

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université des Frères Mentouri Constantine 1**



**Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires**  
**(I.N.A.T.A.A.)**

**N° d'ordre :**

**N° de série :**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

**MAGISTER**

En sciences alimentaires

**Option** : Biotechnologie et Génie des industries Alimentaires

Thème

**Caractérisation du fromage traditionnel algérien**  
**« *Medeghissa* »**

Présenté par:

**KHOUALDI Ghania**

Soutenu le :

Devant le Jury composé de :

<b>Président</b>	: NAMOUNE H.	Professeur I.N.A.T.A.A. U.F.M.C.
<b>Rapporteur</b>	: ZIDOUNE M. N.	Professeur I.N.A.T.A.A. U.F.M.C.
<b>Examineurs</b>	: BOUGHELLOUT H.	M.C.A/I.N.A.T.A.A. U.F.M.C.
	: AMOURACHE L.	M.C.A/I.N.A.T.A.A. U.F.M.C.

**Année universitaire 2016-2017**

## **Remerciements**

*Tout d'abord, je tiens à remercier Allah, Le Tout Puissant et Le Miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme ma formation de Magister.*

*Je tiens avant tout à remercier mon promoteur Pr. ZIDOUNE M.N. qui a accepté de m'encadrer, qui m'a guider par ses précieux conseils et suggestions pertinentes. Veuillez trouver ici, l'expression de mon profond respect et mes sincères remerciements.*

*Je tiens à remercier Monsieur le Professeur NAMOUNE H. d'avoir accepté la présidence du jury de mon travail, qu'il trouve ici toutes mes expressions respectueuses.*

*Mes sincères remerciements vont à Madame BOUGHELLOUT H., d'avoir accepté examiner de travail.*

*Je tiens à remercier également Madame. AMOURACHE L. d'avoir accepté de faire partie des membres du jury de mon travail.*

*Je tiens à remercier infiniment Madame AISSAOUI ZITOUN O. pour ses conseils et orientations tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Je remercie également mes dames : BENATALLAH L. et BECILLA S pour leurs encouragements*

*Mes remerciements vont à tout le personnel des laboratoires pédagogiques de l'INATAA et les laboratoires de recherches LNTA et BIOQUAL.*

*Mes remerciements les plus sincères s'adressent à ma famille et mes collègues pour leur soutien sans faille et pour leurs encouragements.*

*Enfin je remercie tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ainsi l'expression de mes profondes gratitude et respects.*

## *Dédicace*

*Ce travail est dédié à mon père décédé qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !*

*Je dédie ce travail à toute ma famille et à tous ceux qui m'aiment ...*

## Résumé

La *Medeghissa* est un fromage traditionnel algérien connu chez les *Chaouia* sous son original nom *Imdeghest*, « ايمدغست ». C'est un fromage fondu, préparé par la cuisson de *Klila* semi sèche dans le lait entier de vache, chèvre ou de brebis, sur feu doux. Le but de notre travail s'inscrit dans la démarche de caractérisation de *Medeghissa* basé sur deux axes intégrés et dépendant à savoir une caractérisation par le biais d'une enquête sur terrain qui a été réalisé dans la wilaya d'Oum El-Bouaghi et a touché 105 femmes d'origine rurale ; et une caractérisation expérimentale des échantillons collectées de fermes et de fabrications contrôlées (analyses physicochimiques, microbiologiques, rhéologiques et sensorielles).

Le diagramme de fabrication du fromage a été établi selon les résultats d'enquête et a été vérifié à l'échelle du laboratoire. 84 femmes questionnées connaissent ce fromage mais sa fabrication était limité sur 3,8% d'entres elles. La *Medeghissa* est consommée comme goûter et appréciée pour son élasticité et son goût chez la totalité des femmes enquêtées.

La *Medeghissa* de fabrication contrôlée présente un pH moyen de  $4,82 \pm 0,18$  et une acidité de  $0,41 \pm 0,15$  g/100 g. L'extrait sec enregistré est de  $34,79 \pm 1,2$  g/100g. Ce fromage présente une teneur moyenne en matière grasse de  $7,78 \pm 1,99$  g/100 g et un taux de protéines de  $25,95 \pm 4,54$  g/100 g. Selon le codex *alimentarius* STAN A-6 (1978), ce fromage peut être classé sous les fromages maigres (MG/ES <10%), à pâte molle (HRED >67%).

Les analyses microbiologiques de différents échantillons montrent que le fromage a une qualité hygiénique bonne marqué par une absence totale des germes indicateurs de contamination et de germes pathogènes à savoir : les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux, *Salmonella* et *Staphylococcus aureus* ainsi que les spores des anaérobies sulfito-réducteurs. La *Medeghissa* dispose d'une charge microbienne faible de l'ordre de  $10^2$  à  $10^3$  UFC/g pour la flore mésophile totale. Les bactéries lactiques mésophiles et thermophiles atteignent des valeurs de l'ordre  $10^4$  UFC/g. Par contre, le nombre des levures et moisissures présente une variabilité de 0 à  $10^3$  UFC/g.

Sur le plan organoleptique, la *Medeghissa* est un fromage doux, avec un gout faiblement acide. La pâte du fromage est élastique et à caractère pseudoplastique à chaud qui se raffermis avec le refroidissement. Son odeur et arôme sont principalement de la famille lactique.

---

**Mots clés :** *Medeghissa*, fromage traditionnel, enquête, diagramme de fabrication, fondu.

## ملخص

"مدغيسة" هو جبن تقليدي جزائري، معروف عند الشاوية باسم "إمدغست". هو جبن ذائب يحضر بطهي "الكليلة" الطازجة في الحليب كامل الدسم (حليب البقر، الماعز أو النعاج) على نار هادئة. يندرج هدف هذه الدراسة ضمن منهجية تحديد خصائص هذا الجبن من خلال التحقيق الميداني الذي مس 105 امرأة من المناطق الريفية لولاية أم البواقي بالإضافة إلى تحديد الخصائص التجريبية للعينات التي تم جمعها من المزارع و العينات المحضرة في المخبر (تحاليل فيزيوكيميائية، ميكروبيولوجية، ريولوجية و حسية).

تم اعداد مخطط تحضير الجبن حسب نتائج التحقيق الميداني و تم التأكد منه على المستوى المخبري. 84 امرأة من النسوة اللاتي خضعن للتحقيق يعرفن هذا الجبن لكن صناعته تقتصر على 3.8 % فقط منهن. يتم تناول هذا الجبن كملحمة و يحضى باعجاب النسوة اللاتي تم التحقيق معهن نظرا لخاصية التمطط و الذوق الذي يتميز به.

تتميز المدغسة المحضرة في المخبر بمتوسط الـ pH الذي يساوي  $(4,82 \pm 0,15)$ ، و حامضية تقدر بـ  $(0,41 \pm 0,15)$  غ/100غ. المادة الجافة تساوي  $(34,78 \pm 1,2)$  غ/100غ. هذه النتيجة متطابقة مع نتيجة العينات المجمعة  $(33,64 \pm 4,13)$  غ/100غ) يحتوي هذا الجبن على نسبة من المواد الدسمة تقدر بـ  $(7,78 \pm 1,99)$  غ/100غ) و نسبة البروتينات بها تعادل  $(25,94 \pm 4,53)$  غ/100غ). يمكن تصنيف هذا الجبن حسب (Le Codex Alimentarius STAN A-6 (1978))، ضمن الأجبان الطرية القليلة الدسم.

بينت التحاليل الميكروبيولوجية لمختلف العينات أن هذا الجبن يتميز بنوعية صحية جيدة للغياب الكلي للميكروبات الدالة على التلوث و الميكروبات الممرضة و المتمثلة في : القولونيات الكلية والبرازية، العقديات البرازية، السالمونيلا، المكورات العنقودية الذهبية والجراثيم اللاهوائية. يحتوي هذا الجبن على كمية قليلة من الميكروبات الهوائية المحبة للحرارة المعتدلة ( $10^2$  إلى  $10^3$  UFC/g). تبلغ كمية بكتيريا حمض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة النامية على وسط الزرع MRS و كذا المكورات العنقودية اللاكتيكية المحبة للحرارة المعتدلة و العالية، نسبة  $10^4$  UFC/g. بعكس الخمائر و الفطريات التي تتراوح كمياتها بين العدم و  $10^3$  UFC/g.

على المستوى الحسي، تتميز المدغسة بمذاقها الحلو و طعمها المالح أو الحامض قليلا. تتميز كثلة الجبن بخاصية التمطط و رائحة و نكهة الحليب و مشتقاته.

---

**الكلمات المفتاحية:** مدغيسة، جبن تقليدي، تحقيق ميداني، مخطط الصناعة، جبن ذائب.

## Summary

*Medeghissa* is a traditional Algerian cheese known among the *Chaouia* under its original name *Imedeghest*. It is a melted cheese, prepared by cooking semi dry *Klila* in whole milk from cow, goat or sheep, on low heat. The aim of our work is the characterization of *Medeghissa* basing on two integrated and dependent axes, namely a characterization by means of a field survey carried out in the Wilaya of Oum El-Bouaghi and Affected 105 women of rural origin; And an experimental characterization of the collected samples from farms and controlled manufactures (physicochemical, microbiological and sensorial analyzes).

The cheese-making diagram was based on survey results and verified on the laboratory scale. 84 women questioned know this cheese but its manufacture was limited on 3.8% of them. *Madghessa* is eaten as a snack and appreciated for its elasticity and taste by all women surveyed.

The manufactured *Madghessa* has a pH average of  $4.82 \pm 0.15$  and an acidity of  $0.41 \pm 0.15$  g / 100 g. The recorded dry extract is  $34.78 \pm 1.2$  g / 100 g. This result is similar to that of the collected samples ( $33.64 \pm 4.13$  g / 100 g). This cheese has an average fat content of  $7.78 \pm 1.99$  g / 100 g and a protein level of  $25.94 \pm 4.53$  g / 100 g. According to codex alimentarius STAN A-6 (1978), this cheese can be classified under lean, soft cheese (MG / ES <10%), HRED > 67%).

According to the microbiological analyzes on the different samples, the cheese has a good hygienic quality marked by a total absence of the contamination indicator germs and pathogenic germs namely: total and fecal coliforms, faecal streptococci, *Salmonella* and *Staphylococcus aureus* As well as spores of sulfite-reducing anaerobes. *Madghessa* has a low microbial load in the range of  $10^2$  to  $10^3$  CFU / g for the total mesophilic flora. The mesophilic and thermophilic lactic bacteria reach values of the order  $10^4$  CFU / g. On the other hand, the number of yeasts and molds shows variability from zero to  $10^3$  CFU / g.

On the organoleptic level, *Madghessa* is a soft cheese, with a weak acid taste. The paste of the cheese is elastic with pseudoplastic character when it is hot and becomes firm with the cooling. Its smell and aroma are mainly of the lactic family.

---

**Keywords:** Medeghissa, traditional cheese, survey, manufacturing diagram, melted.

# Sommaire

Liste des figures	01
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
<b>INTRODUCTION</b>	<b>01</b>
<b>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>I. Fromage : technologie et classification</b>	<b>04</b>
I.1. Lait .....	04
I.2. Technologie fromagère .....	05
I.2.1. Définition du fromage.....	05
I.2.2. Etapes de transformation du lait en fromage.....	05
I.3. Classification des fromages .....	09
<b>II. Cas du fromage fondu et fromage ingrédient.....</b>	<b>11</b>
II.1. Définition du fromage fondu.....	11
II.2. Biochimie de la fonte .....	12
II.3. Définition du fromage ingrédient .....	12
II.4. Facteurs influençant les propriétés fonctionnelles de fromage ingrédient.....	14
<b>III. Situation de la filière lait en Algérie .....</b>	<b>17</b>
<b>IV. Produits laitiers traditionnels algériens.....</b>	<b>18</b>
IV.1. Boissons .....	18
IV.2. Dérivés laitiers gras .....	19
IV.3. Fromages .....	20
<b>MATEIEL ET METHODES</b>	
<b>I. Méthodologie globale d'étude du fromage traditionnel <i>Medeghissa</i>.....</b>	<b>25</b>
<b>II. Identification et caractérisation de la <i>Medeghissa</i> par enquête sur terrain .....</b>	<b>27</b>
II.1. Elaboration du questionnaire .....	27
II.2. Déroulement de l'enquête.....	28
II.3. Population cible .....	28
II.4. Traitement des données de l'enquête.....	28
II.5. Collecte des échantillons .....	28
<b>III. Etude expérimentale du fromage <i>Medeghissa</i> .....</b>	<b>28</b>
<b>III.1. Essais préliminaires de fabrication de <i>Medeghissa</i> .....</b>	<b>30</b>
III.1.1. Matières premières .....	30
III.1.2. Obtention de <i>Klila</i> .....	30
III.1.3. Préparation de <i>Medeghissa</i> .....	32
<b>III.2. Conditions adoptées pour la fabrication de <i>Medeghissa</i> et rendements .....</b>	<b>34</b>
<b>III.3. Caractérisation physico-chimique .....</b>	<b>36</b>
III.3.1. Mesure de pH .....	36
III.3.2. Détermination de l'acidité titrable .....	36
III.3.3. Détermination de la densité .....	37
III.3.4. Détermination de la teneur en matière grasse .....	37
III.3.5. Dosage la matière sèche .....	38
III.3.6. Détermination de l'azote total et du taux de protéines .....	38
III.3.7. Dosage des cendres .....	40
<b>III.4. Evaluation de la qualité microbiologique et hygiénique de <i>Medeghissa</i> .....</b>	<b>40</b>
III.4.1. Préparation des dilutions .....	40
III.4.2. Dénombrement des principales flores .....	40
III.4.2.1. Flore totale aérobie mésophile (FTAM).....	40
III.4.2.2. Bactéries lactiques .....	41
III.4.2.3. Levures et moisissures.....	41
III.4.2.4. Indicateurs de contamination fécale et des germes pathogènes.....	41
<b>III.5. Caractérisation sensorielle du fromage <i>Medeghissa</i> .....</b>	<b>43</b>
III.5.1. Test et panel de dégustation .....	43

III.5.2. Préparation des échantillons et déroulement du test .....	44
III.5.3. Traitement des données des tests sensoriels .....	44
<b>III.6. Caractérisation rhéologique du fromage <i>Medeghissa</i>.....</b>	<b>45</b>
III.6.1. Détermination des courbes d'écoulement et de viscosité du fromage .....	45
III.6.2. Test de pénétration .....	45
<b>RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
<b>I. Le fromage traditionnel <i>Medeghissa</i> selon l'enquête.....</b>	<b>47</b>
I.1 Conditions et difficultés de l'enquête .....	47
I.2. Zone d'enquête : la wilaya d'Oum El-Bouaghi .....	48
I.3. Identification des enquêtées .....	49
I.3.1. Ages des enquêtées .....	49
I.3.2. Répartition des enquêtées .....	49
I.4. Fromages traditionnels rencontrés dans la wilaya d'Oum El-Bouaghi .....	50
I.5. Le fromage traditionnel <i>Klila</i> .....	52
I.5.1. Mode de fabrication de la <i>Klila</i> .....	52
I.5.2. Modes de consommation de la <i>Klila</i> .....	54
I.5.3. Modes de conservation de la <i>Klila</i> .....	56
I.6. Fabrication traditionnelle du fromage <i>Medeghissa</i> .....	56
I.6.1. Situation actuelle du fromage <i>Medeghissa</i> .....	56
I.6.2. Matières premières de fabrication de <i>Medeghissa</i> .....	58
I.6.3. Modes de fabrication de <i>Medeghissa</i> .....	60
I.6.4. Modes de consommation de <i>Medeghissa</i> .....	61
I.6.5. Mode de conservation de <i>Medeghissa</i> .....	61
I.6.6. Historique et origine de la dénomination de <i>Medeghissa</i> .....	61
<b>Conclusion partielle .....</b>	<b>63</b>
<b>II. Vérification et validation du diagramme de fabrication de <i>Medeghissa</i> .....</b>	<b>65</b>
<b>III. Caractéristiques physicochimiques du fromage <i>Medeghissa</i>.....</b>	<b>69</b>
II.1. Caractéristiques physicochimiques de matières premières. ....	69
II.1.1. Lait.....	69
II.1.2. <i>Lben</i> .....	70
II.1.3. <i>Klila</i> .....	72
II.2. Caractéristiques physicochimiques de lactosérum.....	74
II.3. Caractéristiques physicochimiques de <i>Medeghissa</i> .....	75
<b>IV. Qualité hygiénique et microbiologique de <i>Medeghissa</i> .....</b>	<b>79</b>
IV.1. Flore aérobie mésophile totale et flore fongique.....	79
IV.2. Flore lactique .....	82
IV.3. Germes pathogènes et indicateurs de contamination fécale .....	85
<b>V. Rhéologie de <i>Medeghissa</i>.....</b>	<b>85</b>
V.1. Courbe d'écoulement et de viscosité du fromage <i>Medeghissa</i> .....	85
V.2. Fermeté de <i>Medeghissa</i> .....	88
<b>VI. Caractéristiques sensorielles de <i>Medeghissa</i> .....</b>	<b>89</b>
<b>VII. Fiche technique du fromage <i>Medeghissa</i>.....</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>93</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>96</b>
<b>ANNEXES</b>	

## Liste des figures

Figure 01. Baratte traditionnel algérienne <i>Mezla</i> .....	19
Figure 02. Méthodologie adopté pour la caractérisation du fromage traditionnel <i>Medeghissa</i> .	26
Figure 03. Structure du questionnaire.....	27
Figure 04. Schéma de la caractérisation expérimentale de la <i>Medeghissa</i> .....	29
Figure 05. Cuisson de <i>Medeghissa</i> .....	32
Figure 06. Diagramme de fabrication de <i>Klila</i> avec photos .....	33
Figure 07. Diagramme de fabrication du <i>Lben</i> traditionnel au laboratoire.....	35
Figure 08. Pourcentage de différentes classes d'âge des femmes enquêtées .....	49
Figure 09. Fromage préféré par les enquêtées .....	51
Figure 10. Diagramme de fabrication du fromage traditionnel <i>Klila</i> sèche .....	54
Figure 11. Raisons pour ne pas fabriquer le fromage <i>Medeghissa</i> .....	57
Figure 12. Diagramme de fabrication de <i>Medeghissa</i> déduit de l'enquête .....	64
Figure 13. Aspect de différentes pâtes de <i>Medeghissa</i> cuite pendant 7, 6 et 5 min. ....	66
Figure 14. Aspect de <i>Medeghissa</i> au cours de la cuisson avec un volume de lait élevé .....	67
Figure 15. Diagramme adopté de fabrication de <i>Medeghissa</i> .....	68
Figure 16. Dénombrement de la FTAM et la flore fongique des échantillons collectés et de fabrication contrôlée .....	80
Figure 17. Cultures de lactobacilles et streptocoques lactiques sur milieu MRS et M17 .....	82
Figure 18. Dénombrement des streptocoques lactiques et les lactobacilles mésophiles de fromage <i>Medeghissa</i> de fabrication contrôlée et collecté .....	83
Figure 19. Résultats de dénombrement des streptocoques thermophiles .....	84
Figure 20. Courbes d'écoulement de <i>Medeghissa</i> .....	86
Figure 21. Courbes de viscosité de <i>Medeghissa</i> .....	86
Figure 22. Description de propriétés mécaniques et géométriques du fromage <i>Medeghissa</i> ...	90
Figure 23. Description des odeurs et saveurs du fromage <i>Medeghissa</i> .....	91
Figure 24. Fiche technique du fromage <i>Medeghissa</i> .....	92

## Liste des tableaux

Tableau 01. Composition moyenne du lait de différentes espèces animales .....	04
Tableau 02. Normes fédérales des États-Unis concernant l'humidité maximale et la teneur minimale en matières grasses laitières des catégories de fromage désignées par consistance.....	09
Tableau 03. Classification des fromages selon la norme CODEX STAN A-6 (1978) .....	10
Tableau 04. Comparaison entre trois systèmes de classification des fromages.....	10
Tableau 05. Caractéristiques physico-chimiques de la kémie de vache et de chèvre ...	22
Tableau 06. Conditions de fabrication de <i>Medeghissa</i> .....	32
Tableau 07. Conditions des essais préliminaires de fabrication du fromage <i>Medeghissa</i> .	34
Tableau 08. Conditions de fabrication de <i>Lben</i> .....	34
Tableau 09. Productions animales et main d'œuvre agricole de la wilaya d'Oum El-Bouaghi .....	48
Tableau 10. Distribution de la population selon les communes d'Oum El-Bouaghi .....	49
Tableau 11. Modes de consommation de <i>Klila</i> fraîche .....	55
Tableau 12. Types de <i>Klila</i> utilisés pour la fabrication de <i>Medeghissa</i> .....	58
Tableau 13. Utilisation du beurre et sucre et dans la fabrication de <i>Medeghissa</i> .....	59
Tableau 14. Caractéristiques de <i>Klila</i> fraîche .....	59
Tableau 15. Personnes responsables de la transmission du savoir faire de <i>Medeghissa</i> ....	62
Tableau 16. Rendements en <i>Medeghissa</i> et ses dérivés de fabrication .....	67
Tableau 17. Caractéristiques physicochimiques moyennes du lait de vache .....	69
Tableau 18. Caractéristiques physicochimiques moyennes du <i>Lben</i> .....	71
Tableau 19. Valeurs moyennes des paramètres physicochimiques de <i>Klila</i> .....	72
Tableau 20. Caractéristiques physicochimiques du lactosérum issu de la fabrication de la <i>Klila</i> .....	74
Tableau 21. Caractéristiques physicochimiques de <i>Medeghissa</i> .....	75
Tableau 22. Paramètres rhéologiques de l'écoulement et de viscosité de <i>Medeghissa</i> .....	87
Tableau 23. Distances de pénétration de <i>Medeghissa</i> chaude et froide .....	88
Tableau 24. Notes moyennes de la couleur de <i>Medeghissa</i> et son lactosérum .....	89

## Liste des abréviations

<b>°C</b>	: Degré Celsius
<b>°D</b>	: Degré Dornic
<b>AFNOR</b>	: Association Française de Normalisation
<b>AOAC</b>	: Association of Official Analytical Chemists
<b>CFR</b>	: Code Du Règlement Fédéral des Etats Unis
<b>CMP</b>	: Caséinomacropéptide
<b>CNIS</b>	: Centre National de l'Informatique et des Statistiques
<b>CuSO<sub>4</sub></b>	: Sulfate de cuivre
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organization
<b>g</b>	: Gramme
<b>H</b>	: Humidité
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	: Acide Sulfurique
<b>HRED</b>	: Humidité Relative Sur Extrait Sec
<b>ISO</b>	: International Standards Organization
<b>JOA</b>	: Journal Officiel Algérien
<b>JORF</b>	: Journal Officiel de la République Française
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	: Sulfate de potassium
<b>Kg</b>	: Kilogramme
<b>L</b>	: Litre
<b>LNTA</b>	: Laboratoire de Nutrition et de Technologies Alimentaires
<b>MG</b>	: Matière Grasse
<b>MG/ES</b>	: Matière Grasse Sur Extrait Sec
<b>MGLA</b>	: Matière Grasse Laitière Anhydre
<b>mL</b>	: Millilitre
<b>MS</b>	: Matière Sèche
<b>N</b>	: Azote
<b>NaCl</b>	: Chlorure de sodium
<b>NaOH</b>	: Hydroxyde de sodium
<b>NPP</b>	: Nombre le Plus Probable
<b>OMS</b>	: Organisation Mondiale de Santé
<b>Se</b>	: Sélénium
<b>TEFD</b>	: Teneur en Eau dans le Fromage Dégraissé
<b>TEPA</b>	: Transformation et Elaboration des Produits Agro-alimentaires
<b>USD</b>	: United States Dollar

# *Introduction*

## **Introduction**

Les aliments traditionnels font partie du patrimoine socio- culturel de chaque peuple. Chaque jour, nous vivons des recettes, jadis initiées par nos ancêtres, entourées d'un savoir faire immémorial et transmises d'une génération à une autre (Denis, 1989). Parmi ces aliments, les fromages traditionnels qui constituent à la fois un bien culturel et une ressource économique. De nombreuses variétés de fromages sont connues dans le monde entier. Le fromage a été fabriqué par l'homme pendant des siècles à l'aide de procédures traditionnelles. La transformation du lait en produits dérivés, comme les fromages, a été depuis longtemps un moyen traditionnel de conservation (Arvanitoyannis *et al.*, 2009).

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

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

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

les mettre à profit selon les possibilités de la valorisation qu'elles offrent pour le développement économique.

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

Le fromage *Medeghissa* (connu en langue *Chaoui* sous le nom d' «*Imdeghest* » "ايمدغست") est un fromage découvert lors des enquêtes menées par l'équipe T.E.P.A. dans la région d'Ain Fakroun (Oum El Bouaghi). Actuellement son mode de fabrication est en voie de disparition et il n'a jamais fait l'objet de caractérisation (Aissaoui Zitoun, 2004).

L'étude du fromage *Medeghissa* en vue de sa connaissance et de sa présentation au monde fromager constitue une contribution importante dans la démarche de protection de notre patrimoine. C'est aussi le moyen de mieux comprendre les mécanismes qui déterminent sa typicité et de fournir les références indispensables à la mise en place de sa fiche technique et d'une appellation d'origine contrôlée. Il s'agit alors, d'une première caractérisation globale présentant le fromage et son procédé de fabrication et les habitudes de la région liées à sa consommation. Elle projette d'acquérir, en plus de la connaissance de son diagramme de fabrication, ses caractéristiques physicochimiques, microbiologiques, rhéologiques et organoleptiques.

Le présent document s'articule sur trois parties :

- La première partie est consacrée à la synthèse bibliographique ;

- La deuxième partie présente la démarche adoptée pour la caractérisation du *Medeghissa* basé sur deux volets à savoir l'enquête sur terrain et la caractérisation expérimentale des échantillons collectés de ferme et celles de fabrications contrôlées, en plus des matériels et méthodes appliqués pour la caractérisation physicochimique , microbiologique, rhéologique et sensorielle du fromage ;
- La troisième partie présente les résultats et leur discussion suivie par la conclusion et les perspectives de cette étude.

*Synthèse*  
*bibliographique*

## I. Fromage : technologie et classification

### I.1. Lait

Le lait est un liquide alimentaire, opaque blanc mat, légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre, à odeur peu marquée et un gout douceâtre, sécrété par les glandes mammaires des mammifères, comme la vache, la chèvre, et la brebis, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant (Marcel, 2007). D'après le congrès international de la répression des fraudes de 1909, le lait est le produit intégral de la traite totale ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum (Bourgeois et Larpent 1996).

Le lait est un aliment complet mais du point de vue physicochimique est un produit très complexe. La connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensables à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (Lapointe-Vignola, 2002).

- **Composition du lait**

La composition du lait est caractérisée par une grande complexité dans la nature et la forme de ses composants ; ceux-ci sont particulièrement adaptés aux besoins nutritionnels et aux possibilités digestives du jeune animal qui y trouve tous les éléments nécessaires à sa croissance (Cayot et Lorient, 1998). Quatre composants sont dominants du point de vue quantitatif : l'eau, les matières grasses, les protéines et le lactose ; les composés mineurs sont représentés par les matières minérales, les enzymes, les vitamines, les gaz dissous. (Ramet, 1985). Plusieurs facteurs sont à l'origine de la variation de la composition du lait cru, parmi lesquels la race, le stade de lactation, l'âge et la saison. Le tableau 01 résume la composition chimique du lait chez différents mammifères.

Tableau 01. Composition moyenne du lait de différentes espèces animales

animaux	Eau (%)	Matière grasse (%)	Protéines (%)	Glucides (%)	Minéraux (%)
Vache	87,5	3,7	3,2	4,6	0,8
Chèvre	87,0	3,8	2,9	4,4	0,9
Brebis	81,5	7,4	5,3	4,8	1,0
Chammelle	87,6	5,4	3,0	3,3	0,7
jument	88,9	1,9	2,5	6,2	0,5

Source :(Amiot *et al*, 2002).

## **I.2. Technologie fromagère**

### **I.2.1. Définition du fromage**

La dénomination « fromage » est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir de matières d'origine exclusivement laitière, utilisées seules ou en mélange, et coagulées en totalité ou en partie avant égouttage ou élimination partielle de l'eau (extrait du décret n°88-1206 du 30/12/1988).

Selon le codex, 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 : caséines ne dépassent pas celui du lait (St-Gelais *et al.*, 2002). La teneur minimale en matière sèche (MS) du produit ainsi défini doit être de 23 g pour 100 g de fromage (Fredot, 2006).

### **I.2.2. Etapes de transformation du lait en fromage**

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

#### **1. La coagulation**

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

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

#### **a. Coagulation acide**

La coagulation acide est provoquée par le ferment lactique qui transforme le lactose en acide lactique. Lorsqu'il ya production d'acide lactique, le pH du lait de fromagerie diminue,

les résidus acides libres fixent des protons ce qui provoque une solubilisation du phosphate de calcium colloïdal, un élément important dans la stabilité des micelles de caséine (Tsakalidou, 2010 ; Lucey, 2008). Dépourvues de phosphate de calcium, les micelles se défont en sous-unités. La neutralisation des charges négatives en surface des micelles de caséines entraîne une agrégation des micelles entre elles, ce qui produit une augmentation du diamètre moyen des micelles par chainage et les sous-micelles s'associent par liaisons électrostatiques et hydrophobes pour former un gel lactique qui emprisonne toute l'eau. Lorsque le point isoélectrique des caséines est atteint (pH 4,65), la totalité du phosphate de calcium est dissout et les micelles sont complètement déstructurées. La charge nette des micelles est pratiquement nulle et les répulsions électrostatiques sont inexistantes. Les protéines déminéralisées sont totalement dénaturées. Le gel de type acide est formé par des liaisons hydrophobes, hydrogènes et électrostatiques. C'est un gel friable, ferme, cassant. Ce gel n'a pas le pouvoir de se contracter (synérèse) et présentera un égouttage très limité (Le Graet et Brulé, 1993).

#### **b. Coagulation enzymatique**

Il ya un grand nombre d'enzymes protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbien, qui ont la propriété de coaguler le lait .Cependant cette propriété ne suffit pas à les rendre aptes à produire des fromages de qualité. La présure d'origine animale constitué principalement de chymosine et d'un peu de pepsine (présure : 80% chymosine et 20% pepsine) est le coagulant le plus utilisé. Elle appartient à la famille des endopeptidases et possède une activité spécifique, car elle n'hydrolyse que la caséine-k pendant la fabrication des fromages (St-Gelais *et al.*, 2000). L'attaque enzymatique se fait sur la liaison peptidique 105 (phénylalanine) -106 (méthionine) qui libère une partie hydrophile de la caséine kappa (le segment 106-169 caséinomacropéptide CMP) et une partie restante hydrophobe la paracaséine kappa (le segment 1-105) rattachée à la micelle. Cette fraction hydrophobe forme un coagulum de micelles sous forme de gel de paracaséine par floculation et agrégation (Amiot *et al.*, 2002). Lors de la libération du CMP, il se produit une diminution importante de la charge électrique des micelles et de leur degré d'hydratation (St-Gelais *et al.*, 2000; Amiot *et al.*, 2002). Des liaisons hydrophobes et électrostatiques s'établissent entre les micelles modifiées, ainsi les micelles agrégées se réorganisent avec l'apparition de liaisons phosphocalciques et des ponts disulfures entre les paracaséines. Ce gel est structuré, souple, élastique, imperméable, peu friable avec un fort pouvoir de rétention d'eau permettant un relargage de sa fraction aqueuse lors de l'égouttage par synérèse. Les facteurs influençant la

coagulation sont nombreux : la composition du lait, la concentration en enzymes et la température d'emprésurage, les traitements technologiques... (Vétier *et al.*, 2000).

## 2. Egouttage

L'égouttage représente l'étape de concentration de certains constituants du gel par un phénomène physique actif de rétraction (synérèse) et l'évacuation passive du lactosérum liée à la porosité et la perméabilité du gel (Walstra, 1985). La synérèse est le processus qu'un fromager peut utiliser pour contrôler étroitement la teneur en humidité de son fromage et par conséquent l'activité microbienne et enzymatique du fromage, ce qui affecte sa maturation, sa stabilité et sa qualité (Fox *et al.*, 2000). C'est un phénomène biochimique et physicochimique suivant lequel le caillé formé par voie acide ou enzymatique se contracte continuellement et expulse spontanément le lactosérum (St-Gelais *et al.*, 2000). Sous l'effet conjugué de la présure, de l'acidité et de la température, les liaisons moléculaires qui se créent entre les caséines et les minéraux provoquent une contraction du réseau qui expulse l'eau et les solutés (protéines sériques, minéraux solubles, lactose, composés azotés non protéiques).

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

Walstra *et al.* (1999) ont énuméré les facteurs affectant la synérèse : la fermeté du gel à la coupe; la surface du caillé; la pression appliquée; l'acidité; la température; la composition de le lait; et d'autres variables.

## 3. Salage

L'ajout de sel fin ou de gros sel par saupoudrage, immersion en saumure ou le salage direct du caillé, quant il a atteint la teneur en humidité et le pH désiré, a un rôle sensoriel en donnant une saveur marquée au produit et un rôle technologique en complétant l'égouttage et en limitant l'acidification et la déminéralisation (Hardy, 1997 ; Khaled,2012). Le salage est une étape essentielle dans la fabrication du fromage, car le fromage non salé est pratiquement

insipide (Olson, 1995). Le sel joue également un rôle majeur dans la texture, la saveur et la qualité microbienne des fromages (Kindstedt *et al.*, 1992; Paulson *et al.*, 1998; Fox *et al.*, 2000). Celui-ci inhibe la croissance de certaines bactéries, qui sont nocifs pour le fromage et cause sa détérioration, en particulier sur la surface. D'autre part, il permet la sélection de la flore d'affinage (Hardy, 1997). Il aide à la dissolution de la caséine et dans la formation de la croûte, ainsi qu'en ralentissant l'activité enzymatique. La teneur en sel peut également varier considérablement à l'intérieur d'un bloc de fromage en raison de la lente diffusion du sel. Par conséquent, il y a plus d'eau et moins de sel au centre d'un bloc de fromage comparé pour à la surface (Prentice, 1993). Cette inégalité de la distribution de sel (et de l'eau) conduit également à des variations dans les propriétés rhéologiques du fromage à l'intérieur du bloc (Visser, 1991).

#### **4. Affinage**

L'affinage correspond à la digestion enzymatique des constituants du caillé égoutté qui lui conférera à la fin une texture et une saveur caractéristique selon le type de fromage recherché (St-Gelais *et al.*, 2000). Cette étape dépend de la composition et de la structure du caillé, de la durée d'affinage, de la composition de la flore interne et de surface ainsi que du contexte environnementale de la cave (Herbert, 1999). Plusieurs types de dégradations s'effectuent simultanément ou successivement dans un caillé en voie de maturation. Il y a notamment la fermentation du lactose, l'hydrolyse des protéines et la dégradation de la matière grasse. Ces transformations ne s'arrêtent pas au stade primaire, car le ou les produits formés peuvent être, à leurs tour, transformé et donner naissance à de nouveaux composés, eux même susceptibles d'être repris par d'autres systèmes enzymatiques. Les transformations que subit le caillé font évoluer sa texture et sa flaveur, qui atteindront un degré optimal après une certaine période d'affinage plus ou moins longue selon le type de fromage (St-Gelais *et al.*, 2000).

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

1. Les enzymes engagées dans le catabolisme et le métabolisme des sucres et des acides organiques ;
2. Les enzymes engagées dans l'hydrolyse des protéines pour libérer des peptides à longues et courte chaînes (chymosine plasmine, protéases microbiennes);

3. Les peptidases d'origine microbienne qui scindent les peptides en acides aminés (aminopeptidases, dipeptidases, carboxypeptidases);
4. Les systèmes actifs sur les acides aminés (décarboxylases, désaminases, transaminases, déméthiolases) qui modifient ou décomposent les acides aminés ;
5. Les peptidases qui hydrolysent les triglycérides en acides gras et en di et mono glycérides ;
6. Les systèmes actifs sur les acides gras ou leurs dérivés (déhydrogénases, décarboxylases) qui sont à l'origine de la formation des acides cétoniques, de méthylcétones et d'alcool secondaires.

