CHELIHI S. et al. (2017).** Genetic diversity status of Camel's resources (*Camelus dromedarius* Linnaeus, 1758) in Algeria. Genetic Biodiversity Journal, 1 (1), 43-65.
- **HARRIS B. et BACHMAN K.C. (2003).** Nutritional and Management Factors Affecting Solids-Not-Fat, Acidity and Freezing Point of Milk. Archival copy: for current recommendations see <http://edis.ifas.ufl.edu> or your local extension office.
- **HASSOUNA M., NAFTI A. et GHRIR R. (1996).** L'affinage d'un Fromage à Pâte Molle et à Croûte Fleurie de Type Camembert au Lait Cru de Brebis: Aspects Microbiologiques et Physico-chimiques. Sciences des Aliments, 16, 1877203.
- **HEIMAN K.E., GARALDE V.B., GRONOSTAJ M. et JACKSON K.A. (2016).** Multistate outbreak of listeriosis caused by imported cheese and evidence of cross-contamination of other cheeses. Epidemiology and Infection, 144, 2698–2708.
- **HELIAS A., MIRADE P.S. et CORRIEU G. (2007).** Modeling of Camembert-Type Cheese Mass Loss in a Ripening Chamber: Main Biological and Physical Phenomena. Journal of Dairy Science, Vol. 90 No. 11.
- **HO A.J., LAPPI V.R. et WIEDMANN M. (2007).** Longitudinal monitoring of *Listeria monocytogenes* contamination patterns in a farm-stead dairy processing facility. J. Dairy Sci, 90,2517–2524.
- **HORNE D.S. (2006).** Casein micelle structure: Models and muddles. Current Opinion in colloid & interface science, 11,148-153.
- **HUSSAIN A., AUJLA K.M. et HASSAN S. (2013).** Production and Marketing of Camel Products in Semidesert and Desert Areas of Pakistan, Pakistan Journal of Agricultural Research, 26(2), 130–142.
- **IBRAHIM A.H., KHALIFA S.A. et EL-SHAFAEI S.M.S. (2018).** Effect of recombinant camel chymosin on the physicochemical, rheological and sensory characteristics of soft cheese (Domiaty type) made from camel's milk. Egyptian Journal Dairy Science, 46, (Supplement) pp S93-S104.
- **JACOB M., JAROS D. et ROHM H. (2011).** Recent advances in milk clotting enzymes. International Journal Dairy of Technology, 64, 14–33.
- **JASTER H., JUDACEWSKI P., ROBEORO J.C.B., ZOELONSKI A.A.F., DEMOATE O.M., LOS P.R., ALBERTI A. et NDGUEORA A. (2019).** Quality assessment of the manufacture of new ripened soft cheese by *Geotrichum candidum*: physicochemical and technological properties. Food Science Technology, Campinas, 39(1), 50-58.
- **JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULÉ G. (2008).** Les produits laitiers. Paris: Lavoisier.
- **JERONIMO E. et MALCATA F.X (2013).** Handbook of cheese in health: Production, nutrition and medical Wageningen Academic publisher. PP; 39-50. The Netherland. Sciences.

## Références bibliographiques

---

- **JONKUS D., KAIRISA D., PAURA L. et KAUKIS J. (2008).** Analysis of influencing factors for cow's milk freezing point; in Proceedings of the International Scientific Conference Implication of Different Production Technologies on animal Health and Food Products Quality Indices, Latvia, Sigulda, pp. 128–135.
- **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE n° 35. (1998).**
- **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE n° 39. (2017).**
- **KADRI Z., SPITAEELS F., CNOCKAERT M., AMAR M., JOOSSENS M. et VANDAMME P. (2021).** The bacterial diversity of raw Moroccan camel milk. *International Journal of Food Microbiology*, 341-109050.
- **KAMAL M., FOUKANI M. et KAROUI R. (2017).** Rheological and physical properties of camel and cow milk gels enriched with phosphate and calcium during acid-induced gelation. *Journal Food Science Technology*, 54(2), 439–446.
- **KAMOUN M. (1994).** Evolution de la composition du lait de dromadaire durant la lactation: conséquences technologiques ; in : Actes du Colloque « Dromadaires et chameaux animaux laitiers », 24-26-octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie.
- **KANDLER O. (1983).** Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria .*Antonie van Leeuwenhek*, 49, 209-224.
- **KAPPELER S.R., FARAH Z. et PUHAN Z. (1998).** Sequence analysis of *Camelus dromedarius* milk caseins. *Journal Dairy Research*, 65, 206-222.
- **KAPPELER S.R., FARAH Z. et PUHAN Z (2003).** 5'-Flanking regions of camel milk genes are highly similar to homologue regions of other species and can be divided into two distinct groups. *Journal Dairy Science*, 86, 498–50.
- **KAPPELER S.R., HEUBERGER C., FARAH Z. et PUHAN Z. (2004).** Expression of the peptidoglycan recognition protein, PGRP, in the lactating mammary gland. *Journal Dairy Science*, 87, 2660–2668.
- **KAPPELER S.R., VAN-DEN-BRINK H.M., RAHBEK-NIELSEN H., FARAH Z., PUHAN Z., HANSEN E.B. et JOHANSEN E. (2006).** Characterization of recombinant camel chymosin reveals superior properties for the coagulation of bovine and camel milk. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 342, 647–654.
- **KHALESI M., SALAMI M., MOSLEHISHAD M., WINTERBURN J. et MOOSAVI-MOVAHEDI A.A. (2017).** Biomolecular content of camel milk: A traditional superfood towards future healthcare industry. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 49- 58.
- **KHAN H., ATHAR I.H. et ASLAM M. (2004).** Evaluation of Cheese Prepared by Processing Camel Milk. *Pakistan Journal Zoology.*, vol. 36(4), pp. 323-326.
- **KHASKHELI M., ARAIN M.A., CHAUDHRY S., SOOMRO A.H. et QURESHI T.A. (2005).** Physicochemical quality of camel milk. *Journal Agriculture Social Sciences*, 2, 164–166.

