

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département de Biochimie-Microbiologie

## Mémoire de Master

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME EN  
SCIENCES BIOTECHNOLOGIQUES

Spécialité : Biotechnologie microbienne

Présenté par

**KRIM Tinhinane**

**REKHOU Lila**

Intitulé

**Etude du procédé artisanal de fabrication du fromage  
traditionnel « *Tiklilt* » dans la région de Tizi Ouzou**

Soutenu en Novembre 2021

Devant le Jury composé de :

**Président : M<sup>f</sup> SEBBANE H**

MCB. Université Mouloud Mammeri

**Promotrice : M<sup>me</sup> LEKSIR MANSOUR Ch**

MCB. Université Mouloud Mammeri

**Examineur : M<sup>f</sup> MSELA A**

MCB. Université Mouloud Mammeri

Année Universitaire : 2020-2021

## Remerciements

Tout d'abord, nous remercions **Allah**, le tout puissant et le miséricordieux, de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de Master.

Nous tenons avant tout, remercier notre promotrice **M<sup>me</sup> LEKSIR Choubaila épouse MANSOUR**, qui a accepté de nous encadrer, qui nous a guidé par ses précieux conseils et suggestions pertinentes. Nous vous en sommes reconnaissantes.

Nos vifs remerciements vont aussi aux membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail :

Nous tenons à exprimer notre très grande considération et nos profonds respects pour **M<sup>r</sup> SEBBANE H** pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire malgré ses responsabilités et ses multiples occupations.

Nous remercions vivement **M<sup>r</sup> MSELA A** d'avoir accepté d'examiner ce présent travail malgré ses responsabilités et ses multiples occupations. Vous trouveriez ici l'expression de notre respect et de notre profonde gratitude.

Nous tenons à remercier personnellement **M<sup>me</sup> MANSOUR BENAMAR Malika** de nous avoir ouvert les portes de son laboratoire. On vous remercie infiniment madame, de nous avoir reçu dans votre laboratoire, et d'avoir mis à notre disposition ce dont on avait besoin. On vous remercie pour vos qualités humaines exceptionnelles, vos conseils précieux et vos encouragements continus. Veuillez trouver ici tout notre respect et l'expression de notre profonde gratitude.

Nous remercions également **M<sup>me</sup> AMMAR-KHOUDJA Nadia**, pour sa grande contribution au bon déroulement des manip au laboratoire.

Nous remercions vivement la défunte **M<sup>me</sup> NAIT KACI Malika** professeur à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou, de nous avoir aidé pour la collecte des informations et la réalisation du questionnaire.

Nous remercions **M<sup>r</sup> HOUALI** d'avoir mis à notre disposition le matériel de son laboratoire pour la stérilisation et l'autoclavage ainsi que le personnel de son laboratoire notamment **M<sup>me</sup> Houria**.

Nous tenons également à remercier les ingénieurs du laboratoire de microbiologie **Sonia**, **M<sup>me</sup> HAMDAD** et **M<sup>me</sup> Malika** pour leur activisme et leur disponibilité.

*Nous tenons à remercier **M<sup>me</sup> BOUADJLA Lamia** de nous avoir guidé dans la recherche physicochimique.*

*Un grand merci à toutes les personnes qui nous ont offert le lait gratuitement, que Dieu vous bénisse.*

*Nous remercions également le personnel d'**Adam Labo** de nous avoir aidé à acquérir les milieux de cultures nécessaires pour la réalisation des analyses microbiologiques avec un prix raisonnable.*

*Enfin, nous remercions tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à :*

- ♥ *Mon très cher **papa** qui a veillé sur moi tout au long de ma vie ; qui m'a encouragé durant toutes mes études et qui m'a beaucoup soutenu. Merci d'être le papa que vous êtes.*
- ♥ *Ma chère **maman**, qui m'a donné la vie et a beaucoup sacrifié pour me voir heureuse et réussir dans ma vie. Merci d'être la maman que vous êtes.*

*Que dieu vous garde et vous donne une longue vie.*

- ♥ *Mes chers frères, **Sami**, ma source de positivité et de patience, qui m'a beaucoup aidé dans la réalisation de ce travail et qui a sacrifié son temps libre pour moi. **Fayçal**, qui est ma source de joie et de détente avec son sens d'humour.*
- ♥ ***Salim**, qui m'a beaucoup accordé de l'aide et surtout encouragé et soutenu moralement et psychologiquement.*
- ♥ *Mes chers **grands-parents**, mes chères tantes : **Safia, Nabila et Sabrina** et mes **oncles**.*
- ♥ *Ma binôme **Lila** avec qui j'ai partagé les meilleurs moments durant la réalisation de ce travail. Je lui souhaite une réussite dans sa vie socio-professionnelle.*
- ♥ *Ma promotrice Mme **LEKSIR eps MANSOUR** à qui je souhaite tout le bonheur de la vie.*
- ♥ *Mes copines : **Maria, Souhila et Sarah***
- ♥ *Mes camarades **Siham et Sarah**.*

*A tous ceux qui m'aiment, et que j'aime !*

**Tinhinane**

## Dédicace

*J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail réalisé grâce à l'aide de Dieu le tout puissant à :*

- ♥ *Mes chers **parents** à qui je dois le grand amour et le profond respect, pour leur tendresse, conseils, encouragements et sacrifices durant toute ma scolarité.*

*Je souhaite qu'Allah vous bénisse et vous garde près de moi en bonne santé.*

- ♥ *Mes chers frères et sœurs : **Rabah, Salem et Rezak et Safia** je leurs souhaite une vie paisible pleine de bonnes surprises.*

*Je souhaite qu'Allah vous protège et vous donne de la force, de la patience et du courage pour surmonter les obstacles de la vie et poursuivre le trajet qui mène vers des réussites fabuleuses.*

- ♥ *Mon cher fiancé **Kouceila** qui a su m'apporter son réconfort et son amour pendant tout ce travail.*

*Je souhaite qu'Allah vous protège et nous réunisse pour une vie comblée de bonheur, santé et réussite.*

- ♥ *Toute ma **famille** ainsi que ma **belle-famille**.*
- ♥ *Mes amis intimes : **Lilia, Djouher, Kenza et Naima** je leurs souhaite beaucoup de réussite et de bonheur dans leur future vie.*
- ♥ *Ma binôme **Tinhinane** à qui je souhaite le succès dans ces projets d'avenir. C'était un plaisir de travailler ensemble.*
- ♥ *Ma promotrice Mme **LEKSIR eps MANSOUR** à qui je souhaite tout le bonheur de la vie.*
- ♥ *Mes camarades : **Sarah, Sihem** je leurs souhaite la réussite.*

♥ *Lila*

<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS</b>	
<b>LISTE DES FIGURES</b>	
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	
<b>LISTE DES ANNEXES</b>	
<b>RESUMÉ</b>	

<b>INTRODUCTION</b>	<b>01</b>
---------------------	-----------

## **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

### **CHAPITRE I : LE LAIT**

<b>I.1. Définition du lait</b>	<b>03</b>
<b>1.2. Composition du lait</b>	<b>03</b>
<b>I.2.1. Eau</b>	<b>03</b>
<b>I.2.2. Lipides</b>	<b>03</b>
<b>I.2.2.1. Phospholipides</b>	<b>04</b>
<b>I.2.2.2. Acides gras</b>	<b>04</b>
<b>I.2.3. Protéines</b>	<b>04</b>
<b>I.2.3.1. Caséines</b>	<b>05</b>
<b>I.2.3.2. Protéines de lactosérum</b>	<b>06</b>
<b>I.2.4. Glucides</b>	<b>07</b>
<b>I.2.5. Minéraux</b>	<b>07</b>
<b>I.2.6. Vitamines</b>	<b>08</b>
<b>I.2.7. Enzymes</b>	<b>08</b>
<b>I.3. Caractéristiques physicochimiques du lait</b>	<b>09</b>
<b>I.3.1. pH</b>	<b>09</b>
<b>I.3.2. Acidité</b>	<b>09</b>
<b>I.3.3. Densité</b>	<b>10</b>
<b>I.3.4. Point de Congélation</b>	<b>10</b>
<b>I.3.5. Point d'ébullition</b>	<b>11</b>
<b>I.4. Microflore du lait</b>	<b>11</b>
<b>I.4.1. Bactéries lactiques</b>	<b>11</b>
<b>I.4.1.1. Définition</b>	<b>11</b>
<b>I.4.1.2. Principaux genres</b>	<b>13</b>
<b>I.4.1.2.1. <i>Lactobacillus</i></b>	<b>13</b>
<b>I.4.1.2.2. <i>Lactococcus</i></b>	<b>13</b>
<b>I.4.1.2.3. <i>Streptococcus</i></b>	<b>14</b>
<b>I.4.1.2.4. <i>Leuconostoc</i></b>	<b>14</b>
<b>I.4.1.3. Intérêt technologique des bactéries lactiques</b>	<b>15</b>
<b>I.4.2. Flore pathogène</b>	<b>17</b>
<b>I.4.3. Sources de contamination</b>	<b>18</b>

### **CHAPITRE II : LE FROMAGE**

<b>II.1. Définition du fromage</b>	<b>20</b>
<b>II.2. Technologie de fabrication du fromage</b>	<b>20</b>
<b>II.2.1. Coagulation</b>	<b>20</b>
<b>II.2.1.1. Coagulation acide</b>	<b>20</b>
<b>II.2.1.2. Coagulation enzymatique</b>	<b>21</b>
<b>II.2.1.3. Coagulation mixte</b>	<b>21</b>
<b>II.2.2. Egouttage</b>	<b>21</b>
<b>II.2.3. Salage</b>	<b>21</b>
<b>II.2.4. Affinage</b>	<b>22</b>
<b>II.3. Principaux produits laitiers traditionnels en Algérie</b>	<b>22</b>
<b>II.3.1. Boissons fermentées traditionnelles</b>	<b>23</b>

II.3.1.1. <i>Rayeb</i> : <i>Ikil</i> (lait caillé)	23
II.3.1.2. <i>Lben</i> : <i>Ighi</i> (petit lait)	23
II.3.2. Dérivés laitiers gras	25
II.3.2.1. <i>Smen</i> (beurre salé)	25
II.3.2.2. <i>Udhi</i> (Beurre frais)	25
II.3.3. Fromages traditionnels algériens	26
II.3.3.1. Fromages frais	26
II.3.3.2. Fromages affinés	28
II.3.3.3. Fromages fondus	28
II.3.3.4. Fromages durs	28
II.4. Fromage <i>Tiklilt</i>	29
II.4.1. Origine du mot	29
II.4.2. Procédé de fabrication	29
II.4.2.1. Matière première	29
II.4.2.2. Fermentation	30
II.4.2.3. Barattage	30
II.4.2.4. Chauffage	30
II.4.2.5. Egouttage	30
II.4.3. Conservation	31
II.4.4. Modes de consommation	31

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

<b>I. Enquête et validation du procédé de fabrication</b>	<b>34</b>
I.1. Population cible et échantillonnage	34
I.2. But de l'enquête	35
I.3. Déroulement de l'enquête	35
<b>II. Fabrication au laboratoire</b>	<b>35</b>
II.1. Matériel biologique	35
II.2. Matériel de laboratoire	39
II.2.1. Appareillage	39
II.2.2. Milieux de culture	39
II.2.3. Réactifs de la coloration de Gram	40
<b>III. Étude de la qualité microbiologique</b>	<b>41</b>
III.1. Techniques de préparation de prises d'essais pour les analyses microbiologiques	41
III.2. Recherche des germes indésirables dans le lait fermenté traditionnel « <i>Ighi</i> » et dans le fromage traditionnel « <i>Tiklilt</i> »	43
III.2.1. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale	43
III.2.1.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (thermotolérants)	43
III.2.2. Recherche des germes pathogènes	44
III.2.2.1. Salmonelles	44
III.2.2.2. Staphylocoque à coagulase positive	45
<b>IV. Recherche et dénombrement de la flore lactique</b>	<b>46</b>
IV.1. Dénombrement de la flore lactique sur milieux gélosés	46
IV.2. Essai d'isolement et démarche d'identification des bactéries lactiques	46

## **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

<b>I. Résultats de l'Enquête de terrain</b>	<b>49</b>
I.1. Diagramme du procédé artisanal de fabrication	49
I.2. Modes de consommation de <i>Tiklilt</i>	51
I.3. Conservation et commercialisation du fromage <i>Tiklilt</i>	52
<b>II. Résultats des analyses microbiologiques</b>	<b>52</b>
<b>II.1. Résultats des analyses microbiologiques du lait fermenté traditionnel <i>Ighi</i></b>	<b>53</b>
II.1.1. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale	53

<b>II.1.2.</b> Recherche des germes pathogènes	<b>55</b>
<b>II.1.2.1.</b> Salmonelles	<b>55</b>
<b>II.1.2.2.</b> Staphylocoques à coagulase positive	<b>55</b>
<b>II.2. Résultats des analyses microbiologiques du fromage traditionnel <i>Tiklilt</i></b>	<b>55</b>
<b>II.2.1.</b> Recherche des germes indicateurs de contamination fécale	<b>55</b>
<b>II.1.2.</b> Recherche des germes pathogènes	<b>57</b>
<b>II.1.2.1.</b> Salmonelles	<b>57</b>
<b>II.1.2.2.</b> Staphylocoques à coagulase positive	<b>57</b>
<b>III. Recherche et dénombrement de la flore lactique</b>	<b>58</b>
<b>III.1.</b> Flore lactique du lait fermenté traditionnel <i>Ighi</i>	<b>58</b>
<b>III.2.</b> Flore lactique du fromage traditionnel <i>Tiklilt</i>	<b>59</b>
<b>III.3.</b> Démarche d'identification des bactéries lactiques	<b>61</b>
<b>III.3.1.</b> Caractérisation macroscopique et essai d'isolement des bactéries lactiques	<b>61</b>
<b>III.3.2.</b> Identification microscopique	<b>62</b>
<b>IV. Limitations de l'étude</b>	<b>63</b>
<b>CONCLUSION &amp; PERSPECTIVES</b>	<b>64</b>

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **ANNEXES**



## Liste des abréviations

### Unités de mesures :

**Tr/min** : Tour par minute

**D°** : Degré Dornic

**UFC** : Unité Formant Colonie

**UFC/ml** : Unité Formant Colonie par millilitre

**UFC/g** : Unité Formant Colonie par gramme

### Milieux de culture :

**Gélose SS** : Gélose *Salmonella Shigella*

**Gélose MRS** : Gélose De Man, Rogosa and Sharpe

**Gélose VRBG** : Gélose Glucosé Biliée au cristal de Violetet au Rouge neuter

**Gélose TSI** : Triple Sugar Iron Agar

**Bouillon BHIB** : Brain-Heart Infusion Broth

**Bouillon GC** : Bouillon Giolitti Cantoni

**Bouillon SFB** : Bouillon Sélénite-F Broth

**TSE** : Tryptone-Sel-Eau

### Acronymes :

**A<sub>w</sub>** : Activité d'eau

**DA** : Dinars Algériens

**FAO** : Food and Agriculture Organisation of the United Nations

**GPS** : Global Positioning System

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne

**LAB** : Lactic Acid Bacteria

**NPP** : Nombre le plus probable

**NCBI** : National Center for Biotechnology Information

**PCR** : Polymérase Chain Reaction

## Liste des figures

<b>FIGURE</b>		<b>PAGE</b>
<b>1</b>	Représentation schématique de la micelle de la caséine	<b>05</b>
<b>2</b>	Micrographies électroniques de quelques bactéries lactiques et espèces apparentées : A, <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus</i> ; B, <i>Lactobacillus brevis</i> ; C, <i>Pediococcus pentosaceus</i> ; D, <i>Lactobacillus casei</i> ; E, <i>Lactococcus lactis</i> ; F, <i>Brevibacterium linens</i> ; G, <i>Lactobacillus helveticus</i> ; H, <i>Streptococcus thermophilus</i> ; and I, <i>Bifidobacterium longum</i> .	<b>12</b>
<b>3</b>	‘ <i>Thakhssayeth Oussendou</i> ’ ou ‘ <i>Thakhchachet</i> ’ : Calebasse de barattage	<b>24</b>
<b>4</b>	‘ <i>Chekoua</i> ’ : Outre en peau de Brebis/chèvre	<b>24</b>
<b>5</b>	Aperçu général des méthodes adoptées et des paramètres étudiés pour la caractérisation du procédé artisanal de fabrication du fromage traditionnel <i>Tiklilt</i> dans la wilaya de Tizi Ouzou	<b>33</b>
<b>6</b>	Positionnement géographique des sites d’échantillonnage du lait destiné à la fabrication du fromage traditionnel « <i>Tiklilt</i> »	<b>38</b>
<b>7</b>	Homogénéisation de la dilution à l’aide d’un agitateur vortex [VELP-SCIENTIFICA]	<b>42</b>
<b>8</b>	Préparation des dilutions décimales	<b>43</b>
<b>9</b>	Diagramme de fabrication du fromage Traditionnel <i>Tiklilt</i>	<b>49</b>
<b>10</b>	Photographie des colonies des coques lactiques dénombrées sur le lait fermenté <i>Ighi</i> sur milieu M17	<b>59</b>
<b>11</b>	Photographie des colonies des lactobacilles dénombrées sur le lait fermenté <i>Ighi</i> sur milieu MRS	<b>59</b>
<b>12</b>	Photographie des colonies des coques lactiques dénombrées sur le fromage traditionnel <i>Tiklilt</i> sur milieu M17	<b>61</b>
<b>13</b>	Photographie des colonies des lactobacilles dénombrées sur le fromage traditionnel <i>Tiklilt</i> sur milieu MRS	<b>61</b>
<b>14</b>	Photographie de résultat de l’isolement des lactobacilles sur gélose MRS	<b>62</b>
<b>15</b>	Photographie de résultat de l’isolement des lactocoques sur gélose M17	<b>62</b>
<b>16</b>	Photographie de l’observation microscopique des bactéries lactiques (G×100)	<b>62</b>

## Liste des tableaux

<b>TABLEAU</b>		<b>PAGE</b>
<b>I</b>	Composition et répartition moyenne des protéines du lait lait	<b>05</b>
<b>II</b>	Composition du lait en minéraux	<b>08</b>
<b>III</b>	Principaux dérivés laitiers et fromages traditionnels algériens	<b>22</b>
<b>IV</b>	Description des échantillons de « <i>Tiklilt</i> » et de « <i>Ighi</i> » étudiés	<b>37</b>
<b>V</b>	Liste des appareils utilisés	<b>39</b>
<b>VI</b>	Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes indésirables et le dénombrement de la flore lactique dans le fromage traditionnel « <i>Tiklilt</i> » et « <i>Ighi</i> »	<b>40</b>
<b>VII</b>	Réactifs de la coloration de Gram	<b>40</b>
<b>VIII</b>	Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (thermotolérants) du <i>Ighi</i> et comparaison de la qualité du produit aux normes du JORA n°39 du 2 juillet 2017	<b>53</b>
<b>IX</b>	Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (thermotolérants) de <i>Tiklilt</i> et comparaison de la qualité du produit aux normes du JORA n°35 du 27 mai 1998	<b>56</b>
<b>X</b>	Recherche et dénombrement de la flore lactique du <i>Ighi</i>	<b>58</b>
<b>XI</b>	Recherche et dénombrement de la flore lactique de <i>Tiklilt</i>	<b>60</b>

## Liste des Annexes

<b>ANNEXE</b>		<b>PAGES</b>
<b>01</b>	Questionnaire sur le fromage traditionnel <i>Tiklilt</i>	<b>i</b>
<b>02</b>	Composition des principaux milieux de cultures et diluants	<b>vi</b>
<b>03</b>	Préparation des milieux de cultures et diluants	<b>ix</b>
<b>04</b>	Appareils et matériel de paillasse	<b>x</b>
<b>05</b>	Procédé de fabrication de <i>Tiklilt</i>	<b>xii</b>
<b>06</b>	Photographies de la suspension et la solution mères	<b>xiv</b>

## Résumé

L'Algérie a une tradition bien établie sur les produits laitiers, transmise d'une génération à une autre, qui a un aspect important de la culture algérienne. Le lait abondant durant certains moments de l'année, est facilement périssable et difficile à conserver, surtout dans les zones à climat très chaud. *Tiklilt* est un fromage traditionnel populaire très apprécié en Algérie dont sa méthode de fabrication artisanale est toujours en usage. Ce fromage traditionnel est destiné à la consommation domestique et aussi à la commercialisation du surplus

Pour mieux comprendre les mécanismes qui déterminent la typicité de ce fromage, nous avons commencé notre étude par la réalisation d'une enquête de fabrication et de consommation de *Tiklilt* auprès de 13 sujets ayant déjà consommé ou préparé ce fromage, dans les milieux ruraux de la grande Kabylie (Tizi Ouzou) par le biais d'un questionnaire. Pour établir le procédé de fabrication artisanal au niveau du laboratoire ainsi que évaluer la qualité hygiénique de ce produit, nous avons collecté neuf échantillons du lait des régions différentes de la wilaya de Tizi Ouzou. Nous avons perçu la charge des principaux groupes microbiens (coliformes totaux et coliformes fécaux), flore lactique ainsi que la recherche de la flore pathogène (Salmonelles et Staphylocoques à coagulase positive) de 7 échantillons d'*Ighi* : lait fermenté traditionnel utilisé comme matière première pour la fabrication de ce fromage et 7 échantillons *Tiklilt* fabriqués au niveau du laboratoire selon le procédé artisanal.

Les résultats de l'enquête ont permis d'établir le diagramme de fabrication du fromage traditionnel *Tiklilt* que nous avons suivi fidèlement. Les résultats des analyses microbiologiques d'*Ighi* et de *Tiklilt* ont montré l'absence totale des germes pathogènes. Les bactéries lactiques ont été présentes à des charges élevées dans nos produits laitiers traditionnels analysés. Cependant, nos résultats ont également révélé une qualité hygiénique non satisfaisante concernant les coliformes totaux qui étaient présents dans la majorité des échantillons.

Notre étude ouvre des perspectives pour mieux étudier et caractériser ce fromage *Tiklilt* vu que cette étude est la première de son type au niveau de l'université de de Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou.

**Mots clés :** caractérisation microbiologique, fromage traditionnel *Tiklilt*, flore lactique, grande Kabylie, lait fermenté traditionnel *Ighi*.

## Summary

Algeria has a well-established tradition of dairy products, passed on from one generation to another, which has an important aspect of Algerian culture. The abundant milk during certain times of the year is easily perishable and difficult to conserve, especially in areas with a very hot climate. *Tiklilt* is a traditional cheese popular in Algeria whose artisanal method is still in use. This traditional cheese is intended for domestic consumption and also for the marketing of surplus

To understand better the mechanisms that determine the typicality of this cheese, we began our study by conducting a survey of *Tiklilt* production and consumption through a questionnaire. The survey was conducted among 13 subjects (women over 45 years of age who had already eaten or observed a family member (mother/grandmother) preparing this cheese), in rural areas of Great Kabylia (Tizi Ouzou). To evaluate the hygienic quality of this product, we based ourselves on the microbiological analysis of 7 samples of *Ighi*: traditional fermented milk used as raw material for the manufacture of this cheese and 7 samples *Tiklilt* traditionally made at the laboratory. We perceived the load of the main microbial groups (total coliforms and faecal coliforms), the lactic flora as well as the research of the pathogenic flora (*Salmonella* and coagulase positive *Staphylococci*). The raw milk used for the manufacture of dairy products analyzed (*Ighi* and *Tiklilt*) was collected from seven (07) different regions of the wilaya of Tizi Ouzou.

The results of the survey made it possible to draw up the manufacturing diagram for traditional *Tiklilt* cheese, which we followed faithfully. The results of microbiological analysis of *Ighi* and *Tiklilt* showed the total absence of pathogens. Lactic acid bacteria were present at high loads in our analyzed traditional dairy products. However, our results also revealed an unsatisfactory hygienic quality regarding total coliforms which were present in the majority of samples.

Our study opens perspectives to a better study and characterizes this *Tiklilt* cheese since this study is the first of its kind at the University of Mouloud MAMMERI of Tizi Ouzou.

**Key words:** Great Kabylia, Lactic flora, Microbiological characterization, Traditional fermented milk *Ighi*, Traditional cheese *Tiklilt*.

## الملخص

تتمتع الجزائر بتقليد راسخ من منتجات الألبان، التي تنتقل من جيل إلى جيل، والتي لها جانب مهم من الثقافة الجزائرية. فالحليب الوفير في أوقات معينة من السنة، قابل للتلف بسهولة ويصعب تخزينه، خاصة في المناطق ذات المناخ الحار جدًا. *تيكليت* هو جبن تقليدي يحظى بشعبية كبيرة في الجزائر ولا يزال أسلوب التصنيع الحرفي قيد الاستخدام. عُرف هذا الجبن التقليدي و كيفية إنتاجه واستهلاكه بأشكال مختلفة منذ العصور القديمة. هذا الجبن التقليدي مخصص للاستهلاك المحلي وأيضاً لتسويق الفائض.

