

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma



Faculté des Sciences de La Nature et de la Vie
et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Biologie

THÈSE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTORAT EN SCIENCE

Filière : Sciences Biologiques

Présentée par

M^{me} LEKSIR Choubaila Ep. MANSOUR

Intitulé

**Caractérisation, fabrication et consommation du
dérivé laitier traditionnel «Klila»
dans l'Est algérien**

Soutenue le : 14 Novembre 2018

Devant le Jury composé de :

M^{me} SOUMATI-SOUIKI Lynda	Pr. Université 8 mai 1945 Guelma	Présidente
M^r CHEMMAM Mabrouk	Pr. Université 8 mai 1945 Guelma	Rapporteur
M^r ADAMOUCHE Abdelkader	Pr. Université Kasdi Merbah Ouargla	Examineur
M^r KHEBBEB Mohamed El Hedi	Pr. Université Badji Mokhtar Annaba	Examineur
M^{me} MEBIROUK-BOUDECHICHE Lamia	Pr. Université Chadli Benjedid El Tarf	Examinatrice
M^r BOUDALIA Sofiane	MCA. Université 8 mai 1945 Guelma	Examineur

Année Universitaire : 2018

Dédicaces

Le présent travail est le fruit de plusieurs années de travail et de sacrifices ...

Même si ces cinq années ne se sont pas toujours révélées faciles à vivre, Je suis vraiment heureuse d'avoir réalisé ce travail et d'avoir mené ce projet à terme.

Je dédie ce travail aux personnes les plus chers à mon cœur ... Ceux qui ont toujours été à mes cotés

A Mes chers parents qui m'ont toujours soutenu et cru en moi,
Maman, Papa que Dieu vous préserve ;

A Mon cher époux qui m'a encouragé sans relâche

à

Mes frères **Borhène** et **Tedj Eddine**, ma nièce adorée **Rokaya** et sa maman magnifique : ma **sœur** unique **Boutheyna** qui a su toujours me soutenir... Comme une petite maman

A mon petit bout d'amour et d'espoir ...

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Je commence tout d'abord par remercier DIEU, le tout puissant, de m'avoir donné du courage, de l'énergie et de la force pour bien mener ce travail.

Je remercie infiniment Pr. CHEMMAM Mabrouk. C'est un honneur de vous avoir eu comme directeur de thèse Chef ! Je vous remercie vivement pour tous les jours, les mois et les années que vous avez passé à me diriger. Je vous remercie vivement pour toutes vos orientations judicieuses qui m'ont été de grande utilité ainsi que pour vos conseils précieux. Je vous remercie pour vos encouragements continus et votre soutien inestimable pendant les moments difficiles que j'ai vécus. Je vous remercie pour vos qualités scientifiques et humaines aussi, vous étiez toujours comme un vrai papa pour moi. Je vous remercie pour la confiance que vous avez placée en moi en me laissant une impressionnante liberté de travail. Veuillez trouver ici l'expression de ma profonde gratitude et mes sentiments de respect les plus distingués.

Mes remerciements sont adressés également aux membres du Jury qui ont pris sur leurs temps et ont bien voulu accepter de juger ce travail :

Je tiens à exprimer ma très grande considération, et mon profond respect au Pr. SOUMATI SOUIKI Lynda qui m'a fait l'honneur de présider ce Jury malgré toutes ses responsabilités et ses nombreuses occupations. Je vous remercie également pour vos qualités humaines exceptionnelles, vos conseils précieux et vos encouragements continus pour moi, tout mon respect et l'expression de ma profonde gratitude.

Je remercie vivement Pr ADAMOUC Abdelkader et Pr KHEBBEB Mohamed El Hedi d'avoir accepté d'examiner le présent travail, malgré leurs multiples responsabilités, vous trouveriez ici l'expression de mon respect et de ma profonde gratitude.