## Références bibliographiques

---

- **KHEROUATOU N. (2000).** La micelle du lait camelin : Caractérisation physicochimique, rhéologique, biochimique et techno fonctionnelle. Thèse de Doctorat, Ecole National des Ingénieurs de Sfax, Tunisie., 201p.
- **KOCH J., DWORAK R., PRAGER R., BECKER B., BROCKMANN S., WICKE A. et al. (2010).** Large listeriosis outbreak linked to cheese made from pasteurized milk, Germany, 2006- 2007. *Food borne Pathogens and Disease*, 7, 1581–1584.
- **KONUSPAYEVA G., FAYE B. et LOISEAU G. (2009).** The composition of camel milk: a meta-analysis of the literature data. *Journal Food Compos Anal*, 22, 95–101.
- **KONUSPAYEVA G. et FAYE B. (2011).** Identité, vertus thérapeutiques et allégations santé : les produits laitiers fermentés d'Asie Centrale. *Les Cahiers de l'Ocha n°15. Cultures des laits du Monde*, pp. 35-145.
- **KONUSPAYEVA G., CAMIER B., GAUCHERON F. et FAYE B. (2014).** Some parameters to process camel milk into cheese. *Emirate Journal Food Agriculture*, 26 (4), 354-358.
- **KONUSPAYEVA G., CAMIER B., ALEILAWI N., AL-SHUMEIMYRI M., AL-HAMMAD K., ALGRUIN K., ALSHAMMARI F., BEAUCHER E. et FAYE B. (2017).** Manufacture of dry-and brine-salted soft camel cheeses for the camel dairy industry. *International Journal Dairy Technological*, 70, 92-101.
- **KOUSTA M., MATARAGAS M., SKANDAMIS P. et DROSINOS EH. (2010).** Prevalence and sources of cheese contamination with pathogens at farm and processing levels. *Food Control*, 21, 805–815.
- **KUMAR D., VERMA A.K., CHATLI M.K., SINGH R., KUMAR P., MEHTA N. et MALAV O.P. (2015).** Camel milk: alternative milk for human consumption and its health benefits. *Nutrition & Food Science*, Vol. 46 No. 2, pp. 217-227.
- **LAFIDUPONT A. (2011).** Les différents laits et leur complexité. Les protéines du lait de vache : aspect nutritionnel et allergie alimentaire. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université de Limoges.
- **LALEYE L.C., JOBE B. et WASESA A.A.H. (2008).** Comparative study on heat stability and functionality of camel and bovine whey proteins. *Journal of Dairy Science*, Vol. 91 No. 12, pp. 4527-4534.
- **LECHNER-DOLL M., VON-ENGELHARDT W., ABBAS A.M., MOUSA H.M., LUCIANO L. et PEALE E. (1995).** Particularities. In *Forestomach Anatomy, Physiology And Biochemistry Of Camelids Compared To Ruminantia*; in: *Elevage et alimentation du dromadaire. Camel production and nutrition, Options Méditerranéennes. Série B: Tisserand JL (Ed.). n°13, CIHEAM*, 19-32.
- **LECLERCQ-PERLAT M.N., OUMER A., BUONO F., SPINLER H.E. et CORRIEU G. (2000).** Behavior of *Brevibacterium linens* and *Debaryomyces hansenii* as ripening Flora in controlled Production of smear soft cheese from Reconstituted Milk: Protein degradation. *Journal of Dairy Science*, 83, 1674-1683.

## Références bibliographiques

---

- **LECLERCQ-PERLAT M.N., BUONO F., LAMBERT D., SPINLER H.E. et CORRIEU G. (2004).** Controlled Production of Camembert-Type Cheeses: Part I. Microbiological and physicochemical evolutions. *Journal of Dairy Research*, 71(3), 346-354.
- **LENOIR J. (1963).** La Flore Microbienne du Camembert et Son Evolution au Cours de la Maturation (1). *Lait*, 43, 2627270.
- **LENOIR J., LAMBERT G. et SCHMIODT J.L. (1983).** L'élaboration d'un fromage l'exemple du Camembert. *Pour la Science*, 69, 30-42.
- **LENOIR J., REMEUF. et SCHNEID N. (1985a).** Le lait de fromagerie. In : « le fromage » éd. Eck A. Et Gillis J.C. Le fromage de la science à l'assurance- qualité. Techniques Et Documentations, 3eme éd. Lavoisier, Paris.
- **LENOIR J., LAMBERT G., SCHMIDT J.L. et TOURNEUR C. (1985b).** La maîtrise du bioréacteur fromage. *Biofutur*, 41, 23-50.
- **LEROY F. et DE-VUYST L. (2004).** Lacticacidbacteria as functional starter cultures for the food fermentation in Leveau J.Y. et Bouix M., 1993. *Microbiologie industrielle : les microorganismes d'intérêt industriel*. Technique & Documentation, Lavoisier. Paris. 85-87. *dustry. Tre. Food Science and Technology*, 15, 67-78.
- **LINAGE B., RODRIGUEZ-CALLEJA J.M., OTERO A., GARCIA-LOPEZ M.L. et SANTOS A. (2012).** Characterization of coagulase-positive staphylococci isolated from tank and silo ewe milk. *American Dairy Science Association*.
- **LLAMAS-ARRIBA M.G., PEIROTEN Á., ISBEL A., PRIETO A., LOPEZ P., PARDO M.Á. et al. (2019).** Heteropolysaccharide-producing bifidobacteria for the development of functional dairy products. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie. Food Science and Technology*, 102, 295–303.
- **LUO C., WALK S.T., GORDON D.M., FELDARDEN M., TIEDJE J.M. et KONSTANTINIDIS K.T. (2011).** Genome sequencing of environmental *Escherichia coli* expands understanding of the ecology and speciation of the model bacterial species. *Proceedings of the National Academy of Science, USA*, 108, 7200–7205.
- **MAC-GIBBON A.K.H. et TAYLOR M.W. (2006).** Composition and structure of bovine milk lipids. In: Fox P.F, Mc-Sweeney P.L.H, editors. *Advanced Dairy Chemistry*. Vol. 2, 3rd ed. N.Y., U.S.A.: Springer, p1–42.
- **MADR. (2015).** (DSASI): Statistiques agricoles, superficies et production, Séries A et B: 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014. 2015.
- **MAHAUT M., JEANTET R., BRULE G. et SCHUCK P. (2000).** Les produits industriels laitiers. *Technique et Documentation*, Paris, France, p 41.
- **MAHAUT M., JEANTET R. et BRULE G. (2003).** Initiation à la technologie fromagère. *Technique et Documentation*, Lavoisier, France.
- **MAHAUT M., JEANTER R. et BRULE G. (2005).** Initiation a la technologie fromagère. *Technique et Documentation*, Paris, France, 1-21.