لفهم الآليات التي تحدد خصائص هذا الجبن بشكل أفضل ، بدأنا دراستنا من خلال إجراء تحري لتصنيع واستهلاك *تيكليت* من خلال استبيان. تم إجراء التحقيق مع 13 شخصاً (نساء تزيد أعمارهن عن 45 عامًا وقد أكلن بالفعل أو لاحظن أحد أفراد أسرتهن (الأم / الجدة) يعد هذا الجبن) ، في المناطق الريفية في منطقة القبائل الكبرى (تيزي وزو). لتقييم الجودة الصحية لهذا المنتج ، لجأنا إلى التحليل الميكروبيولوجي ل 7 عينات من اللبن: الحليب المخمر التقليدي المستخدم كمادة أولية لتصنيع هذا الجبن و 7 عينات *تيكليت* المنتجة تقليدياً على مستوى المخبر. لقد لاحظنا نسبة عالية من المجموعات الميكروبية الرئيسية (القولونيات الكلية والقولون البرازي) ، والبكتيريا اللبنية وكذلك البحث عن البكتيريا المسببة للأمراض (السالمونيلا والمكورات العنقودية الموجبة للتخثر). تم جمع الحليب المستخدم في تصنيع منتجات الألبان التقليدية التي تم تحليلها (اللبن و *تيكليت*) من سبع (07) مناطق مختلفة بولاية تيزي وزو.

أتاحت نتائج التحقيق إنشاء مخطط إنتاج جبن *تيكليت* التقليدي الذي اتبعناه بأمانة. أظهرت نتائج التحاليل الميكروبيولوجية لكل من اللبن و *تيكليت* الغياب التام للجراثيم المسببة للأمراض. كانت بكتيريا حمض اللاكتيك موجودة بنسبة عالية في منتجات الألبان التي تم تحليلها. ومع ذلك ، كشفت نتائجنا أيضاً عن جودة صحية غير مرضية فيما يتعلق بالكوليفورم الكلي التي كانت موجودة في غالبية العينات.

تفتح دراستنا أفقاً لدراسة وتوصيف جبن *تيكليت* بشكل أفضل لأن هذه الدراسة هي الأولى من نوعها على مستوى جامعة مولود معمري في تيزي وزو.

**الكلمات الدالة:** البكتيريا اللبنية، التوصيف الميكروبيولوجي، الحليب المخمر التقليدي، اللبن الجبن التقليدي *تيكليت*، منطقة القبائل الكبرى

# *Introduction*



## **Introduction**

Contrairement aux idées reçues, l'Algérie dispose bel et bien de traditions avérées de fabrication de produits laitiers, même si l'activité est limitée à la sphère domestique. Produits ancrés dans le patrimoine culturel, médicinal et économique. Les produits laitiers traditionnels sont historiquement le produit du dynamisme socio-économico-culturel des communautés rurales féminines (**Claps et Morone, 2011**).

La fabrication du fromage est le moyen le plus anciennement connu pour conserver le lait (**Corrieu et Luquet, 2008**). Parmi la longue liste des fromages traditionnels produits et recensés en Algérie, le *Jben* et *Tiklilt* sont les plus connus. Ces fromages restent encore non labélisés, leur fabrication est destinée à l'autoconsommation au niveau familial. Certains de ces fromages traditionnels, sont plus au moins commercialisés d'une manière artisanale (**Aissaoui, 2004**).

*Tiklilt* est l'un des fromages traditionnels les plus populaires en Algérie, c'est un fromage fermenté produit empiriquement dont la méthode traditionnelle de fabrication est encore en usage de nos jours (**Leksir et al., 2019**). Ces propriétés alimentaires est nutritionnelles, suite aux procédés technologiques traditionnels, méritent d'être mieux caractérisées.

Des fromages similaires au *Tiklilt* dans le monde tel que le *Jameed* au moyen orient et le *Chhana* en inde sont bien caractérisés, et ils sont produits à l'échelle industrielle qui utilise les nouveaux procédés, tel que l'atomisation et la lyophilisation (**Mazahreh et al., 2008; Hamad et al., 2016**). Pratiquement très peu d'études axées sur le fromage algérien *Tiklilt* ont été retrouvées, et il n'y a que peu de données sur ses caractéristiques physicochimiques et microbiologiques ainsi que sur ses techniques de transformation, ce qui motive l'intérêt de la présente étude.

Le présent travail possède comme objectifs :

- Tout d'abord, nous avons estimé nécessaire de situer le produit et évaluer sa place dans les traditions alimentaires par une enquête de terrain pour approcher les populations concernées. Cette enquête portera sur la connaissance, la fabrication et la consommation de ce fromage. Parallèlement une collecte d'échantillons de lait cru est effectuée, qui servira à la fabrication du fromage *Tiklilt* à étudier, la collecte est effectuée dans diverses localités ;

- Etablir le diagramme de fabrication du lait fermenté *Ighi* et du fromage traditionnel *Tiklilt* et reprise du procédé au laboratoire pour fabriquer des échantillons d'*Ighi* et de *Tiklilt* à partir de lait de vache et de chèvre;
- Caractérisation microbiologique de tous nos échantillons (*Ighi* et *Tiklilt*) ;

L'étude du fromage *Tiklilt* en vue de sa connaissance et de sa présentation au monde fromager constitue une contribution importante dans la démarche de protection de notre patrimoine culinaire ancestral. C'est aussi un moyen permettant une meilleure compréhension des mécanismes déterminant sa typicité et fournissant les références indispensables à la mise en place d'une appellation d'origine contrôlée.

L'originalité de la présente étude réside dans le fait qu'elle cherche à valoriser ce fromage durant ses périodes d'abondance sous sa forme fraîche. C'est dans ce contexte que se situe le cadre de cette étude qui fait partie des travaux de recherche de notre promotrice.

Le présent document comprend deux parties :

Une synthèse bibliographique composée de deux chapitres. Un premier chapitre qui parle des généralités sur le lait ; un deuxième chapitre passe en revue les produits laitiers traditionnels en Algérie à savoir leur mode de fabrication artisanale, et les propriétés des fromages traditionnels algériens et qui traite aussi le mode de fabrication du fromage en général dont une partie du chapitre est consacrée pour parler de notre fromage traditionnel *Tiklilt*.

Une partie expérimentale qui comprend la partie Méthodologie décrivant toutes les techniques utilisées pour la caractérisation microbiologique de nos échantillons (*Ighi* et *Tiklilt*), et se termine par la présentation et la discussion de l'ensemble des résultats obtenus regroupant les caractéristiques de notre fromage *Tiklilt* et ainsi que des échantillons du *Ighi* qui représente la matière première nécessaire pour la fabrication de ce fromage.

# *Partie bibliographique*

## I.1. Définition du lait

Selon la définition adoptée lors du premier congrès international de répression des fraudes tenu à Genève en 1908 (Grande Encyclopédie Larousse) : le lait de consommation humaine est considéré comme étant le produit intégral de la traite totale et interrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmontée, il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de Colostrum (**Ramet, 1985**).

Le lait est un produit très complexe, une connaissance approfondie de sa composition ; de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations de lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (**Amiot et al., 2002**).

Le lait constitue un substrat favorable au développement de certains microorganismes (**Guiraud, 1998**).

## I.2. Composition du lait

Le lait contient des nutriments essentiels pour l'être humain : eau, lipides, protéines (principalement de la caséine), acides aminés, vitamines et minéraux. Il contient également des constituants bioactifs comme des enzymes. La composition du lait varie en fonction de l'espèce, de la race, de l'alimentation des animaux et de stade de lactation (**José, 2014**).

### I.2.1. Eau

Pour tous les animaux, l'eau est le nutriment nécessaire au plus quantité, et le lait contient beaucoup d'eau (88,6%). Cette quantité d'eau est contrôlée par la quantité du lactose synthétisée par les cellules sécrétoires de la glande mammaire (**Guetouache et al., 2014**).

L'eau du lait se trouve sous deux formes : l'eau libre (96% de la totalité) et l'eau liée (4%) à la matière sèche (**Ramet, 1985**).

### I.2.2. Lipides

Dans le lait, la matière grasse est la principale source d'énergie (**Guetouache et al., 2014**). La matière grasse du lait est à l'état d'émulsion dans le lait sous forme de globules sphériques d'un diamètre variant entre 1,5 et 10 millièmes de millimètre (**Ramet, 1985**). La matière grasse du lait est susceptible plus au moins rapidement de s'altérer. Elle peut subir des altérations oxydatives au cours de leur conservation ou de leur utilisation.

Les lipides du lait sont représentés à 98,3% par divers triglycérides (constitués de 3 acides gras + glycérol). Le reste de la fraction lipidique contient des mono ou diglycérides, des acides gras libres, des phospholipides, du cholestérol, des sphingomyélines, des cérébrosides, des gangliosides, caroténoïdes et vitamines liposolubles (**José, 2014**).

### **I.2.2.1. Phospholipides**

Les phospholipides sont constitués des acides gras à longue chaîne (environ 85%). Ils font partie des plus importants lipides complexes avec le phosphore et/ou l'azote. Il existe 3 principaux phospholipides : la lécithine, la céphaline et la sphingomyéline. Les phospholipides ne représentent que 1% des matières grasses (0,3 à 0,5 g/l), mais agissent comme constituants des globules gras et jouent un rôle important dans la stabilité et le maintien de l'état d'émulsion (**Guetouache et al., 2014**).

### **I.2.2.2. Acides gras**

Les acides sont des molécules lipidiques contenant au moins une double liaison, selon la structure de cette ou de ces doubles liaisons (**Guetouache et al., 2014**). Plusieurs acides gras différents sont retrouvés en proportions variables. Les deux tiers des acides gras sont des acides gras saturés. L'acide oléique mono-insaturé constitue 20% de la fraction lipidique et les acides gras polyinsaturés, 5% (**José, 2014**). Les acides gras peuvent subir un phénomène d'oxydation qui conduit à l'apparition d'un rancissement qui modifie la qualité organoleptique du produit.

### **I.2.3. Protéines**

Il est clair que, quelle que soit l'espèce animale, le lait est une source riche en protéines et en acides aminés essentiels. Cependant la teneur en ces éléments n'est pas égale ainsi est de même pour leur digestibilité (**El-Agamy et al., 2009**).

Il est important de se rappeler que les protéines sont les éléments constitutifs de tous les tissus vivants. Les protéines du lait ont un peu près la même composition que les protéines de l'œuf à l'exception des quantités de méthionine et de cystine, nettement inférieures (**Guetouache et al., 2014**).

Les protéines laitières qui ont d'excellentes qualités nutritionnelles présentent en outre des propriétés de solubilité, de viscosité, d'hydratation, de gélification, d'émulsification et de rétention d'arômes qui varient en fonction de leur nature.

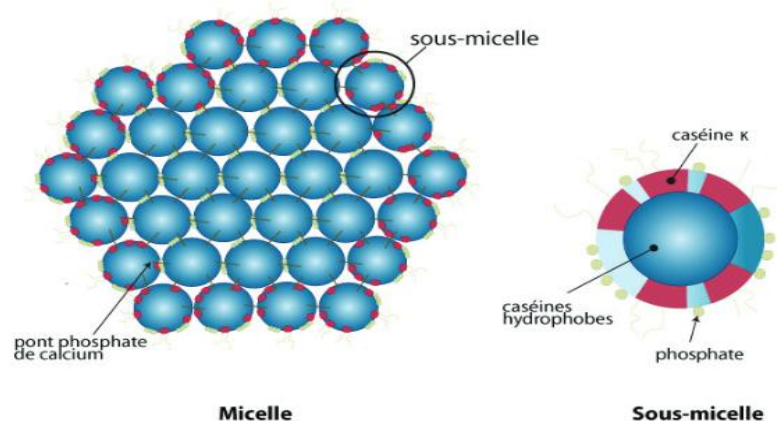
Les protéines comprennent soit uniquement des acides aminés ( $\beta$ -lactoglobuline, -lactalbumine), soit des acides aminés et de l'acide phosphorique ( $\alpha$  et  $\beta$  de caséine) avec une partie glucidique (parfois même de la caséine K). La base de la précipitation à pH 4,6 (20°C) ou sous l'action de la présure sépare deux composants : les caséines ( $\alpha$ ,  $\beta$  et K) et la protéine soluble ou whey protein.

**Tableau I : Composition et répartition moyenne des protéines du lait (FAO, 1998).**

Protéines du lait	Moyenne absolue (g/l)	Moyenne (g/l)
Protéine brute	34	100
Protéine	32	94
Protéines insolubles (caséine entière)	36	82
Protéines solubles	6	18
$\alpha$ -lactoglobuline	2,7	45
$\beta$ -lactalbumine	1,5	25
Albumine sérique	0,3	5
Immunoglobuline	0,7	12
Protéines peptones	0,8	13
Substances azotées non protéiques	2	6

### I.2.3.1. Caséines

La caséine est la protéine caractéristique du lait. Elle est composée de plusieurs fractions et associée au phosphate de calcium sous forme d'agrégats hétérogènes subsphériques de petites dimensions appelés micelles (**Ramet, 1985**).



**Figure 1 : Représentation schématique de la micelle de la caséine (José, 2014)**

La caséine représente plus de 80% de protéines du lait. C'est une protéine complète, elle apporte la plupart des acides aminés indispensables pour la croissance et la réparation du

corps. Les protéines de caséines sont assimilées lentement tandis que celles de lactosérum sont rapides. Elle participe à la structure microscopique du lait, il s'agit de la phase colloïdale (à pH neutre, les caséines sont dispersées dans la phase aqueuse, c'est ce qui confère au lait sa couleur blanche). Cette protéine intervient dans la fabrication du fromage. Une fois coagulé, les caséines s'agglomèrent et forment le caillé du fromage et c'est pour ça que le lactosérum est limpide.

Les quatre caséines principales qui existent naturellement dans le lait sont les caséines  $\alpha_{S1}$  ;  $\alpha_{S2}$ ,  $\beta$  et K. Les caséines se distinguent par leur faible solubilité à pH 4,6 et se différencient sur la base de la distribution des échanges et de la sensibilité aux précipitations par Calcium (**Guetouache et al., 2014**). La caséine  $\alpha_{S1}$  est la protéine la plus abondante du lait, et la caséine  $\beta$  est considérée comme étant la plus hydrophobe (**Balthazar et al., 2017**) du fait de sa richesse en résidus phosphorylés de sa partie C-terminal, néanmoins sa partie N-terminal est hydrophile. La caséine K (K-CN) est parmi les caséines les plus étudiées, probablement en raison de son importance dans la stabilité de la micelle et de son rôle dans la transformation laitière (**Guetouache et al., 2014**).

La caséine K représente le constituant déterminant de la croissance des submicelles déterminant ainsi la taille de la micelle, elle se caractérise par la présence d'une portion glycomacropéptide du côté C-terminal à caractère très hydrophile. C'est grâce à ces groupements hydrophiles que la K-CN est considérée comme étant un facteur stabilisant des micelles (**Walstra, 1990**). Le reste de la chaîne est très hydrophobe d'où son caractère amphiphile.

Les caséines ( $\alpha$ ,  $\beta$  et K) en présence de phosphate de calcium, forment des micelles de caséines stables (phase colloïdale), qui s'équilibrent avec la phase soluble du lait (**Guetouache et al., 2014**). Les micelles de caséines présentent une propriété importante qui s'agit de pouvoir être déstabilisé par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation ; elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en lait fermentés (**Ramet, 1985**).

### **I.2.3.2. Protéines de lactosérum**

Les protéines sériques sont définies comme des protéines solubles dans le lactosérum après précipitation de caséines à pH 4,6 et à 20°C (**Guetouache et al., 2014**). Les protéines dites solubles correspondent aux protéines qui ne précipitent pas par acidification, d'où leur

appellation ; elles présentent environ 20% des protéines solubles et sont constituées de plusieurs fractions dont les principales sont les albumines, les globulines et les protéases-peptones (**Ramet, 1985**). Ces protéines (l' $\alpha$ -lactoalbumine, la  $\beta$ -lactoglobuline, l'albumine bovine sérique et les protéases-peptones) deviennent insolubles et forment la peau du lait lorsque le lait est chauffé (**José, 2014**).

Ces protéines solubles ne coagulent pas par voie enzymatique, mais sont déstabilisées par la chaleur ; elles se caractérisent en outre par une forte hydrophilie qui leur confère des propriétés fonctionnelles originales (pouvoirs hydratant et foisonnant) et par une valeur nutritionnelle élevée (**Ramet, 1985**).

#### **I.2.4. Glucides**

Le lactose est le sucre caractéristique du lait. La concentration du lactose varie légèrement dans le lait (4,5 à 5,2 g / 100g) (**Guétouache et al., 2014**).

Il est responsable par son goût sucré et par sa concentration élevée de la saveur douce et agréable du lait frais. A l'état de solution, il est éliminé avec l'eau lors de l'égouttage des fromages et forment le constituant principal du lactosérum (**Ramet, 1985**). Le lactose est utilisé comme substrat lors de la fermentation du lait par de nombreux microorganismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication des produits laitiers. Notamment, le lactose est transformé par les bactéries lactiques en acide lactique qui, en acidifiant le lait, va entraîner une dénaturation de la caséine et la formation du caillé du fromage (**José, 2014**).

#### **I.2.5. Minéraux**

Les minéraux sont présentés principalement par les phosphates, par les citrates et par les chlorures (**Ramet, 1985**). Les minéraux jouent un rôle important dans l'organisation structurale des micelles de caséines (**Guétouache et al., 2014**).

Le lait se caractérise aussi par sa richesse en calcium (1,25g/l). Le calcium du lait est rendu efficace notamment grâce à son juste équilibre avec le phosphore (Ca/P = 1,25) (**José, 2014**). Le lait contient les 22 minéraux essentiels au régime alimentaire humain.



Tableau II : Composition du lait en minéraux (Amiot *et al.*, 2002).

Minéraux	Tenure (mg/kg)
Sodium (Na)	445
Magnésium (Mg)	105
Phosphore (P)	896
Chlore (Cl)	958
Potassium (K)	1500
Calcium (Ca)	1180
Fer (Fe)	0,50
Cuivre (Cu)	0,10
Zinc (Zn)	3,80
Iode (I)	0,28

### I.2.6. Vitamines

Le lait contient un grand nombre de vitamines :

- Des vitamines liposolubles (dissoutes dans la matière grasse) A, D et E. Le niveau de ces vitamines est variable selon la saison car il y a une légère augmentation pendant la saison du pâturage (printemps - été). Ces vitamines peuvent être perdues lors de l'écémage (Guétouache *et al.*, 2014).
- Des vitamines hydrosolubles qui se trouvent dans le sérum (Guétouache *et al.*, 2014). Le lait est une excellente source de vitamines B à citer B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12 (José, 2014). Dans le cas de l'acide ascorbique (C), il est présent en faible quantité dans le lait frais et il est détruit au contact de l'air ainsi au cours de la pasteurisation (Guétouache *et al.*, 2014).

### I.2.7. Enzymes

Les enzymes sont des protéines globulaires spécifiques produites par des cellules vivantes (Amiot *et al.*, 2002). Le lait cru contient deux types d'enzymes : les enzymes présentes dans le lait et celles liées à la flore microbienne (José, 2014). Chaque enzyme a son point isoélectrique et il est sensible à divers agents dénaturants tels que le changement de pH, température, force ionique et solvants organiques. Les enzymes sont des biocatalyseurs, car ils accélèrent les réactions biochimiques. Chaque enzyme possède une spécificité absolue à un type de réaction et chaque enzyme est spécifique à un substrat (constituant ou groupe de constituant). Cette spécificité est due à son site actif qui possède la forme de substrat (Amiot *et al.*, 2002).

En tous, le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases (ou oxydase) et les oxygénases et chaque groupe présente des fonctions diverses (José, 2014).

### I.3. Caractéristiques physicochimiques du lait

Le lait est une émulsion (dispersion grossière) de matière grasse dans une solution colloïdale de protéine dont le liquide intermicellaire est une solution vraie (Kodio, 2005). La connaissance des propriétés physicochimiques du lait revêt une importance incontestable car elle permet de mieux évaluer la qualité de la matière première et de prévoir les traitements et opérations technologiques adaptés (El Marnissi *et al.*, 2013).

#### I.3.1. pH

Le pH du lait change d'une espèce à une autre, étant donné les différences de la composition chimique, notamment en caséine et en phosphate et aussi selon les conditions environnementales (Alais, 1984a). Le pH du lait de vache est compris entre 6,5 et 6,7 (Goursaud et Boudier, 1985).

Le Ph du lait de vache fraîchement trait se situe un peu en dessous de la neutralité, un faible changement du pH du côté acide a des effets importants sur l'équilibre des minéraux et sur la stabilité de la suspension colloïdale de caséine (Alais et Linden, 1997).

Les valeurs de pH indiquent l'état de fraîcheur du lait. A l'état frais, il présente un pH qui se situe entre 6,6 et 6,8, les valeurs en dehors de ces limites sont considérées comme anormales (Amiot *et al.*, 2002). S'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium ( $H_3O^+$ ) et donc une diminution du pH (Kouamé-Sina *et al.*, 2010).

#### I.3.2. Acidité

L'acidité du lait est le résultat de deux acidités : l'acidité naturelle due aux caséines, aux phosphates, au  $CO_2$  et aux acides organiques (acide citrique), ainsi qu'à l'acidité développée causée par l'acide lactique formé par les bactéries lactiques par fermentation du lactose. L'acidité titrable du lait est exprimée en degré Dornic ( $D^\circ$ ) ou en pourcentage d'acide lactique,  $1^\circ D$  égale à 0,1 mg d'acide lactique soit 1% d'équivalent d'acide lactique (Amiot *et al.*, 2002).

A la réception de lait, l'acidité titrable est mesurée pour vérifier la qualité de lait. (Alais, 1975). Elle permet de savoir si les réactions d'acidification ont commencé (indicateur de l'activité des bactéries lactiques, fermentation). Ce test a l'avantage d'être très facile à mettre en œuvre, peu coûteux et permet de donner un résultat immédiat. L'acidité titrable d'un lait normal se situe entre 16 et 18 degrés Dornic ( $^{\circ}\text{D}$ ), celui d'un lait mammiteux ou de fin de lactation est inférieure à  $15^{\circ}\text{D}$  tandis que celui d'un lait en début de lactation se situe entre 19 et  $20^{\circ}\text{D}$ . Lorsque l'acidité titrable est supérieure à  $20^{\circ}\text{D}$ , des problèmes technologiques apparaissent. En effet, un lait d'AT entre 20 et  $22^{\circ}\text{D}$  risque de coaguler pendant la stérilisation et si l'AT est supérieure à  $22^{\circ}\text{D}$ , la coagulation peut être induite au cours de la pasteurisation (Tyriseva et al., 2004; Cecchinato et al., 2009).

L'augmentation de l'acidité du lait lorsqu'elle est involontaire est un signe de mauvaise hygiène et d'un développement intense de micro-organismes (mauvais refroidissement, mauvaise pasteurisation, durée trop longue du transport, par exemple) (Alais, 1975).

### I.3.3. Densité

Cette propriété se définit comme étant le rapport de la masse volumique de lait à une température (T) par la masse volumique de l'eau à la même température (T). Chacun des constituants agit sur la densité du lait ; étant donné que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1. Donc plus un lait ou un produit laitier contient un pourcentage élevé en matière grasse plus sa densité sera basse. D'autre part, les solides non gras, ont tous une densité supérieure à 1. On peut donc affirmer qu'un écrémage du lait augmentera sa densité et qu'un mouillage ou une addition d'eau la diminuera (Brulé et al., 1997). A  $20^{\circ}\text{C}$ , la densité des laits individuels peut prendre des valeurs entre 1,030 et 1,033. La densité du lait fraîchement extrait de la mamelle est instable et tend à augmenter avec le temps (Seydi, 2004).

### I.3.4. Point de Congélation

Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physique les plus constantes. Sa valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, se situe entre  $-0.45^{\circ}\text{C}$  et  $0.55^{\circ}\text{C}$  (Mathieu, 1999).

La mesure de ce paramètre permet l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait. Un mouillage de 1% entraîne une augmentation du point de la congélation d'environ  $0.0055^{\circ}\text{C}$  (Goursaud, 1985). Si le point de congélation est supérieur à  $-0.53^{\circ}\text{C}$  on suspectera une addition d'eau (Mahuat et al., 2000).

### **I.3.5. Point d'ébullition**

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C. Cette propriété physique diminue avec la pression. On applique ce principe dans les procédés de concentration du lait (Amiot *et al.*, 2002).

## **I.4. Microflore du lait**

### **I.4.1. Bactéries lactiques**

#### **I.4.1.1. Définition**

Depuis des siècles, les bactéries lactiques sont utilisées pour fermenter les aliments et mieux les conserver, leur usage s'est largement répandu dans les industries alimentaires (Mofredj *et al.*, 2007).