### **I.3. Classification des fromages**

Aujourd'hui, un large éventail de fromages peut être classé en fonction du pays d'origine, la nature et l'étendue de la dégradation chimique pendant la maturation ou en fonction de la saveur (Classification de Davis (1965)), le processus de fabrication (Classification d'Olson 1979), les produits de la protéolyse (classification de Fox(1993)) ou la propriété d'utilisation finale (fonctionnelle). D'autres classifications des fromages, par exemple, selon la source de lait, l'apparence générale (Couleur, taille, forme), l'analyse chimique, etc., sont également possibles (Gunasekaran et Ak, 2003).

Le Code des Règlements Fédéraux des États-Unis (CFR, 1998) prévoit certaines normes d'identité pour les fromages classés selon leur consistance, comme indiqué dans le tableau 02.

Tableau 02. Normes fédérales des États-Unis concernant l'humidité maximale et la teneur minimale en matières grasses laitières des catégories de fromage désignées par consistance

Consistance	Taux d'humidité maximale (%)	Matières grasses par extrait sec (%)
Très dur	34	32
dur	39	50
Semi molle	50 (> 39)	50
Semi molle (partie croute)	50	45 (<50)
molle	Non spécifié	50

D'après CFR, 1998.

**\* Classification du codex alimentaire des fromages**

Les fromages peuvent être classés en basant sur leur l'humidité rapporté à l'extrait sec dégraissé, la teneur en matière grasse et sur les caractéristiques de maturation ou d'affinage (tableau 03).

Tableau 03. Classification des fromages selon la norme CODEX STAN A-6(1978)

Terme 1		Terme 2		Terme3
HRED* en %	Première phrase de désignation	MG/ES** En %	deuxième phrase de désignation	Désignation d'après les principales caractéristiques de maturation
<41	Pâte extra dure	>60	Très gras	1. <b>mûri ou affiné</b>
49-56	Pâte dure	45-60	Gras	a. principalement à l'extérieur
54-63	Pâte semi dure	25-40	Demi gras	b. principalement l'intérieur
61-69	Pâte demi- molle	10-25	¼ de gras	2. <b>mûri ou affiné aux moisissures</b>
>69	Pâte molle	<10	maigre	a. principalement l'extérieur b. principalement l'intérieur
				3. <b>non mûri ou non affiné***.</b>

\***HRED**: Humidité Rapporté à l'Extrait Sec Dégraissé égale à :

$$\frac{\text{poids de l'umidité du fromage}}{\text{poids total du fromage} - \text{poids de la matière grasse}} \times 100$$

\*\***MG/ES** : Matière Grasse sur Extrait Sec égale à :

$$\frac{\text{Teneur en matière grasse du fromage}}{\text{Poids total du fromage} - \text{poids de la matière grasse}} \times 100$$

\*\*\* le lait destiné à ce type de fromage doit être pasteurisé.

Les fromages peuvent être classés au sein des trois systèmes en cinq types selon le taux d'humidité et la teneur en matière grasse comme il est indiqué dans le tableau 04.

Tableau 04. Comparaison entre trois systèmes de classification des fromages

Système canadien		NORME A-6-FAO/OMS (extrait)			
HRED=H/(100-G)		FD=H/(100-G)		GES=G/(100-H)	
<50	Pâte dure	<50	Pâte extra dure	<10	Maigre
50-62	Pâte ferme	50-55	Pâte dure	10-25	Quart gras
62-67	Pâte semi ferme	55-62	Pâte mi-dure	25-45	Mi -gras
67-80	Pâte - molle	62-68	Pâte demi- molle	45-60	Tout -gras
>80	Pâte fraîche	>68	Pâte molle	>60	Extra

H: Humidité du fromage; G : teneur en matière grasse.

## II. Cas du fromage fondu et du fromage ingrédient

### II.1. Définition du fromage fondu

Le fromage fondu est un fromage traité thermiquement avec une masse homogène et stable, onctueux et stable, qui est préparé en discontinu en chauffant un mélange de fromages naturels avec des sels émulsionnants sous pression réduite et sous agitation constante jusqu'à obtention d'une masse aux propriétés souhaitées (Guinee, 2009; Bubelová *et al.*, 2015).

Le fromage fondu est obtenu par la fonte d'un fromage ou d'un mélange de fromages frais ou affinés additionnées éventuellement de lait, beurre, crème, caséines, lactosérum, et d'autres ingrédients (épices, aromates, jambon, champignons...etc). Les fromages utilisés pour la fonte sont soit difficiles à commercialiser soit préparés à partir de restes d'ultrafiltration (Solowiej *et al.*, 2014). Ce sont généralement des fromages à pâte dure aux microorganismes plus contrôlés et aux arômes plus stables que les fromages à pâte molle (Fredot, 2006).

En France, le décret n°2013-1010, entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2014, a précisé et modifié le précédent décret n°2007-628. Ces décrets définissent l'attribution de la dénomination « fromage fondu » aux produits obtenus par la fonte et l'émulsification, à l'aide de la chaleur, de fromages ou d'un mélange de fromages, éventuellement additionnés d'autres produits laitiers. Lorsque le fromage fondu est constitué d'un fromage spécifique, défini dans une norme, à 50 % du poids total des matières premières laitières utilisées, celui-ci peut porter le nom de ce fromage, accompagné de la dénomination « fondu » (Richonnet, 2016).

La dénomination « spécialité fromagère fondue » est réservée au produit laitier, dont la teneur minimale en matière sèche est de 25 grammes pour 100 grammes de produit, préparé à partir de fromage et d'autres produits laitiers. Ce produit est obtenu par des techniques de traitement qui incluent la fonte et conduisent à l'émulsification des matières premières et doit avoir subi, au cours de sa fabrication, une température d'au moins 70°C pendant 30 secondes ou toute autre combinaison de durée et de température d'effet équivalent (JORF, 2007).

### II.2. Biochimie de la fonte

Le fromage fondu connaît depuis plusieurs années un important développement, dû à la fois à des qualités de goût et de conservation qui plaisent à une certaine clientèle et à la présentation de nouvelles formes attrayantes. Malgré les expériences qui ont duré un demi-

siècle environ, les praticiens utilisaient des termes « crémage » et « peptisation » en recouvrant les modifications de la matière première qui sont mal définies (Lee *et al.*, 1979).

### **1. La peptisation**

La compréhension du phénomène de la peptisation s'inspire des travaux de Bonnell (1971). Lors de la première phase de fonte qui consiste à la déstructuration ou la dissociation des protéines, les sels de fonte chélatent le calcium lié aux protéines et transforment ainsi le paracaséinate de calcium insoluble en paracaséinate de sodium soluble (Lee *et al.*, 1979 ; Schaffer *et al.*, 1999).

La peptisation est la conséquence de l'action des sels de fonte qui jouent le rôle d'échangeurs d'ions; le calcium du complexe phosphoparacaséinate est remplacé par du sodium; il en résulte un réarrangement des molécules protéiques et l'exposition des groupes hydrophiles (Lee et Allais, 1980)

Au cours du processus de déstabilisation du fromage naturel, le déroulement des chaînes protéiques ainsi que l'augmentation du nombre de charges négatives résultant tous deux de la disparition de ponts calciques, augmentent les capacités d'interactions des groupements latéraux polaires des protéines avec les molécules d'eau (Paquet et Kalab, 1988).

En même temps que se déroule ce processus d'hydratation, le paracaséinate de sodium émulsifie la matière grasse libérée sous la forme de gros globules gras dans le mélange en cours de fonte. D'après Rayan, *et al.*, (1980), l'homogénéisation provoquée par les effets simultanés des sels émulsifiants, du chauffage et de l'agitation, réduit la taille de ces globules gras et améliore ainsi la stabilité de l'émulsion.

### **2. Phase de crémage ou cuisson**

Le crémage ou l'hydratation de la protéine est obtenu par l'action associée de l'agitation, du traitement thermique, et par l'action dispersante des sels de fonte. Il nécessite des températures entre 70 et 90°C, cette dernière étant considérée comme la température optimale du crémage. Cette étape est l'opération clef au cours de laquelle le fromage acquiert sa consistance. De plus, elle assure la destruction thermique des microorganismes et des enzymes (Dantas Calavalcante, 1995).

L'association de trois facteurs précédents fait apparaître des zones hydrophiles à la surface de la caséine, qui facilitent la liaison des molécules d'eau. C'est cette eau liée qui fait

augmenter la viscosité du fromage fondu. Les pyrophosphates de calcium formés au cours du traitement thermique ont une taille qui leur permet de s'insérer entre les chaînes protéiques pour former des liaisons ioniques inter et intra-protéiques ce qui entraîne la gélification du réseau (Étienne, 1992).

La prolongation de cette phase provoque un épuisement de la capacité d'hydratation des protéines, d'où le risque de voir de faibles perturbations du système (pH, température) entraîner l'effondrement de l'ensemble (Bonnell, 1971).

### **3. Phase de Restructuration**

La phase terminale du processus de fonte est provoquée par le refroidissement (Lee, 1981), au cours duquel, il se produit une réorientation des protéines, de sorte que les forces structurantes interviennent à nouveau (Dantas Calavalcante, 1995). Le réseau protéique formé grâce aux liaisons hydrogènes, hydrophobes et ioniques établies, va se structurer pour former un gel qui va emprisonner fortement la matière grasse émulsionnée ainsi que l'eau d'hydratation (Bowland *et al.*, 2001 ; Hennelly *et al.*, 2005).

## **II.3. Définition du fromage ingrédient**

Au cours des dernières décennies, le fromage a pris une importance commerciale croissante dans l'industrie alimentaire du fait de son utilisation comme ingrédient. Ce produit laitier polyvalent peut être utilisé directement dans une gamme de plats culinaires, produits alimentaires formulés, et les plats préparés. Dans ces applications, il contribue à la structure, la texture, la saveur dans la bouche, les propriétés de cuisson et / ou la nutrition (Guinee, 2016). Les fromages comme la Mozzarella, les poudres de fromages, les fromages fondus ou imitations ont été traditionnellement les principaux fromages ingrédients (John et Lucey, 2008). Le fromage peut également être utilisé dans la préparation d'un ensemble d'aliment à base de fromage déshydraté, y compris les fromages séchés, les poudres de fromage. Par rapport aux fromages naturels, ces produits sont plus stables et plus commodes à utiliser dans la formulation des aliments et ils peuvent être conçus pour assurer des profils d'arômes très divers (Guinee, 2016).

## II.4. Facteurs influençant les propriétés fonctionnelles des fromages ingrédients

Les divers facteurs qui affectent les propriétés fonctionnelles des fromages ingrédients ont été regroupés en grandes catégories suivantes (Gunasekaran et Ak, 2003): a) les propriétés du lait, b) les procédures de fabrication du fromage et c) la composition du fromage.

### a. Les Propriétés du lait

En tant que matière première, la qualité et les propriétés du lait ont un effet direct sur les propriétés fonctionnelles du fromage. Des facteurs tels que : la race des bovins, le stade de la lactation, la saison de traite et l'alimentation affectent la composition du lait et la capacité tampon, et donc les propriétés du fromage (Guinee *et al.*, 1998, Lucey *et al.*, 1992). Par exemple, Le fromage mozzarella fait à partir du lait de la lactation tardive est plus doux et visqueux que celui obtenue à partir du lait de mi-lactation (Lucey *et al.*, 1992). La standardisation du lait est réalisée pour minimiser certaines variations en composition avec un rapport caséine-matière grasse cible. Lorsque le caséine- grasse n'est pas correctement contrôlée, le fromage peut être soit trop mou ou trop dur, Sauf si des ajustements sont apportés pour modifier la teneur en eau du caillé (Scott *et al.*, 1998). Le point de fusion de la matière grasse du lait a été montré pour changer de manière saisonnière (Papalois *et al.*, 1996). La fonte des graisses est directement liée à la fonte du fromage, à l'étirement et aux propriétés du fromage à des températures élevées. Selon le pH du lait et température, environ les deux tiers du calcium est colloïdal et le reste est en solution. La proportion de phosphate de calcium colloïdal retenue dans le caillé et le pH du caillé affectent l'étalement du fromage Mozzarella. La capacité tampon de que le lait de fromage a une incidence sur l'ampleur de la déminéralisation et éventuellement l'extensibilité du fromage (Fernandez et Kosikowski, 1986)

### b. Procédures de fabrication du fromage

- **Ajout de ferments (Starter Culture)**

L'objectif principal de l'ajout de ferments est la production d'acide. D'autres effets majeurs sont l'activité protéolytique et l'utilisation des sucres. Le taux de production d'acide est essentielle pour le contrôle de la composition et la fonte du fromage du (Mc Mahon *et al.*, 1993, Kindstedt *et al.*, 1989). L'activité protéolytique des ferments, pendant le stockage,

affecte les propriétés rhéologiques et texturales du fromage (Lawrence *et al.*, 1987). Par exemple, l'extensibilité et la fonte du fromage Mozzarella préparé avec *Lactobacillus bulgaricus*, qui n'a pas une activité protéolytique, diffère de celle du fromage obtenu avec un ferment qui a un pouvoir protéolytique (Oberg *et al.*, 1991). L'incapacité de certains ferments à fermenter le galactose contribue au brunissement de Maillard du fromage pendant la cuisson (Matzdorf *et al.*, 1994, Johnson et Olson, 1985).

#### ● **Traitement du caillé**

Une température de cuisson élevée entraîne, normalement, la formation d'un fromage à teneur en humidité plus faible en raison du retrait du caillé. La haute température de cuisson améliore également l'activité métabolique des bactéries dans le caillé, ce qui augmente la production d'acide lactique et donc abaisse le pH, ce qui contribue à la contraction du caillé, en expulsant plus de lactosérum. Cela rend le fromage acide, dur, friable et sec (Scott *et al.*, 1998).

### **c. Composition du fromage**

Les constituants majeurs et mineurs des fromages ont des effets variables sur leurs propriétés fonctionnelles d'utilisation finale. De plus, la préférence des consommateurs pour certains niveaux de propriétés fonctionnelles varie en fonction de plusieurs facteurs socio-économiques, ethniques et géographiques. En plus de l'âge du fromage, les principaux facteurs de composition qui affectent les propriétés du fromage sont la teneur en humidité, la teneur en matières grasses, la teneur en sel et le pH.

#### **1. Taux d'humidité**

L'humidité est un constituant majeur du fromage. Elle représente plus d'un tiers ou plus de la moitié de la masse fromagère. Il est, en effet, largement admis que les fromages à teneur élevée en humidité sont plus doux, plus lisses et plus fusible que les fromages à faible teneur en humidité. Wang et Sun (2002) ont comparé les tensions du fromage cheddar (32,3% de matières grasses, 32,8% d'humidité) et de fromage Mozzarella (18% de graisse, 46,9% d'humidité) à différentes températures. Le fromage cheddar a fondu beaucoup plus que le fromage mozzarella à toutes les températures, non seulement en raison de sa teneur en matières grasses plus élevée, mais aussi en raison de sa teneur en « eau active » plus élevée, l'eau piégée par la matrice protéique (McMahon et Oberg, 1998).

#### **2. La teneur en matière grasse**

La teneur en matière grasse dans le fromage est responsable de ses nombreuses propriétés fonctionnelles, texturales et sensorielles souhaitables. Les fromages à faible teneur

en matière grasse tendent à être plus durs et moins fondant que les fromages à teneur élevée en matières grasses (Fife *et al.*, 1996). La graisse présente dans le caillé de fromage agit comme un plastifiant et inhibe la formation de liaisons croisées entre les chaînes de caséine (Johnston, 1984). Plus le réseau de protéines est faible et poreux, plus la graisse est perdue du réseau.

### 3. Teneur en sel

Le sel est un constituant mineur du fromage, mais peut avoir un effet majeur sur les propriétés du fromage fondu et non fondu. En plus d'améliorer son goût, le sel contrôle la teneur en humidité, la croissance de microorganismes indésirables et le développement de l'acidité en contrôlant la croissance des organismes lactiques.

Le sel peut affecter les propriétés du fromage Mozzarella en échangeant avec le calcium, et en améliorant ainsi l'émulsification des graisses (abaissent la formation d'huile libre) dans la matrice protéique et lui conférant une texture plus ferme (Kindstedt *et al.*, 1992). Cet effet est considéré comme indépendant de la teneur en humidité (McMahon *et al.*, 1993). En général, les fromages à forte teneur en sel (~ 2%) fondent mal (Olson, 1982).

### 4. Le pH

Un changement de pH affecte profondément les propriétés fonctionnelles du fromage (Visser, 1991, Lawrence *et al.*, 1987, Noel et Lefier, 1991). Des changements spectaculaires dans les propriétés des fromages se produisent lorsque le pH est réduit de 5,4 à 4,9, ce qui résulte de plusieurs facteurs, y compris la solubilisation de la majeure partie du phosphate de calcium colloïdal (Roefs *et al.*, 1985, Lawrence *et al.*, 1993), L'altération de la microstructure du fromage avec réduction de la taille des agrégats de protéines (Lawrence *et al.*, 1993) et les altérations de liaisons à l'intérieur du réseau protéique du fromage (Luyten *et al.*, 1991).

Yun *et al.*(1993) ont étudié les effets du pH au broyage sur la composition et les propriétés fonctionnelles du fromage Mozzarella. Le broyage du fromage à pH 5,10, 5,25 ou 5,40) n'a pas un effet sur la capacité de fusion ou sur les propriétés texturales du fromage, mais la viscosité apparente du fromage fondu augmente lorsque le pH augmente.

### **III. Situation de la filière lait en Algérie**

Le développement du secteur agricole et agroalimentaire constitue un enjeu majeur pour l'Algérie sur le plan économique, politique et social. Le chiffre d'affaires réalisé par l'industrie agroalimentaire représente 40% du total du chiffre d'affaires des industries algériennes hors hydrocarbures (Kaci et Sassi, 2007). Alors comme c'est considéré comme la source principale des protéines animales, le lait reste un aliment stratégique en Algérie, mais vue la progression démographique et le taux d'urbanisation, l'Algérie reste encore loin de garantir une couverture satisfaisante par la production nationale. En effet, l'industrie laitière fonctionne essentiellement sur la base de poudre de lait et de MGLA (Anonyme 1)

L'Algérie est le premier consommateur laitier du Maghreb. Chaque année, elle importe 60% de sa consommation de lait en poudre des pays de l'Union européenne, notamment de la Pologne et la France mais aussi de la Belgique. La suppression progressive entre 2004 et 2008 des restitutions communautaires sur les produits laitiers a entraîné une importante hausse des prix dans ces trois pays, ralentissant logiquement leurs exportations vers l'Algérie (Anonyme 1, 2016). Selon le Centre national de l'informatique et des statistiques des douanes (CNIS), La facture d'importation de lait (y compris les matières premières : lait en poudre, crèmes de lait et matières grasses laitières) a reculé à 399,71 millions de dollars (USD) durant les cinq premiers mois de 2016, contre 519,04 millions USD à la même période de 2015, soit une baisse de 23% (Anonyme 2, 2015).

D'autre part, l'Algérie est devenue en 2010 le deuxième marché étranger pour les fromages irlandais. C'est ce qu'indique l'Irish Dairy Board (l'office irlandais du lait), qui exporte des produits laitiers en Algérie depuis quinze ans. Effectivement, les Algériens sont de plus en plus friands de fromage. Ils consomment surtout du fromage fondu en portion (60 % de la consommation totale de fromage dans le pays). Aujourd'hui, les fromages fabriqués en Algérie restent peu nombreux. Il s'agit essentiellement du camembert et autres pâtes pressées, des fromages frais et des fromages fondu (Anonyme 3, 2011).

Afin de réduire les importations du lait et de promouvoir la filière lait, de nouvelles mesures ont été décidées par le gouvernement en faveur des éleveurs et des opérateurs de ce secteur en augmentant la subvention du lait cru et en encourageant l'investissement, avec l'objectif de baisser les importations de la poudre de lait de 50% à l'horizon 2019 (Anonyme 2, 2015).

#### IV. Produits laitiers traditionnels algériens

L'Algérie a une tradition des produits laitiers bien établie, transmise de génération en génération, qui a un aspect important de la culture algérienne (Claps et Morone, 2011). La transformation traditionnelle de lait abondant dans certaines périodes de l'année a permis l'apparition d'une gamme de produits laitiers dont les boissons, les dérivées laitiers gras et les fromages.

##### IV.1. Boissons :

- **Rayeb**

Le *Rayeb* (ou *Raib*) est le lait fermenté obtenu par le mouillage ou le brassage non poussé du lait cru coagulé spontanément pendant un temps variant de 24h à 72h selon la saison. Le *Rayeb* est consommé tel quel ou transformé. Ce type garde sa totalité de matière grasse et possède un aspect onctueux (Mechai *et al.*, 2014 ; Bendimerad, 2013)

- **Lben**

Le *Lben* est l'un des produits très connus de la transformation artisanale du lait en Algérie. C'est une boisson fraîche, peu acide préparée par fermentation spontanée du lait cru jusqu'à coagulation, suivie d'un léger mouillage, puis d'un barattage (barratage du *Rayeb*), permettant de recueillir la majorité de sa matière grasse sous forme de beurre dit « *Zebda* ». La préparation artisanale ou familiale du *Lben* est simple : le lait est abandonné à lui-même dans une marmite en terre cuite ou dans un récipient en métal jusqu'à sa coagulation. Celle-ci se fait à température ambiante et dure 24 à 72 h suivant la saison.

Le gel formé est brassé par une cuillère ou une louche pour faciliter sa transvasion dans la *Chekoua*. Cette dernière représente le récipient original de barattage depuis des milliers d'années. Elle est issue d'un traitement laborieux de la peau de chèvre ou de brebis. (Mechai *et al.*, 2014 ; Aissaoui *et al.*, 2006 ; Benkerroum et Tammime, 2004). Le manipulateur doit secouer énergiquement avec les deux mains, puis ajout des petites quantités d'eau 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. L'opération de barattage dure de 40 min jusqu'à 1h et 15 min. La *Zebda* est récupérée, généralement à la main ou à l'aide d'une cuillère puis lavée et malaxée dans une eau froide afin d'extraire les traces du *Lben* retenu dans sa masse (Tantaoui-Elaraki et Elmarakchi, 1987).

Dans certaines régions algériennes (wilaya de Jijel), le barattage est effectué dans un récipient en terre cuite menu d'une petite ouverture obturé par une toile permettant la sortie de l'air et des gaz formés lors du barattage. Ce récipient appelé *Mezla* est utilisé pour l'crémage des grands volumes de lait, contrairement à *Artoul* qui est utilisé pour des petits volumes. Cet ustensile est placé sur un morceau en liège, et recouvert par un morceau en peau de chèvre et fermé hermétiquement par une ficelle (anonyme 4)



Figure 01. Baratte traditionnel algérienne (*Mezla*)

La composition chimique du *Lben* n'est pas homogène parmi les différentes localités, mais aussi parmi les différentes exploitations dans la même zone, comme le lait de départ est différent, car il change de l'espèce utilisée, le système alimentaire, le stade de lactation, etc (Claps et Morone, 2011).

D'après Boubekri *et al.* (1984), le *Lben* algérien se caractérise par un pH de 4,2 et une acidité de 60°D. La teneur en matière grasse est de 0,20g/100g et le taux d'humidité est de 90,80%. Cependant, le *Lben* marocain du commerce analysés présentent en moyenne un pH de 4,4 et une acidité de 70° Dornic, leur taux de matière grasse moyen est de 9,6 g/l pour un extrait sec de 87,9 g/l (Tantaoui-Elaraki *et al.*,1983). Les bactéries lactiques impliqués dans la fermentation sont principalement : *L. lactis* subsp *lactis*, *S. salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *plantarum*, les levures: *Saccharomyces cerevisiae* et *Kluyveromyces marxianus* (Tantaoui-Elaraki et El Marrakchi,1987; Benkerroum et Tamime (2004)).

### IV.3. Dérivés laitiers gras : *Zebda* et *Shmen*

- *Zebda*

En Algérie, la *Zebda* est la matière grasse floquée et recueillie après barattage du *Rayeb*. Celle-ci peut être consommé tel quelle ou conservé dans un endroit froid après rinçage et malaxage avec de l'eau froide. Pour une conservation à longue durée, une certaine quantité

de sel doit être rajouté à la masse grasse puis malaxé afin d'assurer une bonne répartition de sel qui va jouer le rôle d'inhibiteur de germes.

- ***Shmen***

*Shmen* est une huile de beurre algérienne obtenu par le barattage du lait de chamelle acidifié spontanément. Le beurre est ensuite bouilli et clarifié en phase liquide par l'ajout d'agent clarifiant (dattes concassés) puis écrémé après floculations des impuretés (Benkerroum, 2013).

### **IV.3. Fromages**

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

#### **IV.3.1. Fromage affiné : *Bouhezza***

*Bouhezza* est un fromage de terroir très répandu dans la région des Chaouia. Fabriqué par les femmes en utilisant une *Chekoua* ou *DJeld* confectionné auparavant pour cet usage. La *Chekoua* est un sac préparé à partir de la peau de chèvre ou de brebis non fendue, traitée principalement avec du sel et du genièvre. Elle joue le rôle à la fois d'un contenant de la masse fromagère et d'un séparateur de phase (ultrafiltre) (Aissaoui, 2014)

Ce fromage peut être fabriqué avec le lait de différentes races (chèvre, brebis ou vache), seul ou en mélange. La fabrication de *Bouhezza* est lancée le plus souvent avec le *Lben* et le sel. La fabrication est terminée par ; l'ajout du lait cru afin de corriger l'acidité et le taux de sel du fromage. Le salage est réalisé en masse .Après égouttage de la *Chekoua*, des ajouts successifs du *Lben* sont effectués. La fréquence de ces ajouts dépend, essentiellement, de la disponibilité du *Lben* et de la vitesse de l'égouttage (Saoudi, 2012). A la fin de fabrication, *Bouhezza* est épicé pour la consommation avec le piment rouge piquant. Le fromage est consommé directement ou conservé soit sous forme de pâte humide ou de poudre

déshydratée après séchage au soleil. La durée de conservation est de deux semaines à plusieurs mois. Le fromage ainsi préparé assaisonne les sauces des plats traditionnels (*M'kartfa, Coucous, et Aiche*) (Aissaoui, 2014).

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

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

#### **IV.3.2. Fromage frais ou extra-dur : *Klila***

*Klila* est un fromage traditionnel préparé empiriquement par les familles algériennes et marocaines par un chauffage modéré du *Lben* (50-75°C) jusqu'au caillage. Le lactosérum formé est séparé du caillé par un tissu fin et la boule du caillé est ensuite égouttée spontanément. Le fromage obtenu peut être consommé à l'état frais ou inséré dans des préparations culinaires après découpage et séchage au soleil pendant quelques jours (2-3 jours) (Mennane *et al.*, 2007 ; Leksir et Chemmam, 2015).

La fermentation du lait impliqué dans la fabrication du *Lben*, comme beaucoup de processus de fermentation de produits traditionnels, est spontanée, non contrôlée et implique beaucoup de micro-organismes qui sont influencés par les conditions environnementales de l'endroit où le fromage est fabriqué (Boubekri et Ohta, 1996).

#### **IV.3.3. Fromages frais**

##### **1. *Jben***

Le *Jben* (ou *Djben*) est un fromage frais traditionnel, de variété molle, connu et fabriqué dans les trois pays du Maghreb : l'Algérie, Maroc et Tunisie. Le *Jben* traditionnel est fabriqué par la coagulation enzymatique type présure de lait cru entier de vache, à laquelle une certaine quantité de sel est ajoutée (de 10-20g de NaCl par litre de lait). Sa fabrication est

semblable au *Jben* marocain (Mennane *et al.*, 2007). Le *Jben* algérien est consommé frais ou après un séchage afin de prolonger sa durée de conservation. Le lait destiné à sa 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. Il contient une microflore variée qui constitue une ligne de défense par la production d'acide lactique, de peroxyde d'hydrogène et de bactériocines (Boudjaib, 2013).

## 2. *Takmmèrite*

C'est un fromage connu également sous le nom de *kémaria* frais, très répandu dans la wilaya de Ghardaïa ou la région du M'zab. Ce fromage est fabriqué à base du lait cru entier de vache ; de chèvre ou de brebis préalablement salé (sel de table ou alun) et chauffé à 37°C puis emprésuré par le gésier de poulet, caillette de chevreau ou fleur de cardon. Après coagulation pendant 30 minutes le caillé est découpé et égoutté dans un cheche, pour une période de 30 min jusqu'à 24h. La *kémaria* est mise en forme de galette est consommée avec le thé et le pain dans les occasions religieuses et les invitations spéciales et les soirées familiales. Sa composition est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 05. Caractéristiques physico-chimiques de la *Kémaria* de vache et de chèvre

	<i>Kémaria</i> de vache	<i>Kémaria</i> de chèvre
<b>pH</b>	5,09	5,20
<b>Acidité (g/100g de fromage)</b>	0,17	0,19
<b>EST (g/100g de fromage)</b>	37,11	36,46
<b>MG (g/100g de fromage)</b>	23,07	21,05
<b>Protéines totales (g/100gde fromage)</b>	4,86	4,08
<b>NaCl (mg/l)</b>	12,05	10,7
<b>MG/ES (%)</b>	62,89	53,54
<b>TEFD (%)</b>	76,89	77,52

TEFD: Teneur en eau dans le fromage dégraissé.

## 3. *Takammart*

Littéralement "Fromage" en langue Tamahaq (Touareg), le *Takammart* est un fromage de la région désertique du Hoggar (Tamanrasset). Il est produit par l'introduction d'un morceau de caillette de jeunes chevreaux dans le lait de chèvre. Le caillé obtenu est retiré à l'aide d'une louche et déposé en petits tas sur une natte, il est ensuite pétri pour évacuer le

sérum puis déposé sur une natte à base de tiges de fenouil qui lui transmet un arôme particulier. Les nattes sont, par la suite, exposées au soleil durant deux jours puis placées à l'ombre jusqu'au durcissement du fromage (Mahamedi, 2015).

Selon Oteng-Gyang (1984), il existe un fromage nommé Ahaggar. C'est un fromage séché et dur, est produit au Niger, en Inde "Tikkamarin" et en Afghanistan.

#### **4. Mechouna**

La *Mechouna* est un fromage traditionnel algérien largement consommé dans la région de Tebessa, fabriqué par l'ajout du *Lben* ou *Rayeb* salé au lait cru de vache ou de chèvre en ébullition. Elle peut être considérée comme un fromage frais à pâte molle, avec un extrait sec de  $41 \pm 1$ , et un pH de  $5,85 \pm 0,15$ . La *Mechouna* est consommé avec du pain et de la galette, ou bien avec du couscous et des pâtes alimentaires (macaroni, spaghetti, ...). Dans le but d'améliorer sa qualité organoleptique, ce fromage peut être additionné de plusieurs épices selon le choix des consommateurs ; dans cet état la *Mechouna* est dénommé *Chnina* (Lemouchi, 2007 ; Derouiche et Zidoun, 2015).

#### **5. Adhghass**

Produit dans la région des Aurès, l'*Adhghass* est fabriqué à partir d'un mélange de colostrum et d'oeufs qui est ensuite cuit (Mahamedi, 2015).

#### **6. Ighounane**

Fromage fabriqué en Kabylie à partir du colostrum (premier lait de vache venant de la mise bas). La préparation d'*Ighounane* se fait dans des ustensiles en terre cuite enduits d'huile d'olive dans lesquels est versée une petite quantité d'eau salée, puis le lait est chauffé et coagulé. Le caillé formé est découpé puis consommé tel quel (Mahamedi, 2015 ; Lahsoui, 2009).

#### **7. Aghoughlou**

Fromage fabriqué en Kabylie, il est obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre coagulé par la sève du figuier. Le coagulum ainsi formé est découpé puis mis dans un tissu fin pour compléter l'égouttage (Mahamedi, 2015).

### **8. *Aoules***

*Aoules* est un fromage traditionnel algérien, sec, typique (87% à 92% de matière sèche), obtenu par le chauffage modéré du *Lben* écrémé issu de lait de chèvre coagulé spontanément. Le chauffage est fait dans un récipient en argile jusqu'à la précipitation des caséines. Le précipité est tendu dans un panier de paille et le caillé est malaxé en petite quantité à la fois pour donner la forme d'un petit cylindre plat (2 cm d'épaisseur, 6 à 8 cm de diamètre). Le fromage est ensuite séché au soleil, broyé et peut être mélangé avec de la pâte des dattes ou avec les boissons (Benkerroum, 2013).

*Matériel*  
*et méthodes*

## I. Méthodologie globale d'étude du fromage *Medeghissa*

Dans le but de caractériser le fromage traditionnel algérien *Medeghissa* nous avons adopté une méthodologie fondée sur deux axes intégrés et dépendants (Fig.02): l'enquête sur terrain et la caractérisation expérimentale des échantillons de ferme et de fabrications contrôlées.

Le premier axe de cette approche vise à caractériser ce fromage par le biais d'une enquête dans la wilaya d'Oum El-Bouaghi. Les finalités capitales envisagées de ce volet est de collecter le maximum d'informations sur son procédé de fabrication et d'établir un diagramme de fabrication permettant de simuler les échantillons de ferme avec l'élaboration de sa fiche technique qui permettra de mieux connaître et maîtriser la fabrication du produit fini. Au complément des sous objectifs qui sont le recensement des fromages traditionnels connus dans la wilaya, et l'établissement de diagramme de fabrication de la *Klila* utilisé comme matière première de base de fabrication du *Medeghissa*.

L'enquête auprès des familles constitue un outil de collecte d'informations très important. Elle nous permettra de tracer fidèlement le diagramme de fabrication du fromage *Medeghissa*. La caractérisation par l'enquête ne peut être que partielle et une partie des informations recueillies nécessite d'être accomplie par une approche expérimentale plus rigoureuse au laboratoire ; ce qui a fait l'objet d'un deuxième volet de notre méthodologie.

Au niveau du laboratoire, l'étude a pour objectif la détermination des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques, rhéologiques et sensorielles du fromage fabriqué selon le diagramme de l'enquête au niveau du laboratoire, en plus de la caractérisation physicochimique et microbiologique des échantillons collectés.

La synthèse des données générées par les deux axes à savoir : l'enquête et l'expérimentation au laboratoire, permettent d'atteindre le but visé dans notre travail.