Mes remerciements vont élégamment au Pr MEBIROUK BOUDECHICHE Lamia pour avoir accepté d'examiner le présent travail, malgré toutes ses occupations, veuillez trouver ici l'expression de mon respect et de ma profonde gratitude.

Je remercie également Dr BOUDALIA Sofiane d'avoir eu l'amabilité de bien vouloir examiner ce travail. Je le remercie pour sa modestie, mais aussi pour son sens de partage du savoir et sa large disponibilité. Je ne peux que sincèrement lui exprimer mon respect et ma gratitude.

Je remercie également Dr GUEROUI Yacine pour son aide précieuse et sa fraternité.

Je tiens également à remercier les responsables du laboratoire Leila, Houda, Wafa, Hassiba, Ghania et Ratiba pour leur activisme et leur disponibilité.

Je tiens à remercier personnellement Pr BENYOUNES Abdelaziz de m'avoir mis en contact avec mon encadreur de thèse. Il m'a offert un immense cadeau dont je lui serais reconnaissante pour le reste de ma vie.

Je tiens à remercier infiniment mon beau père Mr MANSOUR Yahia de l'université de Tizi Ouzou, pour son énorme contribution à la version en Anglais de mon article sur les produits laitiers traditionnels Algériens, ainsi que pour son soutien inestimable.

Je tiens également à remercier très chaleureusement Pr MOUDJAHID Nizar de m'avoir accueilli trois fois successives dans son laboratoire Ressources Génétiques Animales et Alimentaires « LRGAA » de l'Institut National Agronomique de Tunis (INAT), pour ses orientations et ses précieux conseils. Je remercie également sa doctorante M^{me} JEMLI GUESSMI Hajer pour toutes les heures, les jours et les mois que nous avons passé à travailler ensemble, pour sa simplicité et son amitié. Je remercie également le technicien Si Mohamed Ali pour sa gentillesse et sa large disponibilité. Ma très profonde reconnaissance va à M^{me} Salma EL OUDIANI pour sa contribution inestimable au bon avancement de mes différents dosages nutritionnels. Je tiens également à remercier M^{elle} Khawla ATTIA et M^{me} Asma BETTAIEB pour leur extrême gentillesse et amitié.

Je tiens également à remercier M^{me} BALAGHA de m'avoir accordé l'autorisation de travailler au niveau du laboratoire d'Agro-alimentaire de l'INAT, un grand merci pour l'ingénieur du laboratoire Mr OUIZINI Choukri pour son entière disponibilité et sa contribution cordiale aux manipulations.

Je ne peux pas oublier de remercier ma Chère Maman de m'avoir tenu compagnie tout au long de mes séjours en Tunisie pour mes deux stages 2016 et 2017 et de m'avoir offert toutes les conditions propices au bon déroulement de mes travaux de recherche.

Au terme de la réalisation de ce travail, il m'est difficile d'établir la liste complète des personnes à remercier ... Remercier individuellement, c'est prendre un risque, le risque d'oublier, oublier les petites mains qui m'ont aidé un jour, oublier les personnes qui m'ont rendu service, oublier les personnes qui m'ont donné conseil, les personnes qui ont participé à mon épanouissement par un sourire, un mot, une discussion et parfois quelques années partagées !

... Et ce risque, je ne veux pas le prendre ...

Que tous ceux qui ont été impliqués de près ou de loin dans la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude : sans votre contribution, il m'aurait été impossible de mener à bien ce projet.

Je ne peux passer sous silence la patience dont a dû faire preuve, ma Chère Famille, ma Maman, mon Papa, ma Sœur unique et mon Cher Epoux, supportant vaillamment mes moments d'absence et d'indisponibilité pendant la réalisation et la rédaction de ce présent travail.

Je ne trouve vraiment pas les superlatifs suffisants pour vous remercier.

Merci à tous de me permettre de tourner cette page et d'ouvrir une autre pour me projeter dans de nouveaux défis ...