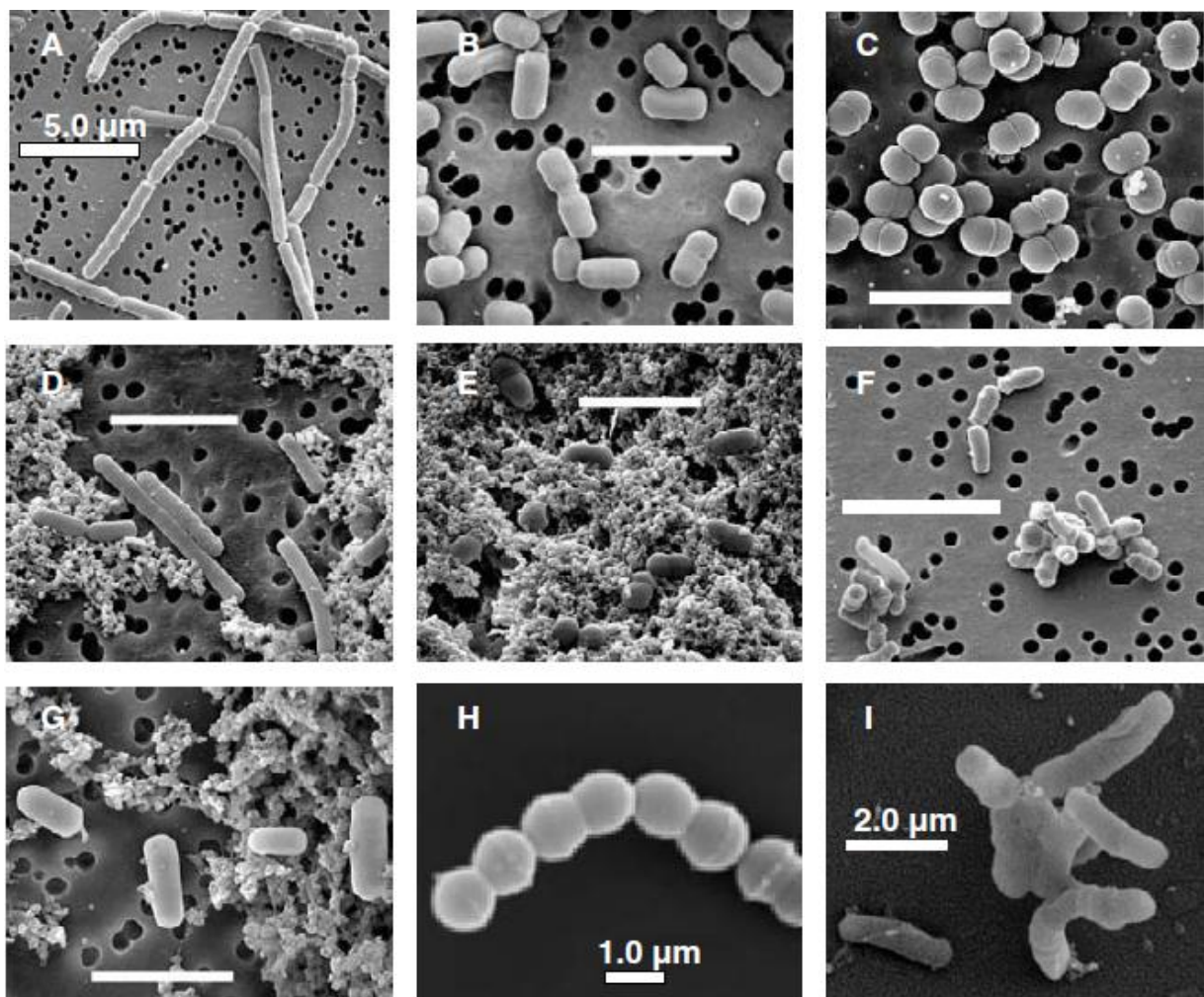
Ce sont des bactéries à Gram positif, catalase négative, oxydase négative, anaérobie facultative ou microaérophile. Egalement appelées bactéries de l'acide lactique, elles sont caractérisées par leur capacité à fermenter les glucides en produisant de l'acide lactique en utilisant les voies d'Embden Meyerhof Parnas, de Dickens Horecker et d'Enter Doudoroff (Savadojo et Traore, 2011). Ce sont sous forme de coques ou de bâtonnets asporogènes, tolérantes aux pH acides ( $\text{pH} \leq 5$ ). Elles sont constituées d'un certain nombre de genres divers, regroupés en tant qu'homofermementeurs ou hétérofermenteurs en fonction de leur produit final de fermentation. Les homofermementeurs produisent de l'acide lactique comme produit majeur de fermentation, et les hétérofermenteurs produisent de l'acide lactique, dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et de l'éthanol à partir de la fermentation du glucose (Carr *et al.*, 2002).

Les bactéries lactiques peuvent croître sur une large gamme de température, bien que la plupart sont mésophiles ou thermophiles modérées avec une température optimale de 30°C et 40°C respectivement. Elles ont des exigences nutritionnelles complexes, certaines espèces poussent dans des aliments riches en nutriments, d'autres espèces peuvent se développer lorsque la teneur en nutriments n'est pas idéale (Hutkins, 2006).

Elles interviennent dans les industries laitières et la fermentation des produits alimentaires tels que le saumurage des légumes, boulangerie, fabrication du vin, saurissage

des poissons, des viandes et des salaisons, ... etc. Elles ont un rôle dans la texture, la saveur des aliments et la production des composés aromatiques (Savadogo et Traore, 2011). Malgré que les bactéries lactiques ont un effet bénéfique dans les industries alimentaires, elles peuvent être nuisibles en tant que contaminants en produisant des saveurs désagréables (Carr et al., 2002).

Douze genres bactériens figurent dans la catégorie des bactéries lactiques : *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Oenococcus*, *Aerococcus*, *Tetragenococcus* et *Vagococcus* (De Vos et al., 2009).



**Figure 02 :** Micrographies électroniques de quelques bactéries lactiques et espèces apparentées : A, *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* ; B, *Lactobacillus brevis* ; C, *Pediococcus pentosaceus* ; D, *Lactobacillus casei* ; E, *Lactococcus lactis* ; F, *Brevibacterium linens* ; G, *Lactobacillus helveticus* ; H, *Streptococcus thermophilus* ; and I, *Bifidobacterium longum* (Hutkins, 2006).

### I.4.1.2. Principaux genres

#### I.4.1.2.1. *Lactobacillus*

Les bactéries du genre *Lactobacillus* sont des bacilles allongés à Gram positif non sporulés, catalase négative (certaines souches possèdent un pseudo catalase qui dégrade le peroxyde d'Hydrogène). Certaines souches des lactobacilles sont homofermentaires obligatoires et d'autres sont hétérofermentaires. La plupart des lactobacilles se développent à des températures mésophiles (température maximale de 40°C), certaines poussent au-dessous de 15°C et même au-dessous de 5°C. Les lactobacilles thermotolérants se développent à 55°C et les extrêmes thermophiles poussent au-dessus de 55°C. Elles poussent dans des milieux légèrement acides à un pH initial de 6,4 à 5,4, et la croissance s'arrête à pH égal 3,6 à 4.

Bien que la plupart des souches sont assez aérotolérantes, la croissance optimale des lactobacilles est obtenue dans des conditions microaérophiles ou anaérobies, dans des habitats fournissant des glucides, protéines, acides nucléiques et des vitamines (De Vos et al., 2009). Le genre *Lactobacillus* peut être trouvé dans divers habitats : les plantes, les animaux et les niches alimentaires (viande, produits laitiers), ainsi que le tractus gastro-intestinal (considéré comme probiotiques) (Savadogo et Traore, 2011). Elles contribuent à l'aromatisation agréable et désirée des aliments fermentés, elles sont également des organismes de détérioration en affectant les propriétés sensorielles du produit (De Vos et al., 2009).

#### I.4.1.2.2. *Lactococcus*

Les lactocoques sont des bactéries à Gram positif, catalase négative, anaérobie facultative (De Vos et al., 2009), non mobiles. Elles se présentent en diplocoque ou en chaîne de cocci. Elles se développent dans 4% de NaCl, à une température optimale qui varie entre 20°C et 30°C (Mofredj et al., 2007). Les lactocoques sont des bactéries homofermentaires. La principale espèce de ce genre est *Lactococcus Lactis* (De Vos et al., 2009).

Les lactocoques ont été isolés à partir des végétaux (Carr et al., 2002), ou à partir d'autres sources animales, y compris l'intestin humain (Kubota et al., 2010). Ils sont fréquemment trouvés et utilisés dans les industries laitières. Ils sont utilisés en fermentation industrielle en particulier les produits laitiers tels que le beurre de culture, le lait caillé, les caséines et les différents types de fromages (De Vos et al., 2009). Les espèces les plus couramment trouvés dans le lait cru ; *L. lactis* subsp. *lactis* et *cremoris* (Batt, 2000).



#### I.4.1.2.3. *Streptococcus*

Les *Streptococcus* sont des cocci à Gram positif qui se présentent en chaîne ou en paire. Elles sont catalase négative, immobiles, anaérobies facultatives. Certaines souches des *Streptococcus* nécessitent le CO<sub>2</sub> pour leur croissance. La température optimale de croissance est généralement d'environ 37°C mais les températures minimales et maximales varient en fonction de l'espèce (De Vos et al., 2009). Elles sont chimio-organotrophes avec métabolisme homofermentaire, produisant de l'acide lactique L-(+)- en tant que principal produit final de la fermentation du glucose par la voie d'Embden-Meyerhof-Parnas (Tagg et al., 2012).

La plupart des espèces sont commensales ou parasites de l'homme et des animaux, et certaines sont hautement pathogènes tels que *Streptococcus pyogenes* et *Streptococcus pneumonia* (De Vos et al., 2009). *Streptococcus thermophilus* est l'espèce la plus employée dans l'industrie laitière, il est utilisé comme starter de culture dans la fermentation du lait, et classée deuxième après *Lactococcus lactisi* en terme d'importance en tant que starter. Elle est capable de fermenter rapidement le lactose entraînant la baisse du pH couplée avec la production de métabolites essentiels tel que l'acétate (Issa et Tahergorabi, 2019). Certaines autres espèces ont été isolées du lait tels que *Streptococcus macédonicus* et *Streptococcus uberis*, ... etc. (De Vos et al., 2009).

#### I.4.1.2.4. *Leuconostoc*

Les bactéries du genre le *Leuconostoc* se compose à l'heure actuelle exclusivement des espèces coccoïdes (Björkroth et al., 2014) regroupées en paires ou en chaînes, à Gram positif, immobiles, catalase négative, non protéolytique, Nitrate réductase négative. Ce sont des chimioorganotrophes, anaérobies facultatives. Elles se développent à un pH de 6,5 et à une température optimale de croissance qui se situe entre 20°C et 30°C. Elles sont des hétérofermentaires, produisent de l'acide lactique, de l'éthanol et du CO<sub>2</sub> par la fermentation du glucose. Les *Leuconostoc* sont exigeants dans leur nutriment, et partagent de nombreux habitats avec d'autres bactéries lactiques en particulier avec les pédiocoques et les lactobacilles (De Vos et al., 2009).

Les *Leuconostoc* sont capables de démarrer la fermentation des produits végétaux (les choucroutes), et produisent une saveur agréable, et stimulent la croissance de *Lactococcus*. Cela explique pourquoi elles sont incluses dans les démarreurs de fermentation du beurre et du fromage. Le genre *Leuconostoc* peut aussi causer des détériorations de certains produits

alimentaires, en particulier ceux qui sont riches en sucres, et la production de substances visqueuses (Savado et Traore, 2011).

### **I.4.1.3. Intérêt technologique des bactéries lactiques**

#### **I.4.1.3.1. Rôle sur la texture**

Dans la fabrication des produits laitiers, les bactéries lactiques fermentent le lactose du lait et forment l'acide lactique ce qui provoque la diminution du pH et du point isoélectrique des caséines (principale protéine du lait). A un pH = 4,6, la caséine précipite et le coagulum se forme. Cette culture peut aussi produire des composés qui contribuent à la viscosité (Hutkins, 2006).

Les bactéries lactiques produisent des polysaccharides non digestibles principalement les exopolysaccharides. Dans certains types de fermentations, elles synthétisent des exopolysaccharides nécessaires pour donner un type spécifique de produit (Shetty et al., 2006). Elles peuvent servir d'épaississants naturels, de stabilisants, d'agents structurants, d'émulsifiants, d'agents gélifiants et de substituts de graisse (Hutkins, 2006).

#### **I.4.1.3.2. Rôle sur les caractères organoleptiques**

Les bactéries lactiques produisent de l'acide lactique et d'autres acides qui provoquent la diminution du pH et l'acidification du produit fermenté. Elles peuvent produire d'autres molécules organiques qui contribuent au profil de la saveur globale du produit fini tels que l'acétaldéhyde, acide acétique et l'éthanol ainsi que le CO<sub>2</sub> qui permet la sensation en bouche du produit fini (Hutkins, 2006). Elles ont aussi la capacité de produire des exopolysaccharides qui contribuent à la sensation du produit en bouche et la perception gustative.

Le diacétyle est un composé aromatique important dans de nombreux produits laitiers comme le beurre, le babeurre et le fromage (Shetty et al., 2006). Il a un arôme et une saveur de beurre, il confère une saveur délicate et caractéristique au produit (Hutkins, 2006).

Elles libèrent les peptidases qui jouent un rôle important dans le développement des saveurs mais aussi la réduction de l'amertume lors de l'affinage du fromage (Shetty et al., 2006). Ces peptidases hydrolysent les protéines qui sont nécessaires au développement correct de la saveur (Hutkins, 2006).



#### I.4.1.3.3. Rôle de conservation

L'action de la flore lactique sur la conservation d'un aliment est liée à l'abaissement du pH consécutif à la production d'acide lactique (**Drouault et Corthier, 2001**). Par comparaison, l'acide acétique est beaucoup plus toxique que l'acide lactique. En milieu faiblement tamponné, les deux acides agissent en synergie : l'acide lactique contribue à diminuer le pH du milieu, augmentant ainsi la toxicité de l'acide acétique vis à vis des autres bactéries (**Avagodo, 2004**).

Les bactéries lactiques ont une activité inhibitrice contre les bactéries et produisent l'acide acétique, peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) et du diacétyl qui peuvent tous inhiber le potentiel de détérioration ou les organismes pathogènes (**Hutkins, 2006**). Le peroxyde d'hydrogène dans le milieu peut réagir avec d'autres composants pour former des substances inhibitrices.

Le contrôle des agents pathogènes et la prolongation de la durée de conservation peut être aussi dû aux bactériocines. Ces dernières sont des protéines ou des peptides antimicrobiens synthétisés par les ribosomes, dont certains subissent des modifications post-traductionnelles. Elles contribuent à la bioconservation des aliments (**Shetty et al., 2006**), en empêchant la croissance d'organismes de détérioration et la production de produits finaux de détérioration et inhibent ou tuent les agents pathogènes.

Les bactéries lactiques produisent aussi des exopolysaccharides qui contribuent à la stabilité du produit final (**Hutkins, 2006**).

#### I.4.1.3.4. Rôle sur les caractéristiques nutritionnelles

Des études ont montré que les bactéries lactiques favorisent la santé en augmentant la barrière des muqueuses intestinales à l'invasion des agents pathogènes (**Carr et al., 2002**).

Certaines espèces sont des probiotiques qui sont des microorganismes vivants, qui lorsqu'ils sont administrés en quantité adéquate, confèrent un bénéfice à l'hôte, les plus importantes sont : *Bifidobacterium* et *Lactobacillus* (**Hutkins, 2006**). Elles sont métaboliquement actives lors de leur passage dans le tractus intestinal, et ont un effet protecteur par la production d'acides, peroxyde d'hydrogène ou des substances antimicrobiennes, la compétition pour les nutriments ou les récepteurs d'adhésion, l'action antitoxine et la stimulation du système immunitaire. Certaines espèces ont la capacité

d'améliorer les fonctions immunitaires non spécifiques des cellules phagocytaires (neutrophiles, monocytes, macrophages). D'autres tel que les *Lactobacillus* (quelques souches) ont des activités antimicrobiennes contre les bactéries pathogènes, telles que la production des peptides bactéricides et inhibent l'adhésion des agents pathogènes aux entérocytes.

Certains exopolysaccharides (EPS) des bactéries lactiques ont aussi un bénéfice sur la santé telles que des activités antitumorales, immunomodulatrices en plus d'une activité prébiotique et hypocholestérolémiante (Shetty et al., 2006).

#### I.4.1.3.5. Rôle d'altération

Les bactéries lactiques peuvent causer des défauts de saveurs et de couleurs ..., etc.

- Lorsque l'acidité et la saveur d'acétaldéhyde sont produites à des concentrations élevées, elles peuvent être considérées comme défauts.

- La formation du peroxyde d'hydrogène, produit principalement par certaines souches de *Lactobacillus* sous certaines conditions telles que la présence d'oxygène. Elles causent par exemple la formation de pigments verts sur les viandes.

- Certaines souches des bactéries lactiques sont responsables de l'amertume du vin, d'autres, dont *Pediococcus* et *Lactobacillus* lui confèrent un arôme de beurre qui à des concentrations élevées, sont considérées comme indésirables. Elles peuvent aussi former des polysaccharides qui donnent une sensation huileuse, visqueuse et désagréable en bouche.

- Certaines bactéries lactiques sont responsables de la formation des gaz tel que le CO<sub>2</sub>, produit par les hétérofermentaires causant des défauts de structure des fromages. Il est responsable de la formation des trous de fentes dans le fromage. D'autres sont responsables de la formation de cristaux à la surface de fromage par la formation des composés insolubles (Hutkins, 2006).

#### I.4.2. Flore pathogène

Le lait cru est reconnu depuis longtemps comme une source d'agents pathogènes qui peuvent provoquer des maladies chez l'homme (Oliver et al., 2011). La contamination du lait par ces germes peut être d'origine endogène (provient d'une excrétion d'un animal malade) ou exogène, due au contact direct avec les troupeaux infectés ou d'un apport de l'environnement (eaux, personnel, ...) (Brisabois et al., 1997). Le nombre de germes vivants est important car il est lié à l'efficacité de leur destruction par la chaleur (elle dépend de leur

concentration initiale). Outre leur capacité de se multiplier dans l'organisme, certains germes produisent des toxines souvent thermorésistantes qui restent actives après le traitement thermique telle que la pasteurisation (FAO, 1995). Les germes les plus souvent retrouvés sont : *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Brucella* et les *Mycobacteries* (*Mycobacterium bovis*) (Brisabois et al., 1997).

Bien que, les traitements d'assainissement du lait réduisent considérablement les risques de présence de germes dangereux dans la mesure où le lait et ses dérivés ne subissent pas de recontaminations, la prévention contre la présence et le développement des pathogènes repose d'abord sur un bon état sanitaire des animaux, de l'hygiène de la traite et de l'emploi d'eau potable et la conservation du lait au froid (FAO, 1995).

#### I.4.3. Sources de contamination

Le lait offre un milieu propice à l'activité microbienne. Néanmoins, il est généralement admis que la production de lait dans les glandes mammaires saines et stériles et ne devient contaminée qu'une fois qu'elle entre en contact avec l'environnement extérieur (Issa et Tahergorabi, 2019). La majorité des microorganismes dans le lait proviennent des surfaces, des aliments, de l'air, de l'eau, du sol, des ustensiles et des équipements utilisés pour la traite (seaux à traire, machines à traire) et l'entreposage (bidons, cuves, tanks). L'augmentation du nombre de bactéries, pendant le transport du lait, est surtout due à la contamination par des véhicules insuffisamment nettoyés et désinfectés (Frank et Hassan, 2002). Ils proviennent aussi de l'animal infecté, et aussi des conditions du stockage. La croissance de cette flore microbienne est un phénomène complexe dépend de plusieurs facteurs du milieu dont en premier lieu la température, mais aussi le pH, la disponibilité en nutriments, la salinité et la concentration en oxygène dissout (Institut de l'élevage, 2009).

Au niveau de la ferme, le lait cru peut être contaminé par excrétion directe en cas de mammite. La mammite la plus fréquente est celle à *Staphylococcus-aureus*, plus rarement des mammites à *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* et *Escherichia coli* (Pas de Serovar O157 : H7) (José, 2014).

D'autre part, la contamination microbienne du lait dans les glandes mammaires peut résulter d'aliments contaminés pour les animaux, par certains microorganismes, tel que le

champignon de genre *Aspergillus*, qui produit des mycotoxines, qui peuvent contaminées le lait (**Issa et Tahergorabi, 2019**).

L'animal et l'environnement de la ferme sont les sources de contamination du lait cru (**José, 2014**). Au moment de la traite, le lait peut être contaminé par les microorganismes dérivés de l'environnement de la traite (des trayons souillés de fumier, de boue, d'aliments ou de litières). Les germes présents sur les trayons et les surfaces du pis souillés comprennent les staphylocoques, les streptocoques, les coliformes et les spores. De plus, certaines souches de bactéries psychrotrophes et thermophiles peuvent être présentes, ce qui augmente le défi de stocker le lait contaminé (**Issa et Tahergorabi, 2019**).

Le lait cru est aussi contaminé d'une manière indirecte par les excréments. Dans ce cas, il s'agit de la contamination fécale (**José, 2014**). L'équipement de manipulation du lait est un environnement idéal pour la croissance des bactéries et s'il n'est pas correctement nettoyé, il peut contaminer le lait cru d'animaux sains (**Issa et Tahergorabi, 2019**). La contamination se transmet d'une bête à l'autre via l'équipement de traite qui se passe d'un animal à l'autre, et également, via la manipulation et en particulier les mains de l'opérateur (**José, 2014**).

## II.1. Définition du fromage

Selon le **CODEX STAN 283 (1978)**, le fromage est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait. Il est obtenu par coagulation complète ou partielle des protéines du lait, sous l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage du lactosérum résultant de cette coagulation. Il peut être produit aussi en faisant appel à des techniques de fabrication qui entraînent la coagulation des protéines du lait. La fabrication du fromage entraîne la concentration de ces protéines (notamment de la caséine), donc la teneur en protéines du fromage est plus élevée que la teneur en protéines du lait qui a servi à la fabrication du fromage.

## II.2. Technologie de fabrication du fromage

La fabrication du fromage est la transformation du lait liquide, une matière première instable, volumineuse mais hautement nutritive en un produit stable, savoureux et concentré qui procure un plaisir gustatif et une longue durée de vie et de conservation, le fromage (**Bennett et Johnston, 2004**). Ce dernier est obtenu par coagulation du lait suivi d'un égouttage du coagulum (**FAO, 1995**), et enfin l'affinage qui est une étape facultative réservée seulement aux produits maturés (**Ramet, 1985**).

### II.2.1. Coagulation

La coagulation est le changement du lait de son état liquide vers l'état semi-solide (**Bennett et Johnston, 2004**). Elle correspond à une déstabilisation de l'état micellaire original de la caséine dans le lait. Cette déstabilisation est réalisée soit par voie fermentaire à l'aide des bactéries productrices de l'acide lactique ou par voie enzymatique, en particulier la présure. Elles conduisent toutes à la formation du coagulum (gel ou caillé) (**Ramet, 1985**).

#### II.2.1.1. Coagulation acide

Le lait s'acidifie progressivement grâce aux bactéries lactiques présentes naturellement ou apportées par les levains (**Robinson, 2002; De Vos et al., 2009**). Cette acidification provoque une désintégration des micelles en sous unités à cause de leur déminéralisation progressive. Lorsque le pH diminue à une valeur voisine à 5, la charge des submicelles est réduite et provoque une précipitation des caséines à leur point isoélectrique (pHi de la caséine). A ce pH, la neutralisation des charges est complète, les micelles des caséines

floculent et se soudent, elles forment un gel homogène qui occupe tout le volume du lait et emprisonne le lactose (Yildiz, 2010).

### **II.2.1.2. Coagulation enzymatique**

Les enzymes ayant la capacité de coaguler le lait sont très diverses. La plus ancienne et toujours utilisée en fromagerie, est la présure qui est un extrait coagulant provenant de la caillette des jeunes ruminants abattus avant sevrage. Elle est constituée de deux fractions actives : la chymosine (80) et la pepsine (20).

La coagulation du lait comprend deux phases successives : La phase primaire qui est une phase enzymatique au cours de laquelle la chymosine dégrade la caséine K, et la phase secondaire de coagulation qui correspond à la formation du gel par l'agrégation des micelles modifiées qui conduisent au processus de la floculation (Ramet, 1985; FAO, 1995).

### **II.2.1.3. Coagulation mixte**

Selon FAO, 1995, la coagulation mixte résulte de l'action combinée de la présure et de l'acidification par les bactéries lactiques. Cependant, en fromagerie, la formation du coagulum se fait sous l'action dominante de la présure.

## **II.2.2. Egouttage**

L'égouttage est la deuxième phase de la fabrication du fromage. Du point de vue microscopique, il se traduit par une élimination importante du lactosérum et s'accompagne d'un durcissement du gel. C'est une phase essentielle qui conditionne directement la composition du fromage et son devenir au cours de l'affinage (Ramet, 1985).

## **II.2.3. Salage**

Le salage consiste à enrichir la pâte (caillé) en chlorure de sodium, au taux moyen de 2%, il est effectué en appliquant du sel sec à la surface, salage dans la masse au niveau du lait ou du caillé, en l'immergeant dans la saumure (Ramet, 1985). Il a un triple rôle : Règle l'activité de l'eau ( $A_w$ ) du fromage, complète l'égouttage et contribue à la formation de la croûte, relève la saveur du fromage ou masque ou exalte le goût de certaines substances formées au cours de l'affinage (FAO, 1995).

### II.2.4. Affinage

Selon **Bennett et Johnston (2004)**, l'affinage est l'étape la plus complexe de la fabrication des fromages maturés. Cette dernière dépend de chaque caractéristique physicochimique ou microbiologique du fromage. Cette étape correspond à un ensemble de dégradations enzymatiques simultanées ou successives du caillé. Il résulte de trois phénomènes biochimiques : la fermentation du lactose, dégradation des protéines et l'hydrolyse de la matière grasse (**FAO, 1995**).

### II.3. Principaux produits laitiers traditionnels en Algérie

Vu que le lait représente une source de protéines animales appréciables, l'Algérie donne une grande importance au secteur laitier (**Makhlouf et al., 2015**).

En Algérie, la consommation des produits laitiers relève d'une longue histoire traditionnellement liée à l'activité d'élevage, les produits laitiers étant fabriqués par des processus artisanaux anciens, à partir du lait ou de mélange de lait de différentes espèces (**Leksir et al., 2019**).