## *Références bibliographiques*

---

- **MAJDI A. (2009).** Les fromages AOP et IGP, in Séminaire sur les fromages AOP et IGP. INT-Ingénieur agronomie, 88p.
- **MAL G. et PATHAK K.M.L. (2010).** Camel milk and milk products. SMVS Dairy year book, Published by Ser- vaManavVikasSamiti, 3/82, Sector-5, Rajendra Nagar, Ghazi-abad, Uttar Pradesh, India—01005, pp 97–103.
- **MANE A. et MC-SWEENEY P.L.H. (2019).** Proteolysis in Irish farmhouse Camembert cheese during ripening. *Journal Food Biochemistry*, 44-13101.
- **MANOLOPOULOU E., SARANTINOPOULOS P., ZOIDOU E., AKTYPIS A., MOSCHOPOULOU E., KANDARAKIS I.G. et ANIFANTAKIS E.M. (2003).** Evolution of microbial populations during traditional Feta cheese manu- facture and ripening. *International Journal Food Microbiology*, 82, 153–161.
- **MANSOUR L. (2015).** Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait. Thèse de doctorat en science, université de Ferhat Abbas Sétif, 190p.
- **MANUELIAN C.L., BOSELLI C., VIGOLO V., GIANGOLINI G. et DE-MARCHI M. (2020).** Effects of animal versus vegetal rennet on milk coagulation traits; in Mediterranean buffalo bulk milk. *Journal of Dairy Science*, 103, 4958–4964. Vol. 103 No. 6.
- **MAQSOOD S., AL-DOWAILA A., MUDJIL P., KAMAL H., JOBE B. et HASSAN H.M. (2019).** Comparative characterization of protein and lipid fractions from camel and cow milk, their functionality, antioxidant and antihypertensive properties upon simulated gastro-intestinal digestion. Department of Food Science, College of Food and Agriculture, United Arab Emirates University, P.O. Box 15551, Al Ain, United Arab Emirates.
- **MATI A., SENOUSI-GHEZALI C., SI AHMED-ZENNNIA S., ALMI-SEBANE D., EL-HATMI H. et GIRARDET J.M. (2017).** Dromedary camel milk proteins, a source of peptides having biological activities – A review. *International of Dairy Journal*, 73, 25–37.
- **MATTES R.D. et DONNELLY D. (1991).** Relative contributions of dietary sodium sources. *Journal of the American College of Nutrition*, 10, 383-393.
- **MAYRA-MAKINEN A. et BIGRET M. (2004).** Industrial use and production of lacticacidbacteria; in : lacticacidbacteria: microbiology and functional aspects (salminen s., wrighta.v. Et ouwehand a.). 3e ed., marcel dekker, inc. New York, 73-102.
- **MAYTA-HANCCOA J., TRUJILLO A.J., ZAMORA A. et JUAN B. (2019).** Effect of ultra-high pressure homogenisation of cream on the physicochemical and sensorial characteristics of fat-reduced starter-free fresh cheeses. *LWT - Food Science and Technology*, 110, 292–298.
- **MBYE M., SOBTI B., AL-NUAMI M.K., AL SHAMSI Y., AL KHATERI L., AL-SAEDI R., SAEED M., RAMACHANDRAN T., HAMED F. et KAMAL-ELDIN A. (2020).** Physicochemical properties, sensory quality, and coagulation behavior of camel versus bovine milk soft unripened cheeses. *NFS J* 20, 28–36.

## Références bibliographiques

---

- **MC-SWEENEY P.L.H. (2004).** Biochemistry of cheese ripening. Society of Dairy Technology, 57(N2/3), 127–144.
- **MC-SWEENEY P.L.H. et FOX P.F. (2004).** Metabolism of residual lactose and of lactate and citrate; in P. F. Fox, P. L. H. Mc-Sweeney, T. M. Cognan, & T. P. Guinee (Eds.), Cheese: Chemistry, physics and microbiology. Vol. 1.: General aspects (pp. 361–372). London, UK: Elsevier.
- **MC-SWEENEY P.L.H. (2007).** Acidification; in “Cheese problems solved”, Edited by P. L.H. Mc-Sweeney.
- **MEHAIA B.M. (2006).** Manufacture of fresh soft white cheese (Domiaty type) from dromedary camel's milk using ultrafiltration process. Journal of Food Technology, 4(3), 206–212.
- **MEHTA B.M., YOGANANDI J., WADHWANI K.N., DARJI V.B. et APARNATHI K.D. (2015).** Comparison of physic-chemical properties of camel milk with cow milk and buffalo milk. Journal of Camel Practice and Research.
- **MERIN U., BERNSTEIN S., BLOCH-DAMTI A., YAGIL R., VAN-CREVELD C., LINDNER P. et GOLLOP N. (2001).** A comparative study of milk serum proteins in camel (*Camelus dromedarius*) and bovine colostrum. Livestock Production Science, 67(3), 297–301.
- **MERLIN-JUNIOR I.A., DOS-SANTOS J.S., GRECCO-COSTA L., GRECCO-COSTA R., LUDOVICO A., DE-ALMEIDA-REGO F.C. et WALTER-DE-SANTANA E.H. (2015).** Sheep milk: physical-chemical characteristics and microbiological quality. Sep, 65(3), 193-8.
- **MIETTON B., GAUCHERON F. et MICHEL S.F. (2004).** Dans minéraux et produits laitiers de GAUCHERON F. Pp 471-583. Ed. Lavoisier, Technique et Documentation, Paris.905p.
- **MODI R., HIRVI Y., HILL A, GRIFFITHS M.W. (2001).** Effec of phage on survival of *Salmonella* Enteritidis during manufacture and storage of cheddar cheese made from raw and pasteurized milk. Journal of Food Protection, 64, 927–933.
- **MOHAMED-SEGHIR N. et CZYZ K. (2020).** Comparison of physico-chemical properties and protein profile of cow's milk and camel milk. Journal of Advanced Research in Science and Technology ISSN, 2352-9989.
- **MONNET C., LANDAUD S., BONNARME P. et SWENNEN D. (2015).** Growth and adaptation of microorganisms on the cheese surface. FEMS Microbiology Letters, 362, 1–9.
- **MONNET V., LATRILLE E., BEAL C. et CORRIEU G. (2008).** Croissance et propriétés fonctionnelles des bactéries lactiques. In : Bactéries lactiques de la génétique aux ferments (Corrieu G. et Luquet F.M.). Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 512-592.