Choubaila

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS	v
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES PHOTOS	x
LISTE DES ANNEXES	x
RESUMES	
INTRODUCTION GENERALE	01
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : SITUATION DE LA FILIERE LAIT EN ALGERIE	04
I.1. Aperçu sur la production mondiale de lait	04
I.2. Aperçu sur la situation de l’Afrique dans la production laitière mondiale	05
I.3. Filière lait en Algérie	06
I.3.1 Répartition géographique des grands bassins laitiers	07
I.3.1.1. Élevage du Nord Algérien	09
I.3.1.2. Élevage aux zones steppiques	12
I.3.1.3. Élevage du Sahara	12
I.3.2. Evolution du secteur d’élevage en Algérie	13
I.3.2.1. Politique laitière en Algérie	13
I.3.2.2. Effectifs de la production laitière en Algérie	13
I.3.3. Industrie laitière en Algérie	17
CHAPITRE II : PRODUITS LAITIERS TRADITIONNELS EN ALGERIE	19
II.1. Historique et origine des fromages	19
II.2. Produits laitiers traditionnels Algériens	19
II.2.1. Principales catégories de produits laitiers traditionnels algériens	20
II.2.1.1. Dérivés laitiers gras	21
II.2.1.2. Boissons fermentés traditionnelles	21
II.2.1.3. Fromages traditionnels Algériens	24
II.2.1.3.1. Fromages frais	25
II.2.1.3.2. Fromages à pâte dure	28
II.2.1.3.3. Fromage affinée Bouhezza	28
II.2.1.3.4. Fromage fondu Imdeghest (Medghissa)	29
II.2.1.4. Autres dérivés laitiers traditionnels	29
CHAPITRE III : PROCESSUS DE FABRICATION ET PROPRIETES DES FROMAGES TRADITIONNELS ALGERIENS	31
III.1. Définition légale du fromage	31
III.2. Technologie fromagère : Du traditionnel au moderne	31
III.2.1. Préparation du lait	31
III.2.2. Coagulation	32
III.2.3. Egouttage	33
III.2.4. Salage	34
III.2.5. Affinage	34
III.3. Classification des fromages	35
III.4. Intérêts nutritionnels des fromages	35
III.4.1. Composition des fromages en nutriments	35
III.4.2. Récapitulation de la composition moyenne des principaux fromages traditionnels Algériens	38
III.5. Intérêts thérapeutiques des fromages	38
CHAPITRE IV : FROMAGE TRADITIONNEL ALGERIEN « KLILA »	41
IV.1. Histoire de l’étude du fromage Klila	41
IV.2. Origine de l’appellation «Klila»	42