Il existe une large gamme de ces produits laitiers traditionnels. Le tableau suivant démontre les principales catégories des produits laitiers traditionnels algériens (**Tableau III**) :

**Tableau III : Principaux dérivés laitiers et fromages traditionnels algériens (Leksir et al., 2019).**

Dérivés laitier gras	Boissons fermentées	Principales catégories des fromages algériens			
		Fromages frais	Fromages affinés	Fromages fondus	Fromages durs
<i>Smen</i> <i>Udhi</i>	<i>Ikil</i> <i>Ighi</i>	<i>Jben</i> <i>Mechouna</i> <i>Ighounane</i> <i>Aghoughlou</i> <i>Kemariya</i> <i>Oudiouane Oulli</i> <i>Tiklilt fraîche</i>	<i>Bouhezza</i>	<i>Medghissa</i>	<i>Ioulsâne</i> <i>Takammart</i> <i>Tiklilt séchée</i>

### II.3.1. Boissons fermentées traditionnelles

#### II.3.1.1. *Rayeb* : *Ikil* (lait caillé)

Le *Raib* (ou *Rayeb*) est du lait caillé traditionnellement obtenu après acidification spontanée à température ambiante de lait cru durant une période variant de 24 à 72 heures selon la saison. Le *Raib* est consommé tel quel est ou transformé traditionnellement, la fermentation est associée à des bactéries lactiques mésophiles appartenant aux genres *Leuconostoc* et *Lactococcus* présents naturellement dans le lait cru (**Benkerroum et Tamine, 2004; Mechai et al., 2014**).

Le *Raib* est un lait fermenté entier. Il ne subit pas une opération de barattage et d'écémage (**Leksir, 2012**).

#### II.3.1.2. *Lben* : *Ighi* (petit lait)

Le *Ighi* est un des dérivés laitiers le plus connu dans la transformation artisanale du lait. Il est largement consommé en Algérie. Sa préparation artisanale est simple, le lait est abandonné à lui-même jusqu'à sa coagulation. Celle-ci se fait à température ambiante et dure 24 à 48 heures selon la saison. Le barattage qui lui succède, dure 30 à 40 minutes. A la fin du barattage, on ajoute généralement un certain volume d'eau (environ 10% du volume du lait) chaude ou froide, suivant la température ambiante, de façon à ramener la température de l'ensemble à un niveau convenable au rassemblement des grains de beurre (**Benkerroum et Tamine, 2004; Ouadghiri, 2009**).

Sur les hauteurs de Djurdjura, les femmes kabyles utilisent « *Takhssayeth oussendou* » appelée aussi « *Takhechacht* », « *Avechlouq* » ou bien « *Avechlouk* » (Figure 3). La dénomination de cet outil de barattage est différente d'une région à une autre de la grande Kabylie. Les femmes kabyles utilisent cet instrument pour extraire le beurre et préparer le *Ighi*, à partir du lait de chèvre ou de vache, après la traite du matin et celle du soir. Ce choix n'a pas été fait au hasard, sur le sol montagneux et rigide de la Kabylie poussent des arbres et des plantes dont la calebasse. Cette plante donne un fruit un peu exotique qui à maturité devient rigide et vide à l'intérieur, il sert de baratte traditionnelle en Kabylie (**Leksir et al., 2019**).





**Figure 3 : ‘Thakhssayeth Oussendou’ ou ‘Thakhchachet’ : Calabasse de barattage (Camps, 1984).**

Ces barattes qui permettent d’agiter le lait manuellement sont très variées. Elles changent de formes, de matières et de volumes selon les régions. Les Chaouias des Aurès et les Nomades sahariens utilisaient la « Chekoua » (Figure 4) fabriquée à partir de la peau de chèvre ou de brebis après un traitement laborieux. Dans la région de Kabylie orientale (*K’bayel el Hedra*) Ferdjïoua, Mila et Jijel, les femmes utilisaient des ustensiles en terre cuite appelés « *Mezla* » ou « *Artoul* » quand il s’agit de petits volumes (Leksir et al, 2019).



**Figure 4 : ‘Chekoua’ : Outre en peau de Brebis/chèvre (Camps, 1984)**

Le manipulateur doit secouer énergiquement et vigoureusement avec les deux mains la baratte qui peut être même suspendue à deux cordes sur un support, pour être balancée d’un

mouvement vif obligeant la masse de lait à heurter violemment les parois, tout en effectuant un léger temps d'arrêt, ce qui permet la formations des grains de beurre sur les parois et qui flottent sur le *Ighi (Lben)*, en ajoutant des petites quantités d'eau chaude ou froide selon la saison pour rassembler ces grains de beurre et récupérer « *Tawaracht n Udhi* »

Le *Ighi* est produit également par voie industrielle, faisant appel à des fermentations contrôlées (**Leksir, 2012**). L'acidification est provoquée par ensemencement des ferments lactiques mésophiles (**Benkerroum et Tamime, 2004**). Le *Ighi* est l'ingrédient de base de notre fromage traditionnel « *Tiklit* », ainsi il entre aussi dans la fabrication de certains d'autres produits laitiers traditionnels.

### II.3.2. Dérivés laitiers gras

#### II.3.2.1. *Smen* (beurre salé)

Ce produit est un dérivé laitier gras populaire dans les pays de Maghreb notamment l'Algérie (**Camps, 1984**) et le Maroc (**Tantaoui-Elaraki et El Marrakchi, 1987**).

Le surplus de beurre produit est transformé en beurre rancie *Smen* par lavage de beurre frais à l'eau tiède, saumurage, puis salage à sec (saupoudrage à la surface : 8g à 10g /100g) (**Benkerroum et Tamime, 2004**). Ce produit est ensuite conditionné dans des pots en terre cuite fermés hermétiquement pour éviter une oxydation indésirable, et entreposé dans un endroit frais et obscur à température ambiante (**Tantaoui-Elaraki et El Marrakchi, 1987**). Il est utilisé comme un additif pour améliorer le goût de certaines préparations culinaires traditionnelles (Couscous, etc.).

#### II.3.2.2. *Udhi* (Beurre frais)

Le beurre frais (*Udhi*) est obtenu après barattage du lait fermenté (*Rayeb*) « *Ikil* ». Ce dernier est occasionnellement augmenté d'une quantité d'eau tiède (40-50°C) à la fin du barattage pour favoriser l'agglomération des globules lipidiques et accroître le rendement en beurre. Les globules gras apparaissent en surface, à la suite du barattage, sont séparés par une cuillère perforée. Le beurre frais obtenu présente une consistance molle du fait de la forte concentration en eau (**Benkerroum et Tamime, 2004**). Ce beurre frais de couleur blanche qui vire un peu vers le jaune, tout dépend des bêtes qui l'ont produit, est très rarement utilisé tel quel, car il s'oxyde très vite, contient encore de l'eau. Il est consommé tel quel ou bien servit

avec d'autres préparations culinaires, pour assaisonner et améliorer le goût. Parfois il sert aussi d'un remède pour soigner des maladies (mammites).

### II.3.3. Fromages traditionnels algériens

Pour éviter tout gaspillage, étant donné que le lait est une denrée rapidement périssable, l'essentiel doit être transformé (**Bencharif, 2001**). La fabrication du fromage est le moyen le plus simple et le plus anciennement connu pour conserver le lait qui représente une source de protéines animales appréciable. La transformation du lait en fromages traditionnels est le plus souvent faite par les femmes au foyer, servent à l'autoconsommation et la vente de surplus. Les fromages traditionnels algériens peuvent être classés en fromage frais, fromage affiné, fromage fondu et fromage dur.

#### II.3.3.1. Fromages frais

##### II.3.3.1.1. *Jben*

C'est un fromage frais, traditionnel connu et fabriqué dans les pays du Maghreb. Il est fabriqué avec du lait cru de vache, de brebis ou de chèvre, suite à une étape d'acidification spontanée à température ambiante, pendant 24 à 72 heures selon la température, et une étape de coagulation par des enzymes coagulants d'origine végétale issues des fleurs de Cardon (*Cynara cardunculus L*) d'une plante épineuse sauvage (*Cynara humilis*) ou d'artichaut (*Cynara scolymus*) ou des graines de citrouilles (**Bendimerad, 2013**). Ces fleurs entières sont mises à macérer dans le lait pour accélérer la coagulation et pour donner un certain goût au fromage.

Le fromage frais « *Jben* » peut être aussi fabriqué en utilisant de la présure animale, extraite à partir de la caillette de veau, d'agneau ou de chevreau. Le lait destiné à la fabrication est chauffé, une fois tiède, un fragment de caillette bovine est macéré dans le lait. Après coagulation du lait et égouttage, le caillé ainsi obtenu peut être salé ou additionné de quelques épices ou de plantes aromatiques (**Lahsaoui, 2009**).

##### II.3.3.1.2. *Ighounane*

*Ighounane* est un fromage fabriqué à partir du colostrum en Kabylie dans les hauteurs de Djurdjura. La préparation de ce fromage se fait dans des ustensiles en terre cuite, enduits d'huile d'olive, dans lesquels est versées une petite quantité d'eau salée, puis le lait est coagulé. Le caillé formé est découpé puis consommé à l'état frais (**Lahsaoui, 2009**).

#### II.3.3.1.3. *Aghoughlou*

C'est un fromage fabriqué en Kabylie, obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre coagulé par le latex de figes (*Ficus carica*). Le caillé obtenu est consommé frais (Leksir, 2018).

#### II.3.3.1.4. *Mechouna*

Selon Derouiche et Zidoune (2015), *Mechouna* (*Michouna*) est un fromage frais à pâte molle fabriqué traditionnellement avec le lait de chèvre, mais actuellement le lait de vache est fréquemment utilisé. La fabrication de ce fromage commence par un traitement thermique du lait jusqu'à ébullition. Ensuite on ajoute la moitié de la quantité du lait, de *Ighi* avec du sel, le mélange est chauffé une deuxième fois jusqu'à coagulation et la séparation du caillé et du lactosérum. Une filtration est effectuée d'abord à travers un couscoussier puis dans un tissu (*chèche* ou *mousseline*) et laissé égoutter jusqu'à l'élimination du lactosérum. Un pressage est effectué pour s'assurer que l'égouttage est complet.

Après la récupération du fromage, il est préservé dans des récipients en verre ou en plastique au froid, pendant une durée qui ne doit pas dépasser 6 jours. Il est consommé avec du pain ou additionné au couscous et des pâtes alimentaires. Il peut aussi être mélangé avec plusieurs épices pour améliorer sa qualité organoleptique. Dans cet état, il est dit *Chnina*.

#### II.3.3.1.5. *Kemariya (Takemmarit)*

*Takemmarit* (*kemaria*) est un fromage traditionnel fabriqué dans la wilaya de Ghardaia. Il est produit principalement à partir du lait de chèvre, ainsi que le lait de vache et de chamelle. La coagulation du lait se fait par présures animales et végétales. Ce fromage est consommé en dessert arrosé de miel, garni de cacahouètes et servi avec du thé à la menthe durant la période des fêtes (Leksir, 2018).

#### II.3.3.1.6. *Oudiouan Oulli*

C'est un fromage fabriqué par les Touaregs. Il est similaire au fromage blanc servi en portion et consommé frais ou sec (Leksir et al., 2019).

#### II.3.3.1.7. *Tiklilt (Klila) fraîche*

*Tiklilt* est un fromage fermenté produit dans plusieurs régions de l'Algérie. Sa fabrication consiste au chauffage modéré du *lben* jusqu'à ce qu'il devienne caillé. Ce dernier est égoutté dans une mousseline, le fromage obtenu est consommé tel quel à l'état frais ou bien additionné à des préparations culinaires traditionnelles (Leksir et al., 2019).

#### II.3.3.2. Fromages affinés

##### II.3.3.2.1. Fromage « *Bouhezza* »

*Bouhezza* est un fromage traditionnel affiné à pâte molle des régions de l'est algérien dans la zone des "Chaouia" (Oum El Bouaghi, Batna, ...) (Aissaoui, 2004). Il est fabriqué à base du lait de chèvre, de brebis et de vache (le plus utilisé) ou aussi d'un mélange des laits. Il est obtenu après la transformation du *Ighi (Lben)* dans une « *Chekoua* » confectionnée de la peau de chèvre ou de brebis traitée principalement avec du sel et du genièvre. Le fromage obtenu est mélangé avec du piment rouge piquant pour être consommé (Aissaoui, 2014).

#### II.3.3.3. Fromages fondus

##### II.3.3.3.1. *Imdeghest : (Medghissa)*

Fromage fondu de la région des Chaouias, préparé par cuisson à feux doux de *Tiklilt* fraîche ou demi séchée au lait entier de vache, chèvre ou de brebis. La *Medghissa* est consommée et appréciée pour son élasticité (Khoualdi, 2017). C'est un fromage doux avec un goût faiblement acide, pâte élastique et à caractère pseudoplastique à chaud qui se raffermi avec le refroidissement, odeur et arôme de la famille lactique (Aude, 2020).

#### II.3.3.4. Fromages durs

##### II.3.3.4.1. *Ioulsān : (Aoules)*

L'*Aoules* ou *Ioulsān*, c'est un fromage traditionnel algérien du Hoggar au lait de chèvre sec typique (87% à 92% de matières sèches) obtenu à partir de lait de chèvre coagulé spontanément, qui est brassé pour enlever le beurre. Le *Ighi* de chèvre résultant est versé dans un pot en argile et chauffé légèrement sur un feu ouvert jusqu'à ce que les protéines précipitent, d'une manière similaire à celle de *Tiklilt*. Le précipité est filtré dans un panier de paille et le caillé est pétri en petite quantité à la fois pour donner la forme d'un petit cylindre

plat (2cm d'épaisseur, 6 à 8cm de diamètre) (FAO, 1990). Le fromage est ensuite séché au soleil, broyé et peut être consommé en le mélangeant avec les dattes (Benkerroum, 2013).

#### II.3.3.4.2. *Takammart*

Littéralement 'Fromage' en langue *Tamasheq* (Touaregs), le *Takemmart* est un autre fromage de la région désertique du Hoggar, il est produit par l'introduction d'un morceau de caillette de jeunes chevreaux dans le lait. Le caillé obtenu est retiré à l'aide d'une louche et déposé et pétri en galettes sur des nattes à base de tiges de fenouil lui conférant un goût anisé. Les nattes sont, par la suite, exposées au soleil pendant deux jours puis placées à l'ombre jusqu'au durcissement du fromage (Mahamedi, 2015).

#### II.3.3.4.3. *Tiklilt (Klila) séchée*

Le fromage "*Klila*" ou "*Tiklilt*" peut être consommé comme fromage frais ou bien séché et incorporé à diverses préparations culinaires.

Le *Klila* peut être séché jusqu'à devenir comme une pierre (Ben Danou, 1929), pendant 2 à 15 jours selon la saison. Il peut être conservé plusieurs années à température ambiante, dans des jarres en terre cuite ou des sacs en peau de chèvre ou de brebis.

### II.4. Fromage *Tiklilt* « *Klila* »

#### II.4.1. Origine du mot

Selon, Dallet (1982), *Tiklilt* est un mot Kabyle équivalent au mot *Klila* en arabe. C'est un petit fromage blanc ; caillé cuit qui se faisait notamment à la fête des premières chaleurs des printemps « *Tiritit uzal* ». Ce mot peut fort probablement provenir du mot « *Ikil* » qui signifie le lait caillé. En Kabylie, le lait caillé spontanément en période de fortes chaleurs est appelé aussi « *Tikiltt* ». Comme le fromage *Tiklilt* est fabriqué à base d'un lait caillé récupéré après fermentation et caillage du lait, celle-ci est une forte hypothèse (Leksir et al., 2019).

#### II.4.2. Procédé de fabrication

##### II.4.2.1. Matière première

La fabrication du fromage *Tiklilt* est un patrimoine culinaire propre aux régions d'élevage intensif de bovins, caprins et ovins. Elle caractérise principalement les régions de l'Est d'Algérie. *Tiklilt* est fabriquée à partir de la transformation du lait en période de haute

lactation notamment en printemps, vu son abondance pendant ces périodes (Leksir et al, 2019).

Le lait est collecté dans des vases à traite et conservé dans des vases à cailler. A défaut de moyen de conservation, il est difficile de conserver cette denrée alimentaire, le lait aigri rapidement, et pour éviter tout gaspillage il est transformé en « *Ikil* » (Rayeb) (Camps, 1984 ; Ben Danou, 1929).

#### II.4.2.2. Fermentation

Quel que soit l'origine du lait (chèvre, vache et brebis), chaque jour après la traite, il est versé dans un récipient spécial où il va subir un début de fermentation lactique. La température de la fermentation peut varier selon la saison, entre 20°C à 35°C, pendant une journée près d'un foyer, ou protégé sous un tissu en un lieu tiède. Quel que soit l'espèce, les laits ne sont jamais mélangés, chaque type est mis à aigrir séparément (Gast, 1991).

#### II.4.2.3. Barattage

C'est une technique qui sert à extraire le beurre du lait aigri, mais aussi du babeurre devenu du *Ighi* (mélange du lait écrémé aigri et d'eau) en secouant à l'aide d'une baratte, qui est différente d'une région à une autre. Pour avoir une bonne agitation il est nécessaire que le volume du lait dans la baratte soit inférieur à la moitié de son volume totale (Gast, 1991), (Voir la section II.3.1.2).

#### II.4.2.4. Chauffage

Ce fromage *Tiklilt* est obtenu par un chauffage relativement modéré du *Ighi* vers 55-60°C au maximum. En tout, le chauffage dure 10 minutes. On ne le maintient pas à 55-60°C au contraire dès qu'on arrive à cette température, on arrête le chauffage. On observe au cours de ce chauffage, la sortie d'un liquide verdâtre et la formation de masses élastiques qui s'amassent et se détachent de ce liquide. On enlève le sérum à la louche et on fait passer le coagulum à travers un tissu fin (Mousseline).

#### II.4.2.5. Egouttage

Cette étape qui succède le chauffage du *Ighi*, consiste à laisser égoutter le caillé, puis faire un pressage (à l'aide d'une pierre lourde) pour obtenir une sorte de galette dans laquelle les grains sont solidement rassemblés. Un jour est suffisant pour faire l'égouttage. Cette



galette peut être émietlée en cubes, et faire sécher les morceaux au soleil. Le séchage est arrêté une fois que les cubes sont bien durs, sinon ils moisiraient rapidement.

#### II.4.3. Conservation

Le fromage sec est conservé dans des outres sèches en peau de mouton ou de chèvre dites « *Mezwed* » (**Ben Danou, 1929**). Les fragments de *Tiklilt* séchés et durs peuvent être conservés facilement durant une année et même plus, et ils peuvent être réduits en poudre au moment de l'emploi ou bien gardés tels quels. *Tiklilt* fraîche est conservée dans des ustensiles en terre cuite durant une période qui ne dépasse pas une semaine.

#### II.4.4. Modes de consommation

Le fromage *Tiklilt* est consommé sous deux formes fraîche et sèche, la forme la plus consommée par nos ancêtres était la forme déshydratée. Les fragments de *Tiklilt* réduits en poudres servent uniquement pour donner de goût aux bouillons et pour enrichir et parfumer les plats à base de céréales. Lorsque *Tiklilt* n'est pas réduite en poudre, on l'incorpore aux plats après en avoir trempé les fragments la veille dans l'eau. Ce fromage séché et broyé est mélangé à des dattes, du beurre, des épices ou de la farine d'orge (**Ben Danou, 1929**).

*Tiklilt* fraîche est ajoutée au Couscous passé à la vapeur, elle lui donne un goût très particulier, ainsi pour la préparation de *M'laoui* qui est une sorte de galette traditionnelle grasse dont *Tiklilt* fraîche est incorporée à la pâte lors du pétrissage manuel comme pour *Kessra rekhssisse* (**Leksir et al., 2019**). Le fromage *Tiklilt* desséché tient lieu de « protéine, viande » dans certaines préparations culinaires (**Ben Danou, 1929**).

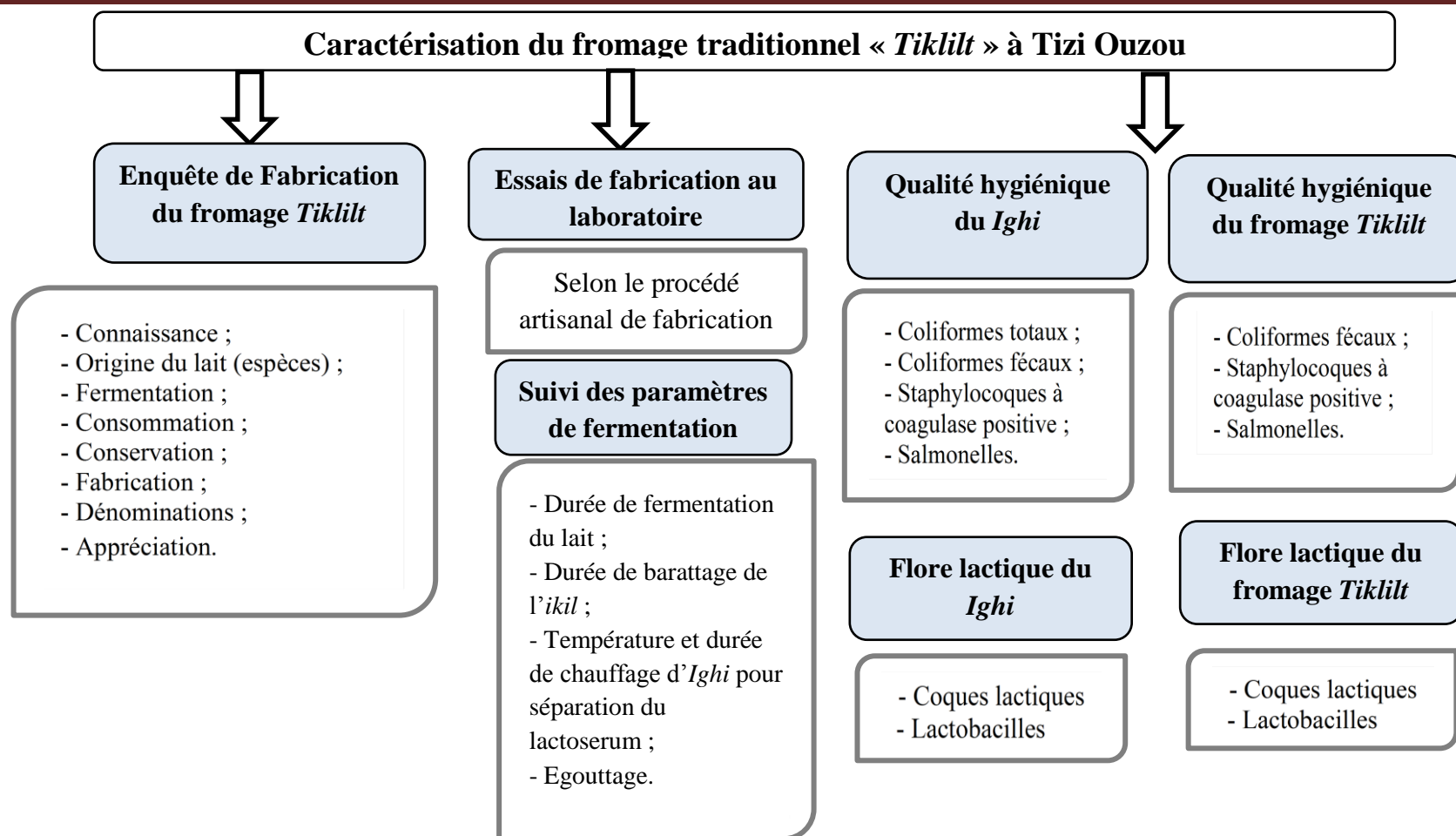


# *Matériels et Méthodes*

Dans le but d'étudier le procédé artisanal de fabrication du fromage traditionnel « *Tiklilt* » nous avons adopté une méthodologie fondée qui s'articule autour de trois axes :

- Le premier axe vise à caractériser ce fromage par le biais d'une enquête de terrain dans la wilaya de Tizi Ouzou. Il s'agit de collecter un maximum d'informations auprès de vieilles femmes spécialisées dans sa fabrication. L'enquête auprès de ses dames, nous permettra de tracer fidèlement le diagramme de fabrication du fromage *Tiklilt* ;
- Le deuxième axe consiste à réaliser des essais de fabrication de neuf (9) échantillons du fromage traditionnel *Tiklilt* au laboratoire selon son procédé artisanal de fabrication à partir de laits de différentes espèces (Vache et Chèvre). Cette partie a été réalisée dans le but de suivre quelques paramètres de fermentation ainsi que de valider le diagramme de fabrication ;
- Un troisième axe a été nécessaire pour approfondir la caractérisation du fromage *Tiklilt* par réalisation d'analyses microbiologiques sur sept (7) échantillons du lait fermenté « *Ighi* » (matière première pour sa fabrication) ainsi que sur sept (7) échantillons de fromage *Tiklilt* (Qualité hygiénique et recherche de bactéries lactiques).

Le schéma suivant (Figure 5) illustre les trois parties expérimentales réalisées dans la présente étude.



**Figure 5 : Aperçu général des méthodes adoptées et des paramètres étudiés pour la caractérisation du procédé artisanal de fabrication du fromage traditionnel *Tiklilt* dans la wilaya de Tizi Ouzou**

## **I. Enquête et validation du procédé de fabrication**

Quand il s'agit de réaliser une enquête dans l'objectif de recenser des produits traditionnels ou d'établir leur diagramme de fabrication, il n'est pas recommandé de viser de grands effectifs, car il s'agit principalement de chercher un consensus dans l'ensemble de réponses obtenus afin de déterminer avec exactitude les différents paramètres relatifs à la fabrication de l'aliment traditionnel en question. Ce type d'enquêtes s'adresse à un panel d'experts (**Grundy et Ghazi, 2009; Chibane et Chibane, 2016**).