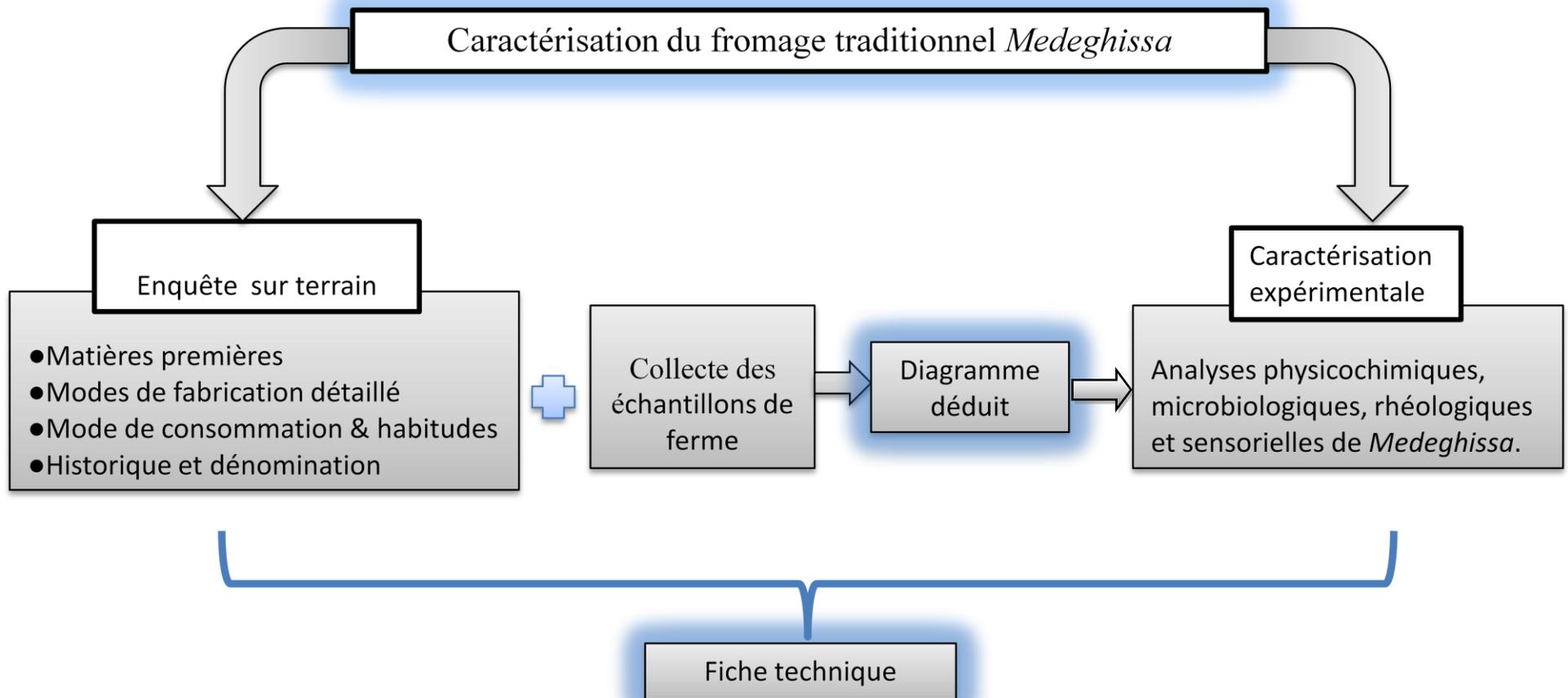


Figure 02. Méthodologie adoptée pour la caractérisation de *Medeghissa*

## II. Identification et caractérisation de la *Medeghissa* par enquête sur terrain

Dans le cadre de la protection de notre patrimoine fromager, et à partir des premières informations sur le fromage traditionnel *Medeghissa* enregistrés par Aissaoui Zitoun (2004), l'idée de la caractérisation de ce dernier a été émanée. Mais, le manque des informations sur ce sujet nous a conduits à le caractériser par le biais d'enquête et par le rapprochement à un nombre élevé de familles supposées connaître les produits laitiers traditionnels. Il nous a semblé qu'une enquête par questionnaire et par interview est l'outil de collecte d'informations le plus convenable pour caractériser ce fromage dans son terroir d'origine.

### II.1. Elaboration du questionnaire

La réalisation du questionnaire d'enquête s'est faite suite à des pré-enquêtes sur terrain avec un questionnaire en arabe fourni aux personnes proches des familles enquêtées pour faciliter la compréhension du but de l'enquête et le nom et la nature du fromage sujet d'étude. Ensuite un questionnaire définitif a été élaboré et exploité (annexe 01).

Le questionnaire comprend en plus de l'identité des questionnées trois grandes parties peu dépendantes et sa structure est illustré dans le schéma suivant (Fig. 03):

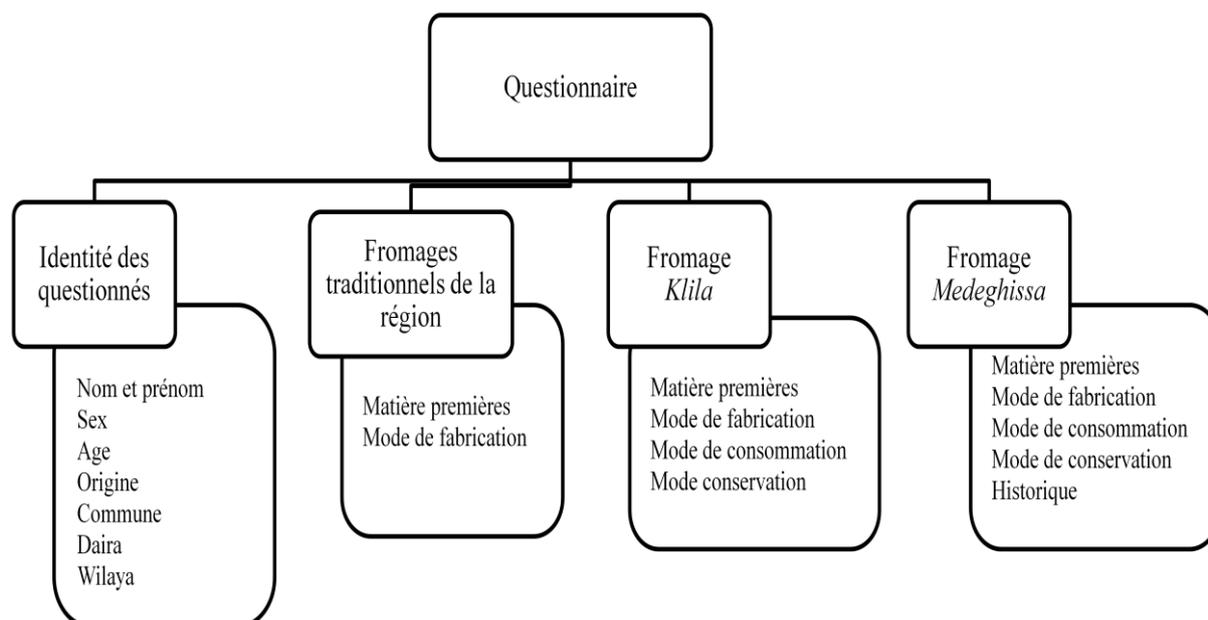


Figure 03. Structure du questionnaire

## II.2. Déroulement de l'enquête

L'enquête s'est déroulée pendant trois mois (Octobre, Novembre et Décembre 2015) dans quelques communes de la wilaya d'Oum El-Bouaghi (13 communes de 7 Daïrates) auprès de 105 enquêtées, parmi eux 84 connaissent le fromage *Medeghissa*.

## II.3. Population cible

D'après la pré-enquête nous avons ciblé des femmes de zones rurales âgées de plus de 30 ans afin d'accueillir le maximum d'informations sur la pratique de fabrication de *Medeghissa* et d'établir son diagramme aussi que les autres fromages traditionnels connus. Nous avons choisis les femmes âgées puisque généralement la préparation des repas est une responsabilité des femmes. Elles sont les dépositaires de savoir-faire qui se transmettent oralement de génération en génération.

## II.4. Traitement des données de l'enquête

La saisie et le traitement des données de l'enquête ont été effectués par le logiciel SPSS (version 20). Tandis que, pour la préparation des tableaux et des graphes nous avons utilisé le logiciel Microsoft Office Excel (2007).

## II.5. Collecte des échantillons

Les échantillons de ferme en nombre de 12, sont préparés par les familles enquêtées au niveau de la commune d'Ain Fakroun et prélevés dans des boîtes stériles, à raison de deux échantillons par semaine. Ils ont été réfrigérés à 4°C puis transportés vers le laboratoire de Nutrition et de Technologies Alimentaires (L.N.T.A.). Les 12 échantillons collectés ont subi des analyses microbiologiques le jour du prélèvement. Par ailleurs, la partie résiduelle a été congelée pour l'analyse physicochimique.

## III. Etude expérimentale du fromage *Medeghissa*

L'expérimentation au laboratoire consiste en l'étude du mode de fabrication adopté de *Medeghissa*, dont le diagramme est issu de l'exploitation des résultats de l'enquête. Les caractéristiques physico-chimiques, la qualité hygiénique et le profil sensoriel et rhéologique du fromage *Medeghissa* seront prospectés dans cette partie comme les montre la figure suivante (Fig. 04) :

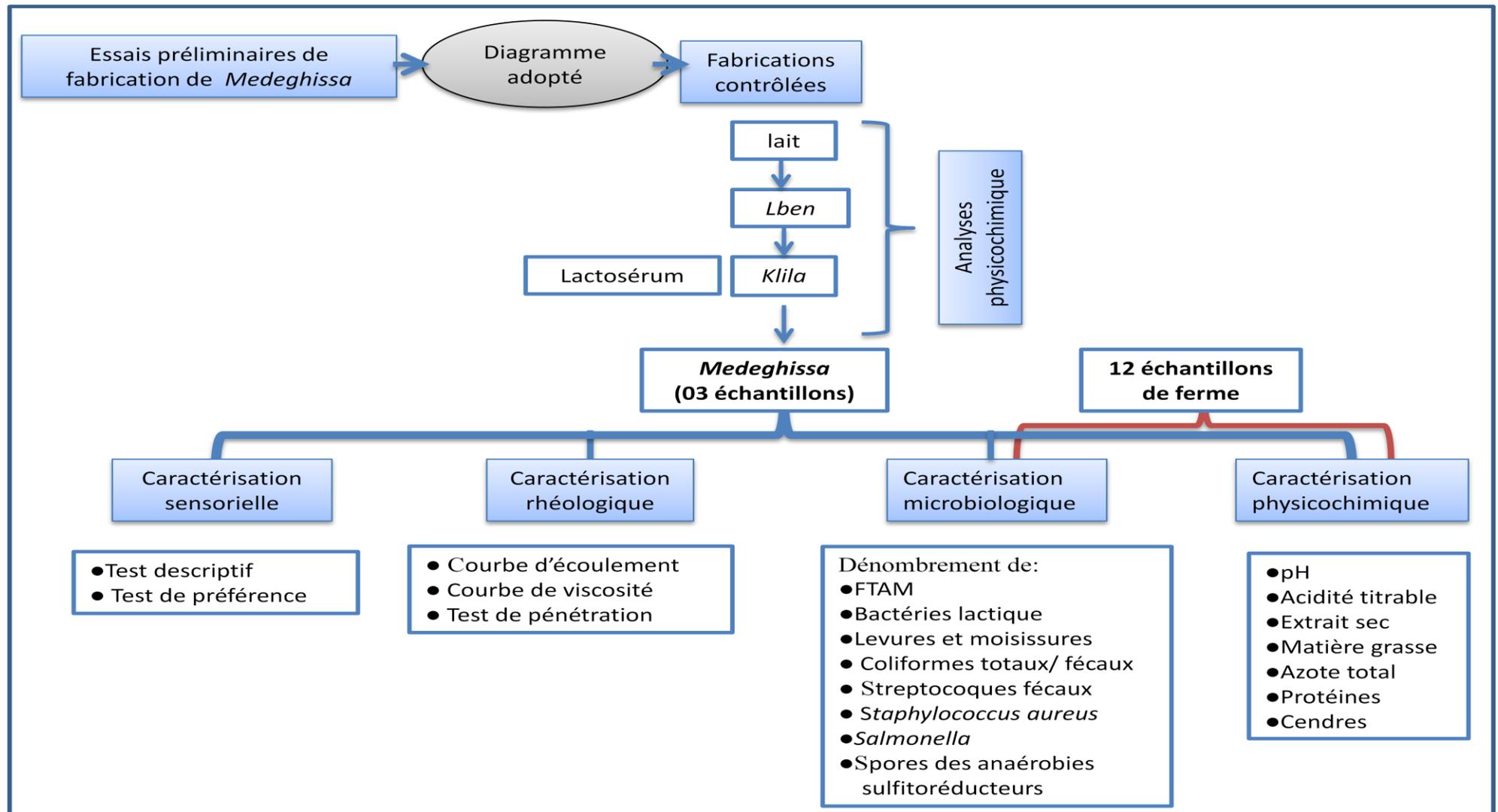


Figure 04. Schéma de la caractérisation expérimentale de la *Medeghissa*

### III.1. Essais préliminaires de fabrication de *Medeghissa*

Suite au traitement des résultats de l'enquête, nous avons établi un diagramme de fabrication le plus prépondérant. Ce diagramme englobe la préparation du *Lben*, la fabrication de la *Klila*, et ensuite le fromage *Medeghissa* (Fig.14). Pour les essais préliminaires de confirmation du diagramme de fabrication de *Medeghissa*, nous avons utilisé le *Lben* artisanal acheté du commerce. Cependant dans le diagramme final validé le *Lben* utilisé est fabriqué au niveau du laboratoire afin de s'assurer de sa qualité.

Deux séries d'expérimentations ont été réalisées pour la vérification du diagramme de fabrication du fromage. La première série est essentiellement liée aux conditions de fabrication de *Klila*. Cependant la deuxième série correspond aux conditions de fabrication de *Medeghissa*. Nous rappelons que le fromage *Medeghissa* est considéré comme un fromage fondu préparé à base de *Klila* cuite dans du lait entier.

#### III.1.1. Matières premières de fabrication

##### III.1.1.1. Lait cru

Le lait de vache entier cru est acheté d'un crémier à Ain Smara. Le test d'antibiotique et le dosage de la matière grasse ont été effectués chez le laboratoire de la laiterie *Safilait* (Ain Smara-Constantine). Ce lait cru se caractérise par un pH de 6,54, une densité de 1,024 g/cm<sup>3</sup> et une teneur en matière grasse de 28g/L. Le test d'antibiotique est négatif.

##### III.1.1.2. *Lben*

Le *Lben* des essais préliminaires de préparation de la *Klila* est acheté d'un crémier à cité Boussouf (Constantine). Ce *Lben* est préparé selon le procédé artisanal et baratté à l'aide d'une baratte électrique en bois. Il se caractérise par un pH de 4,25 (acide) et une densité de 1,021g/cm<sup>3</sup>. Un deuxième lot de *Lben* est acheté d'un crémier à Ain Smara et utilisé pour la fabrication de la deuxième série de fabrication de la *Klila*.

#### III.1.2. Obtention de *Klila*

D'après les résultats de l'enquête, la *Medeghissa* peut être préparé par la cuisson de *Klila* fraîche, bien égouttée, découpée en formes aléatoires et séchée légèrement dans un volume de lait entier en ébullition.

Par ailleurs, la *Klila* est préparé par le chauffage modéré du *Lben* jusqu'à la prise de caillé et la séparation d'un lactosérum clair de couleur jaune verdâtre. Le coagulum doit subir un égouttage, un découpage et un séchage léger pour son utilisation dans la fabrication de *Medeghissa*.

### **1. Chauffage du *Lben* (traitement thermique)**

Pour la mise au point de la prise thermique du caillé de la *Klila*, il nous a semblé utile d'utiliser le chauffage au bain marie pour bien suivre et observer la prise de caillé à travers le bécher et aussi d'assurer la stabilité de la température au cours de l'opération de chauffage.

Les observations nous permettent de préciser les couples température-temps idéaux nécessaires pour la fabrication de la *Klila*. Les différentes températures testées sont : 55°C, 65°C, 75°C et 85°C avec un temps de 5-20 min. Après chaque 5 min, nous notons les observations concernant l'aspect du lactosérum et du coagulum formé.

La deuxième méthode de chauffage que nous avons utilisé est le chauffage à feu doux pour simuler la méthode traditionnelle. Mais les points critiques sont liés à la difficulté de tracer la cinétique de chauffage, en plus de l'hétérogénéité des températures enregistrées aux différents points du récipient parce que le *Lben* ne doit pas être agité au cours de l'opération.

Nous avons chauffé, à feu doux, 500 mL de *Lben* dans une casserole. La prise de caillée a été effectuée après 6 min, la température augmente de 23°C à 83°C. Les autres étapes de fabrication de *Klila* sont les suivantes :

### **2. Récupération du coagulum et égouttage**

Le lactosérum est vidé légèrement à travers les bords de la casserole puis le coagulum est placé dans un tissu en mousseline puis serré sous forme d'une boule. L'égouttage a été fait pendant 24h.

### **3. Découpage et séchage**

Après égouttage, la *Klila* fraîche est découpée grossièrement à la main (morceaux d'environ 3 cm de longueur) et séchée à l'air libre et à température ambiante (23°C/ 6 h).

Ces tests nous ont permis de choisir les couples température / temps idéaux suivants pour la fabrication de la *Klila* :(65°C/min 15min); (75°C/10 min) et (85°C/10min).

Le traitement thermique du *Lben* à 55°C a été écarté vue la mauvaise prise de caillé. Les coagulums obtenus par le traitement thermique du *Lben* au bain marie et sur feu doux de différents traitements thermiques (65°C, 75°C et 85°C) représentent des *Klila* fraîches (4 échantillons).

### III.1.3. Préparation de *Medeghissa*

Les *Klila* fraîches obtenus de différents traitements thermiques ont servis à la fabrication du *Medeghissa*. Le tableau suivant donne les conditions de fabrication de *Medeghissa* (Tab.06).

Tableau 06. Conditions de fabrication de *Medeghissa*

Poids de la <i>Klila</i>	Forme de la <i>Klila</i> (granulation)	volume de lait	Temps de cuisson	T° de cuisson
40 g	<i>Klila</i> en morceau de 3 cm	100ml	2min	Ebullition (100°C)

Les résultats de fabrication sont **insatisfaisants** : la pâte du *Medeghissa* présente une adhésivité aux dents lors de la mastication. Elle a un aspect grumeleux, en plus la *Klila* ne fonde pas au cours de la cuisson (Fig.05) et cela peut être dû à l'utilisation du *Lben* du commerce dont l'acidité est élevée.



Figure 05. Cuisson de *Medeghissa*

D'après les résultats de la première série de fabrication de *Medeghissa*, d'autres essais sont nécessaires.

- **Deuxième série des essais de fabrication de *Medeghissa***

La fabrication de *Klila* a été effectuée par le chauffage du *Lben* (de faible acidité) sur feu doux dans une marmite en aluminium. La température de cuisson augmente graduellement jusqu'à 65°C pendant 10 min au centre de la marmite. Le coagulum est séparé par une louche et filtré sur un tissu fin (mousseline). Une partie de la *Klila* a été égouttée pendant 24 h et séché jusqu'au début de jaunissement à la température ambiante du laboratoire pendant 24h puis broyé (Fig. 06).

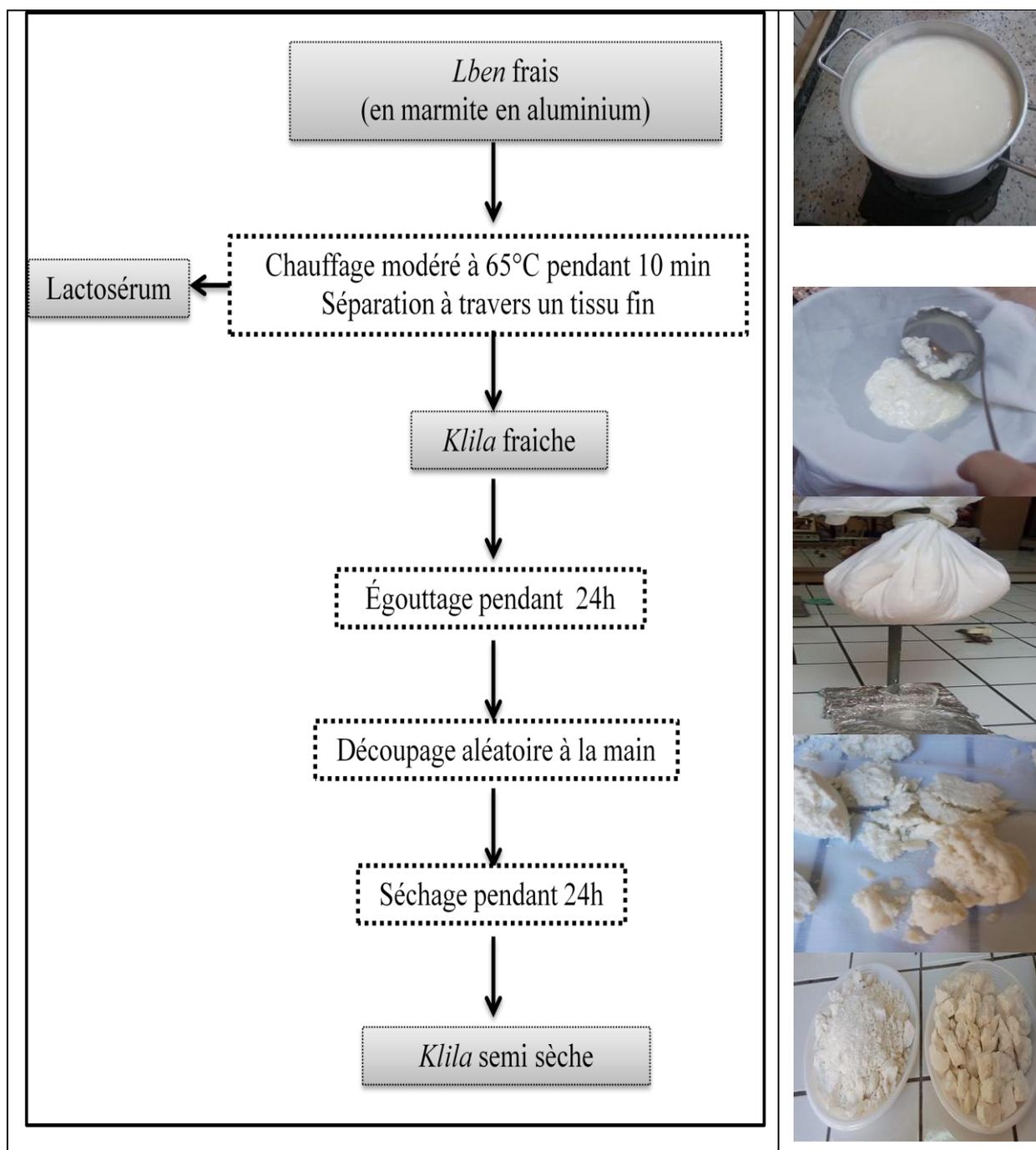


Figure 06. Diagramme de fabrication de *Klila* avec photos

Les essais de fabrication sont planifiés comme indiqué dans le tableau 07. Nous avons noté les observations concernant l'aspect, la viscosité et l'élasticité de la pâte fromagère ainsi que le volume du lactosérum durant la cuisson et après refroidissement.

Ces essais nous permettent de déterminer : le volume de lait cru à utiliser pour 70 g et 100g de *Klila*, le temps de cuisson ainsi que la granulation de *Klila* qui donne à la *Medeghissa* un bon aspect.

Tableau 07. Conditions des essais de fabrication du fromage *Medeghissa*

Essai	Poids de <i>Klila</i>	Forme de <i>Klila</i> (granulation)	volume de lait	Temps de cuisson	T° de cuisson
1	70 g	<i>Klila</i> broyée	70mL	7min (max)	75°C - 92°C
2	70 g	<i>Klila</i> broyée	70mL	6min	
3	70 g	<i>Klila</i> broyée	70mL	5min	
4	70 g	<i>Klila</i> broyée	100ml	8 min	
5	70 g	<i>Klila</i> broyée	120ml	9min	
6	70 g	<i>Klila</i> en morceau de 3 cm	70mL	7 min max)	
7	70 g	<i>Klila</i> en morceau >3 cm	70mL	7min (max)	
8	100g	<i>Klila</i> broyée	100ml	7-9 min	

### III.2. Conditions adoptées pour la fabrication de la *Medeghissa*

D'après les résultats des essais préliminaires de fabrication de *Medeghissa*, nous avons pu déduire les bonnes conditions de fabrication de ce fromage. Trois fabrications ont été envisagées afin de déterminer leurs propriétés physicochimiques, microbiologiques, rhéologiques et sensorielles. Les deux étapes intermédiaires et essentielles de préparation de *Medeghissa* sont la fabrication du *Lben* artisanal et de *Klila*.

Comme mentionnée précédemment, le *Lben* utilisé dans la fabrication de *Medeghissa* selon le diagramme final a été fabriqué au laboratoire comme l'illustre la figure 07. La quantité de lait de vache cru, le temps de coagulation et autres détails sont mentionnés dans le tableau 08.

Tableau 08. Conditions de fabrication du *Lben*

	Qtt de lait cru	Temps de coagulation	Temps de barattage	Qtt d'eau rajoutée	Qtt totale du <i>Lben</i>	Poids de beurre
<b>Lot1</b>	25 L	2-2,5 j	40 min-1h	1-1,2 L / 5 L	31L	530 g
<b>Lot2</b>	5 L	2j	50 min	1L	6L	80g
<b>Lot2</b>	4 L	3j	40min	1L	5L	65g

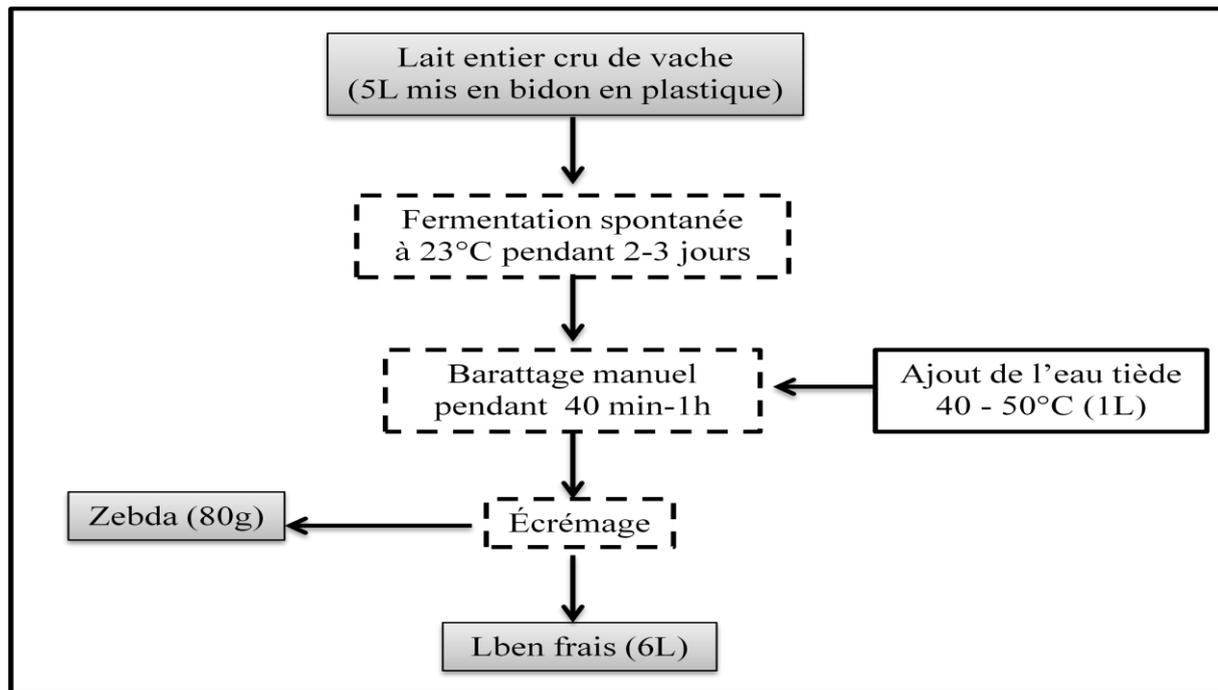


Figure 07. Diagramme de fabrication du *Lben* traditionnel au laboratoire

En suivant les mêmes diagrammes de fabrication de *Lben* et de *Klila* illustrés précédemment et selon les résultats de la deuxième série de fabrication de *Medeghissa* nous avons arrivé à tracer son diagramme de fabrication qui confirme les résultats de l'enquête (Figure 15).

- **Etablissement du rendement fromager**

L'évaluation du rendement est déterminé par l'établissement du rapport entre la quantité du fromage obtenue et la quantité de lait utilisé, y compris celui qui entre dans la préparation du ferment (St-Gelais *et al.*, 2002). La formule utilisée pour le calcul du rendement est la suivante:  $R1 = F/L + I \times 100$

**R1** : Rendement(%)

**F** : Masse du fromage obtenu (Kg)

**L** : Masse du lait utilisé (Kg)

**I** : Masse du ferment liquide ajouté (Kg).

Dans notre cas, nous avons établi les rendements en beurre, *Lben*, *Klila* et en *Medeghissa* en divisant la masse ou le volume du produit sur la masse ou le volume initiale de la matière première utilisée.

### III.3. Caractérisation physico-chimique

La connaissance des propriétés physicochimiques des aliments est importante pour l'optimisation des procédés de conservation ou de transformation. Nous abordons dans cette partie les méthodes utilisées pour caractériser la matière première: le lait, *Lben*, et les fromages *Klila* et *Medeghissa*.

#### III.3.1. Mesure de pH

Le pH est mesuré selon la méthode mentionnée par Quassem *et al.*, (2009). Un échantillon de 10 grammes du fromage est broyé à l'aide d'un ultraturax (IKA T18) dans 70 mL d'eau distillée. Le pH est déterminé par l'immersion de l'électrode du pH-mètre (HANNA HI 223) à 0,01 unité de précision dans le mélange sous agitation. Cependant pour le lait et *Lben* la détermination est réalisée sur 10 mL de l'échantillon.

#### III.3. 2. Détermination de l'acidité titrable

- **Lait et *Lben***

L'acidité titrable indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. On exprime couramment l'acidité d'un lait en degrés Dornic ; ce dernier étant le nombre du dixième de millilitre de soude utilisée pour titrer 10 millilitres de lait en présence de phénolphtaléine. Un lait frais a une acidité de titration de 16 à 18°Dornic (°D). Conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement (Mathieu, 1998). Deux laits peuvent avoir le même pH et des acidités titrables différentes et inversement. Donc il n'y a pas de relation d'équivalence réelle entre le pH et l'acidité de titration (Dieng, 2001).

Quelques gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées à la prise d'essai (10 ml de lait ou de *Lben*) puis titré avec une solution de Na(OH) à 0.1 N jusqu'à virage au rose de la solution qui doit persister pendant une dizaine de secondes. L'acidité est exprimée en degré Dornic (°D) et donné par la lecture directe du volume de soude versé.

- **Fromage**

L'acidité titrable est déterminée selon la méthode officielle de l'AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (AOAC.947.05). Elle repose sur le même principe donné pour le lait et *Lben*.

Un échantillon de 10 g du fromage finement broyé est mis dans une fiole jaugé de 100mL. Ce volume est ajusté au trait de la jauge avec de l'eau distillée chauffée à 40°C puis filtré dans un erlenmeyer de 250ml. Un volume de 25 ml de la solution est considéré comme 2,5g du fromage titré par le Na(OH) en présence de phénolphtaléine.

Chaque 1 mL de NaOH représente 0,009 g acide lactique.

V' représente le volume de NaOH qui neutralise 100 g de fromage.

L'acidité est donc donnée par la formule suivante :

**Acidité du fromage =  $V' \times 0,009$  ; exprimée en g acide lactique/ 100 g du fromage.**

### **III.3.3. Détermination de la densité**

La densité du lait, *Lben* est déterminée par un densimètre électronique portable de type Mettler 30PX. Après l'aspiration du liquide à doser la valeur de densité et la température du liquide s'affiche sur l'écran.

### **III.3.4. Détermination de la teneur en matière grasse**

Le dosage de la matière grasse est réalisé selon la méthode de GERBER ou la méthode acido-butyrométrique de Van Gulick conformément à la norme ISO 3433 : 2008 et la norme AFNOR1980. Son principe est basé sur la dissolution du fromage par l'acide sulfurique (excepté de la matière grasse) puis la séparation de la matière grasse sous l'influence d'une force centrifuge et l'adjonction d'une faible quantité d'alcool iso-amylque.

- **Lait et *Lben***

10 ml d'acide sulfurique à 95% (densité : 1,183) sont introduite dans le godet du butyromètre de GERBER (pour le lait) auxquels une prise d'essai de 11 ml de lait est ajouté. Quand l'attaque est terminée, on ajoute 1 mL d'alcool iso-amylque. Le mélange est agité après fermeture du butyromètre jusqu'à sa dissolution complète. La lecture est effectuée après 5 min de centrifugation à 1200 tours par minute par la centrifugeuse de Gerber.

La teneur en matière grasse est exprimée en g /100 mL de lait ou *Lben* et donnée par lecture directe sur le butyromètre.

- **Fromage**

Trois grammes de fromage sont pesés et placés dans un godet pour butyromètre de fromage jusqu'à l'immersion totale du godet et son contenu. Les butyromètres sont placés dans un bain marie à 65°C sous agitation pour assurer la dissolution totale du fromage. 1mL d'alcool iso-amylique (3-méthyle, 1-butanol de densité égale à 0,818 g/ml) est ajouté puis les butyromètres sont remplis avec l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) jusqu'aux 4/5ème de la tige. Après une agitation modérée du butyromètre. La centrifugation est réalisée pendant 5 min sous une vitesse de 1200 tours/minute.

La teneur en matière grasse est exprimée en g /100 g de fromage et donnée par lecture directe sur le butyromètre. La mesure est répétée 3 fois et le résultat est la moyenne des 3 valeurs).

### **III.3.5. Dosage la matière sèche**

La teneur totale en matière sèche est définie comme étant la fraction massique de substances, déterminée selon la méthode de référence (thermogravimétrique) pour la détermination de l'eau ou des solides totaux dans les aliments (*NFV 04-207*) (Edouard, 2008). Le principe de cette méthode consiste au séchage d'une prise d'essai de 2 g de fromage après homogénéisation dans une étuve ventilé réglé à 102°C ± 2°C pendant 24 h puis la pesée de la prise d'essai séchée afin de déterminer la perte de masse. Par soustraction de la quantité des solides totaux du poids initial de l'échantillon, la quantité de l'eau est ainsi déterminée (JOA, 2014).

Deux grammes de fromage (ou 3mL de lait ou *Lben*) sont pesés après homogénéisation de la pâte fromagère, les prises des essais sont mesurées à 10<sup>-4</sup> g près et la matière sèche est exprimée en pourcentage pondéral par le restant après dessiccation. Nous avons effectué trois déterminations par échantillon.

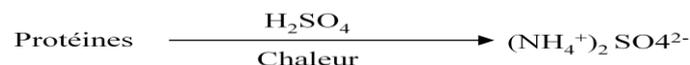
La dessiccation est réalisée dans une étuve à circulation d'air forcée (MEMMERT) à une température de 100 ± 2°C pendant 24 heures (Marshall, 1993).

### **III.3.6. Détermination de l'azote total et du taux de protéines**

La teneur en matière azotée est déterminée selon la méthode de Kjeldahl, au sein du laboratoire Catalyse.lab - Constantine, conformément à la norme ISO 27871:2011, dont le

principe est fondé sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammoniacale  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  par l'action de l'acide sulfurique à chaud et en présence de catalyseur de minéralisation.

La phase de minéralisation se déroule selon la réaction suivante :



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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### III.3.7. Dosage des cendres

La teneur en cendres est la mesure de la quantité totale des minéraux présents dans un aliment. Elle est déterminée selon la même méthode utilisée pour les produits laitiers liquides (NF V 04-208 in COFRAC, 1990). Son principe repose sur l'incinération de l'échantillon à 550°C pendant 16 heures (NF V04-208 in COFRAC, 1999). Après refroidissement les creusets sont pesés le taux des cendres est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Cendre} = \frac{a-b}{c-b} \cdot 100$$

**a** : poids de l'échantillon incinéré + poids du creuset.

**b** : poids du creuset.

**c** : poids de l'échantillon + poids du creuset.

### III.4. Etude de la qualité hygiénique et microbiologique du fromage *Medeghissa*

#### III.4.1. Préparation des dilutions

Les dilutions destinées à l'analyse sont réalisées à partir de la suspension mère de broyage préparée avec 10 g de fromage et 90 mL de diluant. Les fromages sont préférentiellement dilués à l'aide de citrate de sodium ou le phosphate dipotassique à 2%. Le diluant est chauffé à 45°C pour faciliter la dissolution du fromage (Guiraud, 2003). (la composition des milieux de culture utilisés dans la caractérisation microbiologique est en annexe 08).