## Références bibliographiques

---

- **MORALES P., FERNANDEZ-GARCIA E. et NUNEZ M. (2003).** Caseinolysis in cheese by Enterobacteriaceae strains of dairy origin. *Letters Applied Microbiology*, 37, 410–414.
- **MOSBAH S., MEKKAOUI S., DAHIA M., BOUAL Z. et BOUDJENAH-HAROUN S. (2019).** Variation des paramètres physico-chimiques et biochimiques au cours de la préparation du Raib à partir du lait de chamelle. *Revue des Bio Ressources*. Vol 9, N° 2, 66 – 77.
- **MOYNIHAN A.C., GOVINDASAMY-LUCEY S., JAEGGI J.J., JOHNSON M.E., LUCEY J.A. et MC-SWEENEY P.L.H. (2014).** Effect of camel chymosin on the texture, functionality, and sensory properties of low-moisture, part-skim Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 97, 85–96.
- **MUNGAI EA., BEHRAVESH C. et GOULD L. (2012).** Increased outbreaks associated with non pasteurized milk, United States, 2007–2012. *Emerging Infectious Diseases*, 21, 119–122.
- **MUNOZ I.D.B., VERRUCK S., CANELLA M.H.M., DIAS C.O., AMBONI R.D.D.M.C. et PRUDENCIO E. (2018).** The use of soft fresh cheese manufactured from freeze concentrated milk as a novelty protective matrix on *Bifidobacterium* BB-12 survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 97, 725–729.
- **NEELAKANTEN J., SHAHANI K.M. et ARNOLD R.G. (1971).** Lipases and flavor development in some italian cheese varieties. *Food Production Development*, 5, 52-58.
- **O'MAHONY J.A., SOUSA M.J. et MCSWEENEY P.L.H. (2003).** Proteolysis in miniature Cheddar-type cheeses made using blends of chymosin and *Cynara cardunculus* proteinases as coagulant. *International Journal of Dairy Technology*, 56(1), 52–58.
- **OCDE/FAO. (2016).** « Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO », *Statistiques agricoles de l'OCDE (base de données)*.
- **OH S., BUDDENBORG S., YODER-HIMES D.R., TIEDJE J.M. et KONSTANTINIDIS K.T. (2012).** Genomic diversity of *Escherichia* isolates from diverse habitats. *PLoS One*, 7-47005.
- **OLSEN S.J., YING M., DAVIS M.F., DEASY M., HOLLAND B., IAMPIETRO L., BAYSINGER C.M., SASSANOF., POLK L.D., GORMLEY B., HUNG M.J., PILOT K., ORSINI M., VAN-DUYNE S., RANKIN S., GENESE C., BRESNITZ E.A., SMUCKER J., MOLL M. et SOBEL J. (2004).** Multidrug resistant *Salmonella* Typhimurium infection from milk contaminated after pasteurization. *Emerging Infectious Diseases*, 10, 932–935.
- **OMAR A.N., HARBOURNE N. et ORUNA-CONCHA M.J. (2016).** Quantification of major camel milk proteins by capillary electrophoresis. *International of Dairy Journal*, 58, 31–35.

## Références bibliographiques

---

- **OMAR A.N., HARBOURNNE N. et ORUNA-CONCHA M.J. (2018).** Effects of industrial processing methods on camel skimmed milk properties. *International Dairy Journal*, 84, 15-22.
- **Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture 2018 & Office statistique de l'Union européenne 2019.**
- **OSMAN E.O. (1999).** Morphological and some immunohistochemical observations on the stomach of the camel (*Camelus dromedarius*). Master of science thesis, University of Khartoum.
- **OUALI S. (2003).** Qualité du fromage à pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie de Draa Ben Khedda: nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage et de l'entreposage réfrigéré du fromage. Mémoire de magister en science alimentaire, Université Frères Mentouri, Constantine.
- **OULD-AHMED M. (2009).** Caractérisation de la population des dromadaires (*Camelus dromedarius*) en Tunisie. Thèse de doctorat en sciences agronomiques, Institut national agronomique de tunisie.
- **OULED-LAID A. (2008).** Conduite de l'élevage camelin (région de Ghardaia) : les paramètres de production et reproduction. Mémoire de fin d'étude, Université de Kasdi Merbah, Ouargla. P 112.
- **OXARAN V., LEE S.H.I., CHAUL L.T., CORASSIN C.H., BARANCELLI G.V., ALVES V.F. et al. (2017).** *Listeria monocytogenes* incidence changes and diversity in some Brazilian dairy industries and retail products. *Food Microbiology*, 68, 16 –23.
- **OZTURK M., GOVINDASAMY-LUCEY S., JAEGGI J.J., JOHNSON M.E. et LUCEY J.A. (2015).** Low-sodium Cheddar cheese: Effect of fortification of cheese milk with ultrafiltration retentate and high-hydrostatic pressure treatment of cheese. *Journal of Dairy Science*, 98, 6713–6726.
- **PAN X., CAI Y., LI Z., CHEN X., HELLER R., WANG N., WANG Y., ZHAO C., WANG Y., XU H., LI S., LI M., LI C., HU S., LI H., WANG K., CHEN L., WEIL B., ZHENG Z., FU W., YANG Y., ZHANG T., HOU Z., YAN Y., LV X., SUN W., LI X., HUANG S., LIU L., MAO S., LIU W., HUA J., LI Z., ZHANG G., CHEN Y., WANG X., QIU Q., DALRYMPLE B.P., WANG W. et JIABG Y. (2021).** Modes of genetic adaptations underlying functional innovations in the rumen. *Science China Life Science*. Vol.64 No.1, 1–21.
- **PARK Y.K., KOO H.C., KIM S.H., HWANG S.Y., JUNG W.K., KIM J.M., SHIN S., KIM R.T. et PARK Y.H. (2007).** The Analysis of Milk Components and Pathogenic Bacteria Isolated from Bovine Raw Milk in Korea. *Journal of Dairy Science*, Vol. 90 No. 12.
- **PARK Y.W. (2010).** Goat milk: composition, characteristics, encyclopedia of animal science fort valley state university.
- **PARUCH A.M. et MAEHLUM T. (2012).** Specific features of *Escherichia coli* that distinguish it from coliform and thermotolerant coliform bacteria and define it as the most