La méthode d'échantillonnage (choix des répondants) constitue un facteur important par rapport à la qualité des résultats recueillis par le biais d'une enquête. Nous avons recueillis plusieurs bulletins de réponses, dont uniquement 13 ont été retenues. Nous nous sommes adressés par le questionnaire (Annexe 01) dans la section consacrée au producteurs à bon nombre de personnes dans notre entourage, et nous avons retenu les questionnaires dont le répondant connaissait et consommait le fromage *Tiklilt* et surtout avait une idée sur son procédé de fabrication.

Certes, l'élargissement de l'effectif questionné et de la zone d'étude, permettront sans doute de mettre la lumière sur les différentes variantes du procédé artisanal standard de l'aliment traditionnel en question.

### **I.1. Population cible et échantillonnage**

Cette enquête a été réalisée dans des zones rurales de la wilaya de Tizi-Ouzou. La population ciblée se compose des femmes âgées entre 45 ans et 90 ans.

Nous avons ciblé des femmes des zones rurales de la Grande Kabylie (Tizi Rached, Tizra Aissa commune d'Ait Yahia Moussa et Djemaa n Sahridj commune de Mekla ...) afin d'accueillir le maximum d'information sur la pratique de fabrication artisanale du fromage « *Tiklilt* » et d'établir son diagramme de fabrication traditionnel ainsi que pour collecter des informations concernant les différentes préparations culinaires à base de ce fromage traditionnel. Nous avons choisi les femmes âgées car elles sont les dépositaires du savoir-faire culinaire qui se transmet oralement à travers les générations.

## **I.2. But de l'enquête**

L'enquête a pour but de déterminer la place socio-économique du fromage *Tiklilt* fabriqué selon des procédés artisanaux dans différentes régions rurales de la Kabylie. Pour la fabrication de ce fromage nous avons collecté du lait cru de différentes régions.

## **I.3. Déroulement de l'enquête**

La réalisation de l'enquête au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou a été faite entre le début du d'Avril et mi-juillet, elle a été réalisée en se basant sur un questionnaire planifié préalablement préparé (l'Annexe 01).

Le questionnaire a été traduit sur place en langue dialectale maternelle Kabyle (*Tamazight*) pour faciliter le dialogue avec les personnes enquêtées. Afin d'accéder facilement au contact des familles dans le milieu rurale surtout, nous avons fait appel à des femmes de leur connaissance, malheureusement la crise sanitaire due au Covid de la variante *Delta* nous a empêché de se mobiliser pour contacter un grand nombre de personnes.

## **II. Fabrication au laboratoire**

La fabrication et le contrôle de la qualité microbiologique du fromage traditionnel étudié « *Tiklilt* » ont été réalisés au niveau du laboratoire de Production, Amélioration et Protection des végétaux et le laboratoire pédagogique de microbiologie de la faculté des sciences biologiques de l'université du Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou (UMMTO) du 02/06/2021 au 14/07/2021.

### **II.1. Matériel biologique**

Dans cette étude nous avons utilisé neuf (9) échantillons du lait (4 échantillons bovins et 5 échantillons caprins). La collecte de nos échantillons a été réalisée exclusivement dans les régions ainsi les villages kabyles de la wilaya de Tizi Ouzou. Certains échantillons nous ont été fournis gratuitement alors que d'autres ont été achetés des troupeaux d'élevage et des crèmeries et dont le prix varie entre 70 DA et 100DA pour le lait de vache et entre 100 DA à 250 DA pour le lait de chèvre. Ces échantillons ont été transportés à partir des lieux de collecte et/ou d'achat et ont été étiquetés. Ils ont été laissés se fermenter spontanément à une température ambiante pendant 72 heures pour certains échantillons collectés et/ou achetés durant la dernière période du printemps, mais avec le début de la saison estivale et l'augmentation des températures, une durée de 24h à 48h a été largement suffisante pour une

bonne fermentation. Un barattage des échantillons fermentés « *Ikkil* » a été effectué par la suite tout en suivant l'ancienne méthode utilisée par nos grands-mères dans « *Takhsayt Oussendou* ou *Takhchacht* ». L'appellation de cet ancien outil de barattage est différente d'un village et d'une région à une autre de la grande Kabylie (Tizi Ouzou). La fin du barattage a été définie par la formation de « *Udhi* » (beurre) et « *Ighi* » (petit lait). A partir d'*Ighi*, nous avons fabriqué notre fromage traditionnel « *Tiklilt* » suite à un traitement thermique (chauffage) et un égouttage. Les neufs échantillons du fromage fabriqués ainsi que *Ighi* ont été conservés dans des ramequins en terre cuite et des flacons en verre dans le réfrigérateur pour les analyser dans des brefs délais. Les échantillons collectés pour cette étude sont décrits dans le Tableau IV. Pour définir les échantillons de lait nous avons utilisé des codes. Ces derniers sont composés des lettres initiales des lieux de provenance des échantillons suivis par l'espèce et la date de début de fermentation.

**Tableau IV : Description des échantillons de « Tiklilt » et de « Ighi » étudiés.**

Echantillons	Type du lait	Origine du lait (région)	Position GPS [Source : Google Earth 2021]	Date et heure de début de fermentation	Race	Durée de fermentation	Date de fabrication	Date de l'analyse		Température ambiante de laboratoire
								<i>Ighi</i>	<i>Tiklilt</i>	
<b>FRV-17</b>	Vache	Freha	36°45'24.80"N 4°18'57.72"E	17/06/2021 à 13 h	Montbéliarde	72 heures	20/06/2021	24/06/2021	28/06/2021	24,3°C-33,6°C*
<b>MAV-17</b>	Vache	Makouda	36°47'29.23"N 4°03'47.95"E	17/06/2021 à 15 h	Montbéliarde	72 heures	20/06/2021	24/06/2021	06/07/2021	24,3°C-33,6°C*
<b>SABV-21</b>	Vache	Sidi Ali Bounab (Tadmait)	36°42'14.41"N 3°52'30.19"E	21/06/2021 à 6h30min	La Kabyle	48 heures	23/06/2021	11/07/2021	12/07/2021	19,1°C-32,4°C*
<b>MZV-06</b>	Vache	Mzeguen, Ilula Umalu	36°32'30.90"N 4°26'15.01"E	06/07/2021 à 7h	Montbéliarde rouge	24 heures	07/07/2021	-	-	25°C-39,9°C*
<b>AZC-17</b>	Chèvre	Azeffoune	36°53'20.10"N 4°25'19.78"E	17/06/2021 à 15 h	Alpine	72 heures	20/06/2021	24/06/2021	27/06/2021	24,3°C-33,6°C*
<b>AYMC-21</b>	Chèvre	Ait Yahia Moussa	36°39'31.66"N 3°53'14.91"E	21/06/2021 à 6h30min	Takvaylit Tafardhast	48 heures	23/06/2021	11/07/2021	12/07/2021	19,1°C-32,4°C*
<b>MIC-27</b>	Chèvre	Michelet	36°34'11.35"N 4°18'43.32"E	27/06/2021 à 7h	Takvaylit ma achiwen	24 heures	28/06/2021	08/07/2021	06/07/2021	21°C-30,7°C*
<b>LNIC-27</b>	Chèvre	LNI, Ait Helli (Irdjen)	36°36'11.58"N 4°21'53.50"E	27/06/2021 à 7h30min	Takvaylit Tafardhast	48 heures	28/06/2021	11/07/2021	12/07/2021	21°C-30,7°C*
<b>BOC-06</b>	Chèvre	Bouzuguen, Ahriq	36°39'27.14"N 4°08'43.88"E	06/07/2021 à 7h	Takvaylit ma achiwen	24 heures	07/07/2021	-	-	25°C-39,9°C*

\* : <https://www.meteo.dz/home> <https://www.infoclimat.fr/>





**Figure 6 : Positionnement géographique des sites d'échantillonnage du lait destiné à la fabrication du fromage traditionnel « Tiklilt »**  
[Source : Google Earth 2021]



## II.2. Matériel de laboratoire

### II.2.1. Appareillage :

Le matériel et appareillage utilisé dans la présente étude sont cités dans le Tableau V.

**Tableau V: Liste des appareils utilisés.**

Appareil	Marque
Etuve	memmert
Etuve	BINDER
Etuve	Wisd
pH mètre	EUTECH INSTRUMENTS
Bain marie	memmert
Réfrigérateur	ENIEM
Balance de précision	METTLER PJ400
Agitateur-Vortex	VELP-SCIENTIFICA
Microscope optique	-
Agitateur magnétique	Ruhromay
Autoclave	-
Thermomètre	Testo 915-1
Compteur de colonies	SELECTA
Plaque chauffante	TRISTAR

### II.2.2. Milieux de culture :

- Les milieux de culture utilisés dans la partie analyse microbiologique du fromage étudié « *Tiklilt* » et les conditions d'incubation sont décrits dans le Tableau VI.
- La composition des principaux milieux de culture utilisés dans l'étude microbiologique du fromage *Tiklilt* est décrite dans l'Annexe 02.

**Tableau VI : Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes indésirables et le dénombrement de la flore lactiques dans le fromage traditionnel « Tiklilt » et « Ighi »**

Germes recherchés	Milieux de culture utilisés	Conditions d'incubation		Référence
		Température	Temps	
<b>-Coliformes totaux</b>	- Milieu VRBG	37°C	24 à 48 heures	(JORA n° 72 du 13 décembre 2017)
<b>-Coliformes fécaux</b>	- Milieu VRBG	44°C	24 à 48 heures	(JORA n° 75 du 27 décembre 2017)
<b>Salmonelles</b>	- Eau peptonée tamponnée	37°C	16 à 20 heures	(JORA n°42 du 15 juin 2005)
	- Bouillon SFB + disque de sélénite de sodium	37°C	24 heures	
	- Gélose SS	37°C	24 heures	
<b>Staphylocoques à coagulase positive</b>	- Bouillon GC	37°C	24 heures	(Guiraud, 2003)
	- Gélose Chapman	37°C	24 heures	
<b>Lactobacilles</b>	-MRS	37°C	48 heures	(De Man <i>et al</i> , 1960)
<b>Lactocoques</b>	-M17	37°C	48 heures	(Terzaghi et Sandine, 1975)

### II.2.3. Réactifs de la coloration de Gram :

Les réactifs utilisés dans la coloration de Gram présente sont cités dans le Tableau VII.

**Tableau VII : Réactifs de la coloration de Gram**

Réactifs
Solution de violet de gentiane
Solution de fuschine de ziehl
Solution de lugol
Alcool ethylique (95%)

### **III. Étude de la qualité microbiologique**

Les caractéristiques microbiologiques du fromage traditionnel « *Tiklilt* » ont porté sur deux volets à savoir :

- La recherche de germes indésirables et de contamination dans le but de vérifier la qualité hygiénique du lait fermenté *Ighi* fromage frais *Tiklilt* tout en suivant les normes **JORA n° 39 du 2 juillet 2017** et **JORA n°35 du 27 mai 1998**.
- La recherche et le dénombrement de la flore lactique du fromage.

#### **III.1. Techniques de préparation de prises d'essais pour les analyses microbiologiques**

Une agitation manuelle a été effectuée soigneusement en retournant rapidement 25 fois les flacons contenant les échantillons (*Ighi*) afin de s'assurer que les microorganismes sont uniformément répartis avant l'analyse, tout en évitant la formation de la mousse et en respectant l'intervalle de temps entre le mélange et le prélèvement de la prise d'essai qui ne doit pas dépasser 3 minutes (**JORA n°74 du 25 décembre 2017**).

Dans un récipient stérile, nous avons pesé avec une incertitude de mesure  $\pm 5\%$ , une masse (g) de nos échantillons (*Tiklilt*) pour essai, cette masse est équivalente au minimum de 10g. Nous avons ajouté une quantité de diluant égale à  $9 \times m$  (g) c'est-à-dire  $9 \times 10$  g, mesuré avec une incertitude de mesure  $\pm 5\%$ . La température du diluant était proche de la température ambiante pour ne pas endommager les microorganismes par de brusques changements de température. Nous avons homogénéisé le mélange et nous avons laissé les grosses particules se déposer durant 15 minutes (**JORA n° 38 du 22 juin 2014**).

- **Préparation de la suspension mère**

25g de l'échantillon pour essai du fromage *Tiklilt* ont été pesés et mélangés soigneusement à 225ml du diluant stérile (**JORA n°38 du 22 juin 2014**). Le diluant utilisé pour l'analyse microbiologique est le TSE.

Dans le cas du *Ighi*, la solution mère est lui-même (**JORA n°74 du 25 décembre 2017**).

Selon **JORA n°38 du 22 juin 2014**, le temps qui s'écoule entre la fin de la préparation de la suspension mère et le moment où l'inoculum entre en contact avec le milieu de culture ne doit pas dépasser 45 min, en limitant à 30 min le temps séparant la préparation de la

suspension mère du début de la préparation des dilutions décimales suivantes. Si la température ambiante du laboratoire est trop élevée, il convient de réduire ces deux durées maximales.

- **Préparation des dilutions décimales**

La préparation des dilutions décimales est effectuée dans des conditions d'asepsie, le matériel doit être à usage unique notamment pour la verrerie réutilisable et les micropipettes sont à écoulement total. On utilise autant de tubes qu'il y a de dilutions à effectuer, et qui doivent être préalablement autoclavés, dans lesquels on introduit 9ml de diluant stérile.

A partir de la solution mère (*Ighi*) ou la dilution primaire (*Tiklilt*) on prélève 1ml à l'aide d'une micropipette de 1ml après l'avoir homogénéisée soigneusement en utilisant un agitateur-Vortex [VELP-SCIENTIFICA] (Figure 7), et on l'introduit dans un nouveau tube contenant 9ml du diluant tout en évitant le contact de l'embout avec le diluant stérile. Après homogénéisation, le contenu du tube est considéré comme la dilution de  $10^{-1}$  pour l'échantillon du *Ighi* et la dilution  $10^{-2}$  pour l'échantillon de *Tiklilt*. Ces opérations sont répétées jusqu'à obtention de la dilution  $10^{-7}$  pour chacun des échantillons (*Ighi* ou *Tiklilt*) en utilisant un nouvel embout pour chaque dilution (**JORA n°70 du 7 novembre 2004**).



**Figure 7 : Homogénéisation de la dilution à l'aide d'un agitateur vortex [VELP-SCIENTIFICA]**

Selon **JORA n°70 du 7 novembre 2004**, le temps qui s'écoule entre la fin de la préparation de la dilution primaire et le mélange des dilutions et des milieux ne doit pas être supérieur à 15 minutes.

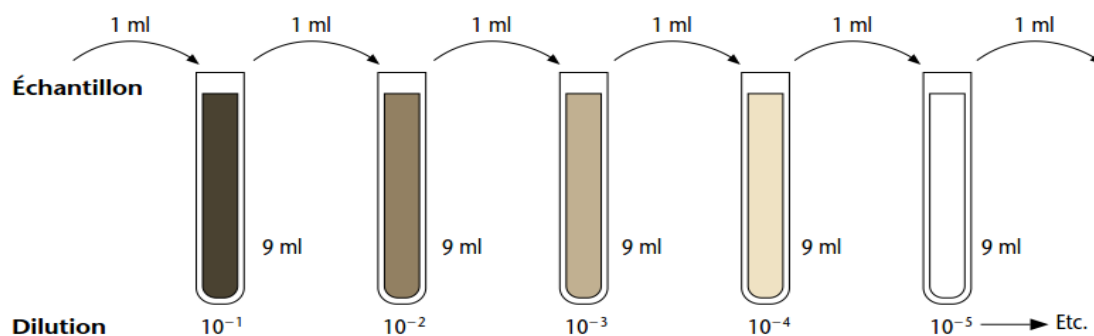


Figure 8 : Préparation des dilutions décimales (Tessier, 2018).

## III.2. Recherche des germes indésirables dans le fromage traditionnel « Tikilt » et « Ighi »

### III.2.1. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale

#### III.2.1.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (thermotolérants)

La recherche et le dénombrement des coliformes se fait sur milieu gélosé VRBG par technique de comptage de colonies ou sur milieu liquide par technique du nombre le plus probable (NPP).

Dans notre étude, nous avons suivi le dénombrement en milieu VRBG par technique de comptage de colonies en utilisant un compteur de colonies [SELECTA] et un marqueur indélébile, en effectuant un ensemencement en profondeur du milieu gélosé coulé dans des boites de pétri stériles selon **l'arrêté du 5 octobre 2017 publié dans le JORA n° 72 du 13 décembre 2017** (coliformes totaux) et **l'arrêté du 11 novembre 2017 publié dans le JORA n° 75 du 27 décembre 2017** (coliformes thermotolérants).

A l'aide d'une micropipette, 1ml de la dilution désirée ( $10^3$  à  $10^{-7}$ ) a été transféré aseptiquement dans des boites de pétri stériles. La gélose VRBG préalablement fondue dans un bain marie à  $110^{\circ}\text{C}$ , est refroidie sous l'eau de robinet jusqu'à une température de surfusion  $44^{\circ}\text{C}$ , ensuite coulée dans les boites de pétri préalablement numérotées (environ 15ml). L'inoculum et la gélose sont mélangés soigneusement et refroidis sur la paillasse. Les conditions d'incubation sont citées dans le Tableau VI.

Après incubation, un dénombrement est réalisé sur les boites présentant des colonies violacées (pourpres), seules les boites contenant entre 30 et 300 UFC sont prises en considération.

La concentration N (UFC/ml pour *Ighi* et UFC/g pour *Tiklilt*) en microorganismes présents dans la prise d'essai de l'échantillon est calculée à l'aide de la formule suivante (**Formule 01**), (**Guiraud, 2003**) :

**Formule 01 :**

$$N = \frac{\sum C}{V \times (n^1 + 0,1n^2)d}$$

**C** : nombre d'UFC observés sur les boites prises en considération

**V** : volume de la suspension étalée à la surface des milieux en ml

**n<sub>1</sub>** : nombre de boites retenues à la première dilution

**n<sub>2</sub>** : nombre de boites retenues à la deuxième dilution

**d** : taux de la dilution la plus faible retenue

Les résultats obtenus sont arrondis à deux chiffres significatifs après la virgule et sont exprimés en UFC/ml pour *Ighi* et UFC/g pour *Tiklilt*.

### **III.2.2. Recherche des germes pathogènes**

#### **III.2.2.1. Salmonelles**

Pour déterminer la présence ou l'absence des Salmonelles dans nos échantillons à analyser (*Ighi* et *Tiklilt*), nous avons utilisé la méthode décrite dans **l'arrêté du 23 janvier 2005 publié dans le JORA n°42 du 15 juin 2005**.

En générale l'analyse microbiologique de ces microorganismes (les Salmonelles) s'effectue en quatre (04) étapes successives expliquées comme suit :

#### **- Pré-enrichissement dans un milieu liquide :**

25g de fromage (*Tiklilt*) ont été introduits dans un flacon contenant 225ml d'eau peptonée tamponnée préalablement stérilisée. La préparation a été homogénéisée sur vortex [VELP-SCIENTIFICA] et incubée à 37°C pendant 16 à 20 heures. Pour *Ighi* un pré-enrichissement n'est pas nécessaire vu qu'il est un produit laitier liquide.

- **Enrichissement :**

Un volume de 10 ml a été prélevé à partir du milieu de pré-enrichissement puis introduit dans des tubes contenant 10 ml du bouillon SFB (Sélénite-F Broth) auxquels on a ajouté les disques de sélénite de sodium. Incubation à 37°C pendant 24 heures (*Tiklilt*).

Concernant *Ighi* la même technique a été suivie mais les 10 ml de l'inoculum ont été prélevés à partir de la solution mère.

- **Isolement :**

Après incubation, des boîtes SS ont étéensemencées en suivant la technique d'isolement par striation (stries serrés) à partir du bouillon SFB (Enrichissement). Incubation à 37°C pendant 24 heures.

- **Lecture des boîtes et identification :**

L'apparition des colonies caractéristiques et distinctes font l'objet d'une identification morphologique (voire la section **IV.2.1**) et biochimique.

### **III.2.2.2. Staphylocoque à coagulase positive**

La recherche des Staphylocoques est précédée par une étape d'enrichissement sur milieu GC suivie d'un repiquage sur milieu gélosé Chapman (**Guiraud, 2003**), en effectuant un ensemencement en surface (**JORA n°68 du 23 novembre 2014**).

10 ml de la suspension (*Tiklilt*) ou de la solution mère (*Ighi*) sont transférés aseptiquement dans un tube contenant 10 ml du bouillon GC, ensuite homogénéisé et incubé à 37°C pendant 24 heures. Après incubation 0,1 ml est prélevé à partir du tube d'enrichissement et introduit dans une boîte de pétri contenant la gélose Chapman préalablement coulée et refroidie, ensuite étalé. Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 heures. La présence des Staphylocoques est révélée par l'apparition de colonies dorées et d'un changement de couleur sur la gélose (**Leksir, 2018**). Ce résultat est suivi d'une confirmation nécessaire par la réalisation de test de coagulase, catalase et la coloration de Gram (voir la section **IV.2.1.2**).

- **Test de coagulase**

A l'aide d'une pipette pasteur stérile quelques colonies caractéristiques (colonies dorées) sont prélevées et introduites aseptiquement dans le bouillon BHIB, puis incubé à 37°C

pendant 24 heures. Après incubation 0.1 ml de la culture est ajoutée à 0.3 ml du plasma du lapin dans un tube à hémolyse stérile et incubé à 37°C. La lecture des résultats se fait après 4 à 6 h jusqu'à 24 h d'incubation. La formation d'un coagulum dans le tube à hémolyse révèle la présence d'une coagulase (**JORA n°68 du 23 novembre 2014**).

#### **IV. Recherche et dénombrement de la flore lactique**

##### **IV.1. Dénombrement de la flore lactique sur milieux gélosés**

Nous avons utilisé deux (2) milieux de culture sélectifs, la gélose M17 (**Terzaghi et Sandine, 1975**) pour les lactocoques et la gélose MRS (*De Man, Rogosa et Sharpe*) (**De Man et al, 1960**), pour la recherche et le dénombrement des lactobacilles. Les milieux M17 agar et MRS agar ont été maintenus dans le bain marie [memmert] à une température de 110°C pour les faire fondre.

Des boîtes de pétri préalablement préparées et numérotées ont étéensemencées en masse en introduisant aseptiquement un volume de 1 ml de l'inoculum prélevé à partir de la dilution désirée ( $10^{-3}$  à  $10^{-7}$ ). Les géloses M17 et MRS fondues et refroidies sous l'eau du robinet jusqu'à température de surfusion  $44^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  ont été coulées par la suite (environ 15 à 20 ml de la gélose). Homogénéiser avec des mouvements circulaires ou en huit (8) les boîtes et les laisser solidifier 10 minutes environ sur la pailleasse. Les conditions d'incubation sont citées dans le Tableau VI.

Le dénombrement des bactéries lactiques est effectué selon la méthode décrite dans la section **III.2.1.1** en utilisant la **Formule 01**.

##### **IV.2. Essai d'isolement et démarche d'identification des bactéries lactiques**

###### **IV.2.1. Isolement et purification des bactéries lactiques**

L'isolement et la purification des bactéries nécessitent l'utilisation de milieux sélectifs (**Guiraud, 1998**). Dans des boîtes de pétri contenant les géloses MRS pour les lactobacilles et M17 pour les lactocoques, 0,1ml des dilutions décimales désirées ( $10^{-3}$  à  $10^{-7}$ ) est introduit et étalé. Ensuite, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures pour les lactocoques et pendant 48 à 72 heures pour les lactobacilles. Après incubation, on obtient des colonies distinctes qui seront utilisées pour les différentes étapes de repiquage des bactéries lactiques.

La purification des souches préalablement isolées est réalisée sur les mêmes milieux sélectifs en effectuant des repiquages successifs par méthode des stries. La pureté des souches



est indiquée par l'apparition des colonies homogènes qui ont le même aspect extérieur (couleur, taille et forme) (Guiraud, 2003).

## **IV.2.2. Identification des bactéries lactiques**

### **IV.2.2.1. Critères morphologiques**

#### **A. Caractérisation macroscopique**

L'examen macroscopique est basé sur l'observation à l'œil nu, en utilisant la loupe binoculaire. Cet examen permet de décrire les colonies bactériennes. Les critères retenus pour l'étude macroscopique sont (l'aspect, la forme, la chromogénèse, l'opacité, l'élévation, la surface, la consistance, l'odeur, etc).

#### **B. Caractérisation microscopique (coloration de Gram)**

Cette technique est parmi les techniques de coloration différentielle la plus utilisée, elle permet de distinguer entre les bactéries à Gram positif et les bactéries à Gram négatif (Tortora et al, 2003), ainsi permet de savoir la forme cellulaire et le type d'association.

La coloration de Gram a été effectuée en suivant 3 étapes essentielles : préparation du frottis, coloration primaire et coloration secondaire.

##### **- Préparation du frottis**

Un prélèvement bactérien à partir des colonies caractéristiques a été réalisé à l'aide d'une pipette pasteur bouclée stérile. Ensuite le frottis a été étalé sur une lame en verre propre avec une goutte d'eau distillée et fixé à la chaleur environ 40°C en les faisant passer deux à trois fois sur la flamme de bec Bunsen tout en évitant la destruction de la structure de la souche bactérienne. Une fois sèche, recouvrir la lame d'alcool pendant 1 minute. Retirer l'alcool et mettre à sécher. Poser la lame séchée sur le portoir reposant sur un bac de coloration (Guiraud, 2012).