IV.3. Terroir des fromages traditionnels	43
IV.3.1. Notion de terroir	43
IV.3.2. Terroir du fromage traditionnel Klila	43
IV.4. Fabrication artisanale du fromage traditionnel Klila	44
IV.5. Consommation et incorporation du fromage Klila dans les préparations culinaires	45
IV.5.1. Consommation du fromage Klila par nos ancêtres	45
IV.5.2. Incorporation du fromage Klila dans les préparations culinaires	46
IV.6. Fromages similaires au fromage Klila dans le monde	47
PARTIE EXPERIMENTALE	
Préambule	51
AXE I : ENQUETE DE TERRAIN : CARACTERISATION DU FROMAGE KLILA	51
I. Matériels et Méthodes	53
I.1. Enquête de fabrication et de consommation du fromage traditionnel Klila	53
I.1.1. Population cible et échantillonnage	53
I.1.2. But de l'enquête	54
I.1.3. Déroulement de l'enquête	54
I.1.4. Structure du questionnaire sur Klila	56
I.1.5. Traitement statistique	56
I.2. Étude préliminaire des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques du fromage traditionnel Klila	56
I.2.1. Analyses physicochimiques du fromage traditionnel Klila	57
I.2.1.1. Mesure du taux de l'humidité	57
I.2.1.2. Mesure du pH	58
I.2.1.3. Mesure de l'acidité titrable	58
I.3. Caractéristiques microbiologiques du fromage traditionnel Klila	58
I.3.1. Techniques de préparation de prises d'essais pour les analyses microbiologiques	58
I.3.2. Recherche des germes indésirables dans le fromage traditionnel Klila	60
I.3.2.1. Flore totale aérobie mésophile (FTAM)	60
I.3.2.2. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale	61
I.3.2.3. Recherche des germes pathogènes	62
I.3.2.4. Levures et moisissures	63
I.3.3. Recherche et dénombrement de la flore lactique du fromage Klila	63
II. Résultats et Discussion	64
II.1. Résultats de l'Enquête de terrain	64
II.1.1. Diagramme du procédé artisanal de fabrication du fromage Klila	64
II.1.2. Conservation traditionnelle du fromage Klila	66
II.1.3. Place socioéconomique du fromage traditionnel Klila dans l'Est algérien	67
II.1.3.1. Connaissance du fromage Klila	67
II.1.3.2. Consommation du fromage Klila	67
II.1.3.3. Préparation du fromage Klila	68
II.1.3.4. Conservation du fromage Klila	69
II.1.4. Appréciation du produit	70
II.1.5. Utilisations du fromage Klila	71
II.1.6. Commercialisation du produit	72
II.2. Résultats moyens des paramètres physico-chimiques du Klila	73
II.3. Résultats des analyses microbiologiques	76
II.3.1. Recherche des germes de contamination et pathogènes	76
II.3.2. Recherche et dénombrement des levures et moisissures	77
II.3.3. Recherche et dénombrement de la flore lactique	79
II.4. Limitations de l'étude	81
II.5. Conclusion partielle	82

AXE II : ESSAIS DE FABRICATION DU FROMAGE KLILA AU LABORATOIRE	84
I. Matériels et Méthodes	84
I.1. Fabrication du fromage traditionnel Klila au laboratoire	84
I.1.1. Matériel biologique	84
I.1.2. Matériel de laboratoire	84
I.2. Suivi des paramètres de fabrication du fromage traditionnel Klila	86
I.2.1. Durée de fermentation	86
I.2.2. Durée de barattage	86
I.2.3. Température et durée de chauffage pour séparation du lactosérum du caillé	86
I.2.4. Égouttage du fromage Klila	86
I.2.5. Séchage du fromage Klila	86
I.3. Cinétique d'acidification au cours de la fabrication du Klila	87
I.4. Analyses physicochimiques des échantillons de Klila préparés au laboratoire	87
II. Résultats et discussion	88
II.1. Détermination des paramètres physicochimiques par LactoScan	88
II.2. Suivi des paramètres de fabrication du fromage traditionnel Klila	89
II.2.1. Durée de fermentation et de barattage	89
II.2.2. Procédés de transformation du Lben en Klila	91
II.3. Cinétique d'acidification au cours de la fabrication du fromage Klila	94
II.4. Rendement en fromage Klila frais et séché	95
II.6. Limitations de l'étude	99
AXE III : VALEURS NUTRITIONNELLES DU KLILA ET ESSAIS D'INCORPORATION	100
I. Matériels et Méthodes	100
I.1. Caractérisation nutritionnelle du fromage Klila	100
I.1.1. Dosage des matières azotées totales par méthode Kjeldahl et détermination du taux protéique du fromage Klila	100
I.1.2. Détermination du taux butyreux	101
I.1.3. Dosage des matières minérales totales	102
I.1.4. Détermination de la composition du fromage Klila en acides gras	102
I.1.4.1. Préparation des esters méthyliques d'acides gras	103
I.1.4.2. Réalisation de la chromatographie en phase gazeuse	103
I.1.5. Dosage des vitamines B1 et B2	104
I.1.5.1. Extraction des vitamines B1 et B2	104
I.1.5.2. Purification des extraits vitaminiques par extraction en phase solide	105
I.1.5.3. Analyse chromatographique	105
I.1.6. Dosage du Calcium et du Potassium	105
I.1.7. Dosage du Phosphore	106
I.1.7.1. Préparation des solutions	106
I.1.7.2. Minéralisation	106
I.1.7.3. Établissement de la courbe étalon	107
I.1.7.4. Dosage et expression des résultats	107
I.2. Essais de valorisation du fromage traditionnel Klila par incorporation dans la viennoiserie	108
I.2.1. Choix des produits	108
I.2.2. Évaluation sensorielle	109
I.2.3. Test de classement	110
I.2.4. Déroulement de la dégustation	110
I.2.5. Analyse statistique des résultats	111
I.3. Valorisation nutritionnelle des produits à base de fromage Klila	112
I.3.1. Valorisation qualitative 'Apport protéique'	112
I.3.2. Valorisation quantitative 'Valeur énergétique'	112
II. Résultats et Discussion	113
II.1. Caractérisation nutritionnelle du fromage traditionnel Klila	113
II.1.1. Matières azotées totales et taux butyreux	113
II.1.2. Composition en acides gras du fromage traditionnel Klila	116