## Références bibliographiques

---

- accurate indicator of faecal contamination in the environment. *Ecology Indicial*. 23, 140–142.
- **PASTORINO A.J., HANSEN C.L. et MCMAHON D.J. (2003).** Effect of salt on structure-function relationships of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 60–69.
  - **PATERSON G.K., MORGAN F.J.E., HARRISON E.M., PEACOCK S.J., PARKHILL J., ZADOKS R.N. et HOLMES M.A. (2014).** Prevalence and properties of mecc methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (mrsa) in bovine bulk tank milk in great britain. *Journal of Antimicrobiology and Chemotherapy*, 69, 598–602.
  - **PHONGTANG W., CHOI G.P., CHUKEATIROTE E. et AHN J. (2019).** Bacteriophage control of *Salmonella* Typhimurium in milk. *Food Science Biotechnology*.
  - **PIEN J. et MAURICE M.G. (1937).** Modification dans la composition fromages au cours de leur conservation prolongée (Conséquences analytiques intéressant l'expertise). *Le Lait*, INRA Editions, 17 (170), pp.1040-1046.
  - **PINHEIRO R., OLIVEIRA D.S., RIVAS B., PEREGO P., NOGUEIRA M., OLIVEIRA D. et al. (2012).** Cometabolic models of *Streptococcus thermophilus* in co-culture with *Lactobacillus bulgaricus* or *Lactobacillus acidophilus*. *Biochemical Engineering Journal*, 62, 62–69.
  - **PORTO-OLIVEIRA R.S. (2018).** Modifications des propriétés physico-chimiques de la caséine micellaire en présence du peptide f1-8 généré par hydrolyse trypsique de la bêta-lactoglobuline. Mémoire en maîtrise en sciences des aliments, Université de Québec, Canada.
  - **PRADAL M. (2012).** La transformation fromagère caprine fermière, éd Techniques et documentations, Lavoisier, Page 64-86/ 166-167.
  - **RAGHVENDAR S., GHORUI S.K. et SAHANI M.S. (2006).** Camel milk: properties and processing potential. In: SAHANI MS (ed) *The Indian camel*. Publisher National Research Center on Camel, Bikaner, pp 59–73.
  - **RAGHVENDAR S., GORAKH M., DEVENDRA K., PATIL N.V. et PATHAK K.M.L. (2017).** Camel Milk: An Important Natural Adjuvant. *Agriculture Research*, 6(4), 327–340.
  - **RAHLI F. (2015).** Valorisation du lait de chamelle par l'exploitation des potentialités technologique des bactéries lactiques isolées localement. Thèse doctorat en microbiologie appliquée, Université D'Oran -1-,165p.
  - **RAKHMANOVA A., ASHIQ-KHAN Z. et SHAH M. (2018).** A mini review fermentation and preservation role of lactic acid bacteria. *Food Processing & Technology*.
  - **RAMET J.P. (1997).** Les agents de la transformation du lait ; la présure et les enzymes coagulantes; in : « Le fromage » éd. Eck et Gillis. *Technique et Documentation*, 3ème éd., Lavoisier, Paris.
  - **RAMET J.P. (2006).** Les Agents De La Transformation Du Lait ; in : « Le fromage » éd. Eck et Gillis. *Technique et Documentation*, 3ème éd., Lavoisier, Paris.

## Références bibliographiques

---

- **RAYANATOU I.A., MAHAMADOU E.G., GARRIC G., HAREL-OGER M., LEDDUC A., JARDIN J., BRIARD-BION V., CAUTY C., ADAKAL H., GRONGNET J.F. et GAUCHERON F. (2017).** Physico-chemical characterization of dairy gel obtained by a proteolytic extract from *Calotropis procera* – A comparison with chymosin. *Food Chemistry*, 232, 405–412.
- **REIS P.J.M. et MALCATA F.X. (2011).** Current state of Portuguese dairy products from ovine and caprine milks. *Small Ruminant Research*, 101(1–3), 122–133.
- **RIAHI M.H. (2007).** Modélisation de phénomènes microbiologiques, biochimiques et physico-chimiques intervenant lors de l’affinage d’un fromage de type pâte molle croûte lavée. *Life Sciences [q-bio]*.
- **RICHARD J. et DESMAZEAUD M. (1997).** Le lait de fromagerie. In: Eck A, Gillis JC. *Le fromage*. Lavoisier, Paris, P202-318.
- **ROMAIN J, THOMAS C, MICHEL M, PIERRE S, GERARD B. (2008).** Laites de consommation. *Les produits laitiers*, 3ème édition., Lavoisier, Paris, p.1- 21.
- **SALEY M. (1993).** La Production Laitière du Dromadaire. CIRAD, Ed Maison-Alfort, Paris.
- **SAMMAN M.A., AI-SALEH A.A. et SHETHK. (1993).** The Karyotype of the Arabian camel, *Camelus dromedaries*. *J. King Saud University*, 5, Science (1), p. 57-64.
- **SANAA M., POUTREL B., MENARD J.L. et SERIEYS F. (1993).** Risk factors associated with contamination of raw milk by *Listeria monocytogenes* in dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 76, 2891–2898.
- **SBOUI A., KHORCHANI T., DJEGHAM M. et BELHADJ O. (2009).** Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l’acidité à différentes températures. *Afrique Science*, 05(2), 293-304.
- **SBOUI A., ARROUM S., HAYEK N., MEKRASI H. et KHORCHANI T. (2015).** Etude comparative de l’effet de la pasteurisation et de l’ébullition sur la composition physicochimique des laits camelin et bovin. *Journal of new science*, volume JS INAT.
- **SBOUI A., DJEGHAM M., BELHADJ O. et KHORCHANI T. (2016).** Le lait de chamelle: qualités nutritives et effet sur les variations de la glycémie.
- **SCHLESSER J.E., SCHMIDT S.J. et SPECKMAN R. (1992).** Characterization of chemical and physical changes in Camembert cheese during ripening. *Journal of Dairy Science*, 75, 1753–1760.
- **SCHMIDT D.G. (1982).** Association of caseins and casein micelle structure. In *Developments of Dairy Chemistry-1. Proteins*. Applied Science Publishers, London and New York.
- **SCHODER D., SKANDAMIS P. et WANGER M. (2013).** Assessing in- house monitoring efficiency by tracing contamination rates in cheese lots recalled during an outbreak of listeriosis in Austria. *International Journal Food Microbiology*, 167, 353–358.