#### III.4.2. Dénombrement des principales flores

##### III.4.2.1 Dénombrement des la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

La fore mésophile, (également désigné germes aérobies totaux) est l'ensemble de germes aptes à se multiplier à l'air libre avec une croissance optimale à 30°C (Leclerc et Mossel, 1989). Son dénombrement reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel et permet d'en suivre l'évolution. Le nombre des germes « totaux » pourra donner une indication de l'état de fraîcheur ou de l'état de décomposition du produit (Guiraud, 2003).

Le dénombrement est réalisé dans la gélose nutritive Plate Count Agar (PCA, Difco, France). Le milieu estensemencé en masse et les cultures sont incubées à 30°C pendant 24 h à 72h. Les dilutions utilisées sont de 10<sup>-1</sup> à 10<sup>-3</sup> (mode opératoire en annexe 02).

### **III.4.2.2. Dénombrement des bactéries lactiques**

#### **III.4.2.2.1. Dénombrement des lactobacilles mésophiles sur MRS**

Selon Guiraud (2003) le milieu de culture et d'isolement de base des Lactobacilles est MRS (de Man, Rogosa, et Sharpe). Les boîtes sontensemencées en masse puis incubé à 30°C pendant 48h en anaérobiose (Leveau *et al.*, 1991).

#### **III.4.2.2.2. Dénombrement des streptocoques lactiques mésophiles et thermophiles**

Le dénombrement des streptocoques lactiques mésophiles et thermophiles est effectué sur le milieu M17 avec ensemencement en masse. Les cultures sont incubées à 30°C et à 37°C pendant 48h (Leveau *et al.*, 1991).

### **V.4.2.3. Dénombrement de levures et moisissures**

Les levures et les moisissures sont des contaminants habituels du lait et des produits laitiers; toutefois leur caractère fortement aérobic limite leurs proliférations aux interfaces des substrats avec l'atmosphère. Le développement équilibré de levures et de moisissures, ensemencées de manières naturelles et/ou dirigées sur de nombreux types de fromages, contribue efficacement par leurs activités enzymatiques élevées et variées à la protéolyse et à la lipolyse de la pâte au cours de l'affinage (Eck et Gillis, 1998).

Le dénombrement de la flore fongique est fait sur la gélose OGA (La gélose glucosée à l'oxytétracycline) après ensemencement en masse de 1ml de chaque dilution. La lecture est effectuée après 24-72h heures d'incubation à 30°C. Toutes les colonies d'aspect lisse ou filamenteux sont comptées (Guiraud, 2003).

### **III.4.2.4. Dénombrement des indicateurs de contamination fécale et des germes pathogènes.**

#### **1. Dénombrement des coliformes totaux**

Le dénombrement des coliformes totaux est effectué sur le milieu VRBG (gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) ensemencé en masse et en double couches. Les cultures sont incubées à 37°C pendant 24 à 48 h (Guiraud, 2003 ; Castaras, 1993). Les colonies rouges de diamètre égal ou supérieur à 0,5mm sont considérées comme caractéristiques (Mode opératoire en annexe 03).

## 2. Dénombrement des coliformes fécaux

La numération des coliformes fécaux est effectuée avec le même milieu VRBG après 48 heures d'incubation à 44°C (Guiraud, 2003).

## 3. Dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux se caractérisent par leur appartenance au groupe sérologique D de Lancfield et par le fait que leur habitat normal étant le tube digestif des animaux, leur présence en nombre excessif est un signe d'un défaut d'hygiène.

Dans le lait et les produits laitiers, les streptocoques du groupe D sont recherchés et dénombrés en milieu liquide par la technique NPP (nombre le plus probable). La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs (Guiraud, 2003) :

- **Le test présomptif** : réservé à la recherche des streptocoques sur milieu de Rothe. L'agent sélectif dans ce milieu est l'azide de sodium. Les tubes sont incubés pendant 24- 48h à 37°C.
- **Le test confirmatif** : réservé à la confirmation proprement dite sur milieu EVA LITSKY, des tubes trouvés positifs au niveau des tests de présomption. Les agents sélectifs dans le milieu de confirmation sont l'azide de sodium et l'éthyle violet. L'incubation est faite à 37°C pendant 24h (mode opératoire en annexe 04).

## 4. Dénombrement de *staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* est une coccobactérie Gram positif, catalase positive appartenant à la famille des Staphylococcaceae (Becker *et al.*, 2004 ;Murray *et al.*, 2003) De nombreuses souches produisent des entérotoxines staphylococciques. *Staphylococcus aureus* fait partie de la flore humaine et est surtout présent dans le nez et sur la peau (Kluytmans *et al.*, 1997). Cette bactérie est une des principales causes de toxi-infections alimentaires (Le Loir *et al.*, 2003). Par conséquent il est impératif de déceler sa présence.

L'ensemencement est réalisé en surface sur la gélose de Baird-Parker (Guiraud, 2003) selon la méthode (BS EN ISO 6888-1 :1999). Les cultures sont incubées à 37°C pendant 24 h. Les colonies caractéristiques sont noires, brillantes et convexes dont le diamètre est de 1,5 mm après 24 heures d'incubation et de 1,5 à 2,5 mm après 48 heures d'incubation et entourées d'une zone claire qui peut être partiellement opaque (annexe 05).

## 5. Dénombrement des salmonelles

La recherche de *Salmonella* a été réalisée selon la méthode de référence indiquée dans le JOA n° 42 (2005). La recherche de ces bactéries s'effectue en trois étapes :

- **Un pré-enrichissement** sur l'eau peptonée par prélèvement de 25 g du fromage dans 225 ml d'eau peptonée. Une agitation est effectuée pour avoir une suspension, qui est ensuite transposée dans un flacon stérile qu'on incube à 37°C pendant 18 heures.
- **L'enrichissement** est effectué dans le bouillon SFB (Selenite-F Broth), il est fait à partir de milieu de pré-enrichissement. Les tubesensemencés sont mélangés puis incubés à 37°C de 16 à 18h.
- **L'isolement** est réalisé en prélevant une goutte du milieu d'enrichissement avec l'anse de platine que l'on ensemence en stries sur milieu sélectif (gélose S-S). Les cultures sont incubés à 37°C pendant 24h. Les salmonelles se développent sous forme de colonies vertes ou bleutées avec ou sans centre noir (Mode opératoire en annexe 06).

## 6. Dénombrement des spores des anaérobies sulfitoréducteurs

Le dénombrement des spores des anaérobies sulfitoréducteurs est effectué sur la gélose viande foie additionnée de l'alun de fer et une solution de sulfite de sodium. Les dilutions sont préalablement chauffées à 80°C pendant 8-10 min pour détruire les formes végétatives et activer les spores. 1 ml de l'inoculum ou de ses dilutions sont transférés dans tubes puis la gélose est coulée tout en évitant l'incorporation d'air. Les tubes sont incubés à 37°C pendant 12 à 24 h et les colonies caractéristiques entraînent le noircissement du milieu (Mode opératoire en annexe 07).

### III.5. Caractérisation sensorielle du fromage *Medeghissa*

Cette analyse permet la mise en évidence des caractéristiques sensorielles du fromage *Medeghissa* à chaud, puis ces données sont comparées à celles du fromage à froid afin de décrire ses qualités suite au refroidissement.

#### III.5.1. Test et panel de dégustation

Le panel dégustateur est constitué de 32 personnes non entraînées (naïfs). La majorité de ces membres sont des étudiants de fin de cycle (24 Ingénieurs) et des enseignants à l'INATAA (08) des deux sexes.

Le test choisi est l'épreuve descriptive ou épreuve de profil. Elle consiste à décrire le fromage le plus complètement possible à l'aide de descripteurs qui représentent des grandeurs sensorielles simples. Une fois les descripteurs sont définis ils sont accompagnés d'une échelle graduée qui permet d'exprimer leur intensité. Chaque attribut sensoriel a été évalué en utilisant une échelle d'intervalle de 1 à 9 points tels que définis dans la norme ISO 4121 (Organisation internationale de normalisation, 2003).

### **III.5.2. Préparation des échantillons et déroulement du test**

Les échantillons de fromage ont été présentés, juste après leur préparation, en barquettes d'aluminium fermées pour garder leurs températures (45-50°C). Environ 30 g de fromage est répartis dans des boites codées par trois chiffres aléatoires.

Le premier échantillon de fromage *Medeghissa* est présenté aux dégustateurs à chaud et on leur a demandé de remplir le bulletin d'épreuve (annexe 09) et donner une note pour chaque descripteur selon son intensité après des observations visuelles, des perceptions tactiles et des dégustations répétées. La caractérisation porte sur l'aspect, la texture, l'odeur l'arôme, la saveur et le goût du fromage. Un deuxième échantillon est lui présenté à froid avec un deuxième bulletin qui est accompagné d'une fiche explicative des techniques d'analyse et des définitions de différents descripteurs (annexe 10). A la fin de dégustation un test de préférence est effectué.

### **III.5.3. Traitement des données des tests sensoriels**

La saisie et le traitement des données des tests sensoriels ont été effectués par le logiciel SPSS (version 20). Cependant pour la préparation des graphes nous avons utilisé le logiciel Microsoft Office Excel (2007).

Le traitement statistique des résultats a été effectué par l'application du test d'ANOVA sur le logiciel STATGRAPHICS Centurion XVI.I.

### III.6. Caractérisation rhéologique du fromage *Medeghissa*

#### III.6.1. Détermination des courbes d'écoulement et de viscosité dynamique du fromage

La mesure rhéologique a pour but la caractérisation du type de la pâte fromagère *Medeghissa* chaude au moment de la consommation par la détermination de sa courbe d'écoulement et de sa viscosité. Elle a été conduite sur un rhéoviscosimètre informatisés de marque HAAKE VT 550.

Les courbes d'écoulement ont été obtenues à une vitesse de cisaillement allant de 1 à 1000 s<sup>-1</sup>. Le viscosimètre est piloté par un ordinateur muni d'un logiciel d'analyse VT1.x0s550. La température de l'échantillon est maintenue à 45° C pendant toute la durée de la mesure grâce à un bain thermostaté (HAAKE K115).

Les échantillons de *Medeghissa* utilisés pour les analyses rhéologiques sont préparés juste après la préparation de l'appareil (paramètres de mesure : réglage de la température du bain, fixation du gradient de cisaillement (minimal et maximal) et temps de mesure global).

Chaque échantillon est cisailé avec un gradient de vitesse de cisaillement et avec mesure de la contrainte de cisaillement et de la viscosité ( $\eta$ ) qui en résulte en fonction du temps. Le cisaillement est effectué entre deux cylindres coaxiaux type HV1DIN pour produit à viscosité moyenne, ou peu élevée. L'origine du cisaillement est le mouvement du rotor interne de l'appareil. Le temps global de la mesure est de 180 secondes et le gradient final de cisaillement est de 1000 sec<sup>-1</sup>. L'expression des résultats est donnée par une courbe moyenne issue de 2 répétitions.

#### III.6.2. Test de pénétration

Le test de pénétrométrie est couramment utilisé pour évaluer les propriétés texturales des aliments (de Man, 1969; Gregson *et al.*, 1999; Ross et Scanlon, 1999; Anand et Scanlon, 2002).

La fermeté du *Medeghissa* a été mesuré à l'aide d'un pénétromètre de type PNR10. Cet appareil muni d'un corps de pénétration, qui pénètre en chute libre dans le fromage, pendant une période déterminé (5 secondes). La profondeur de pénétration a est mesurée en 1/10mm constitue la grandeur objective de la consistance du fromage analysé. Le corps

pénétrant utilisé est une aiguille conique de 15 g et 48 mm d'hauteur, spécifique pour les fromages.

Deux échantillons de *Medeghissa* ont été utilisés pour la mesure de la fermeté à l'état chaud (45-39°C) et à l'état froid (température ambiante 20°C), sur 5 points différents de la masse fromagère utilisé. La prise de température a été effectuée par un thermocouple type P 600-EX. L'aiguille du corps est ajustée sur la surface du fromage, en appuyant sur START, le cône tombe librement. La distance de pénétration est affichée en mm sur l'écran avec le temps de pénétration. Cette distance dépend de la fermeté du fromage.

*Résultats*  
*et discussion*

## I. Caractérisation du fromage *Medeghissa* selon l'enquête

Les principaux objectifs de l'enquête menée sur le fromage traditionnel *Medeghissa* sont la collecte du maximum d'informations sur le procédé de sa fabrication en plus des habitudes et le mode de consommation de ce dernier. L'enquête s'est déroulée pendant trois mois, dans la wilaya d'Oum El-Bouaghi.

Une pré-enquête a été réalisée afin de vérifier le questionnaire et de cerner la population cible qui nous permettons d'aboutir à nos objectifs.

Cent cinq femmes de zones rurales de la wilaya d'Oum El-Bouaghi ont été questionnées par interview vue la multitude des détails concernant la fabrication de ce fromage.

### I.1. Conditions et difficultés de l'enquête

Durant notre enquête, nous nous sommes heurtés à certaines contraintes qui nous ont rendu la tâche difficile surtout en matière de collecte de l'information. Nous avons jugé utile de les signaler avant de procéder à l'exploit de ses résultats. Les contraintes les plus marquantes sont les suivantes:

- Difficultés d'accès aux enquêtées (Souvent, il est important d'avoir une personne proche pour établir le lien avec la famille de l'enquêtée);
- Difficultés de précision des volumes et des quantités des ingrédients utilisés pour la fabrication des fromages (l'appréciation se fait par souvent à vue d'œil) ;
- La plupart des femmes sont illettrées, ce qui crée une difficulté de communication en plus de l'utilisation de la langue *Chaoui*.
- La non disponibilité de certains enquêtées (absents lors de la visite) d'où plusieurs passages.
- La méfiance de certaines questionnées et le refus de donner les informations sur la production de lait ce qui nous empêche de leur poser des questions sur ce sujet.

## I.2. Zone d'enquête : la wilaya d'Oum El-Bouaghi

La wilaya d'Oum El-Bouaghi se situe au nord de l'Algérie au centre des wilayas de l'est algériens et de la région d'Aurès. Elle possède 29 communes qui se répartissent sur 12 dairates. Elle appartient à la zone des Chaouia connus par leur activité pastorale et principalement par l'élevage ovin. La production animale des gros élevages et de lait a été en évolution pendant les quatre dernières années. Cependant, la collecte de lait et la main d'œuvre en secteur agricole a connu une diminution remarquable (Tab. 09).

Récemment, cette wilaya organise une fête annuelle du fromage traditionnel *Bouhezza*. La cérémonie à laquelle ont pris part des artisans producteurs de ce fromage du terroir de différentes régions des Chaouia, entre dans le cadre de la valorisation du patrimoine de produits traditionnels dont les recettes sont fortement gardées par les vieilles femmes depuis longtemps. En plus, la programmation de cette fête vise à la transmission de ce patrimoine aux nouvelles générations et le rapprochement des acteurs du secteur agricole et économique de la wilaya. Cette initiative vise à la protection de ce patrimoine par sa labellisation comme produit de terroir.

Cette wilaya est considérée comme une source de produits traditionnels à valoriser, notamment les communes : Ain Fakroun, Ain Karcha et Oum El-Bouaghi où les femmes gardent les recettes ancestrales et leur langue *Chaoui*, en plus de ses potentialités agroalimentaires énormes.

Tableau 09. Productions animales et main d'œuvre agricole de la wilaya d'Oum El-Bouaghi

Compagnes	Vache laitières	Brebis	Chèvre	Lait .10 <sup>3</sup> L	Lait collecté .10 <sup>3</sup> L	Main d'œuvre
2012-2013	22.613	322.019	45.759	61.032	15.125	58.123
2013-2014	25.885	352.176	49.044	69.797	17.724	33.909
2014-2015	25.983	359.735	49.711	78.835	15.893	42.210
2015-2016	26.640	374.222	53.029	81.745	12.664	28.913

Source : Direction des Services Agricoles de la wilaya d'Oum El-Bouaghi.

### I.3. Identification des enquêtées

#### I.3.1. Ages des enquêtées

Nos enquêtées sont des femmes âgées de 30 à 85 ans, avec une moyenne est 64,9 ans. Nous avons constaté que 90% des enquêtées sont âgé de plus de 50 ans. En réalité, la fabrication de ce fromage est en voie de disparition et seulement quelques vieilles femmes qui gardent cette tradition (Fig. 08).

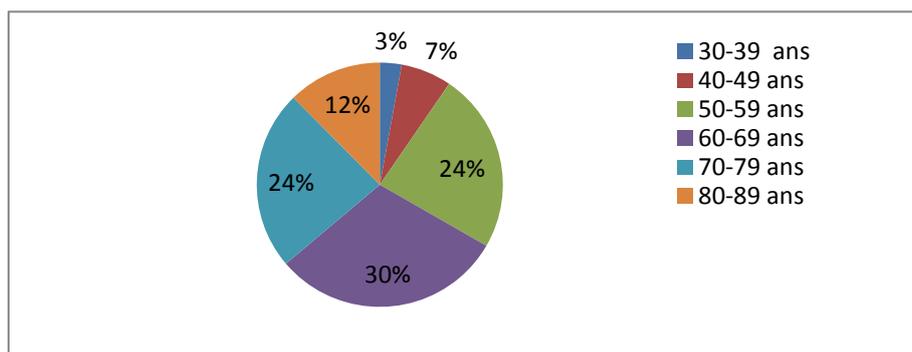


Figure 08. Pourcentage de différentes classes d'âge des femmes enquêtées

#### I.3.2. Répartition des enquêtées

Notre enquête à touché plusieurs daïrates et communes de la wilaya d' d'Oum El-Bouaghi (soit 13 communes sur un total de 29 et 7 daïrates sur un total de 12). Elles se répartissent sur les communes mentionnées dans le tableau 10.

Tableau 10. Distribution des enquêtées selon les communes d'Oum El-Bouaghi

	Commune	Pourcentage (%)
1	Souk Naamane	1,0
2	Sigus	2,9
3	Rahia	1,0
4	Oum El-Bouaghi	9,5
5	Meskiana	5,7
6	Hanchir Toumghani	1,9
7	Bouhrara Saoudi	1,9
8	Zorg	1,0
9	Ain Mlila	8,6
10	Ain Karcha	7,6
11	Ain Fakroun	55,2
12	Ain Elbaida	1,9
13	Ain Babouche	2,9

---

#### I.4. Fromages traditionnels rencontrés dans la wilaya d'Oum El-Bouaghi

A travers l'enquête, nous avons pu recenser cinq fromages traditionnels qui sont connus et /ou fabriqués par nos enquêtées.

La *Klila* et le *Bouhezza* sont connus par la totalité des femmes (100%). La fabrication de *Klila* (63,8%) est plus répandue par rapport à celle de *Bouhezza* (58,1%). L'explication donnée par certaines enquêtées est imputé à la difficulté de fabrication de *Bouhezza* (absence de la peau, son traitement dure plusieurs jours en plus, la *Chekoua* ou *Djeld* nécessite un nettoyage quotidien). Le diagramme de fabrication de *Bouhezza* est identique à celui établi selon les résultats de l'enquête d'Aissaoui Zitoun (2004) et mentionné dans la partie bibliographique (Paragraphe IV.3.1).

Le *Jben* ou l'*Aguissi* est un troisième fromage fabriqué à base de lait cru entier de chèvre ou brebis coagulé par un morceau du caillète de chevreau ou de mouton non sevré (connu sous le nom *Hakk* en arabe ou en Chaoui), séché et salé. Après emprésurage, le lait est chauffé légèrement au soleil ou à feu doux jusqu'à sa coagulation. Certaines enquêtées ont déclaré que le chauffage excessif du fromage entraîne la formation d'un coagulum présentant une résistance à l'étirement au cours de la mastication avec un son dite « *Zariat* » ou en arabe « *زريت* ». Ce fromage peut être consommé sans égouttage ou après égouttage dans un tissu fin sous forme d'une bouille comme celle de *Klila*. Ce fromage peut être salé puis cuit à feu doux et découpé à l'aide d'un couteau après égouttage.

Certaines femmes ont affirmé qu'il y a des gens qui fabriquent ce fromage par l'utilisation de quelques plantes telles que la fleur de chardon en cas de manque du « *Hakk* » ou la présure animale. Les étamines de ces fleurs doivent être séchées et broyées puis rajoutées au lait entier tiède de brebis ou de chèvre. Ce fromage peut avoir un goût amer désagréable.

Il est connu sous les deux appellations. *Aguissi*, c'est la dénomination en langue Chaoui. Il est connu par 84,8% des femmes enquêtées. Sa fabrication est nulle et cela est expliqué par l'absence d'agent coagulant (*Hakk*), en plus de la diminution du taux de décès chez les animaux vu le développement du secteur vétérinaire.

Le quatrième fromage, '*Lbaa* ou *Adhghess* en Chaoui, est connu sous les deux appellations chez 100% des femmes. C'est un fromage fabriqué par le chauffage du colostrum (Le lait des ruminants, chèvre, brebis, vache, après la mise bas) jusqu'à séparation du

lactosérum, avec ajout de sel et/ou des œufs. Il peut être consommé seul ou avec la galette. Ce fromage est fabriqué par 41% des femmes enquêtées vue la facilité d'obtention du colostrum chez les éleveurs.

Le fromage *Medeghissa* est connu par 80% des femmes questionnées ce qui correspond à 84 femmes. Par contre sa fabrication est très limitée (3,8% des enquêtées) et elle n'est pas connue même par les membres des familles enquêtées. Sa préparation très rare est devenue nulle.

- **Fromages préférés par les enquêtées**

La figure suivante illustre les pourcentages des fromages préférés par les femmes questionnées.

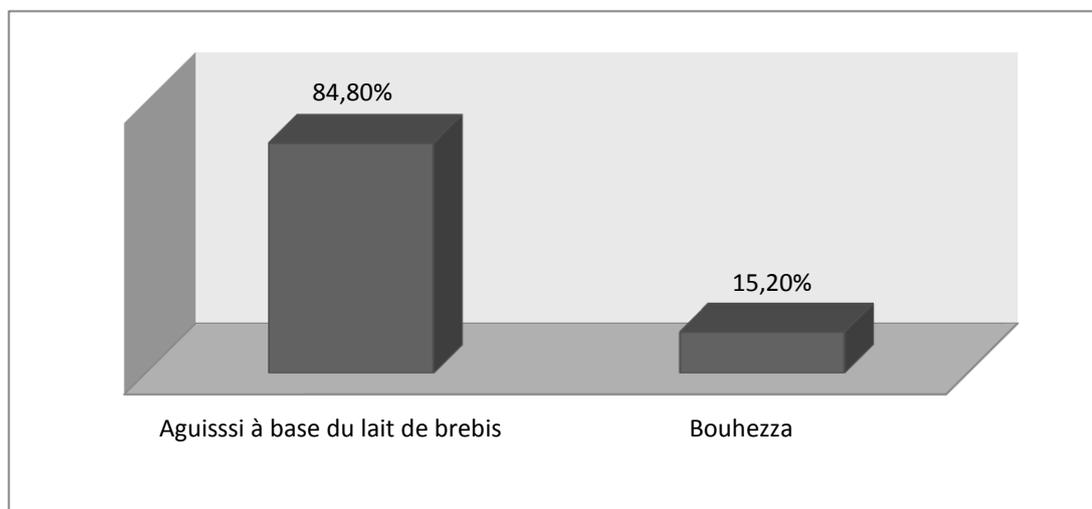


Figure 09. Fromage préféré par les enquêtées

D'après les résultats de l'enquête, le fromage préféré par la majorité des femmes questionnées (84,4%) est le fromage *Aguissi* à base de lait de brebis vue son goût très agréable et sa saveur douce en l'absence des aliments de grignotage tels que le yaourt, les flans, les crèmes desserts...etc. D'autre part, 15,2% des femmes questionnées préfèrent *Bouhezza* par rapport aux autres fromages traditionnels. Certaines femmes ont noté que le fromage *Bouhezza* préparé à base de lait cru est mieux que celui préparé à base du *Lben*.

## **I.5. Le fromage traditionnel *Klila***

La *Klila* est un fromage traditionnel artisanal, fabriqué, consommé et conservé dans différentes régions de l'Algérie. Il peut être intégré sous sa forme fraîche ou sèche dans plusieurs plats traditionnels. Il constitue un ingrédient de base dans la fabrication de *Medeghissa*, de ce fait, nous avons jugé implorant d'aborder la caractérisation de ce fromage.

### **I.5.1. Mode de fabrication de *Klila***

Selon les résultats de l'enquête, la fabrication de la *Klila* sèche passe par six étapes qui sont:

1. Fabrication du *Lben* selon le diagramme traditionnel ;
2. Chauffage du *Lben* à feu doux (coagulation thermique) ;
3. Séparation du lactosérum par un tissu fin ;
4. Egouttage du coagulum (*Klila* fraîche) ;
5. Découpage du fromage égoutté ;
6. Séchage à l'air libre.

#### **a. Fabrication du *Lben***

Toutes les enquêtées (100%) ont déclaré que le *Lben* peut être préparé à base de lait cru entier de vache, de chèvre ou de brebis ou même d'un mélange de lait d'une ou plusieurs traites, coagulé spontanément pendant 24 -72 h suivant les saisons. Aucun agent coagulant n'est utilisé dans la fabrication du *Lben* traditionnel.

Selon l'enquête, la production de lait et sa disponibilité ne sont pas régulières pendant toute l'année. Cela peut être expliqué par la vente de bétails, les interventions vétérinaires telles que les vaccinations et le traitement des troupeaux ce qui empêche l'utilisation de lait, en plus de l'effet de la saison et de l'alimentation sur la productibilité de lait.

Toutes les femmes enquêtées ont affirmé que le moyen traditionnel de barattage est la *Chekoua*. Cependant, cette opération peut être actuellement faite par la baratte électrique ou

au bidon en plastique. Aussi après barattage, la quasi-totalité du beurre doit être récupérée et le *Lben* obtenu va être utilisé dans la préparation de la *Klila* quelque soit son acidité.

La préparation de la *Klila* est une méthode de conservation de *Lben* principalement en printemps et en été où le lait est plus abondant. Selon Benkerroum (2012), le *Lben* utilisé dans la fabrication de la *Klila* doit être très acide.

#### **b. Chauffage du *Lben* (cuisson)**

Selon les enquêtées, la *Klila* est fabriquée par la cuisson du *Lben*, sans ajout de sel, à feu doux (chauffage modéré) jusqu'à la séparation du lactosérum. La température et le temps n'ont pas été précisés par les enquêtées puisqu'ils dépendent du volume du *Lben* utilisé.

Toutes les femmes enquêtées ont déclaré que la disparition du *Lben*, l'apparition du lactosérum clair, et la formation de coagulum indiquent que la *Klila* est prête. La *Klila* fabriqué à base de *Lben* trop acide présente un coagulum effrité cependant le *Lben* doux ou acide donne un coagulum cohérent.

#### **c. Séparation du lactosérum et égouttage du coagulum**

La *Klila* fraîche est obtenue par l'égouttage du coagulum après son transvasement dans un tissu fin (gaz ou cheche) avec séparation d'un lactosérum clair de couleur jaune verdâtre. La boule de *Klila* doit être suspendue pour compléter l'égouttage au frais sans aucun outil de pressage. Le seul pressage est dû au liage de tissu pour former la boule de fromage.

D'après les femmes enquêtées, le temps d'égouttage peut durer de quelques heures (environ 6 h) à 24 heures et sa précision n'est pas assez importante puisqu'il y aura un séchage ultérieur.

#### **d. Découpage et séchage**

Après l'égouttage, la *Klila* est découpée avec la main en formes aléatoires de quelques millimètres à quelques centimètres sans l'ajout d'aucun produit d'assaisonnement.

D'après les femmes enquêtées, la *Klila* découpée doit être séché au soleil de 1 à 5 jours selon la température de l'air, sous un tamis ou un tissu fin afin de prévenir sa contamination par les insectes. Le temps de séchage dépend du temps d'égouttage, de la granulation de *Klila* et de conditions de température et de climat du printemps et d'été.

La récapitulation de l'ensemble des étapes de fabrication de *Klila* nous a permis d'établir le diagramme de fabrication du fromage traditionnel *Klila* (Fig.10).

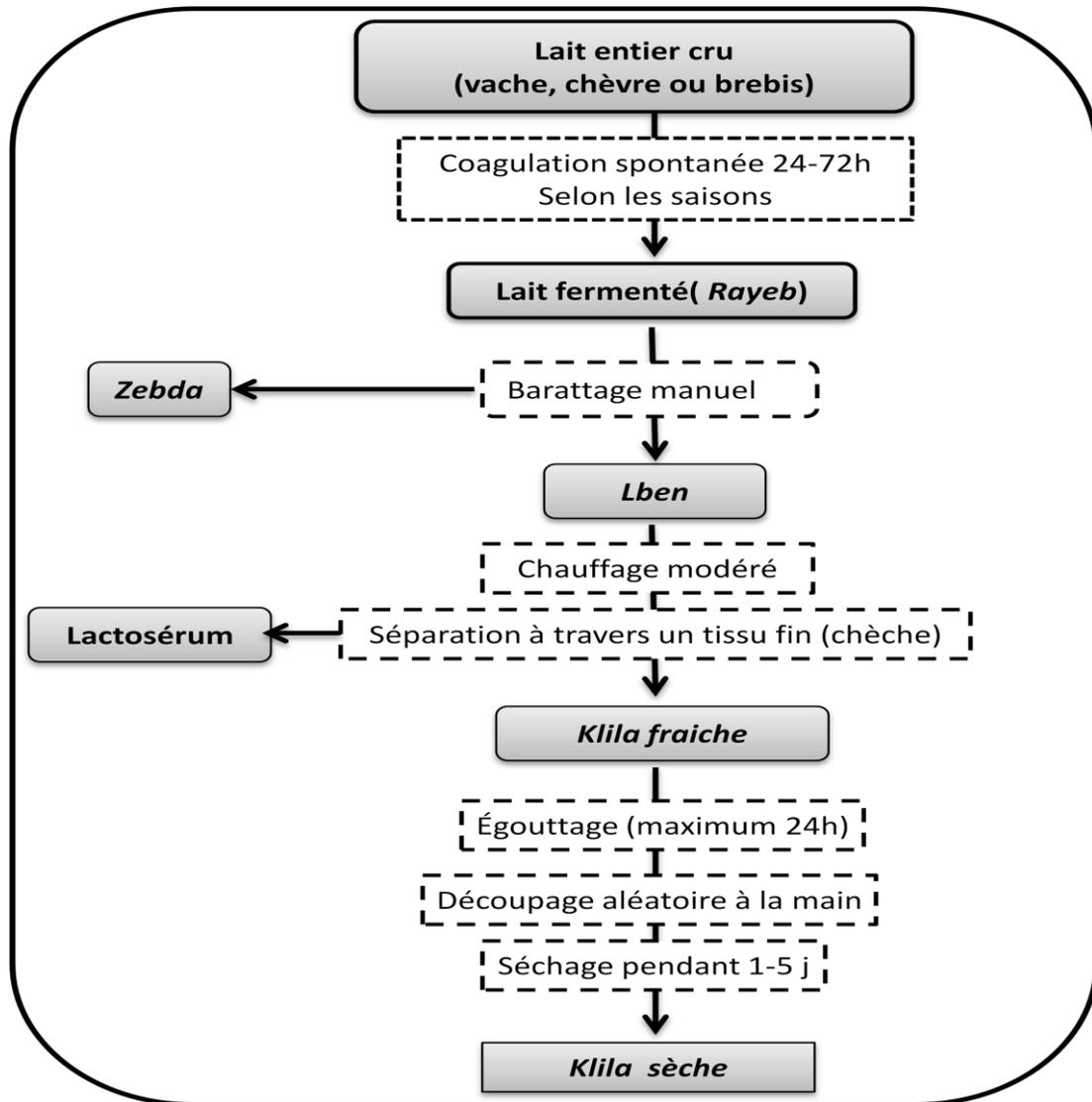


Figure 10. Diagramme de fabrication du fromage traditionnel *Klila* sèche

### I.5.3. Modes de consommation de *Klila*

Selon l'enquête, La *Klila* peut être consommé sous deux formes (fraîche ou sèche).

#### ❖ *Klila* fraîche

En se basant sur les réponses des femmes enquêtées, la *Klila* fraîche peut être consommé avec ou sans ajout de sucre. Le tableau suivant (Tab. 11) représente le pourcentage de consommation de *Klila* fraîche sous différente forme.

Tableau 11. Modes de consommation de *Klila* fraîche

	<i>Klila</i> nature	<i>Klila</i> sucré	Avec lait frais ou en voie de fermentation et sucre
<b>Pourcentage des réponses</b>	87,5%	9,5%	2,9%

La majorité des femmes questionnées (87,5%) consomment la *Klila* sous sa forme nature. Cependant 9,5% des enquêtées la consomment après saupoudrage de sucre. Peu d'enquêtées (2,9%) ont déclaré que la consommation de la *Klila* après sa solubilisation dans le lait frais ou légèrement acide avec saupoudrage de sucre est connue chez elles sous le nom de *Medeghissa*.

#### ❖ *Klila* sèche

Toutes les enquêtées ont affirmé qu'après l'égouttage et le découpage, la *Klila* ne devient pas prête à la consommation juste après son séchage. Une période de maturation est nécessaire pour qu'elle développe ses propriétés organoleptiques désirées (goût, arôme et propriétés fonctionnelles).

La *Klila* sèche peut être consommée avec quelques plats traditionnels salés tels que : l'*aiche*, le *Couscous* et la *M'kartfa* ou avec les plats sucrés : *Bsissa* ou *Tamina*.

D'après l'enquête, nous concluons qu'il existe deux modes de consommation de la *Klila* sèche à savoir l'utilisation de la *Klila* sèche dans les plats salés : l'*aiche*, le *Couscous* et la *M'kartfa* ou dans les plats sucrés : *Bsissa* ou *Tamina*.

En plus de propriétés fonctionnelles liées au pouvoir aromatisant et le goût, *La Klila* est un fromage ingrédient qui a des propriétés culinaires correspondant à des thermo-fonctionnalités recherchées dans le cas de l'utilisation des sauces consommées le plus souvent à chaud. Ce fromage fond partiellement dans la sauce et joue le rôle d'un épaississant. D'autre part, l'utilisation de *Klila* sèche finement broyée dans les plats sucrés leur confère un caractère croustillant lors de la mastication en outre des finalités nutritionnelles. A titre d'exemple, la *Bsissa* enrichi en *Klila* sèche peut être présenté pour les femmes accouchées pour favoriser la synthèse du lait.

Un autre ingrédient est préparé par la *Klila* sèche qui est la *Mardoukha* ou *Hamrdhoukhth* en langue *Chaoui*. Elle est préparée par le découpage en petits morceaux de viande bovine, ovine ou caprine (selon la disponibilité) exempte de gras, puis saumuré

pendant un à deux jours avec du sel en excès. D'autre part, la *Klila* sèche doit être broyée finement, puis dispersée sur les morceaux de viande levés de la saumure. Un deuxième broyage est faite jusqu'à la dispersion des fibres de la viande. Cet ingrédient peut être utilisé dans la préparation des plats cités précédemment.

#### **I.5.4. Modes de conservation de *Klila* sèche**

Selon les femmes enquêtées, la conservation traditionnelle de la *Klila* se fait dans des sacs en peaux d'animaux (Mezoued). Actuellement, ce fromage peut être conservé dans des bocaux en verre ou en plastique ou dans des sachets en plastique ou en tissu selon leur disponibilité. Elle peut être conservée avec le *khliia* et la matière grasse salée et séché au soleil pour que les caractéristiques organoleptiques apparaissent.

- **Durée de conservation de la *Klila* sèche**

La conservation de *Klila* sèche peut durer 2 ans ou plus. Selon la majorité des enquêtées (72%), ce fromage peut être conservé plus de deux ans. Cependant, le reste (28%) a affirmé qu'elle dure deux ans seulement. Au delà de deux ans de conservation les caractéristiques du fromage peuvent changer.

Concernant les types de défauts due à la conservation de la *Klila*, seulement 7,62% de l'ensemble des enquêtées ont précisé l'apparition d'amertume dans le goût du fromage.