##### **- Coloration primaire**

- Le frottis préparé a été coloré pendant 1 min par le violet de Gentiane, puis rincé à l'eau.
- Mettre le fixateur « lugol » qui est une solution aqueuse iodo-iodurée et laisser agir pendant 1 min. La lame a été inclinée puis rincée à l'eau déminéralisée.

▪ Effectuer une décoloration rapide à l'alcool (+acétone). Le filet doit être clair à la fin de la décoloration. Rincer abondamment avec de l'eau déminéralisée pour stopper la décoloration. Eviter l'utilisation abusive de l'alcool pour ne pas rendre toutes les bactéries Gram négatif (**Guiraud, 2012**).

- **Coloration secondaire**

Effectuer une recoloration à la Fuchsine. Mettre de l'eau distillée sur la lame et quelques gouttes de Fuchsine et laisser agir de 30 secondes à 1 minute. Laver doucement à l'eau déminéralisée. Sécher la lame à 50°C (**Guiraud, 2012**).

Après la coloration de Gram, les cellules sont examinées au microscope optique (G × 100) en ajoutant une goutte d'huile d'immersion (**Guiraud, 2012**).

Les bactéries à Gram positif et catalase négative sont présumées des bactéries lactiques.

# *Résultats et Discussion*

## I. Résultats de l'Enquête de terrain

### I.1. Diagramme du procédé artisanal de fabrication

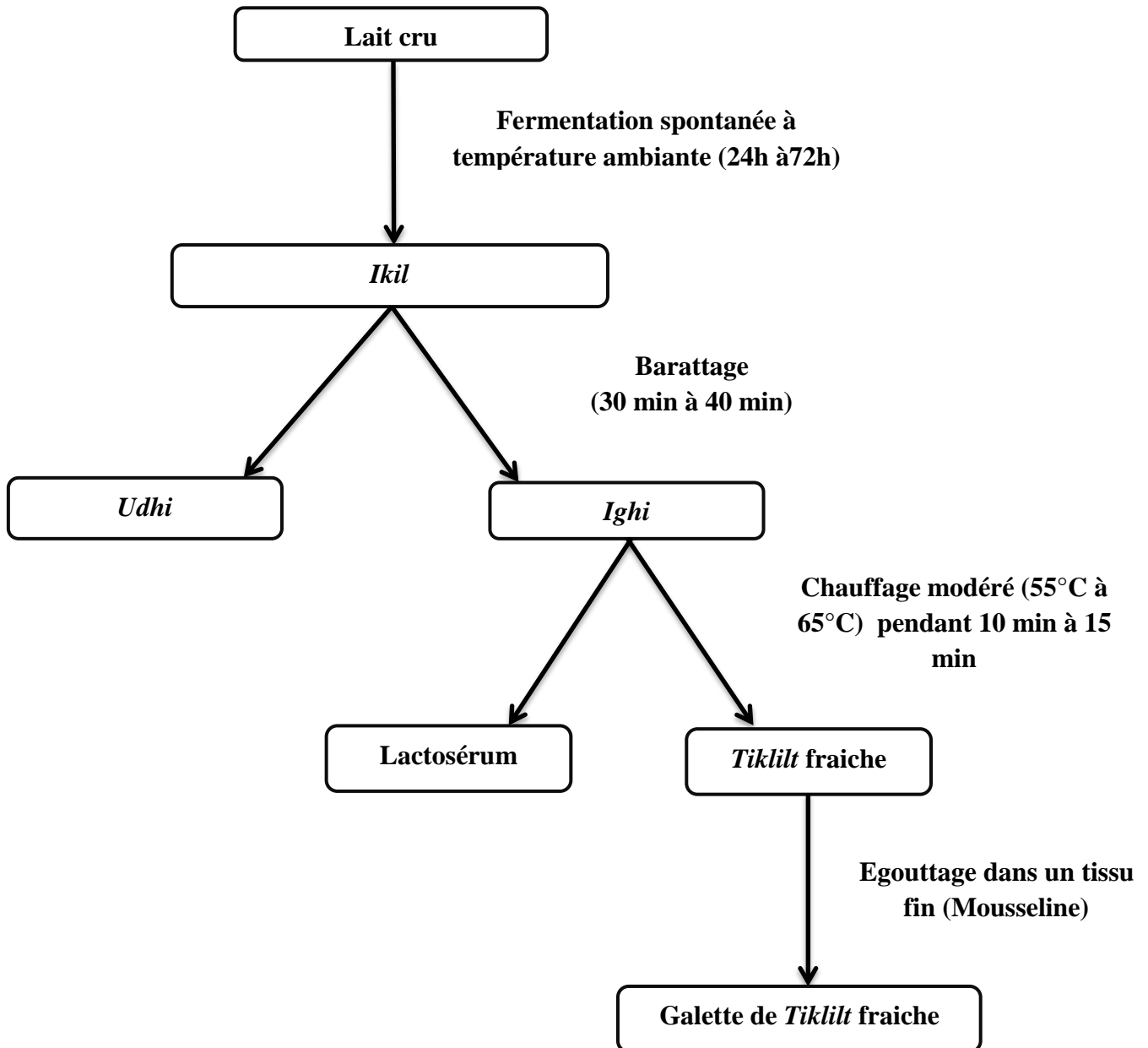


Figure 9 : Diagramme de fabrication du fromage Traditionnel *Tinklilt*

Lors de la réalisation de notre enquête via le questionnaire établi à cette fin (Annexe 1), nous avons remarqué que les sujets jeunes ne connaissent pas le fromage *Tiklilt*. Les sujets connaissant ce fromage étaient les femmes âgées de plus de 45 ans ayant déjà mangé ou observé un membre de leur famille (mère/ grand-mère) préparer ce fromage. Bien que le nombre de répondants ne soit pas très élevé mais les réponses fournies étaient très intéressantes, les informations collectées étaient précieuses émanant d'un savoir-faire ancestral et ça nous a encouragé à continuer dans la thématique car ça contribue à préserver notre patrimoine culturel culinaire surtout qu'il s'agit d'un produit fermenté, nous laissant cette chance de découvrir l'ensemble de populations microbiennes intervenant dans les procédés de fermentation de ce dernier.

Les méthodes traditionnelles de fabrication des produits laitiers fermentés ont été transférées par nos ancêtres à la descendance. Ces compétences font partie du riche héritage de la technologie alimentaire traditionnelle algérienne.

Les femmes enquêtées avant de nous décrire le procédé de fabrication artisanale de notre fromage *Tiklilt* disaient que le lait occupait une place primordiale dans l'alimentation traditionnelle. Il était considéré comme un aliment magique car il peut changer de nature. Le lait est considéré comme une boisson quotidienne sous toutes ses formes (*Ayefki* (lait), *Ikil* (lait caillé), *Ighi* (petit lait), *Tiklilt*, *Udhi* (beurre)...etc).

Après la traite du matin et celle du soir, le lait frais, qu'il soit de vache ou de chèvre, est versé dans un récipient spécial ou il subit un début de fermentation à une température qui peut varier, selon les lieux ou la saison, entre 20 et 35 °C. Il y séjourne jusqu'au lendemain près d'un foyer ou protégé sous des tissus en un lieu tiède. Une fois que le lait caillé (*Ikil*) on le verse dans *Takhssayth Oussendu* ou *Takhchacht* qui est un ancien instrument de barattage fabriqué à base de fruit du calebassier (calebasse) qui est vide et séché. *Takhssayt* nommée aussi *Avechlouq* est suspendue à deux cordes sur un support, pour être secouée à la main, et on vérifie de temps en temps si le beurre commence à apparaître à la surface (*Thivarzthin n udhi*) qui veut dire les grains de beurre. Une fois que les grains de beurre commencent à apparaître, on verse un peu d'eau tiède ou froide selon la saison pour favoriser le rassemblement de ces grains de beurre.

Quand la motte de beurre est formée en un bloc compact, le barattage est arrêté après une durée de 30 min à 45 min. On récupère *Udhi* à la main en formant des boules (*Thawaracht n udhi* ou autrement dit *Thaqa3vucht n udhi*).

Ces femmes disaient aussi que cette opération de barattage se faisait généralement le matin de bonne heure, elle se faisait avec joie et amour sous des mélodies douces d'*Ichewiqen* chantaient par les femmes. A la fin de toutes ces opérations, le produit fini (*Ighi*) est prêt à la consommation et la baratte (*Takhssayt*) est lavée avec des feuilles de pomme, romarin, myrte et lentisque.

Quant au procédé de fabrication de notre fromage *Tiklilt*, les femmes enquêtées disaient que « *Ighi* », cette boisson lactée fraîche produite selon des procédés assez primitifs décrits préalablement, servira pour la fabrication de ce fromage *Tiklilt*.

La fabrication de *Tiklilt* se fait généralement durant la saison des pâturages (le printemps et l'été) et plus précisément entre le 7<sup>ème</sup> jour et les 1<sup>er</sup> mois après la mise bas de la vache ou bien la chèvre. Le lait durant la saison du printemps est en abondance et aussi il est riche en nutriments essentiels (Vitamines et acides aminés).

Une fois le beurre est éliminé, *Ighi* est versé dans une marmite en métal ou en terre cuite et le faire chauffé sur feu doux, sans le toucher pour favoriser la séparation du caillé du lactosérum. Une quantité importante du lactosérum est éliminée à l'aide d'une cuillère ou une louche. Une fois cette opération est finie, le caillé est égoutté dans un tissu fin (mousseline) ou bien est versé directement dans un tamis (*aseksouth*). Une fois qu'il est bien égoutté, le fromage est récupéré sous forme de galette ou bien façonné sous forme de boules.

## **I.2. Mode de consommation de *Tiklilt***

Le fromage *Tiklilt* est très consommé et même incorporé à divers plats traditionnels. Selon les femmes enquêtées, lorsque la femme accouche « *Nnafsa* », sa maman lui prépare un plat spécial très riche en nutriments essentiels appelé « *Tarekkoucht* », pour que la mère va régénérer le sang perdu et récupérer ces forces et aussi pour avoir une bonne qualité du lait. Ce plat est préparé à base de fromage *Tiklilt* mélangée avec les œufs durs et qui offert dans un ustensile traditionnel appelé « *Taànavit, Tadvrit* ou bien *Taghevrit* », ce fameux ustensile module la température par évaporation spontanée.

*Tiklilt* est très utilisée pour préparer des mets spéciaux festifs, notamment elle est préparée pour rencontrer le printemps « *Amager n tefsut* », accompagnée des galettes, des figues sèches, le rituel *Sekssu s thgheddiwth* (couscous à la carde scolyme), *Udhi* (beurre), *Berkoukes* (couscous à gros grains), *Iki* et *Ighi*. Elle est aussi utilisée pour préparer les repas du jour, et plus spécialement le diner qu'ils prendront au retour du pâturage. Le fromage est

incorporé aux *Thighrifine* (crêpes) bouillies au lait, et chez certaines d'autres régions, *Tiklilt* est consommée telle qu'elle est fraîche et donnée beaucoup plus aux petits enfants car elle est riche en éléments nutritifs essentiels pour la santé. Tandis que certains d'autres la consomment fraîche additionnée d'un peu de sel.

### **I.3. Conservation et commercialisation du *Tiklilt***

Ce fromage traditionnel est généralement destiné à la consommation domestique quotidienne. Sa conservation se fait dans des ustensiles en terre cuite à température ambiante et se consomme très rapidement au bout une semaine.

Des fois, ce fromage est destiné à la commercialisation vers la fin de la saison estivale et dès que les premières figues commencent à apparaître.

## **II. Résultats des analyses microbiologiques**

Quelques échantillons ont été perdus avec les incendies et les coupures d'électricité dans la période du mois d'août 2021 vues qu'ils étaient conservés dans le réfrigérateur familial de l'étudiante dans un village de la région de Larbaa Nath Irathen correspondant à la période des vacances universitaires de l'été. Il nous a été impossible de fabriquer d'autres échantillons et de refaire l'ensemble des analyses microbiologiques vue la limitation du temps. Au final nous nous sommes contentés des résultats obtenus.

## II.1. Résultats des analyses microbiologiques du lait fermenté traditionnel *Ighi*

### II.1.1. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale

#### II.1.1.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (thermotolérants)

Les résultats de dénombrement de la flore de contamination fécale (coliformes totaux et coliformes fécaux) et la comparaison des résultats obtenus aux normes du **JORA n°39 du 2 juillet 2017** dans le cas des laits fermentés (*Ighi, Ikil, ...*) sont représentés dans le tableau VIII.

- **m** : nombre de germes présents dans un gramme ou un millilitre de produit analysé, qui correspond à la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est considérée comme satisfaisante.
- **M** : nombre de germes présents dans un gramme ou un millilitre de produit analysé, qui correspond à la valeur au-dessus de laquelle la qualité du produit est considérée comme inacceptable

**Tableau VIII : Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (thermotolérants) du *Ighi* et comparaison de la qualité du produit aux normes du JORA n°39 du 2 juillet 2017**

Echantillon	Coliformes totaux (CT) UFC/ml	CT (JORA n°39 du 2 juillet 2017)		Coliformes fécaux (CF) UFC/ml	CF (JORA n°39 du 2 juillet 2017)	
		m = $3 \times 10^4$	M = $3 \times 10^5$		m = 30	M = $3 \times 10^2$
IFRV-17	$5,24 \times 10^4$	Acceptable		-	Satisfaisante	
IMAV-17	-	Satisfaisante		-	Satisfaisante	
IAZC-17	$4,78 \times 10^3$	Satisfaisante		-	Satisfaisante	
ISABV-21	-	Satisfaisante		-	Satisfaisante	
ILNIC-27	$6,16 \times 10^6$	Inacceptable		$4,57 \times 10^3$	Inacceptable	
IAYMC-21	$5,62 \times 10^4$	Acceptable		-	Satisfaisante	
IMIC-27	$3,35 \times 10^4$	Acceptable		-	Satisfaisante	

Les coliformes totaux sont omniprésents dans nos échantillons à des charges importantes et variables à l'exception de deux échantillons seulement (IMAV-17 et ISABV-21).

La valeur moyenne des coliformes totaux est de  $1,26 \times 10^6$  UFC/ml. Cette valeur enregistrée est supérieur à celle déclarée par **El Marnissi et al. (2013)** dans l'analyse microbiologique de *Lben* marocain qui est de  $1,77 \times 10^5$  UFC/ml  $\pm$  17,8.



Ces résultats indiquent que nos échantillons sont contaminés par les coliformes totaux, lors de la traite ou de la collecte de la matière première (le lait cru).

Cette valeur moyenne des coliformes totaux ( $1,26 \times 10^6$  UFC/ml) est non conforme aux normes publiées dans le **JORA n°39 du 2 juillet 2017** dont la charge acceptable tolérée est  $3 \times 10^4$  à  $3 \times 10^5$  UFC/ml.

Concernant les coliformes fécaux ces derniers sont absents dans la majorité de nos échantillons à l'exception de ICLNI-28 qui présente une teneur de  $4,57 \times 10^3$  UFC/ml. Cette valeur enregistrée reste inférieure à celle signalée par **El Marnissi et al. (2013)** dans l'analyse microbiologique du *Lben* marocain qui est de  $1,8 \times 10^4$  UFC/ml  $\pm 9,1$ .

En comparant cette teneur aux normes du **JORA n°39 du 2 juillet 2017** qui fixe une charge acceptable de 30 à  $3 \times 10^5$  UFC/ml pour les laits fermentés (*Lben* et *Raib*), cette valeur enregistrée est non conforme à ces normes, cet échantillon présente une teneur plus élevée.

La présence de la flore de contamination fécale dans les laits fermentés *Ighi* indique que nos échantillons sont de mauvaise qualité hygiénique.

Le non-respect des bonnes pratiques d'hygiène aussi bien lors de la traite, que de la collecte du lait cru, ou encore lors de sa transformation en *Ighi* et en *Tiklilt* est probablement à l'origine de ce constat.

D'après **El Marnissi et al. (2013)**, lors de l'analyse microbiologique de *Lben* marocain la contamination d'origine fécale a été constatée en été, ceci est probablement dû à la croissance des coliformes thermotolérants sur les équipements (matériel de traite de transport et de stockage) en particulier si le matériel est mal nettoyé.

En effet, les laits crus utilisés comme matière initiale pour cette présente étude ont été collectés durant la période estivale (l'été).

## II.1.2. Recherche des germes pathogènes

### II.1.2.1. Salmonelles

Aucun résultat positif de présence de Salmonelles n'a été trouvé pour l'ensemble des échantillons d'*Ighi (Lben)* analysés.

Selon les normes et les textes réglementaires, dans le cas des laits fermentés (*Ighi, Ikil, ...*), les critères microbiologiques sont les suivants (**Arrêté du 04 Octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires publié dans le JORA n°39 du 02 Juillet 2017**).

- Absence de Salmonelles dans 25g.

Cette absence totale des Salmonelles pourrait être expliquée par l'inhibition de leur croissance au cours de processus de fermentation par certaines substances à activités antimicrobiennes des bactéries lactiques.

### II.1.2.2. Staphylocoques à coagulase positive

Aucune présence de Staphylocoques à coagulase positive n'a été détectée dans la totalité des échantillons d'*Ighi (Lben)* analysés. Les résultats obtenus montrent que les laits analysés sont conforme aux normes établies par le **JORA n°39 du 02 Juillet 2017**.

Ceci pourrait être expliqué par le pH un peu plus acide dû à la fermentation lactique, qui peut être en-dessous du pH minimum de croissance de *S.aureus* qui est de 4,3. D'après **Dacosta (2000)**, les microorganismes pathogènes cessent de croître et meurent éventuellement en-dessous de leur pH minimum de croissance.

## II.2. Résultats des analyses microbiologiques du fromage traditionnel *Tiklilt*

### II.2.1. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale

#### II.2.1.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (thermotolérants)

Les résultats de dénombrement des coliformes totaux et fécaux et la comparaison des résultats obtenus aux normes du **JORA n° 35 du 27 mai 1998** dans le cas des fromages frais sont représentés par le tableau IX.

- **m** : seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante. Tous les résultats égaux ou inférieurs à ce critère sont considérés comme satisfaisants.

- **M** : seuil limite au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique.
- **M = 10m** lors du dénombrement sur milieux solide.

**Tableau IX : Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (thermotolérants) de Tiklilt et comparaison de la qualité du produit aux normes du JORA n°35 du 27 mai 1998**

Echantillon	Coliformes totaux (CT) UFC/g	CT (JORA n° 35 du 27 mai 1998)		Coliformes fécaux (CF) UFC/g	CF (JORA n° 35 du 27 mai 1998)	
		m = 10	M = 10 m		m = 1	M = 10m
<b>TFRV-17</b>	$4,03 \times 10^4$	Inacceptable		-	Satisfaisant	
<b>TMAV-17</b>	-	Satisfaisant		-	Satisfaisant	
<b>TAZC-17</b>	$2,79 \times 10^3$	Inacceptable		-	Satisfaisant	
<b>TSABV-21</b>	-	Satisfaisant		$3,21 \times 10^3$	Inacceptable	
<b>TLNIC-27</b>	$4 \times 10^6$	Inacceptable		-	Satisfaisant	
<b>TAYMC-21</b>	$3,11 \times 10^4$	Inacceptable		-	Satisfaisant	
<b>TMIC-27</b>	$2,84 \times 10^3$	Inacceptable		-	Satisfaisant	

Les coliformes totaux sont présents dans la majorité de nos échantillons à des charges différentes et importantes. Le taux de coliformes totaux est en moyenne de  $8,15 \times 10^5$  UFC/g. Cette valeur est supérieure à celle déclarée par **Rhiat et al. (2011)** qui est de  $1,04 \times 10^3$  UFC/g.

Concernant la charge microbienne fécale (coliformes fécaux), cette dernière est absente dans la majorité de nos échantillons à l'exception de l'échantillon TLNIC-27 qui présente une charge importante des coliformes fécaux qui est de  $3,21 \times 10^3$ .

Ces résultats indiquent que nos échantillons contiennent une teneur considérable et importante de ces microorganismes ceci peut être un indice de contamination fécale récente car la durée de vie de ce type de bactéries est courte dans le produit. Ainsi l'origine de la contamination est généralement les instruments de fabrication et de conservation.

La contamination fécale est présente uniquement dans un seul échantillon TLNIC-27 avec une teneur élevée qui reste inférieure à la valeur moyenne déclarée par **Rhiat et al. (2011)** qui est de  $5,7 \times 10^4$  UFC/g.

Le nombre important de contamination fécale peut être la conséquence d'une propagation rapide et massive de la flore fécale initialement présente dans le lait cru utilisé pour la préparation fromagère.

## II.2.2. Recherche des germes pathogènes

### II.2.2.1. Salmonelles

Aucun résultat de présence des Salmonelles n'a été trouvé pour l'ensemble des échantillons de *Tiklit* analysés.

Selon les normes et les textes réglementaires, dans le cas des fromages frais, les critères microbiologiques sont les suivants (**Arrêté interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 14 Safar 1415 correspondant au 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certains denrées alimentaires publié dans le JORA n°35 du 27 mai 1998**).

- Absence de Salmonelles dans 25g.

Ceci est dû au traitement thermique contrôlé, et aux pratiques d'Hygiène au cours de la fabrication de ce fromage frais traditionnel.

Nos résultats sont comparables à ceux rapportés par d'autres auteurs avec d'autres fromages frais traditionnels. En effet, **Rhiat et al. (2011)** a mentionné l'absence totale des Salmonelles dans l'ensemble des fromages frais marocains (*Jben et Tiklilt*) fabriqués au laboratoire.

### II.2.2.2. Staphylocoques à coagulase positive

Aucune présence de Staphylocoques à coagulase positive n'a été détectée dans la totalité des échantillons du fromage frais traditionnel (*Tiklit*). Les résultats obtenus montrent que les laits analysés sont conforme aux normes établies par le **JORA n°35 du 27 mai 1998**.

Les bactéries lactiques sont utilisées depuis longtemps de façon consciente ou non pour leur activité antimicrobienne. Les produits alimentaires ayant subi une maturation faisant intervenir les bactéries lactiques, comme les produits laitiers, sont protégés contre la plupart de contaminations microbiennes ultérieures. Cette propriété est le résultat de la production par les bactéries lactiques de nombreuses molécules antimicrobiennes comme les acides organiques (acide lactique et acétique), le peroxyde d'hydrogène et les bactériocines (**Morisset et al., 2005**). Nos résultats montrent une charge très importante de la flore lactique dans la totalité de nos échantillons du fromage traditionnel algérien *Tiklilt*, ce qui a inhibé les germes pathogènes notamment les Staphylocoques par sécrétion de nombreuses molécules antimicrobiennes et les bactériocines.

### III. Recherche et dénombrement de la flore lactique

#### III.1. Flore lactique du lait fermenté traditionnel *Ighi*

Le dénombrement des bactéries lactiques a été réalisé sur deux milieux de culture différents : MRS, milieu sélectif des lactobacilles et M17, milieu sélectif des lactocoques. Elles se répartissent sur ces milieux sous forme de colonies rondes, lisses et convexe de couleur blanchâtre ou beige. Leur aspect dans les milieux gélosés est indiqué par la Figure 10 et la Figure 11.

Les résultats obtenus sont donnés par le Tableau IX. La numération de la flore lactique est marquée par une charge importante dans la totalité des échantillons du *Ighi* analysés. En effet, les bactéries lactiques constituent la principale flore du lait fermenté *Ighi* (*Lben*).

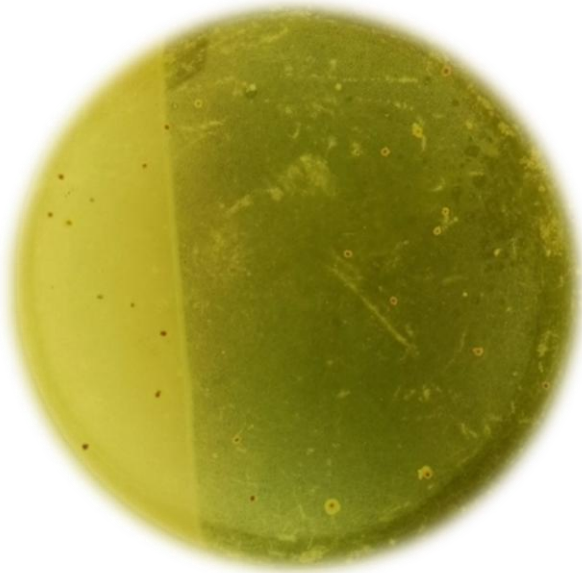
**Tableau X : Recherche et dénombrement de la flore lactique du *Ighi***

Echantillon	Lactobacilles UFC/ml	Coques lactiques UFC/ml
IFRV-17	$5,36 \times 10^4$	$4,21 \times 10^4$
IMAV-17	$6,02 \times 10^5$	$1,39 \times 10^5$
IAZC-17	$7,79 \times 10^4$	$1,69 \times 10^4$
ISABV-21	$3,09 \times 10^4$	$8,7 \times 10^4$
ILNIC-27	$3,31 \times 10^6$	$3,80 \times 10^5$
IAYMC-21	$1,02 \times 10^5$	$6,86 \times 10^3$
IMIC-27	$8,91 \times 10^3$	$9,1 \times 10^3$

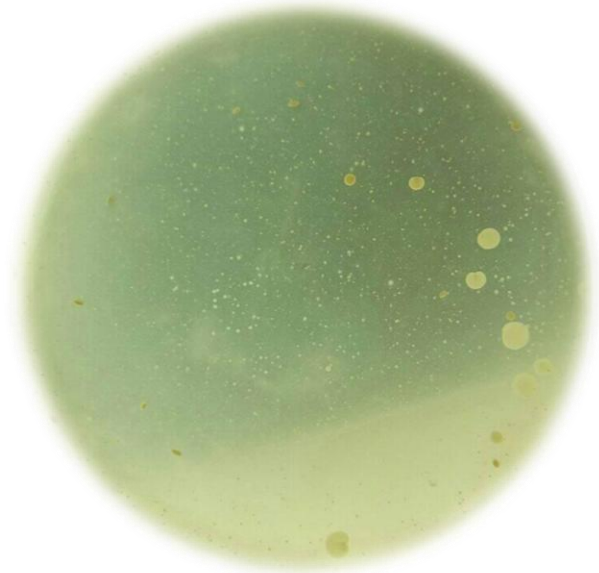
Les valeurs moyennes du dénombrement des lactobacilles sur milieu MRS et des coques lactiques sur milieu M17 dans le lait fermenté *Ighi* étaient de  $5,98 \times 10^5$  UFC/ml et de  $6,8 \times 10^5$  UFC/ml respectivement. **Benali et Sifer (2015)** ont donné des valeurs qui varient entre  $2,04 \times 10^8$  et  $2,57 \times 10^9$  UFC/ml sur le milieu MRS et de  $1,99 \times 10^8$  à  $2,58 \times 10^9$  UFC/ml sur le milieu M17 qui sont supérieures à nos résultats. Le dénombrement des bactéries lactiques par **Bariz (2012)**, était situé entre  $4,82 \times 10^7$  UFC/ml et  $1,63 \times 10^9$  UFC/ml pour les lactobacilles et entre  $1,51 \times 10^8$  UFC/ml et  $8,39 \times 10^9$  UFC/ml pour les lactocoques, ces valeurs sont plus considérables comparées à nos valeurs. Cependant, les valeurs que nous avons obtenu concordent avec celles obtenues par **El Marnissi et al. (2013)** qui a donné une valeur moyenne globale de  $5 \times 10^5 \pm 2,9$  UFC/ml.