## Références bibliographiques

---

- **SCHVARTZMAN M.S., GONALEZ-BARRON U., BULTER F. et JORDAN K. (2014).** Modeling the growth of *Listeria monocytogenes* on the surface of smear- or mold-ripened cheese. *Frontiers in Cellular and Infection Micro-boil*, 4, 90.
- **SHABO Y. et YAGIL R. (2005).** Etiology of autism and camel milk as therapy. *International Journal of Disability and Human Development*, 4, 67–70.
- **SHEEHAN J.J. (2007).** What are starters and what starter types are used for cheesemaking?; in “Cheese problems solved”, Edited by P.L.H. Mc-Sweeney.
- **SIEGUMFELDT H., RECHINGER K.B. et JAKOBSEN M. (2000).** Dynamic changes of intracellular ph in individual lactic acid bacterium cells in response to a rapid drop in extracellular ph. *Applied Environment Microbiology*, 66, 2330-2335.
- **SILVA A.S., ARAGON C.C., SANTANA E.H.W., DESTRO M.T., COSTA M.R. et ALEGRO L.C.A. (2011).** *Listeria monocytogenes* in milk and dairy products in Brazil: An overview. *UNOPAR Científica: Ciências Biológicas e da Saúde*, 13, 59-67.
- **SILVA I.M.M., ALMEIDA R.C.C., ALVES M.A.O. et ALMEIDA P.F. (2003).** Occurrence of *Listeria spp.* in critical control points and the environment of Mina’s frescal cheese processing. *International Journal of Food Microbiology*, 81, 241–248.
- **SKIDMORE J.A. (2005).** Reproduction in dromedary camels: an update. *Animal Reproduction*, 2, N°3, p.161-171.
- **SMUTS M.M.S. et BEZUIDENHOUT A.J. (1987).** *Anatomy of the Dromedary*. Clarendon, Press, Oxford.
- **SOLTANI M., BORAN O.S. et HAYALOGLU A.A (2016).** Effect of various blends of camel chymosin and microbial rennet (*Rhizomucor miehei*) on microstructure and rheological properties of Iranian UF White cheese. *LWT-Food Science of Technology*, 68, 724–728.
- **SOLTANI M., SAHINGIL D., GOKCE Y. et HAYALOGLU A.A. (2019).** Effect of blends of camel chymosin and microbial rennet (*Rhizomucor miehei*) on chemical composition, proteolysis and residual coagulant activity in Iranian Ultrafiltered White cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 589–598.
- **SOODAM K., ONG L., POWELL I.B., KENTISH S.E. et GRAS S.L. (2015).** Effect of rennet on the composition, proteolysis and microstructure of reduced-fat Cheddar cheese during ripening. *Dairy Science & Technology*, Volume 95, Issue 5, pp 665–686.
- **SOUSA M.J., ARDO Y. et MC-SWEENEY P.L.H. (2001).** Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International of Dairy Journal*, 11, 327–345.
- **SPEEAT-CEAR A., ROUSTEL S. et PEREIRA D. (2018).** *Le guide de l’affinage*. Edition française pour Clauger.
- **STAHL T., SALLMANN H.P., DUEHLMEIER R. et WERNEY U. (2006).** Selected vitamin and fatty acid patterns in dromedary milk and colostrums. *Journal of Camel Practices and Research*, Vol. 13 No. 1, pp. 53-57.
- **STEVENS M., ASHBOLT N. et CUNLIFFE D. (2003).** Review of Coliforms as Microbial Indicators of Drinking Water Quality. *Recommendations to Change the Use of*

## *Références bibliographiques*

---

- Coliforms as Microbial Indicators of Drinking Water Quality. Australian Government, National Health and Medical Research Council. Biotext Pty Ltd, Canberra, Australia.
- **ST-GELAIS D., TIRARD C.P. et VINGNOLA C.L. (2002).** Fromage ; in Science et technologie du lait : transformation du lait. Presse internationale polytechnique, Montréal (Canada).
  - **STRONGIN D. (2015).** Some things matter. Cheese report. Accessed Jan. 20.
  - **SULIEMAN A.M.E., SIDDIGI S.M. et SALIH Z.A. (2016).** Microbiological Characteristics and Sensory Evaluation of White Cheese Produced by Using Camel Milk and Mixture of Camel and Cow Milk. *Journal of Microbiology Research*.
  - **SUMAIRA S., SHAH M.A., SOLANGI G.A., ANWAR I. et KALWAR Q. (2020).** Composition and Beneficial Impact of Camel Milk on Human Health. *Punjab University Journal of Zoology*.
  - **TEKIN A. et GULER Z. (2019).** Glycolysis, lipolysis and proteolysis in raw sheep milk Tulum cheese during production and ripening: Effect of ripening materials. *Food Chemistry*, 286, 160–169.
  - **TRMCIC A., CHAUHAN K., KENT D.J., RALYEA R.D., MARTIN N.H., BOOR K.J. et WIEDMANN M. (2016).** Coliform detection in cheese is associated with specific cheese characteristics, but no association was found with pathogen detection. *Journal of Dairy Science*, Vol. 99 No. 8.
  - **TYAGI A., KUMAR A., MOHANTY A.K., KAUSHIK J.K., GROVER S. et BATISH V.K. (2017).** Expression of buffalo chymosin in *Pichia pastoris* for application in mozzarella cheese. *LWT - Food Science and Technology*, 84, 733-739.
  - **VALERIY V.P., OLIM K.K., GULNARA J.A. et ELENA B.M. (2019).** Composition of camel milk and evaluation of food supply for camels in Uzbekistan. *Journal of Ethnic Foods*.
  - **VAN-DEN-TEMPEL T. et NIELSEN M.S. (2000).** Effects of atmospheric conditions, NaCl and pH on growth and interactions between moulds and yeasts related to blue cheese production. *International Journal of Food Microbiology*, 57(3), 193-199.
  - **VASSAL L., MONNET V., LE-BARS D., COLETTE R. et GRIPON J.C. (1986).** Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert. *Le Lait*, INRA Editions, 66 (4), pp.341-351.
  - **VIGNOLA C L. (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Vol 11, 4<sup>ème</sup> édition, p67.
  - **VON-ENGELHARDT W., DYCKER C. et LECHNER-DOLL M. (2007).** Absorption of short-chain fatty acids, sodium and water from the forestomach of camels. *Journal of Comparative Physiology*, B 177, 631–640.
  - **WAL J.M. (1998).** Cow's milk allergens. *Allergy*, 53, 1013-1022.
  - **WALK S.T., ALM E.W., GORDON D.M., RAM J.L., TOTANZOS G.A., TIEDJE J.M. et WHITTAM T.S. (2009).** Cryptic lineages of the genus *Escherichia*. *Applied Environment and Microbiology*.