II.1.3. Dosage des vitamines B1 et B2 pour les différents échantillons analysés	120
II.1.4. Détermination du taux de cendres	123
II.1.5. Dosage du calcium, potassium et phosphore	123
II.1.6. Récapitulation des résultats	126
II.1.7. Conclusion partielle	127
II.2. Essais de valorisation du fromage traditionnel Klila par incorporation dans la viennoiserie	128
II.2.1. Préparations alimentaires traditionnelles à base du fromage Klila	128
II.2.2. Incorporation du fromage Klila de vache à l'état frais et séché	130
II.3. Valorisation du fromage Klila par incorporation en viennoiserie	133
II.3.1. Valorisation qualitative 'Apport protéique'	133
II.3.2. Valorisation quantitative 'Valeur énergétique'	135
II.4. Fiche technique du fromage traditionnel Klila	139
II.5. Conclusion partielle	139
CONCLUSIONS & PERSPECTIVES	140
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	143
ANNEXES	

Liste des abréviations

Unités de mesures :

% : pourcentage

Cm : Centimètre

°C : Degré Celsius

°D : Degré Dornic

°F : Degré Fahrenheit

g : gramme

g/L : gramme par Litre

h : heures

Kg : Kilogramme

Km : Kilomètre

mg : Milligramme

min : Minute

mL : Millilitre

mol/L : mol par Litre

mM : milli Molaire

N : Normalité

nm : Nanomètre

S : Seconde

Tr/min : Tour par minute

V/V : Volume par volume

µL : Microlitre

µm : Micromètre

Milieux de culture :

BLBVB : Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant

Gélose SS : Gélose *Salmonella Shigella*

Gélose PCA : Plate Count Agar

Gélose MRS : Gélose De Man, Rogosa and Sharpe

Acronymes :