Ces résultats montrent que les laits fermentés analysés sont riche en bactéries lactiques ce qui pourrait être expliqué par l'adaptation métabolique de ces dernières en fonction des sources d'azote disponibles dans le lait. Il faut rappeler aussi que la période chaude favorise

l'augmentation d'acidité qui se traduit par un taux élevé des bactéries lactiques (**El Marnissi et al., 2013**), ce qui correspond à notre cas où la majorité de nos échantillons sont fabriqués dans la période estivale.



**Figure 10 : Photographie des colonies des coques lactiques dénombrées sur le lait fermenté *Ighi* sur milieu M17**



**Figure 11 : Photographie des colonies des lactobacilles dénombrées sur le lait fermenté *Ighi* sur milieu MRS**

### **III.2. Flore lactique du fromage traditionnel *Tkililt***

Le dénombrement de la flore lactique dans le fromage *Tkililt* est effectué sur le milieu gélosé MRS pour les lactobacilles et M17 pour les lactocoques. Elle se répartit sur ces milieux sous forme de colonies rondes, lisses et convexe de couleur blanchâtre ou beige. L'aspect des lactocoques sur milieu M17 et des lactobacilles sur milieu MRS est illustré par la Figure 12 et la Figure 13 respectivement.

Les bactéries lactiques sont présentes dans la totalité de nos échantillons avec une charge importante. Les valeurs de dénombrement des lactobacilles et des lactocoques sont représentées dans le Tableau X.

Tableau XI : Recherche et dénombrement de la flore lactique de *Tiklilt*

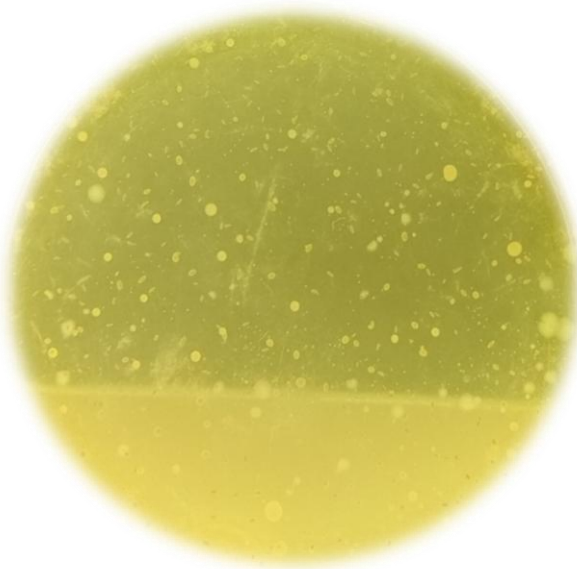
Echantillon	Lactobacilles (UFC/g)	Coques lactiques (UFC/g)
TFRV-17	$3 \times 10^4$	$1,18 \times 10^4$
TMAV-17	$3,17 \times 10^5$	$2,24 \times 10^5$
TAZC-17	$2,15 \times 10^4$	$8,12 \times 10^3$
TSABV-21	$1,34 \times 10^4$	$6,6 \times 10^4$
TLNIC-27	$2,69 \times 10^6$	$2,93 \times 10^5$
TAYMC-21	$4,19 \times 10^4$	$6,13 \times 10^3$
TMIC-27	$5,21 \times 10^3$	$5,57 \times 10^3$

La numération des bactéries lactiques sur milieu MRS indique une valeur moyenne de  $4,45 \times 10^5$  UFC/g, les lactocoques sont aussi présentes dans notre fromage *Tiklilt* avec une charge moyenne de  $6,14 \times 10^5$  UFC/g. Ces valeurs sont plus faibles par rapport à celles obtenues par **Hamala et Belgroune (2019)** dans le fromage *Tiklilt* à base de lait de vache où le dénombrement des lactobacilles et des lactocoques étaient de  $1,06 \times 10^7$  UFC/g et  $2,65 \times 10^6$  UFC/g respectivement, ainsi que dans le lait de chèvre où le dénombrement des lactobacilles et des lactocoques indique une valeur moyenne de  $1,17 \times 10^6$  UFC/g et  $2,78 \times 10^6$  UFC/g respectivement.

Ces valeurs sont aussi inférieures à celles obtenues par **Benali et Sifer (2015)** lors de l'analyse du fromage *Tiklilt* qui montrent une charge considérable en bactéries lactiques estimée de  $2,8 \times 10^6$  UFC/g sur milieu MRS et de  $1,62 \times 10^6$  UFC/g sur milieu M17. **Rhiat et al. (2011)** ont donné une valeur moyenne globale de la flore lactique qui est de  $2,5 \times 10^4$  UFC/g et qui est inférieure à nos résultats.

Les bactéries lactiques constituent la flore principale du fromage traditionnel *Tiklilt*, elles proviennent des bactéries autochtones responsables de la fermentation spontanée du lait en *Ighi*, et qui sera transformé en *Tiklilt*. Ces bactéries ont un intérêt technologique sur la saveur et la texture, ainsi que sur la conservation et la protection comme dans le cas des fromages artisanaux (**Leksir, 2018**). La flore lactique confère à ces fromages une protection contre les germes pathogènes et les contaminations bactériennes indésirables par sa capacité d'acidification et la baisse du pH, ainsi que grâce à leur activité inhibitrice et leur capacité de produire des substances antibactériennes telles que les bactériocines qui ont un rôle dans la prolongation de la durée de conservation. Cela rend ainsi le fromage sain et salubre.





**Figure 12 : Photographie des colonies des coques lactiques dénombrées sur le fromage traditionnel *Tiklilt* sur milieu M17**



**Figure 13 : Photographie des colonies des lactobacilles dénombrées sur le fromage traditionnel *Tiklilt* sur milieu MRS**

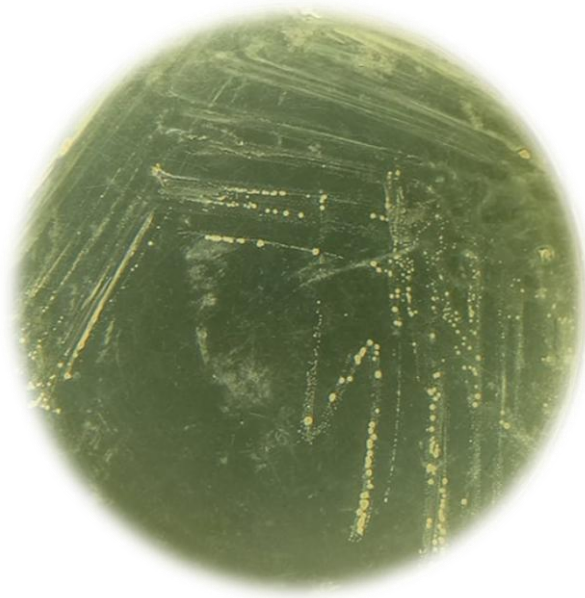
### III.3. Démarche d'identification des bactéries lactiques

#### III.3.1. Caractérisation macroscopique et essai d'isolement des bactéries lactiques

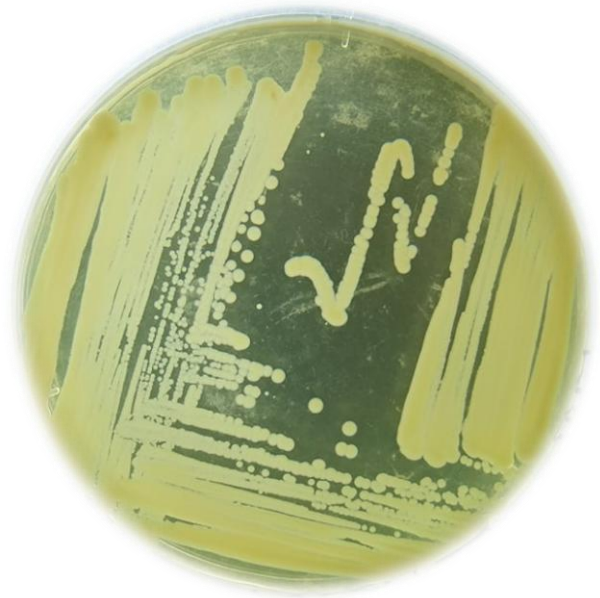
A partir d'un échantillon du *Ighi*, nous avons isolé les bactéries lactiques sur milieu gélosé MRS pour les lactobacilles et milieu gélosé M17 pour les lactocoques.

Les isolats obtenus nous ont permis de distinguer des colonies de différentes tailles, de forme circulaire et lenticulaires et de couleur crémeuse. Nos résultats sont représentés par la Figure 14 et la Figure 15. Ces isolats peuvent servir par la suite dans les différentes étapes de la purification que nous n'avons pas pu réaliser vu que nous nous sommes limités par la crise sanitaire.





**Figure 14 : Photographie de résultat de l'isolement des lactobacilles sur gélose MRS**

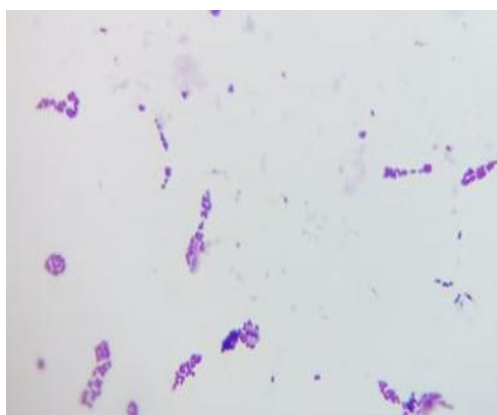


**Figure 15 : Photographie de résultat de l'isolement des lactocoques sur gélose M17**

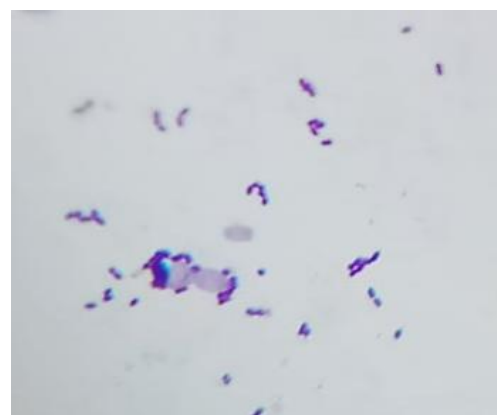
### III.3.2. Identification microscopique

L'étude microscopique repose sur la coloration de Gram qui permet de savoir le type de Gram (les bactéries à Gram positif et les bactéries à Gram négatif), la forme cellulaire et le type de l'association.

Nous avons réalisé une coloration sur les bactéries lactiques d'un seul échantillon de *Tiklilt* (TVFR-28) et d'*Ighi* (ICAZ-24). Après observation au microscope optique au grossissement ( $G \times 100$ ) en ajoutant de l'huile d'immersion, nous avons obtenu les résultats indiqués dans les Figure 16.



(a)



(b)

**Figure 16 : Photographie de l'observation microscopique des bactéries lactiques ( $G \times 100$ )**

Les bactéries qui ont poussé sur les milieux gélosés MRS et M17 sont des bactéries à Gram positif, leur aspect microscopique révèle une forme de coccobacilles disposés en paire, en tétrade ou en chaîne.

On suspecte que les microorganismes apparus dans les boîtes sont apparentés aux genres des *Leuconostoc* ou *Pediococcus*.

#### **IV. Limitations de l'étude**

Notre étude comporte des points forts et nouveaux qui donnent l'originalité au présent travail :

- L'étude réalisée sur *Tiklilt* est la première de son type dans la région de Tizi Ouzou. Elle nous a permis de collecter des informations auprès des vieilles femmes qui fabriquent ce fromage. *Tiklilt* est connue depuis longtemps dans nos régions mais elle a été en voie de disparition à cause de l'exode rurale et la cherté de vie.
- Les informations collectées nous ont permis de constater que ce fromage est l'une des formes de conservation d'*Ighi* et du lait aigre. Cela permettait d'éviter toute forme de gaspillage chez nos ancêtres.
- L'étude microbiologique de notre fromage *Tiklilt* a montré une quantité satisfaisante de la flore lactique bénéfique, ce qui est motivant à faire pousser notre étude.

Néanmoins, notre étude présente quelques limitations dont nous citons :

- Vu la situation sanitaire, les incendies qui ont touché nos régions ainsi que les coupures d'électricité, nous avons perdu nos échantillons et nous n'avons pas pu continuer nos analyses.
- Nous n'avons pas pu aussi identifier les bactéries lactiques en réalisant quelques tests de la galerie biochimique suite à la crise sanitaire, les incendies et le manque des milieux de cultures et les réactifs nécessaires.
- Nous n'avons pas pu aussi réaliser une identification des bactéries lactiques à cause de la non disponibilité de la galerie API50CH, ainsi que de continuer leur identification moléculaire par réalisation de la PCR et d'un séquençage.

*Conclusions  
& Perspectives*

## Conclusion

A la lumière des résultats obtenus, et suite à l'étude réalisée sur le terrain par le biais d'une enquête de fabrication du fromage frais traditionnel *Tiklilt* dans les milieux ruraux de la grande Kabylie (Tizi Ouzou), cette étude nous a démontré que *Tiklilt* est un fromage traditionnel fabriqué principalement pour la consommation domestique quotidienne par fermentation spontanée de lait cru produit localement, ce fromage est plus au moins commercialisé d'une manière artisanale. *Tiklilt* s'est révélée être un fromage préparé pour célébrer les traditions de notre patrimoine Kabyle. Les résultats de l'enquête nous ont permis d'établir le diagramme de fabrication précis de ce fromage.

Au cours de cette étude, nous avons aussi contrôlé la qualité hygiénique de ce fromage en effectuant une série d'analyses microbiologiques. Nos résultats ont révélé l'absence totale d'espèces pathogènes (Salmonelles et Staphylocoques à coagulase positive). Les dénombrements de la flore bactérienne, notamment celles indicatrices des contaminations (coliformes totaux et fécaux), ont été enregistrés à des taux non conformes aux normes. Malgré l'absence de la flore pathogène, nous avons enregistré un taux de coliformes totaux considérable dans les produits laitiers traditionnels analysés (*Ighi* et *Tiklilt*), ce qui a révélé une qualité hygiénique non satisfaisante de ce fromage de terroir algérien ainsi qu'une mauvaise qualité hygiénique des laits fermentés traditionnels utilisés comme matière première traduisant ainsi le non-respect des bonnes pratiques d'hygiène et une contamination lors de la traite et de la collecte du lait cru.

Les résultats obtenus lors du dénombrement des bactéries lactiques ont révélé que la flore lactique est présente en teneurs élevées et variables. Les valeurs moyennes du dénombrement des lactobacilles sur milieu MRS et des lactocoques sur milieu M17 dans les laits fermentés traditionnels (*Ighi*) étaient de  $5,98 \times 10^5$  UFC/ml et de  $6,8 \times 10^5$  UFC/ml respectivement. Tandis que la numération des bactéries lactiques du fromage traditionnel *Tiklilt* sur milieu MRS a indiqué une valeur moyenne de  $4,45 \times 10^5$  UFC/g et une charge moyenne de  $6,14 \times 10^5$  UFC/g pour les coques lactiques.

Il est nécessaire d'adopter un processus de fabrication adéquat vigilant et simple pour la préparation du fromage traditionnel frais, tout en respectant les bonnes pratiques d'hygiène afin de réduire les contaminations susceptibles de cette denrée fragile et obtenir un produit salubre conforme aux normes microbiologiques nationales.

## **Perspectives**

Cette étude constitue une première étape de caractérisation du fromage frais traditionnel « *Tiklilt* » qui va être complétée par la réalisation d'études approfondies notamment :

- La réalisation d'une enquête de fabrication et de consommation élargie à la wilaya de Tizi-Ouzou voir aussi les autres wilayas de la Kabylie.

- La réalisation d'essais d'incorporation du fromage *Tiklilt* dans des produits alimentaire et réalisation des tests sensoriels et des analyses nutritionnelles pour déterminer la valeur nutritive des produits auxquels est ajoutée.

- Approfondir l'étude des bactéries lactiques du fromage *Tiklilt* dans l'objectif de chercher des souches d'intérêt technologique.

- Une identification des germes ayant poussé dans les boites peut se faire en suivant les étapes suivantes :

- Réaliser un isolement suivit de repiquages successifs sur milieu MRS et M17.
- Une analyse macroscopique des isolats obtenus à l'aide d'une loupe binoculaire.
- Faire quelques tests de de la galerie biochimique classique ou de préférence réaliser une galerie API50CH.
- L'utilisation de manuelle de Bergey pour la taxonomie bactérienne.
- Faire une identification moléculaire et comparer le microorganisme isolé avec ceux de la base NCBI. Si la souche identifiée est répertoriée dans la base, on compte orienter les recherches en se basant sur cette souche. Si l'espèce ou la souche obtenue n'existe pas dans la base (nouvelle souche), un séquençage de génome peut être réalisé. Celui-ci servira pour répertorier l'espèce obtenue.

*Références  
bibliographiques*

## Références Bibliographiques

### A

**Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R. et Turgeon H. (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In **Vignola C-L**, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN 2-553-01022-X, pp 1-62.

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

**Aissaoui Zitoun O. (2014).** Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Bouhezza ». Thèse de doctorat en Sciences alimentaires, INATAA Constantine. Université de Constantine 174p.

**Alais C. (1975).** Science de lait. Principe des techniques laitières, volume11, 3ème édition, 1-60 pp.

**Alais C. (1984a).** Produits laitiers divers. Science du Lait: Principe des techniques laitières, 4<sup>ème</sup> ed., Paris: Edition SEPAIC, pp 723-764.

**Alais C. et Linden, G. (1997).** Abrégé de biochimie alimentaire. 4ème Edition Masson. Paris, pp 119-123.

**Aude D. (2020).** Le marché des fromages (fondus) Algérie. BCI-info (Bretagne Commerce International).

[https://www.bretagnecommerceinternational.com/voy\\_content/uploads/2020/11/etude-bci-info-fromages-fondus-algerie.pdf](https://www.bretagnecommerceinternational.com/voy_content/uploads/2020/11/etude-bci-info-fromages-fondus-algerie.pdf)

**Avagodo A. (2004).** Caractérisation biochimique et Moléculaire des bactéries Lactiques productrices d'exopolysaccharides isolées à partir d'échantillons de lait fermenté du Burkina faso. These doctorat. Biochimie et Biotechnologie. Université Ouagadougou.

### B

**Balthazar C-F., Pimental T-C., Ferrao L-L., Almada C-N., Santillo A., Albenzio M., Moullakhalili N., Mortazavian A-M., Nascimento J-S., Silva M-C., Freitas M-Q., Sant'Ana A-S., Granato D. and Cruz A-G. (2017).** Sheep milk : Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. In Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(2), pp 247-262.

**Bariz K. (2012).** Etude de la microflore du lait fermenté traditionnel (*Ighi*), recherche de souches de bactéries lactiques productrices de bactériocines. Mémoire de magistère, Université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou, Algérie, 86p.

**Batt C-A. (2000).** Lactococcus introduction. In Encyclopedia of Food Microbiology. Ed Robinson R-K., Batt C-A. and Patel P-D. Academic press, San Diego. pp 1164-1166.

**Benali N., Sifer H. (2015).** Enquête sur les conditions de fabrication de certains produits laitiers traditionnels et l'étude de leur qualité microbiologique, Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de Master, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia, Algérie.44p.

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

**Bendimerad N. (2013).** Caractérisation phénotypique technologique et moléculaire d'isolats de bactéries lactiques de laits crus recueillis dans les régions de l'Ouest Algérien. Essai de fabrication de fromage frais type «Jben ». Thèse de Doctorat en Microbiologie alimentaire, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, 162p.

**Ben Danou C. (1929).** Quelques notes de laiterie sur l'Algérie. Le lait : INRA Editions 9(82), pp161-163. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00894939/document>

**Bennett R-J and Johnston K-A (2004).** General Aspects of Cheese Technology. In Cheese : Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition - Volume 2 : Major Cheese Groups, pp 23-50.

**Benkerroum N. and Tamime A-Y. (2004).** Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (Lben, Jben and Smen) to small industrial scale. Food Microbiol, 21(4),pp 399-413.

**Benkerroum N. (2013).** Traditional Fermented Foods of North African Countries : Technology and Food Safety Challenges With Regard to Microbiological Risks. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(1) ,pp 54-89.

**Björkroth J., Dicks L-M. and Endo A. (2014).** The genus Weissella. *Lactic acid bacteria: Biodiversity and taxonomy*. Ed John Wiley & Sons,UK, pp 391-404.

**Brisabois A., Lafarge V., Brouillaud A., de Buyser M-L., Collette C., Garin-Bastuji B. et Thorel M-F. (1997).** Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers: situation en France et en Europe. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz, 16 (1),pp 452-471.

**Brulé G., Lenoir J. et Remeuf F. (1997).** La micelle de caséine et la coagulation du lait, volume16, 3<sup>ème</sup> édition lavoisier, pp7-14.

## C

**Camps G. (1984).** Encyclopédie berbère, Volume IV Alger - Amzouar. Ouvrage publié avec le concours et sur la recommandation du Conseil International de la Philosophie et des sciences humaines UNESCO. ISBN 2-85744-201-7 & 2-85744-282-3. Editions EDISUD, France, pp447-629.



**Carr F-J., Chill D. et Maida N. (2002).** The Lactic Acid Bacteria: A Literature Survey. In *Critical Reviews in Microbiology*, 28 (4), pp 281-370.

**Claps S. et Morone G. (2011).** Produits laitiers et fromagers traditionnels de l'Algérie. In *Développement de la Filière laitière et Fromagère en Algérie, CorFilac.* pp57-77.

**Chibane H. et Chibane S. (2016).** Les plats traditionnels De la région « At Yaëla » de Bouira. Mémoire de Master 2 en Langue et Culture Amazighes. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 137p.

**CODEX STAN 283 (1978).** Codex Standard 283-1978, Norme générale Codex pour le fromage, 8p.

**Corrieu G. et Luquet F-M. (2008).** Bactéries lactiques, de la génétique aux ferments, édition Tec. et Doc. Lavoisier, Paris France, 849p.

**Cecchinato A., Degno L. et Carrier P. (2009).** Effect of milk protein variant on the protein composition of bovine milk. *Journal of Dairy Science.* 92 : 5304-5313.ISBM, 132p.

## **D**

**-Dallet J-M. (1982).** Dictionnaire Kabyle-Français, Parler des At Manguellat Algérie. Etudes ethnolinguistiques Maghreb-Sahara. Université de Provence Aix-Marseille I. SELAF. Paris. 1008p.

**Dacosta Y. (2000).** La bioprotection des aliments: l'antagonisme microbien au service de la sécurité et de la qualité microbiologique des aliments. Ed. YVES DACOSTA. Paris.

**De Man I-C., Rogosa M. and Sharpe M-E. (1960).** A medium for the cultivation of lactobacilli. *Journal of applied bacteriology*, 23(1),pp 130-135.

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

**De Vos P., Garrity G-M., Jones D., Krieg N-R., Ludwig W., Rainey F-A., Schleifer K-H. and Whitman W-B. (2009).** *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Second Edition, Volume 3: the Firmicutes, Springer USA, 1422p.

**Drouault S. and Corthier G. (2001).** Health effects of lactic acid bacteria ingested in fermented milk. *Veterinary research*, 32(2), pp 101-117.

## **E**

**El Marnissi B., Belkhou R., El Ouali Lalami. et Bennani L. (2013).** Caractérisation microbiologique et physicochimique du lait cru et de ses dérivés traditionnels Marocains (*Lben* et *Jben*). *LES TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE*, 8(33), pp 100-111.

**El-Agamy E-I., Nawar M., Shamsia S-M., Awad S. and George F-W. (2009).** Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children ?. In Small Ruminant Research, 82(1), pp 1-6.