## *Références bibliographiques*

---

- **WANG S.Y., LIANG J.P., SHAO W.J. et WEN H. (2011).** Mineral, vitamin and fatty acid contents in the camel milk of dromedaries in the anxiangsu china. *Journal of Camel Practices and Research*, 18(2), 273–276.
- **WEBER F. (1987).** L'égouttage du coagulum. Dans le fromage (coord. ECK A), 2eme édition. p122.
- **WERNERY U. (2006).** Camel milk, the white gold of the desert. *Journal of Camel Practice and Research*, 13, 15-26.
- **WOLTER R. (1997).** Alimentation de la vache laitière. Edition France Agricole, p. 111.
- **WOUTERS J.T.M., AYAD E.H.E., HUGENHOLTZ J. et SMIT G. (2002).** Microbes from raw milk for fermented dairy products. *International Dairy Journal*, 12, 91-109.
- **XIA Y., YUAN R., WENG S., WANG G., XIONG Z., ZHANG H., SONG X., LIU W. et AI L. (2020).** Proteolysis, lipolysis, texture and sensory properties of cheese ripened by *Monascus fumeus*. *Food Research International*, 137-109657.
- **YABRIR B., HAKEM (EX. AKAM) A., LAOUN A., SI AHMED S. et MATI A. (2011).** Caractérisation physico-chimique du lait cru ovin collecté localement en milieu steppique. Influence de l'état de l'étage biochimique. 1er Séminaire sur le Lait et ses Dérivées: « Entre Réalité de Production et Réalités de Transformation et de Consommation » Guelma.
- **YELUBAYEVA M.E., BURALKHIYEV B.A., TYSHCHENKO V.I., TERLETSKIY V.P. et USSENBKOV Y.S. (2018).** Results of *Camelus dromedarius* and *Camelus bactrianus* Genotyping by Alpha-S1-Casein, Kappa-Casein Loci, and DNA Fingerprinting. ISSN 0095-4527. *Cytology and Genetics*, Vol. 52, No 3, pp. 179-185.
- **YOGANANDI J., MEHTA B.M., WADHWANI K.N. et BARJI V.B. (2015).** Evaluation and comparaison of camel milk with cow milk and buffalo milk for gross composition. *Journal of camel Practice and Research*.
- **ZAGORSKA J. et CIPROVICA I. (2013).** Evaluation of Factors Affecting Freezing Point of Milk. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 7(2).
- **ZIKIOU A., ESTEVES A.C., ESTEVES E., ROSA N., GOMES S., MARTINS A.P.L., ZIDOUNE M.M. et BARROS M. (2020).** Algerian cardoon flowers express a large spectrum of coagulant enzymes with potential applications in cheese-making. *International Dairy Journal*, 105-104689.
- **ZOUARI A., MARCHESSEAU S., CHEVALIER-LUCIA D., RAFFARD G., AYADI M. A. et PICART-PALMADE L. (2018).** Acid gelation of raw and reconstituted spray-dried dromedary milk: A dynamic approach of gel structuring. *International Dairy Journal*, 81, 95-103.