#### **I.6. Fabrication traditionnelle du fromage *Medeghissa***

L'objectif principal de notre enquête était la détermination du procédé de fabrication du fromage *Medeghissa* selon le mode traditionnel, son mode de consommation ainsi que la situation actuelle de celui-ci.

##### **I.6.1. Situation actuelle du fromage *Medeghissa***

La fabrication du fromage *Medeghissa* est très limitée. Quatre femmes qui représente chacune un ménage ou une famille, soit 3,8% de l'ensemble des enquêtées et 4,8% des questionnées qui connaissent ce fromage. Selon les déclarations de l'ensemble des enquêtées, la fabrication de la *Medeghissa* dépend principalement de la disponibilité du lait cru et de la *Klila*.

Selon 96,2% des femmes, elles connaissent le fromage *Medeghissa* mais ne le fabriquent pas. Les raisons évoquées sont principalement liées au changement du mode de vie, la perte de tradition, le manque de lait et en fin, l'âge et l'état de santé (Fig. 11).

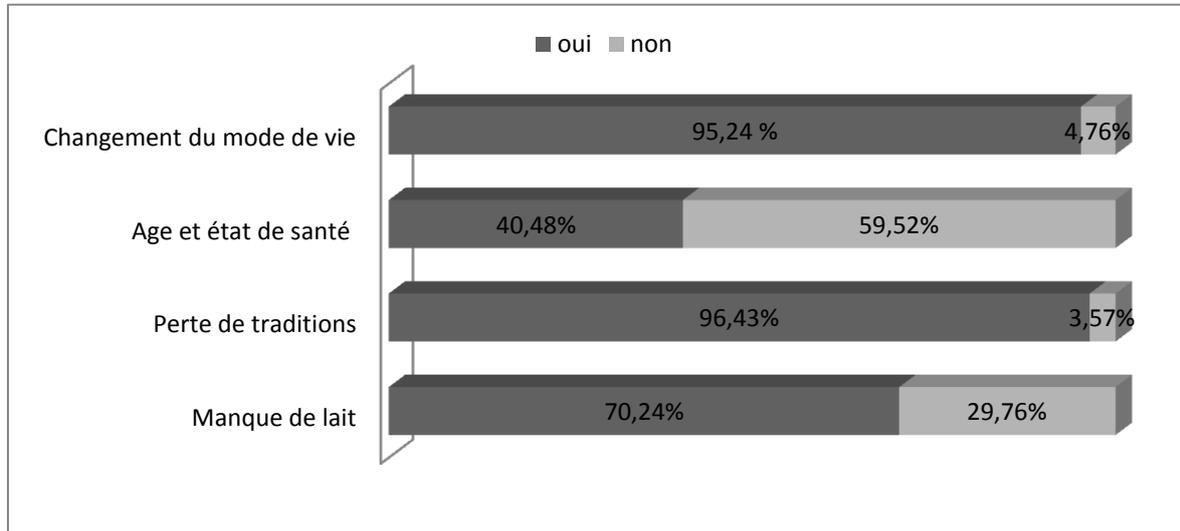


Figure 11. Raisons pour ne pas fabriquer le fromage *Medeghissa*

La perte des traditions et le changement du mode de vie sont les principales raisons données par la majorité des enquêtées qui connaissent le fromage *Medeghissa* et ne le fabriquent plus (environ 95%). Elles l'expliquent par l'envahissement des marchés par les nouveaux fromages disponibles et avec des bons prix et la disponibilité des moyens de refroidissement (les réfrigérateurs) ce qui permet de garder le *Lben* pendant quelques jours : donc il n'est pas conservé sous forme de *Klila* pour la saison d'hiver comme auparavant.

D'après 70,24% des réponses, les femmes accusent le manque de lait pour ne pas fabriquer le fromage *Medeghissa* en outre des autres fromages traditionnels. Cependant, 40,48% ont déclaré que leur âge et état de santé ne leurs permet pas de travailler à la maison et préparer ces fromages qui se caractérisent par un procédé de fabrication long dès la traite jusqu'à la présentation du fromage.

D'après l'enquête, le fromage *Medeghissa* n'est pas connu même par les membres des femmes enquêtée qui le connaissent, ce qui peut être expliquée par le manque de communication entre la génération sous l'effet de la globalisation qui influent les relations et entraînent le changement du mode de vie et de consommation. Par conséquent, elle affecte les traditions et le patrimoine culturel qui présente notre identité.

## I.6.2. Matières premières de fabrication de *Medeghissa*

- **Matière obligatoires**

L'ensemble des femmes questionnées qui connaissent ou fabriquent le fromage *Medeghissa* ont affirmé que la *Klila* et le lait entier de vache, chèvre ou brebis doivent être utilisés comme matière première obligatoire dans la fabrication de ce fromage.

### 1. Lait

La majorité des questionnées (81 femmes) ont déclaré que lait cru entier est le produit de base de fabrication de *Medeghissa* outre la *Klila*. Parmi l'ensemble des femmes qui connaissent la *Medeghissa*, trois questionnées ont affirmé l'utilisation de lait entier en voie de fermentation (lait légèrement acide) dans la fabrication de ce fromage.

### 2. *Klila*

D'après les résultats de l'enquête, deux types de *Klila* peuvent être utilisés dans la fabrication du fromage *Medeghissa*. Le tableau suivant (Tab.12) illustre ce point.

Tableau 12. Types de *Klila* utilisés pour la fabrication de *Medeghissa*

	<i>Klila</i> fraîche matière	<i>Klila</i> fraîche ou sèche	<i>Klila</i> sèche
Effectifs	79	3	2
Pourcentage	94 %	3,6%	2,4%

La majorité des femmes qui connaissent le fromage *Medeghissa* (94%) ont déclaré qu'il doit être fabriqué avec la *Klila* fraîche. Cependant, l'utilisation de la *Klila* sèche ou fraîche est facultative chez 3,6% des questionnées. Rares sont les femmes (2,4%) qui fabriquent la *Medeghissa* avec la *Klila* sèche.

- **Matières facultatives**

En se basant sur les résultats de l'enquête, nous avons constaté que le sel, le sucre, le beurre, les œufs et la pâte de dattes sont connus chez les femmes questionnées comme matière facultatives.

Le fromage *Medeghissa* peut être assaisonné selon les habitudes des familles avec différents produits (sel, sucre,...). Le sel peut être ajouté à la pâte fromagère selon 100% des enquêtées. Cependant, l'ajout du sucre ou du beurre est déclaré par seulement 9,5% des femmes (Tab. 13).

Tableau 13. Utilisation du beurre et sucre et dans la fabrication de *Medeghissa*

	Matière facultative	n'ajoute pas	Total
<b>Effectifs</b>	8	76	84
<b>Pourcentage de beurre</b>	9,5%	90,5%	100%
<b>Pourcentage de sucre</b>	9,5%	90,5%	100%

Les œufs peuvent être utilisés comme additif à la fin de cuisson chez 6% des femmes questionnées.

La pâte de dattes est déclarée par 7% des femmes et elle peut être solubilisée dans le lait bouilli avant l'ajout du *Klila*.

- **Caractéristiques de *Klila***

L'ensemble des femmes ont déclaré que la *Klila* destiné à la fabrication du *Medeghissa* est, de préférence, fabriqué à base de *Lben* non acide mais quelque soit sa teneur en matière grasse (100% des réponses).

Selon les enquêtées, les caractéristiques du *Klila* fraîche destiné à la fabrication du *Medeghissa* sont résumées dans le tableau suivant (Tab.14) :

Tableau 14. Caractéristiques de *Klila* fraîche

	Effectif	Pourcentage
<b>Non égouttée</b>	2	2,5%
<b>Bien égouttée (24h)</b>	34	43%
<b>Bien égouttée, découpée et séchée jusqu'au début de jaunissement</b>	43	54,4%
<b>Total</b>	79	100%

La quasi-totalité des femmes questionnées (97%) ont recommandé l'utilisation de la *Klila* bien égouttée pendant 24h sans pressage, sous forme d'une boule dans un tissu fin. Parmi elles 54,4% précisent qu'après égouttage et découpage, la *Klila* doit être séché

légèrement à l'air libre jusqu'au changement de sa couleur au jaune clair sans durcissement de la pâte.

Deux femmes parmi les enquêtées ont déclaré qu'elles ont l'habitude d'utiliser la *Klila* fraîche même sans égouttage pour la fabrication de *Medeghissa*.

Selon les enquêtées, le découpage de *Klila* est fait à la main en formes aléatoires soit grossier (environ 3 cm) ou en petits morceaux (environ 1-1,5cm), ou broyé finement entre les mains. De plus, elles ont noté que la friabilité de *Klila* bien égouttée ne permet pas un découpage uniforme, ce qui entraîne parfois l'effritement d'une partie en poudre.

La quasi-totalité des femmes n'ont pas arrivé à préciser le temps et la quantité du lait utilisée pour la fabrication de ce fromage puisqu'elle dépend de la quantité de *Klila* mais elles ont noté que le volume de lait ne doit pas trop dépasser le volume du *Klila* utilisée.

### **I.6.3. Modes de fabrication de *Medeghissa***

D'après les enquêtées qui ont affirmé l'utilisation de *Klila* sèche, la fabrication de *Medeghissa* est faite soit par le trempage de *Klila* pendant une nuit dans de l'eau chaude pour favoriser son ramollissement, ou par sa cuisson dans de l'eau puis l'ajout de lait pour compléter la cuisson. Le troisième procédé consiste au broyage de *Klila* sèche en poudre puis sa cuisson dans du lait.

La solubilisation de *Klila* fraîche dans du lait en voie de fermentation avec saupoudrage de sucre est la troisième méthode de préparation de *Medeghissa* mentionnée par trois femmes.

Suivant les résultats de l'enquête, la *Medeghissa* est fabriqué par la majorité des femmes par la cuisson à feu doux de la *Klila* fraîche bien égouttée, découpée et séché légèrement jusqu'au début de jaunissement, dans un volume de lait entier en ébullition (de vache chèvre ou de brebis selon la disponibilité).

Selon les conseils des femmes enquêtées, la *Klila* ne doit pas être rajouté au lait avant l'ébullition de ce dernier. Si les morceaux sont trop grands on doit les découper pour faciliter l'entrée de lait dans la masse du *Klila*. Donc la forme grossière se disparaît avec la cuisson.

Juste après quelques secondes, la *Klila* qui est en contact direct avec le fond de la casserole se fonde et des filaments apparaissent lorsqu'on remue légèrement la *Klila* par la cuillère. La cuisson se continue jusqu'à l'obtention d'une pâte humide et viscoélastique qui représente le fromage *Medeghissa* avec un lactosérum clair blanchâtre. L'aspect du *Medeghissa* est variable chez les mêmes femmes vu la quantité de lait non précisée, le temps de cuisson, les propriétés du *Klila* (humidité) et les additifs.

#### **I.6.4. Modes de consommation de *Medeghissa***

Toutes les femmes qui connaissent la *Medeghissa* ont affirmé qu'elle est consommée tant que goûter, seule (82%), ou avec de la galette (18%). Deux femmes ont rapporté que leurs pères préfèrent consommer la *Medeghissa* comme petit-déjeuner en l'absence de la culture ou l'habitude de consommation du café au lait comme petit-déjeuner.

La quasi-totalité des femmes enquêtées ont noté que la *Medeghissa* est appréciée pour son goût et son élasticité, de ce fait, la plupart préfère la consommer seule. Elle doit être consommée chaude et elle perd son élasticité après refroidissement. Elle doit être maintenue dans son lactosérum pour qu'elle garde sa température.

#### **I.6.5. Mode de conservation du fromage *Medeghissa***

L'ensemble des enquêtées ont affirmé que le fromage *Medeghissa* doit être consommé frais et aucune méthode traditionnelle n'a été précisée pour sa conservation.

#### **I.6.6. Historique et origine de la dénomination**

Parmi les 105 femmes enquêtées 84 femmes connaissent le fromage *Medeghissa* mais sous son nom en langue *Chaoui* « *Imedeghest* », « ايمدغست ». L'appellation *Medeghissa* est une dénomination arabisée utilisée par deux femmes d'origine ethnique arabe (clan Ouled Si Ounis à Ain Fakroun). Une troisième appellation est enregistrée à la commune d'Oum El-Bouaghi (exactement à Mechta Bir Ammar) est *Zerrigua*.

L'ensemble des questionnées ne connaissent pas l'origine et le sens du mot « *Imda'ghast* » et sa relation à la dénomination *d'Adhghess*. Elles ont affirmé que ce fromage est transmis d'une génération à une autre. Ce point est illustré dans le tableau suivant (Tab. 15):

Tableau 15. Personnes responsables de la transmission du savoir faire de *Medeghissa*

	<b>Effectifs</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>Mère</b>	59	70%
<b>Grand-mère</b>	10	12%
<b>Mère et Belle mère</b>	15	18%
<b>Total</b>	84	100%

Selon les résultats de l'enquête, la majorité des femmes questionnées (70%) qui connaissent la *Medeghissa* ont appris la méthode de préparation de ce fromage de leurs mères. 11,9% de ces femmes ont noté que leurs grand-mères avaient l'habitude de préparer la *Medeghissa*. Cependant, 17,9 % ont affirmé qu'elles ont appris le procédé de fabrication de *Medeghissa* de leurs mères et belles mère.

### Conclusion partielle

Plusieurs produits laitiers qui font partie de notre patrimoine ont été révélés par l'enquête menée à la wilaya d'Oum El-Bouaghi et sont principalement des fromages traditionnels connus par la majorité des questionnées (La *Klila*, le *Bouhezza*, le *Lbaa* ou l'*Adghess*, le *Djben* ou l'*Aghissi*, et la *Medeghissa*).

L'enquête nous a permis d'avoir une caractérisation partielle de *Medeghissa* connus par les femmes âgées de zones rurales sous son nom original en langue *Chaoui* « *Imedeghest* ». Elle concerne principalement le mode traditionnel détaillé de sa pratique. et elle a aboutit à l'établissement de son diagramme traditionnel de fabrication en plus des variétés de sa préparation par l'ajout d'autres additif tels que les œufs et la pâte des dattes.

La *Klila* représente la matière première de base de fabrication de ce fromage. Selon les résultats de l'enquête, elle est de préférence préparée à base de *Lben* non acide. Elle doit être bien égouttée pendant 24h, puis découpée aléatoirement à la main (3cm au maximum) et séchée légèrement jusqu'au début de jaunissement.

Plusieurs variétés et diagrammes de fabrication sont enregistrés par cette enquête mais le diagramme le plus répandu est celui illustré dans la figure 13.

D'après le procédé de fabrication de *Medeghissa*, nous concluons qu'il s'agit d'un fromage fondu. Elle est fabriquée par la cuisson de *Klila* fraîche, dans un volume de lait entier de vache, chèvre ou de brebis jusqu'à la fonte du fromage et la formation d'une pâte qui se caractérise par son élasticité accompagné d'une quantité de lactosérum. Ce fromage peut être consommé chaud comme goûter, seul ou avec galette assaisonné ou non avec : sel, sucre, beurre, œufs ou pâte de dattes.

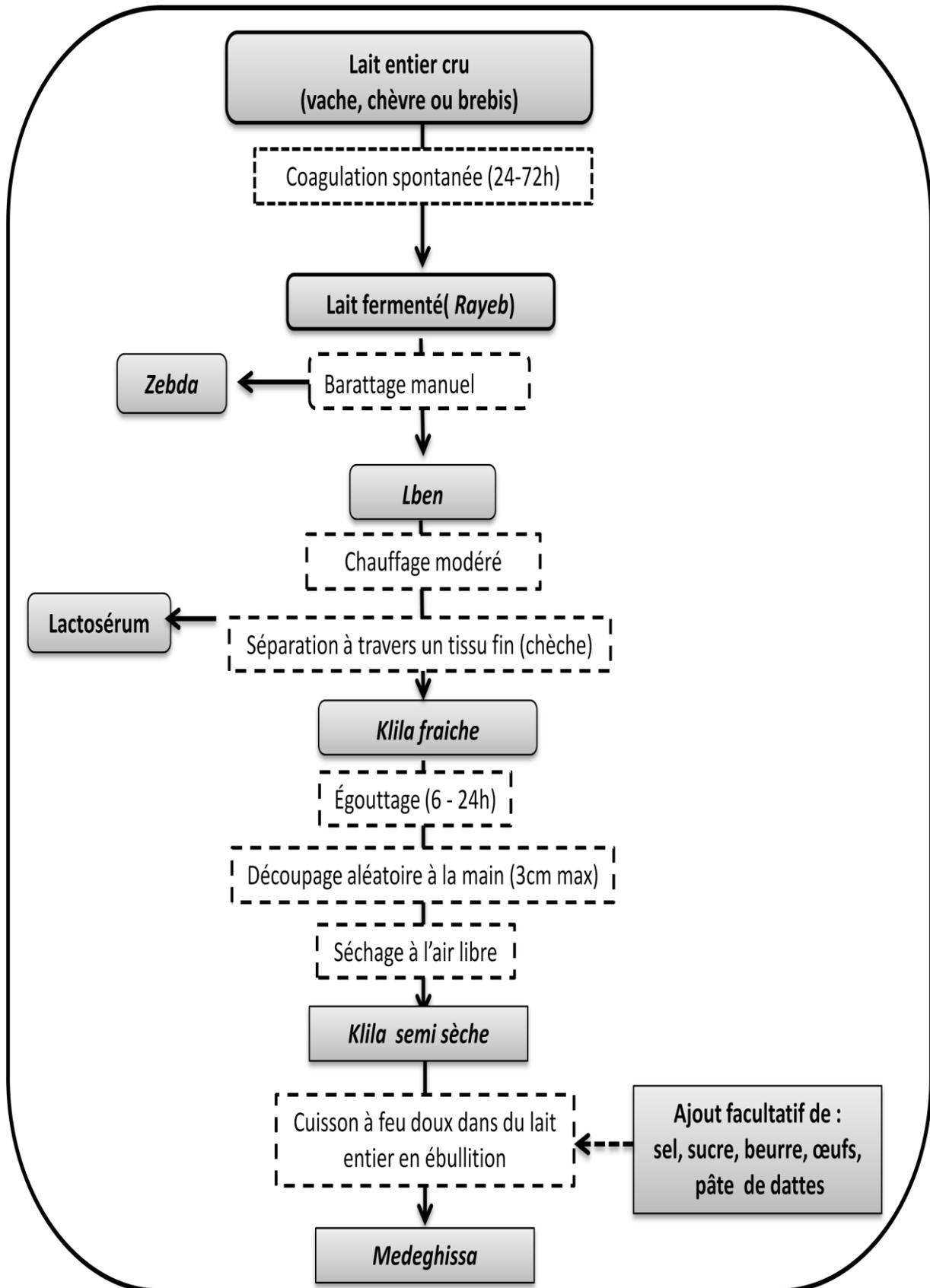


Figure 12. Diagramme de fabrication de *Medeghissa* déduit de l'enquête

---

## II. Vérification et validation du diagramme de fabrication déduit de l'enquête

La vérification des conditions de fabrication de *Medeghissa* selon le diagramme déduit de l'enquête a fait appel à des essais préliminaires afin de préciser le temps et la température des traitements thermiques, les quantités de matières premières et les rendements en plus des propriétés organoleptiques du produits vue la non disponibilité des moyens qui simule la mastication et permettre de mesurer l'élasticité de la pâte fromagère. Cependant la validation du diagramme a été effectuée par trois fabrications du fromage au niveau du laboratoire à partir du lait cru entier jusqu'au produit fini (fromage).

Les principaux résultats de la première série de fabrication de *Medeghissa* sont les suivants :

Les couples température /temps idéaux pour le chauffage du *Lben* utilisé pour la fabrication de *Klila* sont : (65°C/min 15min); (75°C/10 min) et (85°C/10min). Le phénomène de synérèse due à ces traitements thermiques donne des coagulums qui présentent un aspect homogène et cohérent et un lactosérum clair.

La température adoptée pour la fabrication de *Klila* à feu doux est 65°C /10-15min pour des volumes de 6-7 litres de *Lben* en marmite en aluminium.

Le passage à d'autres essais de préparation de *Medeghissa* avec de *Klila* obtenue d'un *Lben* de faible acidité titrable a donné une pâte fromagère viscoélastique lors de la cuisson et présente une élasticité facilement détectable lors de la mastication et par l'étirement par la cuillère.

L'ensemble des essais avaient pour but la fabrication de *Medeghissa* qui présente les caractéristiques idéales et conformes aux descriptions des enquêtées malgré la non répétabilité des résultats chez ces derniers d'où la difficulté de précision de l'ensemble des paramètres à maîtriser pour assurer la reproductibilité des résultats au niveau du laboratoire. Nous avons essayé de classer leurs résultats comme suit :

➤ **Effet de la granulation de *Klila* sur l'aspect de *Medeghissa***

Selon les essais de fabrication non contrôlés qu'on a réalisé, nous avons remarqué que la *Klila* de granulation fine fonde plus rapidement que celle de forme aléatoire ou en morceau de plus de 3 cm puisqu'elle est en contact direct avec le fond chaud de la casserole et elle

forme des filaments juste après quelques secondes de l'ajout de la *Klila* et selon le conseil d'une femme enquêtée, la *Klila* broyé entre main donne une pâte fromagère plus homogène, par conséquent, nous avons choisis l'utilisation de *Klila* broyée lors de la fabrication du fromage *Medeghissa*.

➤ **Effet du temps de cuisson sur l'aspect de *Medeghissa***

D'après les trois premiers essais qui ont été réalisés avec un temps de cuisson de 7 min (comme un temps de cuisson maximale), 6 et 5 min, nous avons observé que le volume du lactosérum est inversement corrélé avec le temps de cuisson sous l'effet d'évaporation mais à 6 min le volume du lactosérum est encore faible. Par conséquent on doit diminuer le temps de cuisson à 5 min.

La *Medeghissa* formé avec un temps de cuisson de 5 minutes semble conformes aux descriptions des enquêtées. C'est une pâte qui présente une viscosité au cours de la cuisson et une élasticité lors de la mastication avec un volume de lactosérum de gout lactique. Cependant, avec un temps de cuisson de 7min, la pâte fromagère formée est élastique avec une couleur jaune et une odeur de beurre et de cuit. Après refroidissement, elle perd son élasticité et forme une croute jaune lisse accompagnée d'un très petit volume de lactosérum. Et selon la description des enquêtées cette pâte fromagère n'a pas les propriétés de *Medeghissa* (Fig. 13).

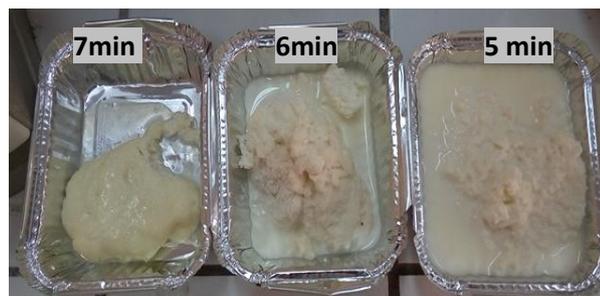


Figure 13. Aspect de différentes pâtes de *Medeghissa* cuites pendant 7, 6 et 5 min.

➤ **Effet de volume de lait utilisé pour la cuisson *Klila* sur l'aspect du *Medeghissa* (essai 6,7)**

La *Medeghissa* formé par l'utilisation d'un volume élevé de lait présente un aspect rugueux avec une pâte peu consistante.



Figure 14. Aspect de *Medeghissa* au cours de la cuisson avec un volume de lait élevé

Selon l'ensemble des essais réalisés, la *Medeghissa* peut être fabriqué à base d'une *Klila* semi sèche de faible acidité (fabriquée par le chauffage du *Lben* doux) pendant un temps de cuisson qui varie avec les proportions de lait et de *Klila*. Le diagramme adopté de fabrication de *Medeghissa* est illustré dans la figure 16.

Une confirmation des propriétés du produit fini est donnée par quelques femmes qui connaissent ce fromage (professionnelles) et elles ont affirmé que notre produit présente une élasticité mieux que celle qu'elles fabriquent.

➤ **Rendements en beurre, *Lben* , *Klila* et *Medeghissa***

Les rendements en différents produits laitiers de préparation du fromage *Medeghissa* sont figurés dans le tableau suivant (Tab. 16):

Tableau 16. Rendements en *Medeghissa* et ses dérivés de fabrication

	<b>Rendements</b>
<b>Beurre (g/l)</b>	17,82 ± 2,93
<b><i>Lben</i> (l/l)</b>	1,23 ± 0,03
<b><i>Klila</i> (g/l)</b>	49,2 ± 12,73
<b><i>Medeghissa</i> (g/g)*</b>	0,63 ± 0,008 (63%)

\* 100 mL de lait =102,8g.

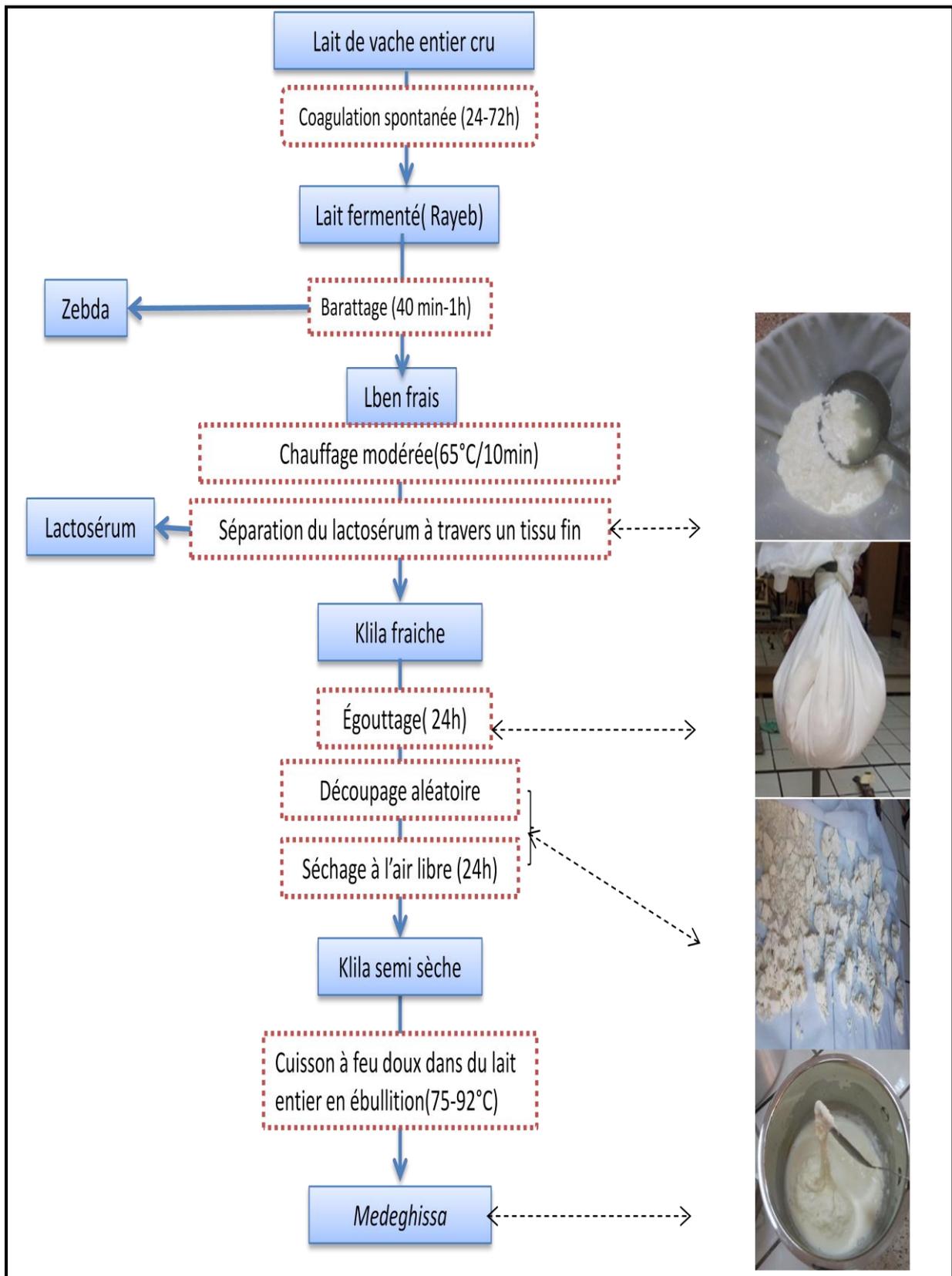


Figure 15. Diagramme adopté pour la fabrication de *Medeghissa*

### III. Caractéristiques physicochimiques de *Medeghissa*

#### III.1. Caractéristiques physicochimiques des matières premières

##### III.1.1. Lait

Les propriétés physicochimiques moyennes du lait de vache entier utilisé pour la fabrication du *Lben* et du fromage *Medeghissa* sont résumées dans le tableau suivant (Tab.17).

Tableau 17. Caractéristiques physicochimiques moyennes du lait de vache

	Moyenne $\pm$ écart type
<b>pH</b>	6,54 $\pm$ 0,00
<b>Acidité (<math>^{\circ}</math>D)</b>	17 $\pm$ 0,00
<b>Densité (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,028
<b>Matière grasse (g/100mL)</b>	3,53 $\pm$ 0,04
<b>Extrait sec (g/100mL)</b>	11,41 $\pm$ 0,20
<b>Taux de cendres (g/100mL)</b>	0,74 $\pm$ 0,01
<b>Azote total</b>	0,498
<b>Taux de protéines</b>	3,18

- **pH et acidité et densité**

Le lait de vache utilisé pour la fabrication du *Medeghissa* se caractérise par un pH de 6,54  $\pm$  0,00. Cette valeur est comprise dans l'intervalle de 6,5 et 6,7 donné par Goursaud (1985). Ce résultat est comparable avec celui enregistré par Benyoub et Boutemdjet (2016). L'acidité du lait (17 $^{\circ}$ D) entre dans la marge donnée par Goursaud (1985) et conforme à la norme FIL AFNOR (16-17 $^{\circ}$ D). Par contre, la densité est légèrement inférieure à la densité de lait de vache de mélange (1,030-1,032) fixé par la même norme.

Le pH et l'acidité du lait de vache dépendent de la teneur en caséine, en sels minéraux et en ions, mais aussi des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique (Labioui, 2009).

- **Matière grasse**

Le taux de la matière grasse en moyen du lait de vache est de 35,53g/L, c'est une valeur admissible qui se situe dans l'intervalle : 35-45g/L cité par Veisseyre (1979) et elle entre dans l'intervalle fixé par la norme FIL-AFNOR du lait, qui tolèrent des valeurs se situant entre 34 à 36 g/L. Cette valeur est identique à celle donnée par Fredot (2006) où la MG est de 3,5%.

- **Extrait sec et taux de cendres**

La mesure de la matière sèche renseigne sur la composition globale des matières premières et leur rentabilité. Le lait de vache présente un extrait sec moyen de  $11,41 \pm 1,04$  g/100mL. Cette valeur est similaire à la valeur moyenne de lait de vache cité par Fredot (2006) (12,3 g/100 g) mais semble inférieur aux résultats de Benguettaia et Lemlem (2013) ( $12,9 \pm 9,50$  g/100mL). Cependant, le taux moyen de cendres est de 0,74g/100g est légèrement inférieur à celui obtenu par Benguettaia et Lemlem (2013) dont la moyenne est égal à  $0,85 \pm 2,59$  g/100mL ainsi que les résultats obtenus par Boudraa et Nasri (2014) du lait cru de vache utilisé pour la fabrication du fromage traditionnel *Mechouna* soit 0,97g/100mL. Cette variation des résultats peut être due à la différenciation du stade de lactation des échantillons et la race des vaches. Cela peut être confirmé par les résultats de Dossou et *al.* (2016) où le taux de cendres varie de 1-5% selon les différentes races de vaches.

- **Azote total et taux de protéines**

Le lait de nos fabrications présente un taux d'azote de 0,495 % ce qui correspond à une teneur en protéines de 3,18 g/100 mL. Ce résultat est inférieur à la teneur en azote total de lait de vache (3,5g/100 mL) mentionné par Fredot (2006). La teneur protéique est légèrement plus élevée que celle cité par Benguettaia et Lemlem (2013) ( $1,69 \pm 2,21$ g/100mL). Cependant, elle paraît légèrement inférieure à celle trouvé par Sem *et al.* (2015).

### **III.1.2. Lben**

La fabrication contrôlée du *Lben* a été faite au laboratoire selon le diagramme traditionnel afin de s'assurer de sa qualité et de l'utiliser dans la fabrication fromage *Klila*. Ses propriétés physicochimiques sont résumées dans le tableau 18.

Tableau 18. Caractéristiques physicochimiques moyennes du *Lben*

	Moyenne ± écart type
<b>pH</b>	4,6 ± 0,08
<b>Acidité (°D)</b>	57,05
<b>Densité (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,018
<b>Matière grasse (g/100mL)</b>	1,80 ± 1,34
<b>Extrait sec total (g/100mL)</b>	7,13 ± 0,10
<b>Taux de cendres (g/100mL)</b>	1,07± 0,11

- **pH, acidité et densité**

Le *Lben* présente un pH moyen de 4,59. Cette valeur est comparable au pH moyen du *Lben* marocain (pH: 4,4) signalé par Tantaoui Elaraki (1983).

L'acidité titrable moyenne du *Lben* est de 57,05 °D. Cette valeur est faible ce qui signifie que le *Lben* est doux. En comparaison avec le résultat mentionné par Tantaoui Elaraki (1983), notre résultat est inférieur à la valeur minimale du *Lben* marocain du commerce et du *Lben* fabriqué (70°D et 71°D respectivement). Selon les résultats de l'enquête et les essais préliminaires, un *Lben* à faible acidité est recherché pour la fabrication de *Klila*.

- **Matière grasse**

La teneur en matière grasse des *Lben* est très variable et elle est inférieure à la valeur minimale du *Lben* marocain commercial déclaré par Tantaoui Elaraki (1979) (MG: 4 g/L).

Le *Lben* présente une faible teneur en matière grasse et cela est dû à l'élimination des globules gras après le barattage. Selon Benkerroum *et al.* (1984), la teneur en matière grasse dans les produits laitiers traditionnels est variable et elle peut aller de 2 à 18 g/l pour le *Lben*.

- **Extrait sec et taux de cendres**

Le *Lben* contrôlé se caractérise par un extrait sec moyen de 7,13 ± 0,1 g/100 g. Ce résultat est inférieur à celui mentionné par Aissaoui Zitoun (2014) du *Lben* utilisé pour la fabrication de Bouhezza où ES : 9,02g/100 g. Cependant, Le *Lben* présente des valeurs variables de taux de cendres avec une moyenne de 1,07± 0,11. Ces résultats sont supérieurs au taux de cendre du *Lben* utilisé par la fabrication de *Michouna* : 0,41% cité par Boudraa et Nasri (2014) et celui de Lahsaoui (2009) 0,58 ± 0,092 %.

### III.1.3. Caractéristiques physicochimiques de la *Klila*

Les propriétés physicochimiques de la *Klila* utilisée pour la fabrication du *Medeghissa* fromage sont présentées dans le tableau 19.

Tableau 19. Valeurs moyennes des paramètres physicochimiques de *Klila*

	Moyenne ± écart type
<b>pH</b>	4,51 ± 0,24
<b>Acidité en °D</b>	46,8
<b>Matière grasse (g/100g)</b>	10,33 ± 3,47
<b>Extrait sec total (g/100g)</b>	46,64 ± 2,64
<b>Azote total (g/100g)</b>	5,415 ± 0,172
<b>Taux de protéines (g/100g)</b>	34,55 ± 1,09
<b>Taux de cendres (g/100g)</b>	1,00 ± 0,18
<b>M.G./E.S. (%)</b>	11,63 ± 4,22
<b>H.R.E.D. (%)</b>	59,50 ± 1,88

- **pH et acidité**

La *Klila* présente un pH moyen faible égal à 4,52. Cette valeur est légèrement supérieures au pH des *Klila* séchés pendant 37 à 42 heures (pH : 4,08 - 4,49) donnés par Lahsaoui (2009) et Mennane *et al.* (2007) (pH: 4,14 à 4,17) ; cela est expliqué par leur utilisation d'un *Lben* acide (une acidité allant de 63 à 110°D pour le *Lben* marocain et 80,1°D pour le *Lben* algérien utilisé par Lahsaoui).