## **F**

**FAO. (1990).** The technology of traditional milk products in developing countries. FAO Animal Production and Health. Paper N°85. Rome : Food and Agricultural Organization of the United Nations. 333p. <http://www.fao.org/docrep/003/t0251e/t0251e00.htm>

**FAO. (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO: Alimentation et nutrition N° 28. Rome, 271p.

**FAO. (1998).** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Collection FAO: Alimentation et nutrition. 28p.

**Frank J-F., Hassan A-N. (2002).** Microorganisms associated with milk. Encyclopedia of Dairy Sciences. Oxford . Elsevier. pp 1786-1796.

## **G**

**Gast M. (1991).** Encyclopédie berbère, Volume I Baal – Ben Yasla (Baratte). Ouvrage publié avec le concours et sur la recommandation du Conseil International de la Philosophie et des sciences humaines UNESCO. ISBN 2-85744-509-1et 978-2-85744-509-8. Editions EDISUD. pp 1289-1449.

**Guetouache M., Guessas B. and Medjekal S. (2014).** Composition and nutritional value of raw milk. Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research, 2(10), pp 115-122.

**Guiraud J-P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Microbiologie des principaux produits alimentaires. DUNOD. Paris. 651p.

**Guiraud J-P. (2003).** Microbiologie alimentaire. Technique et ingénierie, Dunod, série Agro-alimentaire, Paris, 652p.

**Guiraud J-P. (2012).** Microbiologie alimentaire. Dunod, Paris, 651p.

**Grundy M. et Ghazi F. (2009).** Research priorities in haemato-oncology nursing: results of a literature review and a Delphi study, Eur J Oncol Nurs, 13(4), pp 235-249.

**Goursaud J. (1985).** The minerals of milk. Reproduction Nutrition and Developement. 643p.

**Goursaud, J. et Boudier J-F. (1985).** Composition et propriétés physico-chimiques. Laites et produits laitiers: vache, brebis, chevre/Societe scientifique d'hygiene alimentaire; Francois M. Luquet, coordonnateur, assiste de Yvette Bonjean-Linczowski; prefaces de J. Keilling, R. de Wilde, 93p.

## H

**Hamad M-N, Ismail M-M and El Menawy R-K-(2016).** Chemical, Rheological, Microbial and Microstructural Characteristics of Jameed Made from Sheep, Goat and Cow Buttermilk or Skim Milk. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 3(4), pp. 46-55.

**Hamla H. et Belgroune K. (2019).** Fabrication et suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques de Jben et Klila fabriqués à partir du lait de vache et de chèvre. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie, Université L'Arbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, Algérie, 41p.

**Hutkins R-W. (2006).** *Microbiology and Technology of Fermented Foods*. IFT Press series, Blackwell Publishing, USA. 473 p.

## I

**Institu de l'élevage. (2009).** *Traite des vaches laitières, Matériel. Installation. Entretien*. 1<sup>er</sup>Edition, France Agricole, ISBN-13 : 9782855571638, 555p.

**Issa A-T. et Tahergorabi R. (2019).** Chapter 22 - Milk Bacteria and Gastro-intestinal Tract: Microbial Composition of Milk. In **Watson R-R. and Preedy V-R,** *Dietary Interventions in Gastro-intestinal Diseases*, Academic Press, ISBN 9780128144688, pp 265-275.

## J

**JORA n° 35 (27 mai 1998).** Arrêté interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 14 Safar 1415 correspondant au 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certains denrées alimentaires.

**JORA n° 38 (22 juin 2014).** Arrêté du 28 Rajab 1435 correspondant au 28 mai 2014 rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique.

**JORA n° 39 (2 juillet 2017).** Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires.

**JORA n° 42 (15 juin 2005).** Arrêté du 13 Dhou El Hidja 1425 correspondant au 23 janvier 2005 rendant obligatoire une méthode de recherche des salmonella dans le lait et les produits laitiers.

**JORA n°68 (23 novembre 2014).** Arrêté du 21 rajab 1435 correspondant au 21 mai 2014 rendant obligatoire la méthode de dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces).

**JORA n° 70 (7 novembre 2004).** Arrêté du 26 Rajab 1425 correspondant au 11 septembre 2004 rendant obligatoire une méthode de préparation des échantillons pour essai et dilutions en vue de l'examen microbiologique.

**JORA n° 72 (13 décembre 2017).** Arrêté du 14 Moharram 1439 correspondant au 5 octobre 2017 rendant obligatoire la méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes par comptage des colonies.

**JORA n° 74 (25 décembre 2017).** Arrêté du Aouel Rabie El Aouel 1439 correspondant au 20 novembre 2017 rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique des laits et des produits laitiers.

**JORA n° 75 (27 décembre 2017).** Arrêté du 21 Safar 1439 correspondant au 11 novembre 2017 rendant obligatoire la méthode de dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44 °C.

**José R. (2014).** A propos du lait cru. Agriculture wallonie. 65p.  
<https://agriculture.wallonie.be/documents/20182/21894/A-propos-du-lait-cru.pdf/a4428a60-a322-4cd2-977f-75b8f5d8a397>

## **K**

**Khoualdi G. (2017).** Caractérisation du fromage traditionnel algérien «Medeghissa». Mémoire de Magister En sciences alimentaires I.N.A.T.A.A Constantine. Université de Constantine 1. 108p.

**Kodio A. (2005).** Qualité de produits laitiers de production industrielle et artisanale, Thèse de pharmacie. Bamako. 17p.

**Kouamé-Sina S-M., Bassa A., Dadié A., Makita K., Grace D. et Bonfoh B. (2010).** Analyse des risques microbiens du lait cru local à Abidjan (Côte d'Ivoire). Revue Africaine de Santé et de Productions animales, pp 35-42.

**Kubota H., Tsuji H., Matsuda K., Kurakawa T., Asahara T. and Nomoto, K. (2010).** Detection of human intestinal catalase-negative, Gram-positive cocci by rRNA-targeted reverse transcription-PCR. *Applied and environmental microbiology*, 76(16), 5440-5451.

## **L**

**Lahsaoui S. (2009).** Étude du procédé de fabrication d'un produit laitier traditionnel algérien "Klila". Mémoire d'ingénieur d'état, Université El Hadj Lakhdar-Batna, 72p.

**Leksir C. (2012).** Caractérisation et contrôle de la qualité de ferments lactiques utilisés dans l'industrie laitière algérienne, Mémoire de magister, Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaire (INATAA) Université de Constantine 1. 118p.

**Leksir C. (2018).** Caractérisation, fabrication et consommation du dérivé laitier traditionnel « Klila » dans l'Est algérien. Thèse de Doctorat en sciences biologiques. Faculté des Sciences de La Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Département de Biologie. Université 8 Mai 1945 Guelma. 156p.

**Leksir C., Boudalia S., Moujahed N. and Chemmam M. (2019).** Traditional dairy products in Algeria: case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods*, 6(1), 14p.

## **M**

**Mahamedi A-E (2015).** Etude des qualités : hygiénique, physicochimique et microbiologique des ferments et des beurres traditionnels destinés à la consommation dans différentes régions d'Algérie. Mémoire de Magister en Biologie. Benlahcen K. Université d'Oran. Algérie. 111p.

**Makhlouf M., Montaigne E. et Tessa A. (2015).** « La politique laitière algérienne : entre sécurité alimentaire et soutien différentiel de la consommation », *NEW MEDIT*, 14(1), pp 12-23

**Mechai A., Debabza M. and Kirane D. (2014).** Screening of technological and probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from Algerian traditional fermented milk products. *International Food Research Journal*, 21(6), pp 2451-2457.

**Mazahreh A-S, Al-Shawabkeh A-F and Quasem J-M. (2008).** Evaluation of the Chemical and Sensory Attributes of Solar and Freeze-Dried Jameed Produced from Cow and Sheep Milk with the Addition of Carrageenan Mix to the Jameed Paste. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3(3), pp 627-632.

**Mofredj A., Bahloul H. et Chanut C. (2007).** *Lactococcus lactis* : un pathogène opportuniste ?. In [Médecine et Maladies Infectieuses](#), 37(4), pp 200-207.

**Morisset D., Berjeaud J-M., Frère J. & Héchard Y. (2005).** « Bactériocines de bactéries lactiques ». In *Bactéries lactiques et probiotiques*. Corrieu G. et Luquet F-M. TEC et DOC. Lavoisier. Paris. 306p.

**Mahaut M., Jeantet R., Schuck. et Brule G. (2000).** Les produits industriels laitiers Ed. tec & Doc. Lavoisier, Paris, 184p.

**Mathieu J. (1999).** Initiation à la physico-chimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 220p.

## **O**

**Ouadghiri M. (2009).** Biodiversité des bactéries lactiques dans le lait cru et ses dérivés «Lben» et «Jben» d'origine marocaine, thèse de doctorat en Microbiologie et Biologie Moléculaire. Université Mohammed V-agdal Faculté des sciences Rabat, Maroc. 132p.

**Oliver S-P. and Murinda S-E., Krause D-O. et Hendrick S. (2011).** Milk and raw milk consumption as a vector for human disease. In **Krause D-O. and Hendrick S**, *Zoonotic Pathogens in the Food Chain*. CAB International, Oxfordshire, UK, ISBN-13: 978 1 84593 681 5, pp 99–118.

## R

**Ramet J-P. (1985).** La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen. Etude FAO Production et Santé Animales 48. Rome, Italie. 222p.  
<http://www.fao.org/3/T0755F/T0755F00.htm#TOC>

**Rhiat M, Labioui H, Driouich A, Aouane M, Chbab Y, Driouich A, Mennane Z et Ouhssine M. (2011).** Étude bactériologique comparative des fromages frais marocains commercialisés (Mahlabats) et des fromages fabriqués au laboratoire. Afrique SCIENCE, 07(3), pp 108 – 112.

**Robinson R-K. (2002).** Dairy Microbiology Handbook, third Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York USA, 764p.

## S

**Savadogo A. et Traore A. (2011).** La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. In International Journal of Biological and Chemical Sciences, 5(5), pp 2057-2075.

**Shetty K., Paliyath G., Pometto A. et Levin R-E. (2006).** Food biotechnology, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, 1982p.

**Seydi M. (2004).** Caractéristiques du lait cru. EISMV, Dakar. 12p.

## T

**Tagg J-R., Wescombe P-A., & Burton J-P. (2012).** *Streptococcus* : A Brief Update on the Current Taxonomic Status of the Genus. In Lactic Acid Bacteria microbiological and functional aspects, Fourth editions, Taylor and Francis Group, 13: 978-1-4398-3678-1. P 123-146. UK.

**Tantaoui-Elaraki A. and El Marrakchi A. (1987).** Study of the Moroccan dairy products : Lben and smen. World Journal of applied Microbiology and Biotechnology, 3(3), pp 211-220.

**Terzaghi B-E. and Sandine W-E. (1975).** Improved medium for lactic streptococci and their bacteriophages. Applied Microbiology, 2, 807-813.

**Tessier L. (2018).** Technologies des bioprocédés industriels, 2<sup>ème</sup> édition. CCDMD. Canada, 491p.

**Tortora G-J., Funke B-R. et Case C-L. (2003).** Introduction à la microbiologie. Edition durenouveau pédagogique. Canada. 945p.

**Tyriseva A-M., Vahlsten T., Ruottinen O. et Ojala M. (2004).** Noncoagulation of milk in Finnish Ayrshire and Holstein-Friesian cows and effect of herds on milk coagulation ability. *Journal of Dairy Science*, 87(11), pp3958-3966.

**W**

**Walstra P. (1990).** On the Stability of Casein Micelles. In journal of dairy science. Volume 73, Issue 8, pp 1965-1979.

**Y**

**Yildiz F. (2010).** Developpement and manufacture of yougurt and other dairy products, CRC Press Taylor & Francis Group, USA, 435 p.

# *Annexes*



**Annexe 01 : Questionnaire sur le fromage traditionnel *Tiklilt***



**Ministère de l'enseignement supérieur et de la  
recherche scientifique  
Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou**

**Etude du procédé artisanal de fabrication  
du fromage traditionnel « *Tiklilt* » dans la  
région de Tizi Ouzou**



Mémoire de Master préparée par : M<sup>elle</sup> **KRIM Tinhinane**  
M<sup>elle</sup> **REKHOU Lila**

Encadré par : M<sup>me</sup> **LEKSIR MANSOUR Choubaila**

Intitulé du mémoire : **Etude du procédé artisanal de fabrication du  
fromage traditionnel « *Tiklilt* » dans la région de Tizi Ouzou**

**Identification du répondant :**

1. Vous êtes :
  - Femme
  - Homme
2. Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous :
  - 30-40
  - 41-50
  - 51-60
  - Plus de 60

***Année pédagogique 2020-2021.***

## Veuillez-répondre aux questions suivantes S.V.P

### Section I : Questions destinées aux producteurs :

1. Quelle est la matière première utilisée pour la production du fromage *Tiklilt* ?
  - Lait de chèvre
  - Lait de vache
  - Mélange
2. Ce type de lait :
  - Doit-il être utilisé après récupération
  - Peut être conservé avant utilisation
3. D'où provient votre matière première ?
  - De votre troupeau
  - Autre source
4. Quelles sont les quantités fournies par jour?
  - 5L
  - 6-10L
  - Plus de 10L
5. Quelles sont les procédés de transformation utilisés pour la production du fromage *Tiklilt*

6. Ajoutez-vous d'autres ingrédients supplémentaires lors du procédé de la fabrication ?
  - Oui : Non :
  - Si oui, citez-les :

7. Ce type de production a-t-il une relation avec les saisons de l'année ?
  - Oui : Non :
8. Si oui, dans quelle saison vous les produisez le plus ?
  - Hiver
  - Printemps
  - Eté
  - Automne

**9.** Dans quel endroit vendez- vous vos produits :

**10.** Estimez-vous élargir le profil de fabrication de ce type de produits vers l'avenir ?

- Oui :      Non :

## Section II : Questionnaire concernant la connaissance et la consommation du fromage *Tiklilt*

1. De quelle région êtes-vous ?

2. Consommez-vous des produits laitiers ?

• Oui :            Non :

3. Si oui, lesquels ?

- Petit lait (*Ighi*)
- Lait caillé (*Ikkil*)
- Fromage
- Yaourt
- Beurre (*Udhi*)
- Crème fraîche
- Glaces
- Lait en poudre (*Lehdha*)
- Lait pasteurisé
- Lait UHT

4. Quelle est votre préférence entre :

- Produits laitiers à fabrication industrielle
- Produits laitiers à fabrication artisanale (traditionnelle)

Justifiez votre réponse :

5. A priori, seriez- vous prêt (e) à payer un peu plus pour acheter un produit fermier qu'un produit de grande marque (industriel)

Oui :            Non :

6. Quelle(s) sorte(s) de fromage consommez-vous ?

- *Takemmert*
- *Ighounane / ighouname*
- *Bouhezza*
- *Tiklilt /Klila*
- *Michouna*
- *J'ben*
- *Madghissa*

Ou autre, citez-le :

7. Quelle est votre préférence entre ?

- Fromage industriel
- Fromage *Tiklilt (Klila)* traditionnel

8. Quelle est votre préférence entre :

- Fromage *Tiklilt (Klila)* à base de lait de vache
- Fromage *Tiklilt (Klila)* à base de lait de chèvre

9. A quelle fréquence consommez-vous le fromage *Tiklilt (Klila)* ?

- Jamais
- Une fois par mois
- Une fois par semaine
- Une fois par jour
- A chaque repas

10. Comment conservez-vous le fromage *Tiklilt (Klila)* ?

- A température ambiante
- Au réfrigérateur

11. Connaissez-vous des producteurs de ce type de produit ?

- Oui :      Non :

Si oui, citez les régions :

## Annexe 02 : Composition des principaux milieux de culture et diluants

### Eau physiologique

Chlorur de sodium .....	9,0g
Eau distillé .....	1000ml
pH=7,0 ± 0,1.	

### TSE (Tryptone-Sel-Eau)

Tryptone (peptone de caséine) .....	1,00g
Chlorure de sodium .....	8,50g
Eau distillé .....	1000ml
pH = 7,0 ± 0,2	

### Gélose VRBG (gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre)

Peptone pepsique de viande .....	7,0g
Extrait autolytique de levure .....	3,0g
Glucose .....	10,0g
Sels biliaries.....	1,5g
Chlorure de sodium .....	5,0g
Rouge neutre .....	30,0mg
Cristal violet .....	2,0mg
Agar agar bactériologique.....	12,0g
PH= 7,4 ± 0,2.	

### Eau peptonée tamponnée.

Peptone .....	10,0g
Chlorure de sodium .....	5,0g
Hydrogéo-orthophosphate disodique Dodécahydraté (Na <sub>2</sub> HP0 <sub>4</sub> ,12H <sub>2</sub> 0).....	9,0g
Dihydrogéo-orthophosphate de potassium (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ).....	1,5g
Eau distillée.....	1000ml
pH=7,0 ± 0,1.	

### Bouillon SFB

Peptone.....	5,0g
Mannitol .....	4,0g
Di-sodium hydrogen phosphate .....	9,5g
Sodium di-hydrogen phosphate.....	10,0g
Sodium selenite (NaHSeO <sub>3</sub> ).....	4,0g
Eau distillée.....	1000ml
pH=7,1 ± 0,1.	

### Gélose SS (*Salmonella-Shigella*).

Peptone.....	10,0g
Extrait de viande.....	5,0g
Lactose.....	10,0g
Sels biliaries.....	6,0g
Citrate de sodium.....	8,5g
Citrate de fer ammoniacal.....	1,0g
Thiosulfate de sodium.....	8,5g

Rouge neutre.....	25,0mg
Vert brillant.....	0,33mg
Gélose.....	13,0g
pH=7± 0,1.	

#### Bouillon GC ( Gioliti-Cantoni)

Tryptone.....	10,0g
Extrait de viande.....	5,0g
Extrait de levure.....	5,0g
Chlorure de lithium.....	5,0g
Mannitol.....	20,0g
Chlorure de sodium.....	5,0g
Glycine.....	1,2g
Pyruvate de sodium.....	3,0g
Eau distillée.....	1000ml

#### Milieu Chapman

Pptone.....	10,0 g
Extrait de viande de bœuf .....	1,0 g
Chlorure de sodium .....	75,0 g
Mannitol.....	10,0 g
Rouge de phénol.....	0,025 g
Agar Agar.....	15,0 g
Eau distillée.....	1000 ml
pH = 7,4 ± 0,2.	

#### Bouillon cœur-cervele/BHIB (Brain Heart Infusion Broth)

Digestat enzymatique de tissus animaux.....	10g
Extrait d'ÉshydratÉ de cervelle de veau.....	12,5g
Extrait d'ÉshydratÉ de coeur de búuf.....	5g
Glucose.....	2g
Chlorure de sodium.....	5g
HydrogÈnorthophosphate disodique anhydre (Na <sub>2</sub> HP04.....	2,5g
Eau.....	100ml
pH = de 7,4 ± 0,2	

#### Gélose MRS

Peptone .....	10,0 g
Extrait de viande.....	8,0 g
Extrait de levure .....	4,0 g
Glucose .....	20,0 g
Acétate de sodium trihydraté .....	5,0 g
Citrate d'ammonium .....	2,0 g
Tween 80 .....	1,0 ml
Hydrogénophosphate de potassium .....	2,0 g
Sulfate de magnésium heptahydraté.....	0,2 g
Sulfate de manganèse tétrahydraté .....	0,05 g

Agar .....10,0 g  
pH = 6,2 ± 0,2

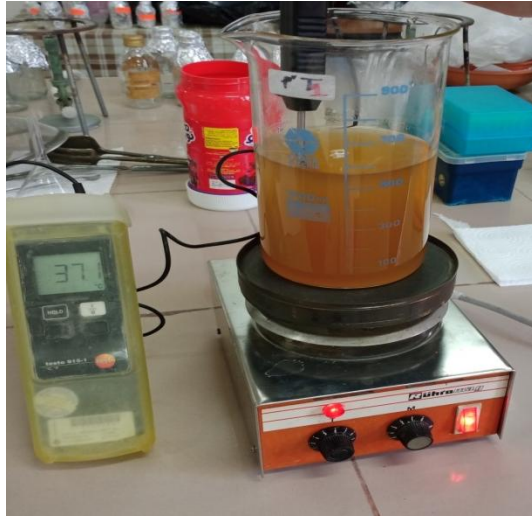
**Gélose M17**

Tryptone .....5,0 g  
Peptone de soja..... 5,0 g  
Infusion de viande .....5,0 g  
Extrait de levure.....2,5 g  
Glycérohydrogénophosphate de sodium..... 19,0 g  
Lactose .....5,0 g  
Acide ascorbique .....0,5 g  
Sulfate de magnésium.....0,25 g  
Agar .....11,0 g  
pH = 6,2 ± 0,2

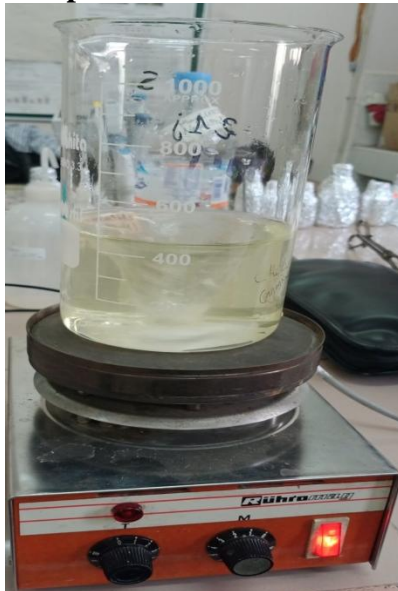




**Annexe 03 : Préparation des milieux de cultures et diluants**



**Préparation du milieu M17**



**Préparation du diluant TSE**

**Annexe 04 : Appareils et matériel de pailasse**



**Balance de précision METTLER PJ400**



**pH mètre EUTECH INSTRUMENTS]**



**Plaque chauffante TRISTAR**



**Agitateur-Vortex VELA-SCIENTIFICA**



**Agitateur magnétique Ruhromay**



**Barre magnétique**



**Etuve BINDER**



**Etuve memmert**



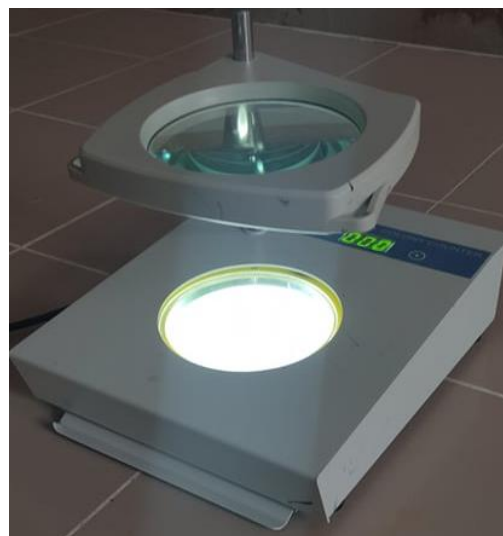
**Etuve Wisd**



**Thermomètre Testo 915-1**



**Bain marie memmert**



**Compteur de colonies SELECTA**



**Annexe 05 : Procédé de fabrication de « Tiklilt »**



**1- Fermentation spontanée à température ambiante**



**2-Barattage**



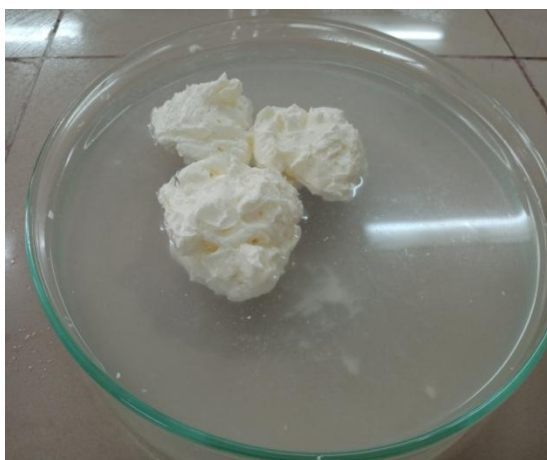
**3- Formation d'Udhi**



**4- Versement du contenu de la baratte dans un récipient**



**5- Séparation d'Udhi et d'Ighi**



**6- Obtention d'Udhi et d'Ighi après séparation**  
**Etapes de préparation artisanale du Ighi**



1- Chauffage d'Ighi



2- Formation du lactosérum



3- Mesure de la température maximale du chauffage



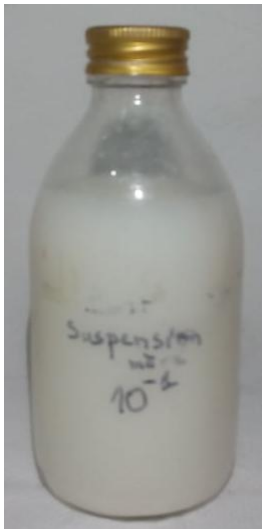
4- Egouttage dans un tamis ou un tissu (Mousseline)



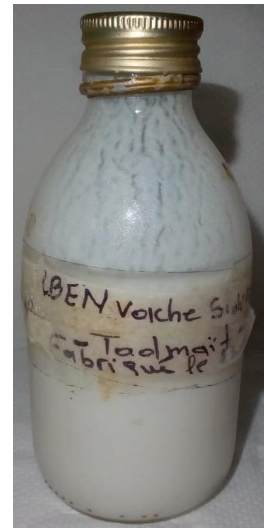
5- Formation du fromage *Tinklilt*

**Etapes de préparation artisanale du fromage traditionnel *Tinklilt* fraîche**

**Annexe 06 : Photographies de la suspension et la solution mères**



**Photographie de la suspension mère de  
*Tiklilt***



**Photographie de la solution mère du *Ighi***