# *Annexes*

## Annexes

### Annexe 01 : La famille des camélidés (SAMMAN *et al*, 1993).



Photo 1. *Camelus dromedarius*\*



Photo 2. *Camelus bactrianus*\*



Photo 3. *Camelus ferus*\*\*



Photo 4. *Lama glama*\*\*



Photo 5. *Lama guanicoe*\*\*

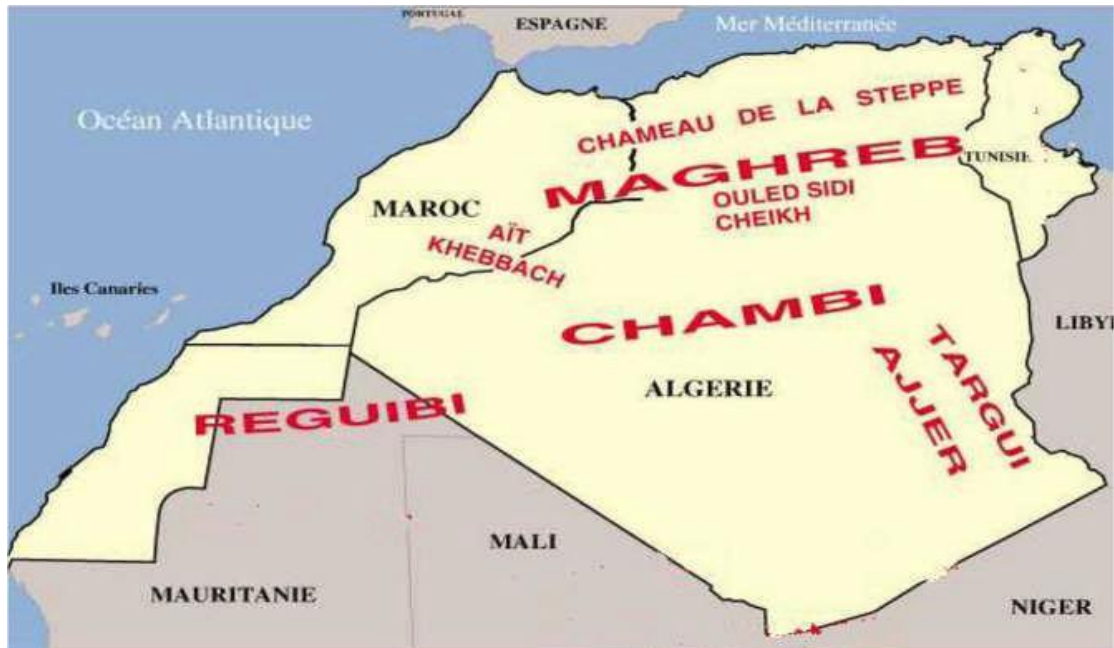


Photo 6. *Lama pacos*\*\*

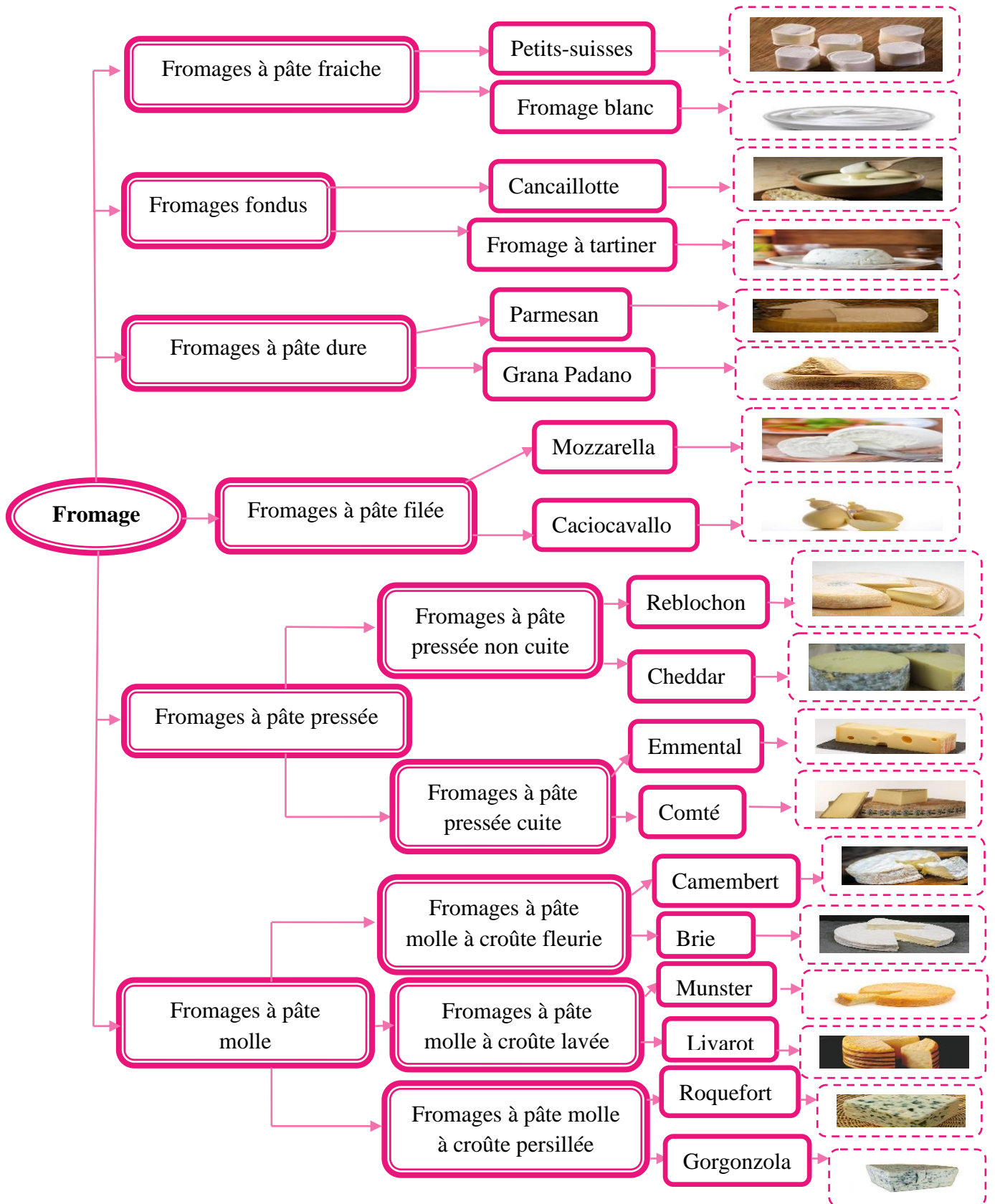


Photo 7. *Vicugna vicugna*\*\*

### Annexe 02 : Localisation des principales races de dromadaire en Algérie (BEN AISSA, 2014).



Annexe 03 : Diagramme des grandes familles de fromage.



## Annexes

### Annexe 04 : Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage de Camembert (LENOIR *et al*, 1983).

Groupes microbiens	Origines	Fonctions
<b>Bactéries</b>		
STREPTOCOQUES LACTIQUES ( <i>Streptococcus lactis</i> , <i>Streptococcus Cremoris</i> , <i>Streptococcus lactis Subsp, Diacetylactis</i> ).	Levain lactique.	Acidification.
LEUCONOSTOC	Lait, éventuellement levain.	Production de composants d'arôme
LACTOBACILLES ( <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus casei</i> ).	Lait.	Production de composants d'arôme.
MICROCOQUES	Lait, saumure, sel.	Protéolyse, dégradation des acides aminés.
BACTERIES CORYNEFORMES ( <i>Corynebacterium</i> , <i>Brevibacterium</i> ).	Lait éventuellement levain.	Protéolyse, dégradation des acides aminés.
<b>Levures</b>		
<i>Kluyveromyces</i> , <i>Debaryomyces</i> , <i>Saccharomyce</i>	Lait, atmosphère des locaux, matériel de fromagerie, éventuellement levain.	Production de composants d'arôme.
<b>Moisissures</b>		
<i>Penicillium camemberti</i>	Levain fongique.	Désacidification, protéolyse, lipolyse et production des composants d'arôme.
<i>Geotrichum candidum</i>	Lait, atmosphère des locaux, matériel de fromagerie, Levain éventuellement.	Protéolyse, lipolyse et production de composants d'arôme.

### Annexe 05 : Composition des milieux de culture

#### Gélose VRBL (Violet Red Bile Lactose)

Composant	Concentration
Peptone	7 g/l
Bile de bœuf desséchée	3 g/l
Lactose	10 g/l
Chlorure de sodium	5 g/l
Sels biliaries	1,2 g/l

## Annexes

Rouge neutre	0,03 g/l
Cristal violet	0,002 g/l
Agar	12 g/l
Eau distillée	1000 ml
pH final=7,4	

### Gélose PCA (Plate Count Agar).

Composant	Concentration
Digestat enzymatique de caséine	5 g
Glucose	1 g
Extrait de levure	2,5 g
Agar	12 g
Eau distillée	1000 ml
pH final=7,0	

### Annexe 06 : Comparaison entre les fromages à pâte molle fabriqués (Camembert).

#### 1<sup>ère</sup> production



#### 2<sup>ème</sup> production



## Annexes

### Annexe 07 : Résultats des analyses sensorielles des trois types de Camembert produits.

Caractéristiques		Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3	
Examen visuel	Couleur	Blanc	100 %	16,7 %	100 %
		Crème	0 %	50 %	0 %
		Jaune	0 %	33,33 %	0 %
	Epaisseur	Croûte plus ou moins fine	83,33 %	66,7 %	50 %
		Croûte épaisse	16,7 %	33,33 %	50 %
	Surface	Uniforme	66,7 %	50 %	50 %
		Rugueuse	0 %	33,33 %	0 %
		Lisse	33,33 %	16,7 %	0 %
		Ferme	66,7 %	33,33 %	66,7 %
		Humide	16,7 %	66,7 %	0 %
Sèche		66,7 %	50 %	100 %	
Examen olfactif	Arôme	Lactique	50 %	33,33 %	33,33 %
		Animale	0 %	0 %	16,7 %
		Autres	33,33 %	50 %	33,33 %
Examen gustatif	Texture	Granuleux	0 %	50 %	16,7 %
		Fondant	33,33 %	16,7 %	0 %
		Dur	16,7 %	0 %	83,33 %
		Friable	0 %	66,7 %	16,7 %
		Coulant	33,33 %	16,7 %	16,7 %
		Collant	0 %	33,33 %	0 %
		Mou	83,33 %	0 %	0 %
		Crémeux	66,7 %	0 %	0 %
	Gras	16,7 %	0 %	16,7 %	
	Saveur	Acide	0 %	33,33 %	0 %
Salé		0 %	16,7 %	0 %	
Appréciation du produit		Agréable	83,33 %	0 %	33,33 %
		Moyennement agréable	16,7 %	83,33 %	16,7 %
		Désagréable	0 %	16,7 %	50 %

Légende : Modèle 1 : Camembert « Le Fermier ».

Modèle 2 : Camembert camelin fabriqué par l'extrait brut de caillette de dromadaire.

Modèle 3 : Camembert bovin fabriqué par l'extrait brut de caillette de dromadaire.