De même, ce fromage a une acidité moyenne de 46,8°D (0,47 ± 0,08 g d'acide lactique /100g de fromage). L'acidité de la *Klila* de nos fabrications est également faible en comparaison avec celle de Mennane (2007), de Lahsaoui (2009), de Mahamedi (2015) et de Gatouache et Guessas (2015). Selon les résultats de Lahsaoui (2009) et Mahamedi (2015) l'acidité de la *Klila* fraîche varie respectivement de 38,1°D à 44°D et de 45 à 115°D. Cependant, la *Klila* séchée pendant 18h déclarée par Lahsaoui (2009) est proche à nos résultats dont l'acidité est de 46,5°D et 55°D.

D'après Mennane (2007) et Mahamedi (2015), l'acidité de *Klila* sèche est élevée. Elle atteint des valeurs allant de 130-160°D et 50-115°D respectivement. Les résultats enregistrés par Gatouache et Guessas (2015) de la *Klila* sèche sont également un peu élevés (68-91°D).

- **Matière grasse**

La teneur en matière grasse de la *Klila* est variable d'un échantillon à un autre. Cela peut être expliqué par les pertes en matière grasse dans le lactosérum lors du chauffage du *Lben*.

Ces résultats sont confirmés par les travaux de Mennane (2007) sur la *Klila* marocaine contrôlée. Une variabilité remarquable entre les teneurs en matière grasse des *Klila* contrôlées est enregistré (7,7 à 12,68 g/100g) et elles sont similaire aux résultats signalés par Lahsoui (2009) avec une teneur en matière grasse de 7,3 à 14,5 g/100g. Les résultats obtenus par Benkerroum (2007) des *Klila* contrôlés sont proches à nos résultats (6-7g/100g).

- **Extrait sec**

La teneur moyenne en extrait sec des *Klila* contrôlées est de 46,64 g/100g. Ce résultat est supérieur à l'extrait sec total des *Klila* contrôlées marocaines qui varie entre 23,5 et 35g/100g (Mennane, 2007). Les valeurs enregistrés par Lahsaoui (2009) de la *Klila* fraîche allant de 34,1 à 40,09 g/100g sont également inférieures à nos résultats vue la perte d'eau par l'égouttage et le séchage pendant 24h.

- **Humidité Rapporté à l'Extrait Sec Dégraissé (H.R.E.D.) et Matière Grasse sur Extrait Sec (MG/ES)**

D'après les résultats de mesure de l'extrait sec et de matière grasse, les rapports H.R.E.D. et MG/ES ont été établis. Les *Klila* présentent un H.R.E.D. allant de 57,67 à 61,44% avec une moyenne de  $59,50 \pm 1,88\%$ . Cette valeur est comprise dans l'intervalle correspondant aux fromages à pâte demi-dure défini par le Codex *alimentarius* (STAN A-6 1978) (H.R.E.D. : 54-63%).

Les M.G./E.S. des *Klila* sont significativement différents. Ce rapport présente une valeur minimale de 6,76 % et une moyenne de  $11,63 \pm 4,22 \%$ . Selon le deuxième terme du Codex *alimentarius*, la *Klila* peut être classée sous les fromages maigres ou ¼ de gras. La *Klila* est donc un fromage frais maigre ¼ gras à pate demi-dure.

- **Azote total et protéines**

Les *Klila* contrôlées contiennent en moyenne un taux d'azote total de 5,42% ce qui correspond à une teneur en protéine de 34,55g/100 g. Nos résultats sont supérieurs au taux protéique de *Klila* fraîche marocaine préparé par l'ajout de ferment thermophiles (starter culture mésophile) mentionné dans les travaux de Mennane (2007).

- **Taux de cendres**

Les *Klila* présentent un taux de cendres moyen de  $1,00 \pm 0,18$  g/100g de fromage. Cette teneur est légèrement supérieure à celle du *Klila* marocaine : 0,62 g/100g cité par Mennane *et al.* (2007). Nos résultats sont également supérieurs à ceux de *Klila* fraîche (0,27 g/100g) enregistrés par Lahsaoui (2009). Cela peut être expliqué par la teneur initiale en cendres du *Lben* utilisé pour la fabrication de *Klila*.

### III.2. Caractéristiques physicochimiques de lactosérum issu de la fabrication de *Klila*

Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre obtenu suite au chauffage du *Lben* au cours de la fabrication du *Klila*. Les résultats des principaux paramètres physicochimiques sont résumés dans le tableau 20.

Tableau 20. Caractéristiques physicochimiques du lactosérum issu de la fabrication de la *Klila*

	<b>Moyenne <math>\pm</math> écart type</b>
<b>pH</b>	4,59 $\pm$ 0,11
<b>Acidité (<math>^{\circ}</math>D)</b>	50,56 $\pm$ 4,44
<b>Extrait sec total (g/100mL)</b>	6,41 $\pm$ 1,25
<b>Taux d'humidité (%)</b>	93,59
<b>Taux de cendres (g/100mL)</b>	0,54 $\pm$ 0,02

Le lactosérum de la *Klila* présente un pH moyen de 4,59. Cette valeur est comprise dans l'intervalle (3,98 – 4,76) des travaux de Mennane (2007) sur le lactosérum issu de la fabrication contrôlée de *Klila* marocaine.

Selon McSweeney et O'Mahony (2016), il existe deux types de lactosérum: lactosérum doux à pH variant entre 5,90 et 6,40 et lactosérum acide dont le pH est de 4,60 - 4,70. Leur composition est assez similaire. Les principales différences étant l'acidité, la teneur en minéraux et la composition de la fraction de protéines de lactosérum (Fox, 2011).

Les pertes en extrait sec dans le lactosérum est en moyen de  $6,41 \pm 1,25$ . Cette valeur est comparable aux résultats enregistrés par Lahsaoui (2009) où l'extrait sec varie entre 5,62 et 5,88 g/100 mL et elle est comprise dans l'intervalle de la teneur en extrait sec des lactosérums doux et acides donné par Fox (2011) (EST : 6,30-7,00 g/100 mL).

Le taux d'humidité moyen des lactosérums est de 93,59%. Cette teneur est similaire à la proportion typique d'eau dans le lactosérum donné par McSweeney et O'Mahony (2016) (Humidité : 93,8%).

Les lactosérums présentent un taux moyen en cendres ( $0,54 \pm 0,02$ g/100mL) similaire au taux de cendres du lactosérum doux (0,50-0,52g/100mL) donnée par Fox (2011). Ce paramètre varie de 0,75 à 0,79 dans le lactosérum acide.

Ces résultats caractérisent un lactosérum acide issu d'une fermentation lactique lors de la préparation du *Lben* dont l'acidité moyenne est de 57,05 °D.

### III.3. Caractéristiques physicochimiques du fromage *Medeghissa*

Les résultats des caractéristiques physicochimiques des échantillons de *Medeghissa* collectés (12 échantillons) et ceux fabriqués au laboratoire (03 fabrication contrôlées) selon le diagramme final adopté sont illustrés dans le tableau suivant (Tab.21).

Tableau 21. Caractéristiques physicochimiques des *Medeghissa*

	<i>Medeghissa de fabrication contrôlée</i>	<i>Medeghissa de ferme</i>
<b>pH</b>	$4,82 \pm 0,18$	$5,43 \pm 0,62$
<b>Acidité (g/100g)</b>	$0,41 \pm 0,15$	$0,74 \pm 0,41$
<b>Extrait sec (g/100g)</b>	$34,79 \pm 1,20$	$33,65 \pm 4,13$
<b>Humidité</b>	$65,20 \pm 1,20$	$66,35 \pm 4,13$
<b>MG (g/100g)</b>	$7,78 \pm 1,99$	$4,37 \pm 0,72$
<b>MG/ES</b>	$8,47 \pm 2,31$	$4,58 \pm 0,79$
<b>H.R.E.D.%</b>	$71,27 \pm 2,77$	$69,39 \pm 4,23$
<b>Azote total %</b>	$4,07 \pm 0,71$	$3,86 \pm 4,54$
<b>Protéines (g/100g)</b>	$25,95 \pm 4,54$	$24,7 \pm 3,08$
<b>Cendres (g/100g)</b>	$0,95 \pm 0,16$	$0,96 \pm 0,22$

Les propriétés physicochimiques moyennes du fromage *Medeghissa* collecté et celui de fabrication contrôlé sont identiques. Les résultats de l'ANOVA mettent en évidence l'absence de différences significatives entre les deux groupes au niveau de tous les paramètres à ( $p < 0,05$ ) sauf pour la teneur en matière grasse.

### III.3.1. pH et acidité titrable

Selon le tableau 21, le fromage traditionnel *Medeghissa* de ferme présente un pH avec une moyenne de  $5,43 \pm 0,62$ . D'autre part, La *Medeghissa* contrôlée présente un pH de  $4,82 \pm 0,18$ . L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative au seuil de  $p < 0,05$ .

En comparaison avec les fromages fondus, le pH de la *Medeghissa* est très proche de celui du fromage fondu à raclette suisse fabriqué au laboratoire après 24 h de sa préparation donnée par Frohlich- Wyder *et al.* (2009) dont le pH est de 5,08 à 5,25. Nos résultats ressemblent aussi aux résultats obtenus par Chemmache (2011) concernant les fromages fondus commercialisés *Metidja* et *Ladhidh*. Leurs pH sont respectivement 5,67 et 5,97.

Le pH moyen de la *Medeghissa* se situe dans l'intervalle de pH des fromages fondus à tartiner à base de cheddar frais (5,76 à 6,19) étudié par Kombila-Moundounga et Lacroix (1991) et qui se caractérise par une texture molle et élastique.

Les teneurs en acide lactique enregistrées de *Medeghissa* collectée et celle contrôlée sont identiques dont la moyenne est de  $0,41 \pm 0,15$  g/100g de fromage. Cette acidité est due principalement à la présence de l'acide lactique provenant de la fermentation du lactose par les bactéries lactiques dans le *Lben* et la *Klila*.

- **Extrait sec total et teneur en humidité**

La *Medeghissa* contrôlée se caractérise par un extrait sec total moyen de  $34,79 \pm 1,20$ g/100g, ce qui correspond à  $65,20 \pm 1,20$  % d'humidité. Ces résultats sont identiques à ceux de la *Medeghissa* de ferme (ES:  $33,64 \pm 4,13$  g/100g ; H : 66,35%).

L'extrait sec moyen de la *Medeghissa* est inférieur à celle du fromage fondu commercial *Ladhidh au camembert* (39,84 %). Selon Ehsannia et Sanjabi (2016), la teneur en extrait sec du fromage fondu à faible teneur en sel avec ajout de *Bacillus coagulans* au cours et après le processus de la fonte est de 58%. Cette teneur est supérieure au nôtre.

Selon Yun *et al.* (1993), Kindstedt *et al.*,(1992) et Renda *et al.*, (1997), la teneur en humidité dans les fromages est affectée par divers facteurs tels que la température, le temps de cuisson et la teneur en sel, etc.

La teneur en extrait sec de la *Medeghissa* peut être influencée par le contenu de la *Klila* et du lait de vache en extrait sec, la température et le temps de cuisson, la surface du fond de la casserole. Aussi il faut rappeler qu'après fonte, la *Medeghissa* est gardé dans le lactosérum exsudé au cours du chauffage, ce qui induit une augmentation de l'humidité du fromage après refroidissement.

- **Matière grasse**

La *Medeghissa* de ferme présente une teneur en matière grasse de  $4,37 \pm 0,72$  g/100g de fromage comparativement à celle de fabrication contrôlées dont la teneur est égale à  $7,78 \pm 1,99$  g/100g de fromage. Ces teneurs sont significativement différents à  $p < 0,05$ . Cela peut être expliqué principalement par faible teneur en matière grasse de *Klila*. D'autre part l'écémage du *Lben* utilisé dans la fabrication de la *Klila* reste une opération réalisée aléatoirement selon l'appréciation de la femme. Selon les résultats de l'enquête, le *Lben* peut être gras, partiellement ou totalement écrémé.

La *Medeghissa* présente une faible teneur en matière grasse en comparaison avec les fromages fondus commerciaux *Ladhidh au camembert* (17,5g/100g) et *Metidja* (21,5g/100g) cité par Chemmache (2011). Selon Fredot (2006), le fromage fondu allégé est constitué de plus de 30% de matière sèche avec une teneur en matière grasse varie entre 20 et 30%. Cette teneur en gras qui représente environ 9g/100g est justifié par l'effet d'addition de crème, beurre ou huiles végétales au mélange du fromage et des autres ingrédients impliqué dans la fabrication du fromage fondu. Nos résultats semblent plus proches aux teneurs en matière grasse des fromages frais (3,8-8 g/100g) qu'aux fromages fondus classiques (30g/100g) cité par Fredot (2006).

Selon Fife *et al.* (1996), la fonctionnalité du fromage à faible teneur en gras peut s'améliorer en raison de l'humidité supplémentaire présente. Par conséquent, l'augmentation de la teneur en humidité est généralement recommandée pour améliorer la qualité des fromages à faible teneur en matières grasses (Gunasekaran et Mehmet, 2003)

- **Humidité Rapporté à l'Extrait Sec Dégraissé (H.R.E.D.) et Matière Grasse sur Extrait Sec (MG/ES)**

La teneur en eau dans le fromage dégraissé (H.R.E.D.) de *Medeghissa* fabriquée au laboratoire ( $71,27 \pm 2,77\%$ ) et celle de *Medeghissa* de ferme ( $69,39 \pm 4,23$ ) sont identiques. Ces valeurs sont supérieures à 67%, ce qui permet de classer la *Medeghissa*, selon la classification du codex alimentaire (CODEX STAN A-6-1978), sous les fromages à pâte molle.

D'autre part, les rapports du gras sur l'extrait sec M.G./E.S enregistrés pour la *Medeghissa* de fermes et de fabrications contrôlées sont inférieurs à 10%. Selon le deuxième terme de la classification du codex alimentaire (CODEX STAN A-6-1978), la *Medeghissa* entre dans le groupe des fromages maigres.

- **Azote total et taux de protéines**

Le fromage *Medeghissa* fabriqué au laboratoire présente un taux protéique moyen de  $25,95 \pm 4,54\text{g}/100\text{g}$ , très proche au taux protéique moyen des *Medeghissa* de ferme ( $24,7 \pm 3,08$ ) avec absence de différence significative entre les deux groupes selon le test d'ANOVA. Ces valeurs sont supérieures à celles des fromages à pâte demi-dure ( $23\text{g}/100\text{g}$ ) signalées par Fredot (2006), et les fromages fondu français ( $10\text{g}/100\text{g}$ ) et américains ( $17\text{g}/100\text{g}$ ) (Richonnet, 2016).

Les valeurs de l'azote total dans les 12 échantillons de ferme varient de  $2,70 \pm 0,02$  à  $4,52 \pm 0,09$  ce qui correspond à des taux de protéines de 17,2 et 28,8 %. La teneur protéique moyenne est de  $24,7 \pm 3,08/100$  g de fromage. Nos résultats sont supérieurs aux résultats rapportés dans les travaux de chemmache (2011) concernant les fromages fondus de marque *Metidja* et *Ladhidh au camembert* où les taux de protéines sont respectivement 15,50 % et 17,30 %. La teneur moyenne de *Medeghissa* est supérieur à celle des fromages fondus (à base du fromage à pâte dure qui est  $17\text{g}/100\text{g}$  (Fredot, 2006), et du fromage traditionnel *Bouhezza* qui a une valeur minimale de  $12\text{g}/100\text{g}$  (Aissaoui Zitoun, 2014) ainsi que du fromage traditionnel *Mechouna* à  $19\text{g}/100\text{g}$  (Boudraa et Nasri 2014; Benkhaniche et Kaya, 2013).

D'après les travaux de Mounsey et O'Riordan (1999 et 2008) sur les fromages fondus imités fabriqués avec de l'amidon pré-gélatinisé, cette spécialité fromagère montre une teneur en protéines égale à  $20,05 \pm 0,3\%$  sans ajout d'amidon et  $17,8 \pm 0,1\%$  avec ajout de 2%

d'amidon. Cette diminution en protéines est due au remplacement des caséines par l'amidon dans les fromages fondus commerciaux.

La richesse du fromage *Medeghissa* en protéines en fait un aliment de bonne qualité nutritionnelle. Selon Chambre et Daurelles (1997), les fromages fondus comportent toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui les composent. Le lait et les produits laitiers apportent des protéines de haute valeur nutritionnelle (comparable à celle du groupe des viandes, poissons et œufs), qui ont le mérite d'être prêts à la consommation sans préparation ou cuisson préalable. Ces protéines jouent un rôle important dans le développement et le maintien de la masse musculaire et cela d'autant plus si l'activité physique est importante (Fredot, 2006).

- **Taux de cendres**

Les cendres totales sont les résidus des composés minéraux qui restent après l'incinération d'une masse donnée d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique. La *Medeghissa* contrôlée renferme un taux moyen de cendres de  $0,95 \pm 0,16$  g/100g similaire à celui de *Medeghissa* de ferme  $1,018$  g/100g de fromage. Ce résultat est inférieur à celui des fromages fondu commerciaux *Metidja* ( $4,36 \pm 0,075$  %) et *Ladhidh au Camembert* ( $3,80 \pm 0,09$  %) (Chemmach, 2011) ainsi que celui rapporté dans les travaux de Hennelly *et al.* (2005) dans lesquels le taux d'humidité dans la spécialité fromagère était fixé à 46 % et le taux de cendres était de  $4,56 \pm 0,07$  %. Ces valeurs sont élevées est du probablement à l'ajout de sels de fonte. Les cendres représentent environ 1-5% de la masse d'un aliment sur une base humide (Afnor, 2003).

#### **IV. Qualité hygiénique et microbiologique de *Medeghissa***

Au cours de la présente étude, nous nous sommes bornés à vérifier la qualité hygiénique du fromage fondu *Medeghissa* toute en cherchant, les indicateurs de contamination fécale (les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux) et les germes à pouvoir pathogènes à savoir *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, spores des anaérobies sulfitoréducteurs. De plus, le dénombrement de la flore totale, la flore fongique et la flore lactique.

#### IV.1.Flore aérobie mésophile totale (FAMT) et flore fongique

Les dénombrements de la flore totale aérobie mésophile et la flore fongique ont été effectués sur les milieux PCA et l'OGA respectivement. Les résultats de leur énumération sont présentés dans la figure 16.

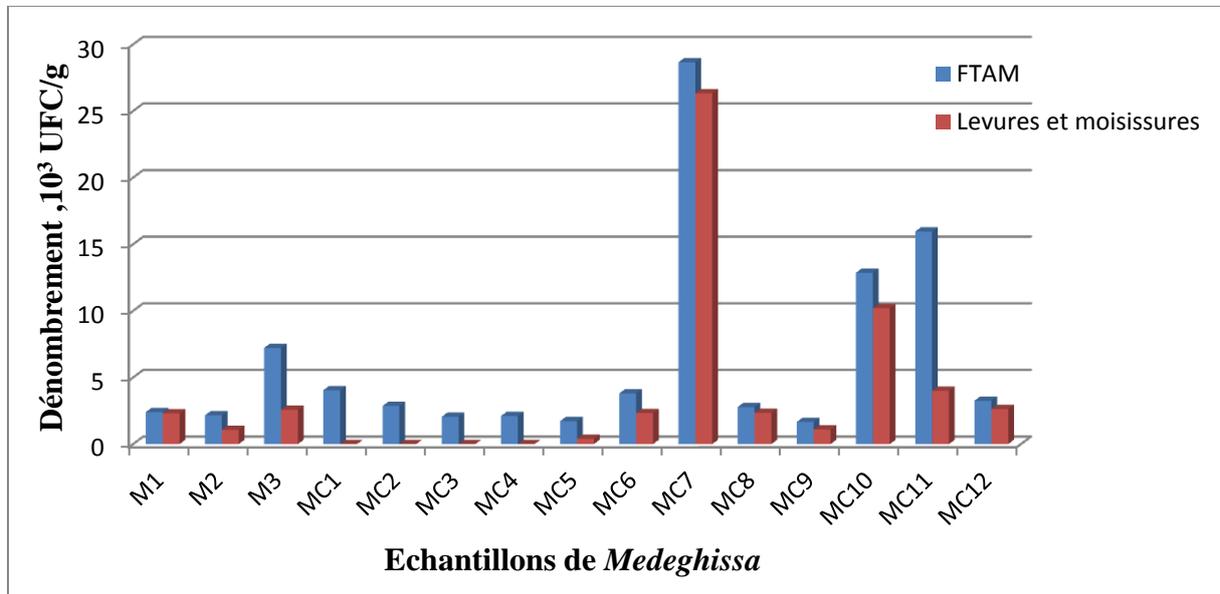


Figure 16. Dénombrement de la FTAM et la flore fongique des échantillons collectés et de fabrication contrôlée

Les échantillons de *Medeghissa* collectés (MC1 jusqu'à MC12) et ceux fabriqués au laboratoire (M1, M2 et M3) présentent une charge faible en microorganismes de la flore totale qui varie de  $2,05 \cdot 10^3$  UFC/g jusqu'à  $28,66 \cdot 10^3$  UFC. Les résultats de dénombrement de la flore totale du fromage fondu non stérilisé enregistrés par Lazárková *et al.* en 2010 ( $4,1 \cdot 10^4$  UFC) sont légèrement supérieurs aux nôtres. Un nombre total similaire de microorganismes a également été observé par Palmas *et al.* (1999) dans le fromage fondu industriel fabriqué à partir de fromage Pecorino. Parmi 118 échantillons de fromage analysés, 9-11% présentent une charge d'ordre légèrement supérieur à  $10^3$  UFC/g tandis que le reste contient une charge qui varie de  $10^2$ - $10^3$  UFC/g. D'autre côté, le fromage fabriqué par la méthode artisanale se caractérise par une charge en FTAM supérieure à  $10^3$  UFC/g chez 40% des échantillons étudiés, 46% renferment une charge de  $10$ - $10^3$  UFC/g. La charge maximale en FTAM observée dans les échantillons de fromage fondu artisanal atteint  $10^5$  UFC/g de fromage.

Les changements microbiologiques dans le fromage fondu dépendent de nombreux facteurs, y compris le type de fromage (matière première), le pH, la teneur en matière sèche,

---

la teneur en chlorure de sodium, la concentration et le type de sels émulsifiants et la température de chauffage (Glass et Doyle, 2005).

Dans notre cas, la *Medeghissa* est fromage fondu, fabriqué à base du fromage à pâte demi- dure (*Klila*) à pH acide obtenu par coagulation thermique du petit-lait (*Lben*). Elle se caractérise par une charge microbienne faible expliquée principalement par les traitements thermiques de la matière première (*Klila*, lait de vache) et au cours de la fonte.

Ces valeurs sont inférieures aux résultats enregistrés par Guetouache *et al.* (2015) du *Jben* traditionnel collecté de quelques zones rurales de la wilaya de Djelfa. Ce fromage frais présente une charge microbienne moyenne en FTAM de  $6,12 \cdot 10^6$  UFC.

Nos résultats sont encore inférieurs à ceux des fromages frais contrôlés marocains (*Klila* et *Jben*) signalés par Rhiat *et al.* (2011) où les de dénombrement de la FTAM de *Klila* et *Jben* sont respectivement  $0,9 \cdot 10^5$  UFC/g et  $0,3 \cdot 10^5$  UFC/g.

D'autre part, la flore fongique présente des dénombrements variables allant de 0 à  $10^3$  pour la plupart des échantillons de *Medeghissa* collectés avec une valeur maximale d'ordre  $10^4$  enregistré chez l'échantillon MM7 ( $2,63 \cdot 10^4$ ). La *Medeghissa* de l'expérimentation présente une charge en levures et moisissures d'ordre  $10^3$  légèrement inférieure à la FTAM.

Nos résultats sont proches à ceux de Lazárková *et al.* (2010) du fromage fondu non stérilisé où la charge en flore fongique est de  $7,2 \cdot 10^3$  UFC/g.

Les résultats de dénombrement de levures et moisissure enregistrés pour la *Medeghissa* collecté et celle fabriquée au laboratoire sont inférieurs aux valeurs signalées par Mennane *et al.* (2007) du fromage frais marocain *Jben* préparé au laboratoire, avec utilisation d'une enzyme végétale et des ferments lactiques. La flore fongique énumérée de ce *Jben* varie de 0 à  $3 \cdot 10^4$  UFC/g avec une moyenne de  $2 \cdot 10^4$  UFC/g. Nos résultats sont proches aux valeurs de la flore fongique de *Klila* sèche collecté indiqués dans les travaux de Mennane *et al.*(2007), où l'énumération de la flore fongique varie de  $2 \cdot 10^2$  à  $6 \cdot 10^4$  UFC/g avec une moyenne de  $2 \cdot 10^3$ UFC/g.

La *Medeghissa* présente une charge microbienne faible en flore fongique, en comparaison avec le fromage affiné algérien *Bouhezza* de l'expérimentation ( $10^5$  à  $10^6$  UFC/g) (Aissaoui, 2014).

Selon Palmas *et al.*(1999), La présence de levures et de moisissures dans le fromage fondu est probablement un indice de contamination postérieure (post traitement thermique), dû au manque d'hygiène pendant la production (mélange dans un récipient ouvert, la manipulation et l'emballage). Ces microorganismes peuvent provoquer des défauts différents dans les fromages fondus (les défauts de couleur) en raison de l'action de leurs enzymes lipolytiques et protéolytiques, ils peuvent former des substances qui conduisent à des modifications des propriétés organoleptiques du produit (Daly *et al.*, 2012).

## IV.2. Flore lactique

La flore lactique a une grande importance en laiterie. Sa principale propriété est la production d'acide lactique par fermentation du lactose; certaines produisent en outre du gaz carbonique et divers composés, dont certains contribuent à l'arôme des produits laitiers. Par sa production d'enzymes protéolytiques, elle contribue à l'affinage des fromages. Sa prédominance donne au produit laitier une certaine protection vis-à-vis des germes indésirables.

Au cours de cette étude, les lactobacilles et les streptocoques lactiques sont les principaux groupes qui ont été sujet à l'énumération sur les milieux gélosés.

### IV.2.1. Dénombrement des lactobacilles et les streptocoques mésophiles

La recherche des lactobacilles a été faite sur milieu MRS ensemencé en masse et incubé à 30°C. Cependant, Le dénombrement des streptocoques mésophiles a été réalisé sur milieu M17.

Les bactéries lactiques se répartissent dans le milieu et sur la surface et présente un halo blanchâtre autour des colonies (Fig. 17).

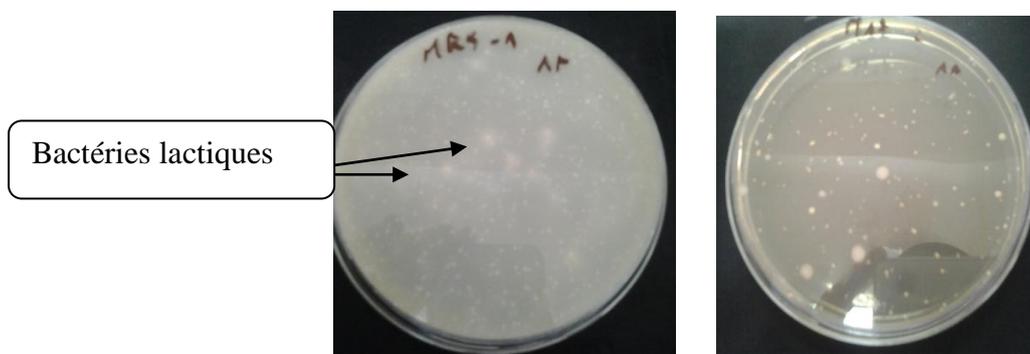


Figure 17. Cultures de lactobacilles et streptocoques lactiques sur milieu MRS et M17

Les résultats de dénombrement des lactobacilles et les streptocoques lactiques mésophiles sont présentés dans la figure 18.

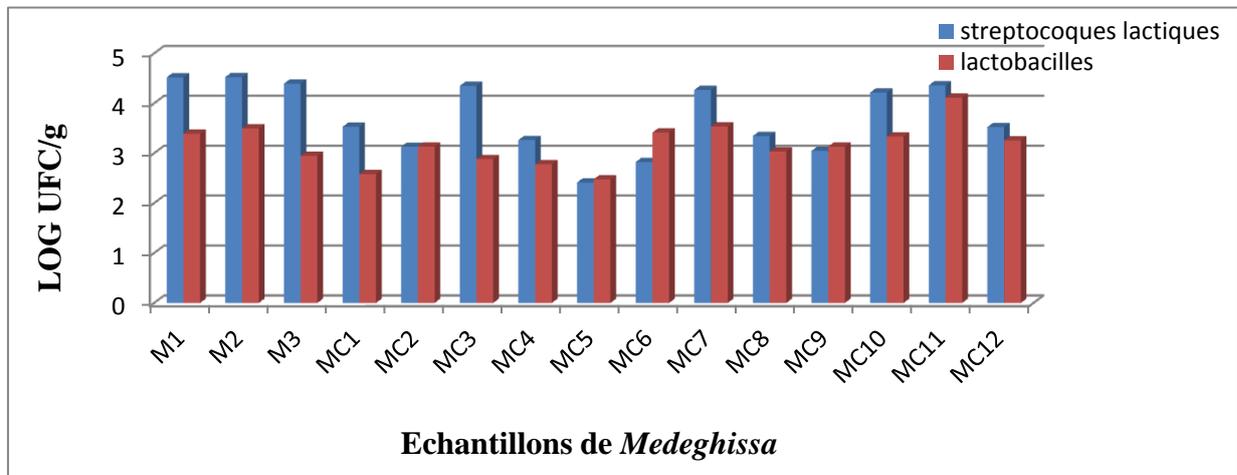


Figure 18. Dénombrement des streptocoques lactiques et les lactobacilles mésophiles de fromage *Medeghissa* de fabrication contrôlée et collecté

Les échantillons de *Medeghissa* présentent une charge microbienne en streptocoques lactiques et lactobacilles mésophiles variable d'un échantillon à un autre. La *Medeghissa* contrôlée se caractérise par la prédominance de streptocoques lactiques atteignant des valeurs d'ordre 4 LOG UFC/g. Cependant les lactobacilles varient entre 2-3 LOG UFC/g. Un nombre similaire est enregistré en streptocoques lactiques dans la *Medeghissa* collectée (2-3 LOG UFC/g). Dans cette dernière, les lactobacilles sont légèrement inférieurs aux streptocoques pour la plupart des échantillons avec une charge de 2-3 LOG UFC/g de fromage.

Nos résultats sont faibles en comparaison avec les autres fromages traditionnels *Bouhezza*, *Michouna*, *Klila*. Selon Aissaoui Zitoun (2006), La microflore du fromage de ferme est formée essentiellement de bactéries lactiques : les streptocoques lactiques mésophiles (4,9 et 7,52 LOG UFC/g) et les lactobacilles mésophiles (5,48 et 7,75 LOG UFC/g). De même, dans les fromages d'expérimentations la présence de ces groupes bactériens est marquée par une charge variant entre 6 et 7 LOG UFC/g.

D'après Mahamedi (2015), la *Klila* présente une charge en flore lactique importante d'ordre 4-6 LOG UFC/g.

#### IV.2.2. Dénombrement des streptocoques lactiques thermophiles

Le dénombrement des streptocoques thermophiles a été réalisé sur milieu M17 à 37°C. Les résultats de leur énumération sont présentés dans la figure 19.

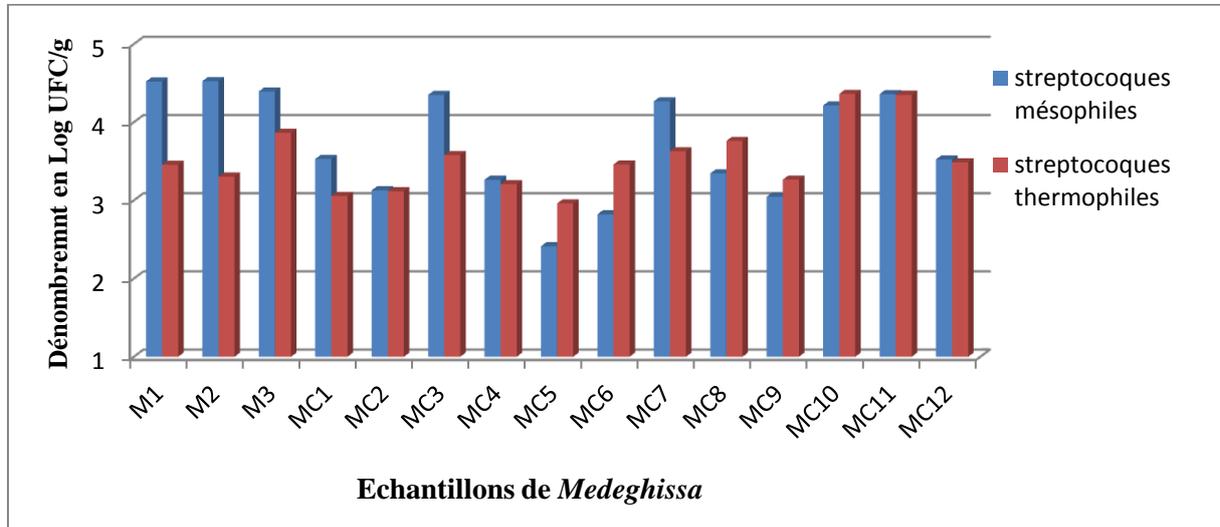


Figure 19. Résultats de dénombrement des streptocoques thermophiles

La plupart des échantillons de *Medeghissa* contrôlés et ceux de ferme renferment une charge microbienne en streptocoques thermophiles de 3 LOG UFC/g sauf les deux échantillons MC<sub>10</sub> et MC<sub>11</sub> atteignant 4 LOG UFC/g et l'échantillon MC<sub>5</sub> avec 2 LOG UFC/g.

La *Medeghissa* contrôlée présente une charge en streptocoques lactiques mésophiles supérieurs à ceux thermophiles. Cependant le fromage de ferme présente une disparité des résultats. Ce qui peut être expliqué par l'homogénéité du traitement thermique au cours de la fabrication de *Medeghissa* contrôlé et la variabilité de température et de temps de cuisson de *Klila* et même de *Medeghissa* en plus de la multiplicité de matières premières des échantillons collectés.

Selon Saoudi (2012), le fromage *Bouhezza* de ferme présente des niveaux élevés de population en streptocoques lactiques mésophiles et thermophiles est un peu similaire à celles des lactobacilles (mésophiles entre 10<sup>7</sup> et 10<sup>8</sup> UFC/g ; thermophiles est entre 10<sup>5</sup> et 10<sup>7</sup> UFC/g).

La qualité microbiologique du fromage fondu dépend non seulement la qualité microbiologique de matières premières utilisées et les conditions hygiéniques au cours du processus de fabrication mais aussi d'autres paramètres tels que la valeur de l'activité d'eau et

de pH du fromage, la présence de sels de fonte et la quantité de graisse dans le produit (Bunková et Bunka, 2015).

#### **IV.3. Germes pathogènes et indicateurs de contamination fécale**

La qualité hygiénique de notre produit ainsi que le fromage collecté des familles (ensemble des échantillons collectés) est caractérisée par l'absence des germes pathogènes ainsi que les indicateurs de contamination fécale (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, Spores des anaérobies sulfitoréducteurs Coliformes totaux et fécaux, Streptocoques fécaux). Cela peut être expliqué par les traitements thermiques de *Lben* et lors de la cuisson de *Klila* dans le lait bouilli.

Selon Buňková et Buňka, (2015), la qualité microbiologique du fromage dépend principalement de la qualité microbiologique de la matière première utilisée, des conditions d'hygiène pendant la production ainsi que du type de matériau d'emballage et des conditions de stockage. Lazárková *et al.* (2010) ont signalés l'absence de coliformes dans le fromage fondu à base du fromage hollandais.

#### **V. Rhéologie de *Medeghissa***

La détermination des propriétés rhéologiques des produits alimentaires est d'une grande importance car elle permet de prévoir leur comportement mécanique non seulement au cours des différentes étapes de l'élaboration de l'aliment, mais également au cours de son stockage (Scher, 2006). En outre, les propriétés rhéologiques sont à l'origine des comportements perçus lors de l'évaluation sensorielle de la texture.

La rhéologie du fromage *Medeghissa* est mesurée au moyen de rhéoviscosimètre permettant une étude plus complète du comportement rhéologique du fromage via l'établissement des courbes d'écoulements et de viscosité en faisant varier le taux de cisaillement dans un temps déterminé ; en plus de la mesure de sa fermeté à chaud et après refroidissement.

**V.1. Courbe d'écoulement et de Viscosité du fromage *Medeghissa***

La corrélation entre le gradient de cisaillement ( $\gamma$ ) et la contrainte ( $\tau$ ) définit la courbe d'écoulement. La détermination de la courbe d'écoulement et celle de viscosité permet de connaître le type de la pâte fromagère du *Medeghissa*.

Les courbes d'écoulement et de viscosité de *Medeghissa* sont présentées dans les figures suivantes (Fig. 20 et Fig. 21).

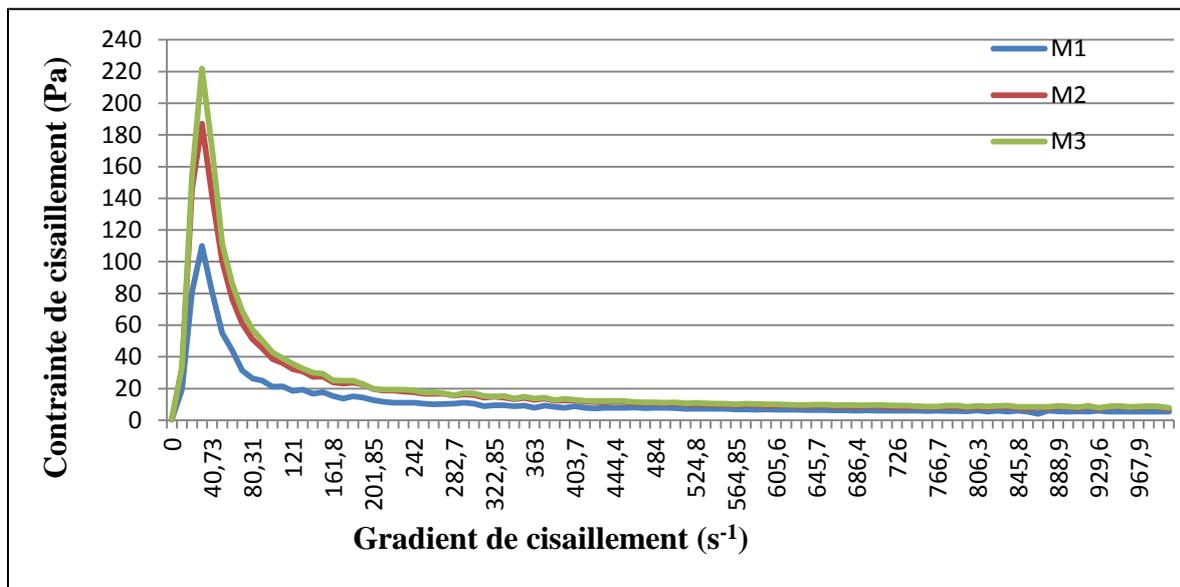


Figure 20. Courbes d'écoulement de *Medeghissa*

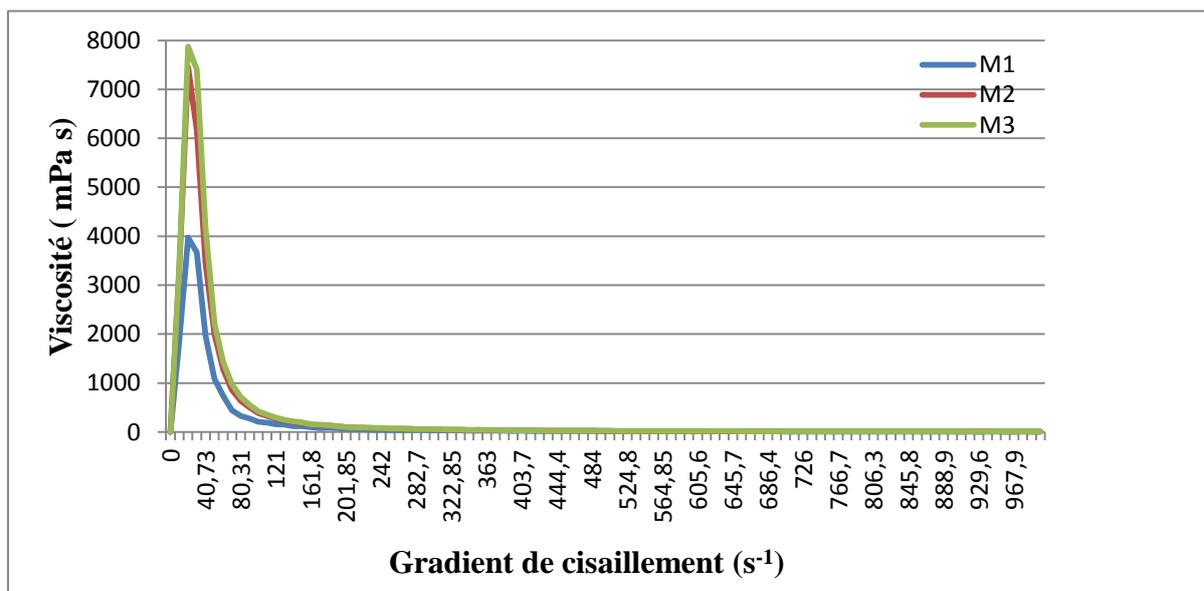


Figure 21. Courbes de viscosité de *Medeghissa*

Les courbes d'écoulement et de viscosité de *Medeghissa* contrôlée sont ajustées au modèle rhéologique répondant au plus bas Khi-deux ( $\chi^2$ ) et au plus haut coefficient de corrélation (r). Selon ces courbes, le fromage *Medeghissa* présente un comportement non newtonien de type rhéofluidifiant suivant le modèle d'Ostwald de Waele et répondant à l'équation :  $\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$  où k représente la consistance du fluide et n l'indice de fluidification ou indice de comportement de l'écoulement. Les paramètres de ce modèle rhéologique sont donnés dans le tableau 22.

Tableau 22. Paramètres rhéologiques de l'écoulement et de viscosité de *Medeghissa*

	<b>k</b>	<b>n</b>	<b>r</b>	<b><math>\chi^2</math></b>
<b>M1</b>	442,9	-0,65	0,93	1,02
<b>M2</b>	776,1	-0,69	0,93	1,05
<b>M3</b>	1870	-0,80	0,97	0,46

*Modèle rhéologique d'Ostwald-De-Waele :  $\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$  où  $\tau$  : contrainte de cisaillement,  $\dot{\gamma}$  : vitesse de cisaillement, k : indice de consistance, n : indice de comportement de l'écoulement,  $\chi^2$  : Khi-deux d'ajustement, r : coefficient de corrélation.*

Les courbes d'écoulement et de viscosité de *Medeghissa* présentent la même allure. La viscosité initiale du fromage est nulle puis elle augmente à des faibles vitesses de cisaillement atteignant une valeur maximale d'environ 8000 m Pa s pour M2 et M3 et environ 4000 m Pa s pour M1. Au delà d'un gradient de cisaillement de  $20 \text{ s}^{-1}$ , la viscosité du fromage diminue puis elle se stabilise présentant un plateau appelé viscosité à cisaillement infini ( $\eta_\infty$ ) (Benbelkacem, 2009).

Les échantillons de *Medeghissa* présentent un indice de consistance variant entre 442,9 et 1870. L'échantillon M3 semble la plus consistante. Les indices k et n sont inversement corrélés, ce qui confirme le comportement rhéologique de la pâte fromagère maintenu à 45°C. Selon les valeurs de l'indice de fluidification, les échantillons de *Medeghissa* étudiés montrent un comportement rhéofluidifiant à caractère pseudo-plastique.

D'après Benbelkacem (2009), le modèle d'Ostwald de-waele permet de résoudre un bon nombre de problèmes d'écoulement de fluides non-newtoniens. Cependant, il décrit mal

le comportement à très faibles ou à très forts taux de cisaillement et que les paramètres  $k$  et  $n$  n'ont pas d'interprétation physique claire.

Les pâtes fromagères étudiées montrent un caractère rhéo-fluidifiant caractéristique des gels alimentaires en général. Les fluides rhéofluidifiant sont caractérisés par la diminution de la viscosité lorsque la vitesse de cisaillement augmente (Couarraze et Grossiord, 1991; Ben Azouz, 2012). Selon Quemada (2006), le comportement rhéologique n'est stationnaire qu'à l'échelle macroscopique puisqu'il résulte d'un équilibre dynamique entre au moins deux processus antagonistes. L'un est responsable de la formation des structures, l'autre de leur rupture. Cependant, à l'échelle microscopique, le comportement rhéologique dépend largement de la nature de la matière étudiée et la concentration de ses constituants (Ben azouz, 2012). Dans les fluides présentant un caractère pseudoplastique les molécules, sous l'effet de la vitesse de cisaillement ont tendance à s'aligner progressivement le long des couches ce qui favorise leur glissement relatif. Une seconde interprétation consiste à envisager une modification de la structure du matériau sous l'effet du gradient de vitesse (déstructuration par rupture de liaison de type Van der Waals, défloculation des particules...) (Benbelkacem, 2009).

La pâte de *Medeghissa* est constituée principalement de caséines fondues (de *Klila* séchée) suite au traitement thermique en présence de protéines de lactosérum issues de la chute de pH du mélange au cours de la cuisson du *Klila* dans le lait. La fonte proprement dite du fromage est due à une réduction de la force d'interactions des caséines avec l'augmentation de la température et la contraction du réseau (Guinée *et al*, 1999).

## V.2. Fermeté de *Medeghissa*

Les résultats du test de pénétration sur la *Medeghissa* contrôlée chaude et froide sont présentés dans le tableau suivant (Tab. 23).

Tableau 23. Distances de pénétration du fromage *Medeghissa*

Distance de pénétration en mm/5 secondes	
<i>Medeghissa</i> chaude (40-45°C)	<i>Medeghissa</i> froide (20°C)
7,71 ± 0,013	2,9 ± 0,71

En appliquant le test d'ANOVA à  $P < 0,05$ , il semble que la distance de pénétration de *Medeghissa* chaude est significativement différente de celle froide pour le même échantillon.

La *Medeghissa* froide présente une fermeté remarquable en comparaison avec la *Medeghissa* chaude qui présente un caractère pseudoplastique.

Les valeurs de distance de pénétration obtenues sont inférieures à celles de *Takammarit* de vache et de chèvre ( $4,40 \pm 0,04$  et  $4,44 \pm 0,36$  respectivement) signalées par Bousnane et Djadi (2009). La *Medeghissa* chaude présente une fermeté supérieure à celle du fromage traditionnel *Bouhezza* à 70 j signalé par Aissaoui (2014) où la distance de pénétration est de 15,36 mm.

D'après Berger *et al.* (1989) la fermeté et la consistance du fromage fondu sont corrélées au pourcentage de l'extrait sec total, la teneur en matière grasse et la teneur en protéines et à leurs nature.

## VI. Caractéristiques sensorielles du fromage *Medeghissa*

Le profil sensoriel moyen du fromage *Medeghissa* est donné par trente deux dégustateurs. Le test descriptif a été mené sur la *Medeghissa* chaude puis sur la *Medeghissa* froide afin de mettre en évidence le changement des propriétés organoleptiques du fromage avec le refroidissement.

- **Aspect et texture**

La *Medeghissa* chaude est une pâte très élastique, humide, de couleur blanc jaunâtre (Tab. 24). Elle présente une faible fermeté en bouche et au doigt mais peu soluble et adhésive aux dents. Elle est faiblement rugueuse et non friable. Après mastication, des résidus de très petite taille peuvent être moyennement perçus par la langue (Fig. 22).

D'autre part, la *Medeghissa* froide perd son élasticité et devient moyennement friable, faiblement ferme en bouche et au doigt. La *Medeghissa* froide est moins adhésives aux dents en comparaison avec celle chaude, mais elle présente la même solubilité et la même teneur en résidus après mastication. Cette pâte fromagère est plus facile à déformer en cavité buccale par rapport à celle chaude.

Tableau 24. Notes moyennes de la couleur de *Medeghissa* et son lactosérum (1blanc, 9 jaune)

	Pâte fromagère	Lactosérum
<i>Medeghissa</i> chaude	$4,17 \pm 2,09$	$3,33 \pm 2,11$
<i>Medeghissa</i> froide	$3,73 \pm 1,93$	$3,20 \pm 2,04$

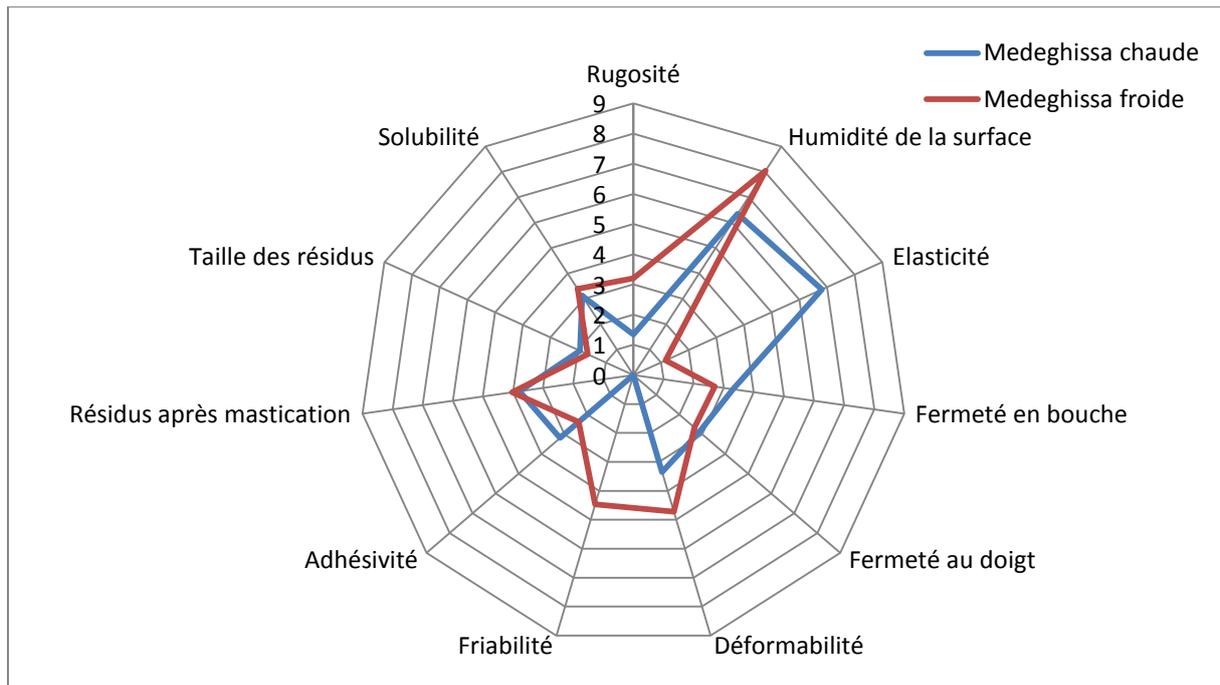


Figure 22. Description de propriétés mécaniques et géométriques du fromage *Medeghissa*

Les résultats de l'ANOVA mettent en évidence une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre la *Medeghissa* chaude et celle froide au niveau de l'élasticité, la déformabilité et la friabilité. Cela peut être expliqué par la nature de ces descripteurs opposés.

- **Odeurs et saveurs**

La *Medeghissa* présente une gamme d'odeurs lactiques faibles et principalement l'odeur de lait frais, petit lait et lactosérum en plus d'odeur de cuit de très faible intensité. Ces arômes sont plus détectables en *Medeghissa* chaude que froide. Ce fromage se caractérise par un goût lactique et une saveur faiblement acide à sucré ou salé (Fig. 23).

L'odeur de beurre, yaourt et crème sont signalés par quelques dégustateurs mais elles présentent une très faible intensité, leurs moyennes sont respectivement :  $(0,33 \pm 0,64 ; 0,28 \pm 1,29 ; 0,8 \pm 1,74)$ .

Les odeurs animales et végétales et les saveurs (amère et umami) sont indétectées par l'ensemble des dégustateurs. Par ailleurs, 78,1% des dégustateurs ont déclaré que la saveur finale est courte.

Aucune différence significative n'a été détecté par les dégustateurs entre la *Medeghissa* chaude et celle froide au niveau des goûts et des odeurs sauf pour l'odeur de lactosérum qui est significativement détecté à *Medeghissa* chaude que froide à  $p < 0,05$ .

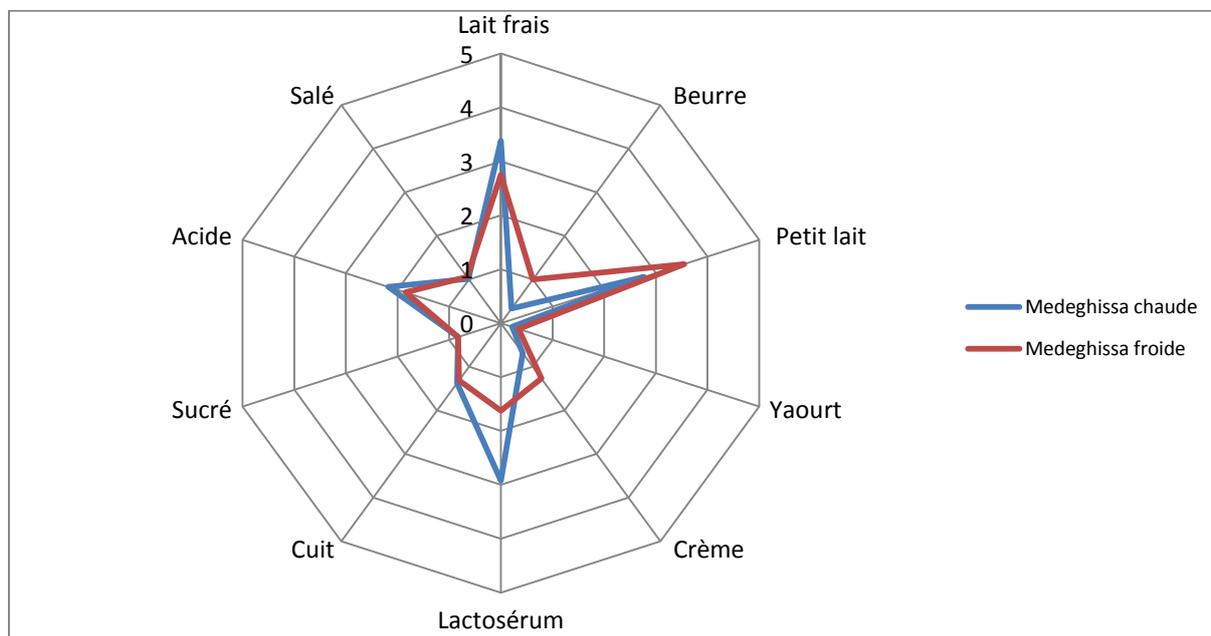


Figure 23. Description des odeurs et saveurs du fromage *Medeghissa*

- **Test de préférence**

87,5% de dégustateurs préfèrent la *Medeghissa* chaude contre 12,5% qui la préfèrent froide cela confirme et traduit la tendance de consommation du *Medeghissa* chaude chez les enquêtées.

## VII. Fiche technique du fromage *Medeghissa*

D'après les résultats de l'enquête, les essais préliminaires, les fabrications contrôlées et la caractérisation physicochimique, microbiologique, rhéologique et sensorielle des échantillons de *Medeghissa* de ferme et ceux de fabrication contrôlée, nous avons pu établir la première fiche technique qui englobe l'ensemble des caractéristiques du fromage *Medeghissa* (Fig. 25).

<b>Pays</b>	<b>Algérie</b>
<b>Localité</b>	<b>Oum El -Bouaghi</b>
<b>Dénomination</b>	<b>Medeghissa, Imdeghest, Zerrigua.</b>
<b>Caractéristiques</b>	
Matières premières	<i>Klila</i> fraîche bien égouttée et séché légèrement Lait entier de vache chèvre ou de brebis
Type	Fromage fondu
Poids et forme	Poids et forme indéfini
Aspect	Pâte molle à caractère pseudoplastique se raffermisse avec le refroidissement
Matière grasse	Fromage maigre MG/ES<10
Extrait sec	H.R.E.D.
spécifications	Consommation à chaud
Classification	Fromage fondu, maigre à pate molle
<b>Technologie</b>	
Préparation de la matière première	
<b>1. préparation de <i>Lben</i></b>	
Matière première	Lait entier cru de vache, chèvre ou brebis
Type de ferment	Fermentation naturelle (ferments indigènes)
<b>Coagulation</b>	
▶ Type	Acide
▶ Température	Température ambiante
▶ Temps de coagulation	24-72 h
<b>Barattage</b>	
▶ Type	Manuelle
▶ Temps de barattage	40 min à 1h
<b>Ecrémage</b>	
▶ Temps de barattage	Quasi-totalité du beurre
<b>2. Préparation de <i>Klila</i></b>	
Matière première	<i>Lben</i>
Coagulation	Thermique
Salage	Non
Température de cuisson	65°C-75°C
Temps de cuisson	10-15 min
Brassage	Non
Egouttage	
▶ Type	à travers un tissu fin (Mousseline ou Cheche)
▶ Pressage	Sans pressage
▶ Temps	Quelques heures à 24h
Découpage	Aléatoire
Séchage	Léger
Température de séchage	Température ambiante
Temps de séchage	24h
<b>Préparation du <i>Medeghissa</i></b>	
Matière première (obligatoires)	<i>Klila</i> fraîche découpée et légèrement séchée (début de jaunissement) Lait entier de vache chèvre ou brebis
Additifs facultatif	Sel, sucre, beurre, pâte des dattes, œufs.
Traitement thermique	Ebullition de lait
Ajout de <i>Klila</i>	
Température de cuisson	75°-92°C (sur feu doux)
Temps de cuisson (100g de <i>Klila</i> )	5 -10 min
Affinage	Non
<b>Emballage et conservation</b>	Non
<b>Consommation</b>	Gouter, à chaud, avec ou sans galette.

Figure 24. Fiche technique du fromage *Medeghissa*

# *Conclusion*

## Conclusion

L'enquête sur terrain réalisée dans la wilaya d'Oum El-Bouaghi et qui a touché 105 femmes de zones rurales de la wilaya, nous a permis de collecter des informations sur les fromages traditionnels de la région et précisément sur le fromage *Klila*, matière première de base de la fabrication du *Medeghissa*, et sur la fabrication du fromage *Medeghissa*. D'autres fromages ont été recensés par cette enquête et sont connus sous des appellations d'origine *Chaoui* qui sont : le *Jben* connu sous le nom d'*Aguissi* , '*Lba* ou *Adhghess* et en fin *Bouhezza*.

La *Klila* est un fromage frais ou extra dur produit dans plusieurs régions de l'Algérie. Toutes les femmes questionnées le connaissent et il est fabriqué par 63,8% d'entre-elles selon le diagramme traditionnel. La *Klila* est issu d'un chauffage relativement modéré du *Lben* jusqu'au caillage, ensuite le caillé est égoutté spontanément et le fromage obtenu est consommé à l'état frais ou après séchage. Le fromage est utilisé comme un ingrédient après réhydratation dans des préparations culinaires traditionnelles tels que le Couscous , *Aich* et *Mkartfa*.

Concernant le fromage *Medeghissa*, il est connu chez les *Chaouia* sous son nom original *Imdeghest* et il est fabriqué seulement par 3,8 % des femmes qui déclarent l'avoir connu. Sa préparation est basée sur la cuisson de la *Klila* semi sèche dans du lait frais de vache, chèvre ou de brebis en ébullition sur feu doux. Ce fromage est consommé chaud seul ou avec de la galette, avec ajout facultatif de sel, sucre, beurre, pâte des dattes ou des œufs. Ce fromage se caractérise par son élasticité appréciable et son goût doux.

la vérification du diagramme le plus prépondérant déduit de l'enquête par les essais préliminaires nous a permis d'établir un diagramme de fabrication qui donne un produit conformes aux descriptions des enquêtées. Les principales étapes de la fabrication du *Medeghissa* sont : la fabrication du *Lben*, fabrication de la *Klila* semi sèche (à 65°/10-15min) et la cuisson de la *Klila* dans un volume de lait bouilli entier (de vache, chèvre ou brebis) à 75-92°C pendant 10 min. Le fromage fondu obtenu est laissé dans le lactosérum exsudé lors de la cuisson. Traditionnellement, il est consommé chaud juste après cuisson et dans son lactosérum. Aussi, il peut être assaisonné de sucre ou de sel.

La vérification du diagramme déduit de l'enquête par les essais préliminaire nous a permis d'établir un diagramme de fabrication qui donne un produits qui réponds aux descriptions des enquêtées et accepté, après son dégustation, par quelques femmes qui le

connaissent. D'autre part, la confrontation des propriétés physicochimiques deux groupes des *Medeghissa* (12 échantillons de ferme et 03 échantillons de fabrication contrôlés) montre l'absence de différence significative entre lesquels sauf la teneur en matière grasse, ce qui signifie la validité du diagramme adopté.

Le taux d'humidité sur l'extrait sec dégraissé (HRED) moyen des échantillons collectés et contrôlés sont respectivement de 69,33% et de 70,48%, ce qui permet de classer ce fromage selon le codex *alimentarius* STAN A-6 (1978) sous les fromages à pâte molle (HRED >67%). Le rapport matière grasse sur l'extrait sec MG/ES nous permet de classer la *Medeghissa* dans la catégorie des fromages maigres (4,48 % pour les échantillons collectés et 8,44% pour les échantillons de laboratoire).

D'après les analyses microbiologiques sur les différents échantillons montrent que le fromage *Medeghissa* a une qualité hygiénique bonne marquée par une absence totale des germes indicateurs de contamination fécale et de germes pathogènes à savoir : les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux, *Salmonella* et *Staphylococcus aureus* ainsi que les spores des anaérobies sulfite-réducteurs.

La *Medeghissa* présente une charge microbienne faible de l'ordre de  $10^2$  à  $10^3$  UFC/g pour la flore mésophile totale. Les bactéries lactiques atteignent des valeurs de l'ordre  $10^4$  UFC/g. Par contre, le nombre des levures et moisissures présente une variabilité de 0 à  $10^3$  UFC/g.

Selon les courbes d'écoulement et de viscosité, le fromage *Medeghissa* présente un comportement non newtonien de type rhéofluidifiant suivant le modèle d'Ostwald-de-Waele.

Sur le plan organoleptique, la *Medeghissa* est un fromage doux, avec un gout faiblement acide à sucré ou salé. La pâte du fromage chaud est élastique. Elle perd son élasticité et devient moyennement friable. Son odeur et arôme sont principalement de la famille lactique.

Cette étude est une première initiation à la caractérisation du fromage *Medeghissa*. Elle a permis la détermination de son diagramme de fabrication ainsi que ses principales caractéristiques et a abouti à l'établissement d'une première fiche technique du fromage. Plusieurs études scientifiques seraient nécessaires pour englober tous les aspects de ce fromage traditionnel et permettant de faire revivre nos traditions et notre patrimoine socioculturel. Quelques perspectives de cette étude sont résumées comme suit :

- Amélioration de l'enquête par l'élargissement de sa zone afin d'arriver à la délimitation géographique du terroir de ce fromage.
- Elargissement d'étude rhéologique de ce fromage.
- Etude de la possibilité de conservation de *Klila* semi-sèche à des fins de commercialisation tant que fromage ingrédient pour la préparation de *Medeghissa*.
- Etude des variétés de ce fromage (effet d'ajout d'autres ingrédients (sel, sucre, beurre,...) sur l'ensemble des caractéristiques du fromage).
- Etude de la flore du fromage selon les conditions technologiques de sa fabrication.

*Références*  
*bibliographiques*

## Références bibliographiques

**Anonyme1** : Quotidien Algérien d'Information. La filière agroalimentaire en Algérie. (Mardi, 20 Décembre 2016). [http://www.reflexiondz.net/La-filiere-agroalimentaire-en-Algerie\\_a21396.html](http://www.reflexiondz.net/La-filiere-agroalimentaire-en-Algerie_a21396.html).

**Anonyme 2** : Presse Service. Agriculture: de nouvelles mesures pour la relance de la filière lait Algérie. (lundi, 02 novembre 2015). <http://www.aps.dz/economie/30864-agriculture-de-nouvelles-mesures-pour-la-relance-de-la-fili%C3%A8re-lait>.

**Anonyme 3** : Hakim, A. L'Algérie deuxième marché du fromage irlandais. Tout Sur l'Algérie TSA. Quotidien Electronique. (26 décembre 2011). [http://archives.tsa-algerie.com/economie-et-business/l-algerie-deuxieme-marche-du-fromage-irlandais\\_17445.html](http://archives.tsa-algerie.com/economie-et-business/l-algerie-deuxieme-marche-du-fromage-irlandais_17445.html).

**Anonyme 4** : Photos de Barrate. <http://www.djelfa.info/vb/showthread.php?t=1597284>.

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

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

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

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

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

**Ben Azouz, K.(2012)**. Relation entre propriétés rhéologiques et structure microscopique de dispersions de particules d'argile dans des dispersions de polymères. Autre. Université de Haute Alsace - Mulhouse, France.

- Benbelkacem, G.(2009).** Viscoélasticité et écoulement de fluides structurés. Thèse de Doctorat. Skali-lami S. Université Nancy.INPL. France.235 p.
- Bencharif, A., (2001).** Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie: états des lieux et problématiques. Options Méditerranéennes. Série B. Etudes et Recherches 32: 25-45.
- Bendimerad, N. (2013).** Caractérisation phénotypique technologique et moléculaire d'isolats de bactéries lactiques de laits crus recueillis dans les régions de l'Ouest Algérien. Essai de fabrication de fromage frais type «Jben». Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen. Algérie.
- Benguettaia, H. et Lemlem, Y. (2013).** Caractérisation physicochimique et biochimique du lait camelin collecté localement en mi de lactation. Mémoire de Master académique. Siboukeur o. Université d'Ouargala. Algérie.
- Benkerroum, N. et Tamime, A.Y. (2004).** Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (*Lben*, *Jben* and *Smen*) to small industrial scale. *Food Microbiol.* 21(4):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 :54
- Benkheniche, A. et Kaya, A. (2013).** Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Mechouna » et un autre fromage au Lben. *Mémoire d'Ingénieur d'état en Nutrition, Alimentation et Technologies Agro-alimentaires.* Aïssaoui Zitoun, O., Université de Constantine1. Algérie. 48p.
- Benyoub, S. et Boutemedjet, R. (2016).** Essais de fabrication de fromages issus de la coagulation de laits de vache, de chèvre, de brebis et de chamelle par la calotropine du latex de *Calotropis procera*. Mémoire d'Ingénieur d'état en Nutrition, Alimentation et Technologies Agro-alimentaires. Krid Benyahia F.A. Université de Constantine. Algérie. 45p.
- Berger, W., Klostermeyer, H., Merkenich, K. et Uhlmann, G. (1989).** *Fromage fondu.* Benckiser-Knapsack GmbH, Ladenburg.
- Bonnell, W. (1971).** Processus physico-chimiques dans la fabrication du fromage fondu. *Deutsche Molkerei-Zeitung.*1415- 1420.
- Boubekri, C. ,A Tantaoui Elraki M. Berrad et N. Benkerroum(1984).** Caractérisation physicochimique du *Lben* marocain. *Le lait.* 64 : 436-447.

- Boudjaib, S. (2013).** Etude physicochimique du produit laitier traditionnel du sud algérien Jben : recherche du pouvoir antibactérien des bactéries lactiques. Mémoire de Master en Biologie. Belyagoubi, L. Université de Tlemcen. Algérie.
- Boudraa, N. et Nasri, A. (2014).** Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « *Mechouna* ». Mémoire d'Ingénieur. Aissaoui Zitoun O. Université Mentouri-Constantine. Algérie.48p.
- Bourgeois, C. M., et Larpent, J.P.(1996).** Les bactéries lactiques et leurs propriétés antimicrobiennes. Aliments fermentés BS EN ISO 6888-1:1999. Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) - Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium. BSI. 23 Oct 2003.
- Bousnane, M. et Djadi, O. (2009).** Caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « *Takammarite* » de la région de Ghardaïa. Mémoire d'Ingénieur. Aissaoui Zitoun O. Université Mentouri-Constantine. Algérie.48p.
- Bowland E.L., Foegeding E.A. (2001).** Small strain oscillatory shear and microstructural analyses of a model processed cheese. *Journal of Dairy Science*, vol. 84, p. 2372–2380.
- Bubelová, Z., Tremlová, B., Buňková, L., Pospiech, M., Vítová, E., Buňka, F. (2015).**The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. *J Food Sci Technol* 5:4985–4993.
- Buňková, L. et Buňka, F. (2015).** Microflora of Processed Cheese and the Factors Affecting It, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Castaras, M.V.( 1993).** Les indices de contamination fécale, partie III, chapitre 3 : Méthodes d'évaluation des microflores à incidence sanitaire. Dans techniques d'analyse et de contrôles dans les IAA, V.3 : le contrôle microbiologique. (coord. Bourgeois, C.M. et Le veau, J.Y.), 2 éd. Tec. et Doc, APRIA, pp 247-259, 454 p.
- Cayot, P. Et Lorient D. (1998).** Structures et technofonctions des protéines du lait. Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.281p.
- CFR, (1998).** Cheeses and Related Cheese Products. *Code of Federal Regulations*, Title 21, Part 33,United States Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Washington. 294-346

**Chambre, M. et Daurelles, J. (1997).** Le fromage fondu. In: Eck, A et Gillis J.C. Le fromage. 3 éd. Lavoisier Tec et Doc. Paris. 691-708.

**Chemmaché, L. (2011).** Qualité de deux spécialités fromagères fabriquées et commercialisées en Algérie. Mémoire de Magister. Naamoune, H. INATAA. Université de Constantine.77p.

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

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

**Couarraze, G. et Grossiord, J.L. (2000).** Initiation à la rhéologie. Technique et documentation, Ed. Lavoisier, Paris.

**Daly, D. F. M., McSweeney, P. L. H., Sheehan, J. J. (2012).** Pink discolouration in commercial cheese: a review. *Dairy Sci. Technol.* 92: 439-453.

**Dantas Cavalcante, A.B.(1995).** Influence des facteurs de composition sur les propriétés texturales d'un fromage fondu de "Type Requeijao".

**Davis, J.G. (1965).** *Cheese*, Vol. 1, *Basic Technology*. London: Churchill Livingstone.

**Décret n°2007-628 du 27 avril 2007 - art. 27 (V) JORF 29 avril 2007 en vigueur le 1er juin 2007**

**Décret N°2007-628 du 27 avril 2007** relatif aux fromages et spécialités fromagères.

**Décret N°2013-1010 du 12 novembre 2013** modifiant le décretno2007-628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères.

**Décret n°88-1206 du 30 décembre 1988** portant application de la loi du 1er août 1905 sur les fraudes et falsifications en matière de produits ou de services et de la loi du 2 juillet 1935 tendant à l'organisation et à l'assainissement du marché du lait en ce qui concerne les fromage.

**Dieng M. (2001).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur le marché Dakarois. Thèse Docteur vétérinaire, Université de Dakar Sénégal.

- Dossou, J., Donald Atchouké, G. D. Sylvain Dabadé P. et Azokpota Jules K. M. (2016).** Evaluation comparative de la qualité nutritionnelle et sanitaire du lait de différentes races de vaches de quelques zones d'élevage du Bénin. *Europ. Sci. J.* 12(3): 1857-7881.
- Eck, A. et Gillis, J.C. (1998).** Le fromage. Ed. Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, France.
- Ehsannia, S. et Sanjabi, M. R. (2016).** Physicochemical, microbiological and spoilage analysis of probiotic processed cheese analogues with reduced emulsifying salts during refrigerated storage. *J. Food Sci. Technol.* 53(2): 996-1003.
- Étienne, K-M. (1992).** Dénaturation thermique et gélification des protéines de lactosérum en solution modèle et dans un aliment complexe, le fromage fondu à tartiner : effets du NaCl, du lactose et du glycérol. Thèse de doctorat, Université Laval. Québec, 138 p.
- Fernandez, A. et F.V. Kosikowski. (1986).** Low moisture Mozzarella cheese from whole milk retentates of ultrafiltration. *Journal of Dairy Science* 69:2011.
- Fife, R.L., D.J. McMahon, and C.J. Oberg. (1996).** Functionality of low fat Mozzarella cheese.
- Fox, P.F., T.P. Guinee, T.M. Cogan et McSweeney, P.L.H. (2000).** Fundamentals of Cheese Science. Aspen Publishers, Gaithersburg, MD. 587p.
- Fox, P.F.(1993).** Biochemistry of cheese ripening, in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, P.F. Fox, Ed. 2 éd. New York: Chapman Hall., pp 389-438.
- Fredot E. (2006).** Connaissance des aliments. Lavoisier. Londres- Paris-New york.P :09-66.
- Frohlich- Wyder, M.T. ;Guggisberg, D.et Wechsler D.(2009).** Influence of low calcium and low pH on melting characteristics of model Raclette cheese. *Dairy Sci. Technol.* 89 463–483.
- Goursaud, J. (1985).** Composition et propriétés physico-chimiques. In : Luquet, F.M. - Laits et produits laitiers.1 éd. Paris : *Technique et documentation Lavoisier*. Vol.1, Chap.1, 1-90.
- Guetouache, M. et Guessas, B. (2015).** Characterization and identification of lactic acid bacteria isolated from traditional cheese (*Klila*) prepared from cow's milk. *Afr. J. Microbiol. Res.* Vol. 9(2), pp. 71-77,
- Guinee, T.P. (2016).** Cheese: Cheese as a Food Ingredient. Encyclopedia of Dairy Sciences 2<sup>ème</sup> éd. 822-832.

- Guinee, T.P. et O’kennedy, B. (2009).** The effect of calcium content of Cheddar-style cheese on the biochemical and rheological properties of processed cheese. *Dairy Sci. Technol.* 89: 317-333.
- Guinee, T.P., Auty, M.A.E. et Mullins, C. (1999).** Observations on the microstructure and heat-induced changes in the viscoelasticity of commercial cheeses. *Australian J. Dairy Technol.* 54, 84 - 89.
- Guinee, T.P., E.O. Mulholland, et C. Mullins.(1998).** Effect of altering the daily herbage allowance to cows in midlactation on the composition, ripening, and functionality of low-moisture, part-skim Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Research.* 65(1):23-30.
- Gunasekaran, S. et Ak, M.M. (2003).** Cheese Rheology and texture. CRC Press LLC
- Hardy, J. et Scher, J. (1997).** Les propriétés physiques et organoleptiques du fromage. In *Le fromage*, pp. 479-492. Edited by A. Eck & J.C. Gillis. Paris, France: Lavoisier.
- Hardy, J. (1997).** L’activité de l’eau et le salage des fromages. *Le Fromage, Édition Lavoisier, Technique et Documentation.* Paris. 62-85.
- Hennelly, P.J., Dunne, P.G., O’sullivan M. et O’riordan, D. (2005).** Increasing the moisture content of imitation cheese : effects on texture, rheology and microstructure. *Eur Food Res. Technol.* 220: 415-420.
- Herbert, S., Riaublanc, A., Bouchet, B., Gallant, D.J. et Dufour, E. (1999).** Fluorescence
- Hurtaud, C., S . Buchin ,B . Martin,I, Verdier-Metz,J .L. Peyraud, Y. Noell.(2001)** La qualité des laits et ses conséquences sur la qualité des produits de transformation : quelques techniques de mesure dans les essais zootechniques.
- John, A. et Lucey (2008).** Some perspectives on the use of cheese as a food ingredient. *Dairy Sci. Technol.* 88.573–594.
- Johnson, M.E. and N.F. Olson. (1985).** Nonenzymatic browning of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science* 68:3143–3147.
- Kaci M. et Sassi Y. (2007).** Industrie laitière et des corps gras, Recueil des fiches sous sectorielles. EDPme. 44 P.

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

**Kindstedt P.S. (1993).** Effect of manufacturing factors, composition, and analysis on the functional characteristics of Mozzarella cheese, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 33:67- 187.

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

**Kluytmans, J., Van Belkum, A., et Verbrugh, H. (1997).** Nasal carriage of *Staphylococcus aureus* : epidemiology, underlying mechanisms, and associated risks. *Clinical Microbiology Reviews.* 10(3): 505-520.

**Kombila-Moundounga, E., et Lacroix, C. (1991).** Effet des combinaisons de chlorure de sodium, de lactose et de glycérol sur les caractéristiques rhéologiques et la couleur des fromages fondus à tartiner. *Can. Inst. Sei. Technol. Journal.* 24 (5) : 239.

**Kosikowski, F.V. (1951).** The manufacture of Mozzarella cheese from pasteurized milk. *Journal of Dairy Science* 34:641-648.

**Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachioui, M., Berny, E. H. et Ouhssine M., (2009).** Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148p.*

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

**Lawrence, R.C., J. Gilles, et L.K. Creamer. (1993).** Cheddar cheese and related dry-salted cheese varieties, in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2. P.F. Fox, Ed. London: Elsevier Publishers. 1-38.

**Lawrence, R.C., L.K. Creamer, and J. Gilles. (1987).** Texture development during cheese ripening. *Journal of Dairy Science* 70:1748–1760.

**Lazárková Z., Buňka F., Buňková L., Valášek P., Kráčmar S. et Hrabě, J. (2010).** Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech J. Food Sci.*, 28: 168-176.

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

**Le Loir, Y., Baron, F., et Gautier, M. (2003).** Staphylococcus aureus and food poisoning. *Genetics and Molecular Research : GMR*, 2(1), 63-76.

**Lee, B.O., Paquet, D., Alais, C.(1979).** Etude biochimique de la fonte des fromages. Mesure de la peptisation. Université de Nancy, France, p.589-596.

**Lee, B. O. et Alais, C. (1980).** Etude biochimique de la fonte des fromages. II. Evolution des phosphates et des métaux. *Le Lait*, INRA Editions. 60.130-139.

**Lee, Y.H. et Marshall, T. (1981).** Microstructure and texture of process cheese, milk curds, and caseinate curds containing native or boiled soy proteins. *Journal of Dairy Science*, vol. 64, p. 2311-2317.

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

**Leveau, J.Y., Boiux, M. et De Roissart, H.B. (1991).** La flore lactique : technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro- alimentaires. 2ème Ed., Tec & Doc, Lavoisier. Paris. 3: 2-40.

**Lemouchi, L. (2007).** Le fromage traditionnel *Bouhezza* : enquête dans la wilaya de Tébessa et suivi de l'évolution des caractéristiques physicochimiques de deux fabrications. Mémoire d'ingénieur en Nutrition et Technologies Agro-Alimentaires. Aissaoui Zitoun, O. Université de Constantine 1. Algérie.

**Lucey, J.A., P.S. Kindstedt, and P.F. Fox. (1992).** Seasonality: its impact on the production of good quality Mozzarella cheese, in Proc. 3rd Cheese Symposium, T.M. Cogan, Ed., 41–47. Morepark, Ireland: National Dairy Products Research Centre.

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

**Luyten, H., T. van Vliet, and P. Walstra. (1991).** Characterization of the consistency of Gouda cheese: rheological properties. *Netherlands Milk and Dairy Journal* 45:33–53.

- 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.
- Marcel, M. (2007).** Larousse agricole Edition Larousse. Paris. France. 115-405.
- Mathieu J. (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.
- Matzdorf, B. et al. (1994).** Browning of Mozzarella cheese during high temperature baking. *Journal of Dairy Science* 77:2850-2853.
- McMahon, D.J., Oberg C.J. et McManus, W. (1993).** Functionality of Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology.* 48(2):99-104.
- McMahon, D.J. et C.J. Oberg. (1998).** Influence of fat, moisture, and salt on functional properties of Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology.* 53:98-101.
- McSweeney, P.L.H. et O'Mahony, J.A. (2016).** Advanced Dairy Chemistry Vol. 1B: Proteins: Applied Aspects.4<sup>th</sup> Ed. Springer Science+Business Media. New York.
- 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): 2451-2457.
- Mennane, Z., K. Khedid, A. Zinedine, M. Lagzouli, M. Ouhssine et M. Elyachioui, (2007).**Microbial Characteristics of Klila and Jben Traditionnal Moroccan Cheese from Raw Cow's Milk. *World Journal of Dairy & Food Sciences.* 2 (1): 23-27.
- Mounsey, J.S. et O'Riordan, E.D. (1999).** Empirical and Dynamic Rheological Data Correlation to Characterize Melt Characteristics of Imitation Cheese. *J. Food Sci.* 64(4): 701-703.
- Mounsey, J. S. et O'Riordan, E. D. (2008).** Modification of imitation cheese structure and rheology using pre-gelatinised starches. *Eur Food Res. Technol.* 226:1039-1046.
- Murray, P. R., Baron, E. J., Jorgensen, J. H., Landry, M. L., Pfaller, M. A., et Tenover, R. H. (2003).** Manual of Clinical Microbiology .8<sup>ème</sup> Ed. Herdon, VA, United States of America : American Society for Microbiology.

**Noel, Y. et D. Lefier. (1991).** Factors affecting the consistency of ripened soft and semi-soft of Feta cheese made from ultrafiltered milk with different amounts of rennet. *Journal of Dairy Research*. 65:665–674.

**Norme Codex Stan 285-1978** pour le fromage fondu et le fromage fondu pour tartine portant un nom de variété

**Norme Codex Stan 286-1978** pour le fromage fondu et le fromage fondu pour tartiner  
**Norme Codex Stan 287-1978** pour les préparations à base de fromage fondu.

**Oberg, C.J. et al. (1991).** Effect of *Lactobacillus helveticus* cultures on physical properties of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science* 74:4101–4107.

**Olson, N.F. et Price, W.V. (1958).** A melting test for pasteurized process cheese spreads, *J. Journal of Dairy Science*, 41(7): 999-1000

**Olson, N.F. (1979).** Cheese. In *Microbial Technology II*. Eds. Pepler, H.J. et Perlman, D., New York: Academic Press.p.39-77.

**Olson, N.F. (1982).** The effect of salt levels on the characteristics of Mozzarella cheese before ripening in Mozzarella cheeses manufactured to different fat contents, *Int. Dairy J.* 10 :151-158.

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

**Oteng-Gyang, K. (1984).** Introduction à la microbiologie alimentaire dans les pays chauds. *Technique et Documentation-Lavoisier*. 260p.

**Palmas, F., Cosentino, S., Fadda, M. E., Deplano, M. et Mascia, V. (1999).** Microbial characteristics of Pecorino processed cheese spreads. *Le lait*. 79 (6): 607-613.

**Papalois, M. et al. (1996).** Australian milk fat survey-physical properties. *Australian Journal of Dairy Technology* 51:114–117.

**Paquet, A. et Kalab, M. (1988).** Amino Acid Composition and Structure of Cheese Baked as a Pizza Ingredient in Conventional and Microwave Ovens. *Food Structure*.7 (1):93-103.

- Paulson, B.M., McMahon, D. J. et Oberg, C. J. (1998).** Influence of sodium chloride on appearance, functionality and protein arrangements in nonfat mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*. 81(8): 2053-2064.
- Prentice, J.H. (1993).** Cheese rheology. In *Cheese: Chemistry, Physics & Microbiology, Vol. 1, General Aspects*, Ed. Fox P.F. Elsevier Applied Science, London p.303–340.
- Quemada, D., (2006).** Modélisation rhéologique structurelle. Dispersions concentrées et fluides complexes, *Edition Tec. and Doc. Lavoisier*. 316p.
- Ramet, J.P. (1985).** La fromagerie, les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection. Production et santé Animales. FAO, Rome, Italie.187p.
- Rayan, A., M. Kalab et Ernstrom, C.(1980).** Microstructure and rheology of processed cheese. *Scanning Electron Microscopy III*:635-643.
- Renda, A. , Barbano, D. M., Yun, J. J., Kindstedt, P. S., et Mulvaney, S. J. (1997).** Influence of screw speeds of the mixer at low temperature on characteristics of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*. 80(9):1901–1907.
- Reparet, J.M. (2000).** Les propriétés fonctionnelles évaluées à chaud : des fromages aux imitations fromagères. p. 156. France: Institut National Agronomique Paris-Grignon.
- Richonnet, C. (2016).** Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus. *Cahiers de nutrition et de diététique*. 51(1): 48-56.
- Roefs, S. P. F. M., Walstra, P., Dalgleish, D. G. et Horne, D. S. (1985).** Preliminary note on the change in casein micelles caused by acidification. *Netherlands Milk and Dairy Journal*. 39:119-122.
- Saoudi Z. (2012).** Caractérisation microbiologique et de la protéolyse du fromage traditionnel algérien Bouhezza de ferme. Mémoire de Magister. Zidoun M.N. université Mentouri Constantine. Algérie.
- Schäffer, B., Lőrinczy, D. et Belàgyi, J. (1999).** DSC and electronmicroscopic investigation of dispersion-type processed cheese made without peptisation. *Journal of thermal analysis and colorimetry*.56(3):1211-1216.
- Scher, J. (2006).** Rhéologie, texture et texturation des produits alimentaires. *Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire*. 2(F3300), F3300.

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

**Solowiej, B., Cheung, I.W. et Li-Chan, E.C.(2014).** Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal*. 37(2):87-94.

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

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

**Tantaoui-Elaraki, A., Berrada, M., EL Marrakchi, A. et Berramou, A. (1983).** Etude sur le *lben* marocain. *Le Lait*. 63, 230-245.

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

**Veisseyre R. (1979).** Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3<sup>ème</sup> éd. Edition la maison rustique. Paris.

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

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

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

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

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

**Wang, H-H. et Sun, D-W. (2002).** Melting characteristics of cheese: analysis of effects of cooking conditions using computer vision technology. *Journal of Food Engineering*. 51:305-310.

**Yun, J.J., Barbano D.M. et P.S. Kindstedt. (1993).** Mozzarella cheese: impact of milling pH on chemical composition and proteolysis. *Journal of Dairy Science* 76:3629-3638.

# *Annexes*

Annexe 01. Questionnaire de l'enquête menée sur le fromage *Medghissa*  
(*Imdeghest*)

**Partie N° 1 : Les Fromages Traditionnels Algériens**

**I. Identité du questionné**

N° : ...../ nom et prénom : ...../ sexe : ..... Age.....

origine : ..... Adresse : .....

commune ..... Daira..... Wilaya .....

- Quels sont les différents types de fromages que vous :

Connaissez					
Fabriquez					

- **Quel est le mode de fabrication de ces fromages** (préciser les étapes de fabrication)?

- Matière première

Lait       *Lben*       mélange       autres       Quantité

- 1<sup>ère</sup> type de fromage .....

- 2<sup>ème</sup> type de fromage .....

- 3<sup>èm</sup> type de fromage.....

-4<sup>ème</sup> type de fromage.....

- Quel est le fromage préféré selon le type du lait ? .....

**Partie N° 2 : Le Fromage Traditionnel *Klila***

**1.Matière première :**

*Klila* est un fromage traditionnel très répandue en Algérie fabriqué à base du *Lben* donc lait.

Quels types de **lait** vous utilisez pour la fabrication du *Klila* :

Lait de vache       lait de chèvre       lait de brebis

Mélange du lait :       Oui       Non

Si oui en quelle proportion:.....

**2. Préparation du fromage**

Comment vous fabriquer en détaille se fromage ?

.....  
.....  
.....

Quantité de lait utilisé pour la préparation du *Lben* .....litres

D'une seule traite  de plusieurs traites

Caractéristiques du lait :  chaud  froid  écrémé  entier

Qu'est ce que vous utilisez pour la coagulation ?

- Coagulation spontanée
- Caillette du veau
- Fleur du cardon
- Autres (à préciser).....

S'il ya une spécificité, comment vous préparez l'agent coagulant ?

.....  
.....

- le lait coagulé va subir un barattage dans une chekoua pendant combien de temps

.....

- le beurre est-il récupéré :  partiellement  totalement

Quelles sont les caractéristiques du *Lben* destiné à la préparation du *Klila*

- Lben* acide
- Lben* très acide
- Lben* non acide
- N'importe quel *Lben*

pourquoi ?

.....  
-Comment se fait la cuisson de *Klila*.....

- est ce qu'on doit rajouter du sel au *Lben* :  Oui  Non

- Comment peut-on savoir que le *Klila* est cuit :

- Formation des masses (coagulum)
- Apparition du lactosérum
- Disparition totale de l'aspect de *Lben*

Quels sont les critères d'une bonne ou mauvaise *Klila* :.....

.....

- Après la séparation du lactosérum en utilisant un tissu fin, l'égouttage de la boule de *Klila* est complété : Dans un endroit frais  Au soleil

- L'égouttage peut durer : de.....à .....heures ou jours.

Quelles sont les caractéristiques du lactosérum ?.....

Est-ce qu'il a des applications :  Oui Non , si **oui** quelle sont ces dernières ?.....

### 3. Mode de consommation et habitudes

- *Klila* peut être consommé :  fraîche  séchée

- Comment peut-on consommer *Klila* fraîche :  avec sucre  Sans sucre

Autres (à préciser) .....

- Dans quel repas vous la consommez?

- *Klila* sèche peut être utilisé dans la préparation des plats traditionnels tels que :

- *Klila* destiné au séchage doit être découpé en formes aléatoires à la main sans arriver à un

Est-ce que *Klila* devient prête à la consommation juste après son séchage :  Oui  Non

Sinon pourquoi ?.....

- Quels sont les produits d'assaisonnement du fromage ? .....

Est ce que ce type de fromage est fabriqué actuellement :  Oui  Non

si **non** pourquoi ?

Absence de la matière première

On ne veut pas le fabriquer

Absence de la fabrication selon la méthode traditionnelle

- si ces conditions sont disponibles pouvez-vous le fabriquer :  Oui  Non

- si non pourquoi ? .....

### 4. Conservation

Quel est le mode et moyen de conservation :

Temps de conservation : .....

- Quels sont les défauts du *Klila* qui peuvent survenir lors de sa conservation ?

Goût : .....

Odeur : .....

texture : .....

## Partie N° 3 : Le Fromages Traditionnel *Medeghissa ou Imdeghest*

### 1.Situation actuelle du fromage

- Est-ce que ce fromage est fabriqué actuellement ?  Oui  Non ; si **non** pourquoi ?

manque de la matière première

On ne veut pas le fabriquer

Absence de la fabrication selon la méthode traditionnelle

autres : ..... (préciser)

- Quand on prépare *Medeghissa ou Imdeghest* :

Toute l'année

Selon la disponibilité du lait

Quand on veut

### 2.Matières premières

- Pour la fabrication du *Medeghissa ou Imdeghest* on a besoin de :

*Klila* fraîche  lait cru  sel  du beurre  sucre  autres : .....

Les substances obligatoires : .....

Les substances facultatives : .....

- Quel type de lait peut-on utiliser pour préparer *Medeghissa ou Imdeghest*

Lait de vache

Lait de brebis

Lait de chèvre

Mélange de lait

Le lait doit être cru :  Oui  Non ; si oui pourquoi ?.....

.....

*Lben* utilisé pour la préparation du *Klila* est de préférence :

Non acide

Moyennement acide

Très acide

Quelque soit son acidité

Non gras

Moyennement gras

Très gras

Quelques soit sa teneur en matière grasse

Pourquoi ?.....

Quelles sont les caractéristiques du *Klila* destinée à la préparation du *Medeghissa ou Imdeghest*

Fraîche

Non acide

Bien égouttée

sèche

Autres : .....

### 3. Mode de fabrication du *Medeghissa ou Imdeghest*

-Comment fabriquez-vous *Medeghissa ou Imdeghest*?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- Quelle est la quantité du *Klila* ?

- Quelle est la quantité du lait nécessaire pour la cuisson du *Klila* ?.....

- Quelles sont les caractéristiques d'une bonne *Medeghissa ou Imdeghest* ?

.....

#### 4. Mode de consommation et habitudes

- *Medeghissa ou Imdeghest* est consommée :

- Avec le pain ou la galette     Ajoutée dans des plats traditionnels     Seule  
 Avec une cuillère     Chaude    Autres : .....

Il est de préférence de consommer *Medeghissa ou Imdeghest* chaude, Pourquoi?.....

.....

- Le lactosérum formé de *Medeghissa ou Imdeghest* a un goût différent de celui de la préparation de *Klila*, de ce fait il peut être consommé avec hasse fromag:    Oui  
Non

- *Medeghissa ou Imdeghest* est consné comm    goûter    plat principal

- Est-ce qu'elle est consommée par tous les membres de famille : Oui     Non

#### 5. Conservation du *Medeghissa ou Imdeghest*

- Est-ce que on peut conserver *Medeghissa ou Imdeghest*?     Oui    Non ; si oui comment ? .....

Quelle est la durée de sa conservation ?

#### 6. Historique et origine de la nomination

- Qui vous faire apprendre l'habilité de préparation du *Medeghissa ou Imdeghest* :

- La mère  
 La grande mère  
 La belle mère  
 Autres : .....

- La nomination *Imdeghest* est très proche de « Adhghess » qui est le colostrum est-ce qu'il y a une relation entre les deux nominations :

Oui     Non ;

Si **oui** quel est cette relation et quel est l'origine de ce mot *Imdeghest*

.....

.....

## Annexe 02 : mode opératoire du dénombrement de la FTAM sur le milieu PCA

A partir des dilutions décimales, introduire aseptiquement 1ml dans les boites de pétri.

- Couler 15 mL de milieu PCA préalablement fondu et refroidi à 45°C
- homogénéiser parfaitement en mouvement circulaires et laisser solidifier sur une surface froide.
- Incuber à 30°C pendant 24-27 h.

Dénombrer les boites dont le nombre est compris entre 30 et 300. (dans certains cas on fait le dénombrement des boites contenant plus de 300 et moins de 30.

Exemple :

	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>
Boite1	Indénombrable	295	34	7
Boite2	indénombrable	280	31	4

Il est impossible de compter une boîte contenant plus de 300 colonies en raison d'un risque d'erreur trop important. Ces résultats sont donc rejetés. Les boîtes contenant moins de 30 colonies sont elles aussi écartées, les colonies sont trop rares et peuvent induire en erreur.

On utilise la formule mathématique : 
$$N = \frac{\sum \text{colonies}}{V_{mL} \times (n_1 + 0,1n_2) \times d_1}$$

- $N$  : nombre d'UFC par gramme ou par mL de produit initial ;
- $\sum \text{colonies}$  : sommes des colonies des boîtes interprétables ;
- $V_{mL}$  : volume de solution déposé (1 mL) ;
- $n_1$  : nombre de boîtes considérées à la première dilution retenue ;
- $n_2$  : nombre de boîtes considérées à la seconde dilution retenue ;
- $d_1$  : facteur de la première dilution retenue.

### **Application numérique :**

$N = (295+280+34+31)/(1X(2+0.1X2) \times 10^{-1}) = 640/2.2 \times 0.1 = 2909$  UFC. (unité formant colonie)

### **Annexe 03. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

A partir des dilutions décimales, introduire aseptiquement 1ml dans les boites de pétri.

- Couler 12 mL de milieu VRBG préalablement fondu et refroidi à 45°C
- homogénéiser parfaitement en mouvement circulaires et laisser solidifier sur une surface froide.
- Couler à nouveau 4 mL de milieu, de façon à former une deuxième couche et laisser solidifier.
- Incuber à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour la recherche d'E.coli pendant 24h

**La lecture :** Les colonies rouges de diamètre égal ou supérieur à 0,5 mm, après 24 heures d'incubation sont considérées comme caractéristiques.

### **Annexe 04. Dénombrement des streptocoques fécaux**

#### **1. Test présumptif**

Préparer dans un portoir une série de tube contenant le milieu sélectif de Rothe à raison de trois tubes par dilution.

A partir des dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  porter aseptiquement 1mL dans chacun des trois tubes .

- mélanger la culture et incuber les tubes à 37°C pendant 24h.

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés positifs.

#### **Test confirmatif**

Chaque tube de Rothe trouvé positif (suspect) lors du test de présomption fera l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans un tube de milieu EVA Litsky.

- Mélanger la culture et l'incuber à 37°C pendant 24 h.

Sont considérés comme positif les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de Mac Grady en tenant compte uniquement des tubes EVA Litsky positif ou négatif (la numération en utilisant la méthode du "nombre le plus probable").

#### **Annexe 05. Dénombrement de *Staphylococcus aureus***

- Couler 15 mL de la gélose Baird-Parker préalablement fondu et refroidi à 45°C additionné d'une solution de jaune d'oeuf au tellurite de potassium.

A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1mL de chaque dilution ( $10^{-1}$  et  $10^{-2}$ ) réparti en surface de 3 boîtes contenant le milieu Baird-Parker puis étaler l'aide du même étaleur en commençant par les boîtes de plus forte dilution.

- Incuber à 30°C pendant 24-48 h.

#### **La lecture :**

Sont considérés comme positives les boîtes contenant des colonies caractéristiques, noir, brillantes convexes entourés d'une zone de transparence qui peut être translucide.

Des tests biochimiques doivent être effectués sur les colonies suspectes (catalase à avec l'eau oxygénée et la coagulase à l'aide de plasma de lapin).

#### **Annexe 06. Dénombrement des salmonelles**

##### **1. Pré-enrichissement**

Broyer 25 g de fromage dans 225 mL d'eau peptonée tamponnée à l'aide d'un ultra-turax désinfecté avec l'eau javellisée et rincée avec de l'eau distillée stérile.

Incuber le mélange à 37°C pendant 18 h.

##### **2. Enrichissement**

Introduire 1 mL du mélange de pré- enrichissement dans 2 tubes de SFB (Sélénite F-Broth), mélanger la culture et incuber à 37°C pendant 24 h.

### **3. Isolement**

Couler le milieu SS préalablement fondu et refroidi en boîtes de Petri stériles et laisser solidifier sur une surface froide.

- Ensemencer en stries l'inoculum à partir des milieux d'enrichissement utilisés et incuber les cultures à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Les salmonelles forment généralement des colonies vertes ou bleutées avec ou sans centre noir mais une confirmation biochimique est obligatoire (état frais, mobilité, coloration de Gram, ensemencement d'un tube de kligler (TSI), ensemencement d'un tube de gélose nutritive incliné,...)

#### **Annexe 08. Dénombrement des spores des anaérobies sulfitoréducteurs (clostridium)**

- Chauffer les dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  à 80°C pendant 8-10 min puis refroidir les tubes immédiatement sous l'eau de robinet afin de détruire les formes végétatives et d'activer les spores .

- faire fondre la gélose Viande –Foie dans un bain marie à 100°C

- Ajouter une ampoule de l'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium au milieu préalablement refroidi à 45°C.

Couler 15 mL de la gélose dans les tubes contenant 1 mL d'inoculum de chaque dilution.

- Homogénéiser parfaitement, par retournement complet tout en évitant l'incorporation d'air.

- Refroidir dans un bain d'eau glacée et incuber à 37°C pendant 24 et 48 heures.

#### **La lecture :**

Procéder à la numération des colonies entourées d'un halo noir.

## Annexe 08. Composition des milieux de culture

### Milieu PCA

Tryptone.....	5,0 g
Extrait autolytique de levure.....	2,5 g
Glucose.....	1,0 g
Agar agar bactériologique.....	12,0 g

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,0 ± 0,2.

### Milieu VRBG

Extrait de levure .....	3 g
Peptone.....	7 g
Chlorure de sodium.....	5 g
Sels biliaires.....	1.5 g
Glucose.....	10 g
Rouge neutre.....	0.03 g
Cristal violet.....	0.002 g
Agar.....	12 g

Dissoudre 39,5 g dans un litre d'eau distillée. Porter lentement le milieu à ébullition sous agitation constante et l'y maintenir durant le temps nécessaire à sa dissolution. Ne pas surchauffer ni autoclaver le milieu.

### Bouillon SFB (Sélénite F-Broth)

Digestion pancréatiques de caséine.....	5 g
Lactose .....	4 g
Sélénite de sodium.....	4 g
Phosphate de sodium .....	100 g

### Milieu SS

Peptone pancréatique de viande .....	5,0 g
Extrait de viande .....	5,0 g
Lactose .....	10,0 g
Sels biliaires.....	8,5 g
Citrate de sodium.....	10,0 g
Thiosulfate de sodium.....	8,5 g

Citrate ferrique ammoniacal .....	1,0 g
Rouge neutre .....	25,0 mg
Vert brillant.....	0,33 mg
Agar agar bactériologique.....	15,0 g

Stérilisation par autoclavage à 120°C pendant 15 min.

### **Milieu M17 (pH 7,2)**

Peptone papainique de soja .....	5 g
Peptone pepsique de viande .....	2,5 g
Peptone trypsique de caséine .....	2,5 g
Extrait de viande .....	5 g
Extrait de levure .....	2,5 g
□-Glycérophosphate de sodium .....	19 g
Sulfate de magnésium, 7H <sub>2</sub> O .....	0,25 g
Acide ascorbique .....	0,50 g
Agar-agar .....	15 g
Eau distillée qsq .....	950 mL

Le milieu est stérilisé à 121°C durant 15 min. La solution de lactose est préparée dans l'eau distillée à raison de 5 g dans 50 ml Elle est stérilisée à 110 °C durant 15 min et ajoutée au milieu.

### **Milieu MRS (pH 6,5)**

Peptone .....	10 g
Extrait de viande .....	10 g
Extrait de levure .....	5 g
Glucose .....	20 g
Tween 80.....	1 mL
Phosphate bipotassique .....	2 g
Acétate de sodium .....	5 g
Citrate d'ammonium .....	2 g
Sulfate de magnésium, 7 H <sub>2</sub> O .....	0,2 g
Sulfate de manganèse, 4 H <sub>2</sub> O .....	0,5 g
Agar .....	15 g
Eau distillée qsp .....	1000 mL

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,0 ± 0,2.

## Annexe 09. Bulletin d'épreuve d'analyse sensorielle du fromage *Medeghissa*

Date : .....

Nom et prénom : .....

Age : .....

Le grade : .....

Code de l'échantillon : .....

On vous propose un échantillon de fromage, et on veut évaluer ses caractéristiques (aspect et texture, odeur et arômes, goût et saveurs).

- Donnez une note pour chaque élément descriptif selon son intensité en mettant une croix (X) sur l'échelle (la note doit être comprise entre 1 et 9)

1. Aspect et texture		
Couleur de la pâte		 Blanc <span style="float: right;">jaune</span>
Couleur du liquide		 Blanc <span style="float: right;">jaune</span>
Rugosité	Oui/ Non	 Faible <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
Humidité de la surface	Oui/ non	 Faible <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
Elasticité	Oui/ non	 Faible <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
Fermeté en bouche	Oui/ non	 Faible <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
Fermeté au doigt	Oui/ non	 Faible <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
Déformabilité	Oui/ non	 Faible <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
Friabilité	Oui/ non	 Faible <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
Adhésivité	Oui/ non	 Faible <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
Résidus (après mastication)	Oui/ non	 très peu <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
-taille des résidus		 très petit <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
Solubilité	Oui/ non	 Faible <span style="margin-left: 100px;">moyenne</span> <span style="float: right;">élevé</span>
2. Odeurs et arômes		



Date : .....

Nom et prénom : .....

Age : .....

Le grade : .....

---

On vous présente deux (02) échantillons de fromage, il vous est demandé de les classer selon votre préférence.

Classement des échantillons :

1. Echantillon .....

Echantillon préféré : .....

2. Echantillon .....



*Merci pour nous avoir soutenus et pour avoir élevé votre voix pour la science*



## Annexe 10. Fiche explicative des techniques d'analyse sensorielle de la texture d'un fromage

		<b>Descripteur</b>	<b>Définition sensorielle</b>	<b>Technique d'évaluation</b>
<b>Caractéristiques de surface</b>	<b>visuelles</b>	<b>Perforations et déchirures</b>	Observer visuellement s'il y a ou non des éléments de rupture, les yeux (ouvertures), les perforations, les déchirures, les cristaux, les gouttelettes d'eau ou d'huile	Regarder la tranche de l'échantillon bien éclairée, l'orienter plusieurs fois dans la lumière et cocher les cases correspondant aux observations.
	<b>tactiles</b>	<b>Rugosité</b>	Perception d'un grain de surface.	Poser l'échantillon à plat et passer lentement l'index sur la tranche, mesurer le grain de surface et cocher la case de l'intensité perçue.
		<b>Humidité</b>	Perception d'un film liquide en surface.	Poser l'échantillon à plat et passer délicatement l'index sur la surface, évaluer le caractère mouillé de contact et cocher l'intensité perçue.
<b>Caractéristiques mécaniques</b>		<b>Elasticité</b>	Aptitude d'un échantillon de fromage à récupérer rapidement son épaisseur initiale après avoir été comprimé et déformé.	Poser l'échantillon à plat sur une surface non adhérente, appliquer avec le pouce à plat sur sa face supérieur une petite déformation (entre 1/5 et 1/4 de l'épaisseur environ) et mesurer le temps de retour instantané de l'échantillon à sa forme initiale.
		<b>Fermeté</b>	Résistance qui présente l'échantillon à un faible déplacement des mâchoires.	Prendre un échantillon intact entre les molaires, fermer régulièrement les mâchoires et mesurer la résistance que présente l'échantillon au début de la déformation.

## Annexe 10. Fiche explicative des techniques d'analyse sensorielle de la texture d'un fromage

		<b>Déformabilité</b>	Facilité que présente l'échantillon placé dans la cavité buccale à se déformer de façon successive ou à s'étirer avant de se rompre.	Prendre un morceau intact, le placer dans la cavité buccale et serrer modérément plusieurs fois entre la langue et le palais, en le faisant passer d'un côté puis de l'autre de la bouche, on travaille à la limite de la rupture ou la dissolution.
		<b>Friabilité</b>	Aptitude que présente l'échantillon à générer aisément de nombreux morceaux.	Déformer un morceau du produit entre le pouce et l'index et apprécier la facilité de générer des petits morceaux.
		<b>Adhésivité</b>	Travail à fournir avec la langue pour décoller un produit collé au palais et aux dents	Mâcher plusieurs fois consécutives l'échantillon (4-8 fois), puis le presser contre le palais et mesurer la force d'aspiration nécessaire pour qu'il se décolle complètement du palais et des dents.
<b>Caractéristiques géométriques</b>		<b>Perceptibilité de la microstructure</b>	En fin de mastication, trouve des grains ou des cristaux	Prendre un échantillon dans la bouche, le mastiquer de façon à le réduire à l'état de bol alimentaire. Mesurer à ce moment-là la taille des particules au contact de la langue, des joues et des gencives.
		<b>solubilité</b>	Sensation qui se dégage quant l'échantillon fond très vite dans la salive.	Prendre un échantillon intact dans la bouche, le mastiquer 2-4 fois avec les molaires puis apprécier sa rapidité de dissolution dans la salive d'une partie ou de la totalité des morceaux.
<b>Autres</b>		<b>Envahissant</b>	Produit qui fait des grains au cours de la mastication, ces derniers fondant mal et se dispersant partout dans la bouche.	