ALA : Acide alpha- linoléique

ALC : Acide Linoléique Conjugué

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

AGT : Acides gras totaux

ARA : Acide arachidonique

AT : Acidité titrable

A_w : Activité d'eau

BLA : Bovin Laitier Amélioré

BLL : Bovin Laitier Local
BLM : Bovin Laitier Moderne
CNIS : Centre National de l'Informatique et des Statistiques
CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse
DA : Dinars Algériens
DHA : Acide docosa-hexaénoïque
EPA : Acide eicosa-pentaénoïque
EST : Extrait Sec Total
FAO : Food and Agriculture Organisation of the United Nations
FID : Flame Ionizing Detector
FLD : Fluorescence Detector
FIL : Fédération Internationale Laitière
FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile
GPS : Global Positioning System
HDL : High density lipoprotein
HFD : Humidité dans le Fromage Dégraissé
HPLC : Chromatographie Liquide Haute Performance
IDF : International Dairy Federation
ISO : International Standardisation Organisation
ITLEV : Institut Technique des Elevages
JORA : Journal Officiel de la République Algérienne
Kcal : Kilocalories
Kj : Kilojoules
LAB : Lactic acid bacteria
LDL : Low density lipoprotein
Log : Logarithme décimal
MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
MGLA : Matière Grasse Laitière Anhydre
NPP : Nombre le plus probable
ONIL : Office National Interprofessionnel du Lait
ONS : Office National des Statistiques
PCR : Polymérase Chain Reaction
pH : Potentiel en ions Hydrogène
PMG : Prix Minimum Garanti
PNDA : Plan National du Développement Agricole
SAU : Surface Agricole Utile
STG : Spécialités Traditionnelles Garanties
UFC : Unités Formant Colonie
UHT : Ultra Haute Température
UV : Ultra Violets
USD : United States Dollar

LISTE DES FIGURES

FIGURES	PAGE
Figure 1 : Production laitière des principaux pays et prévisions pour la prochaine décennie OCDE/FAO (2016)	5
Figure 2 : Répartition du cheptel et de la production laitière mondiale de vaches laitières selon les continents (en %) (Makhlouf et Montaigne, 2016)	6
Figure 3 : Principaux modes de coordination dans la filière lait algérienne (Makhlouf et al., 2015)	6
Figure 4 : Effectif (Millions de têtes) et pourcentage des différentes races ovines locales algériennes (Yabrir, 2014).	9
Figure 5 : Répartition de la production laitière bovine (ITLEV, 2012)	10
Figure 6 : Dérivés laitiers traditionnels algériens	20
Figure 7 : Principales catégories des fromages traditionnels algériens	25
Figure 8 : Schéma Global illustratif des procédés de fabrication des principaux produits laitiers et fromages traditionnels algériens	30
Figure 9 : Aperçu général des méthodes adoptées et des paramètres étudiés pour la caractérisation du fromage traditionnel Klila	52
Figure 10 : Structure du questionnaire sur le fromage Klila	54
Figure 11 : Positionnement géographique des sites d'échantillonnage du fromage traditionnel Klila à l'Est Algérien [Source : Google Earth 2015].	55
Figure 12 : Diagramme de fabrication du fromage traditionnel Klila [Leksir et Chemmam 2014]	64
Figure 13 : Durée de fermentation et de barattage de laits de différentes espèces pour la fabrication du Klila au laboratoire	91
Figure 14 : Cinétique du pH lors de la fabrication du fromage Klila	95
Figure 15 : Rendements en fromage Klila frais et séché fabriqués au laboratoire à partir de lait de vache, de chèvre et de brebis.	96
Figure 16 : Valeurs moyennes de matière sèche et d'acidité titrable des fromages Klila frais et séchés fabriqués au laboratoire à partir de lait de vache, de chèvre et de brebis.	97
Figure 17 : Méthode de détermination des taux d'acides gras du fromage Klila par mesure des aires des pics CPG.	104
Figure 18 : Description de la fiche du questionnaire de l'analyse sensorielle	110
Figure 19 : Composition nutritionnelle moyenne du fromage Klila sec.	125

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAUX	PAGE
Tableau 1 : Composition moyenne des fromages raditionnels algériens les plus étudiés (Compilation de plusieurs sources)	38
Tableau 2 : Description des échantillons de Klila étudiés.	56
Tableau 3 : Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes indésirables dans le fromage traditionnel Klila	60
Tableau 4 : Milieux de cultures et conditions d'incubation pour la recherche et le dénombrement de la flore lactique du fromage traditionnel Klila	63
Tableau 5 : Connaissance du fromage Klila	67
Tableau 6 : Forme et fréquence de consommation du fromage Klila	68
Tableau 7 : Mode de consommation du fromage Klila dans les milieux urbain et rural.	68
Tableau 8 : Préparation du fromage traditionnel Klila	69
Tableau 9 : Personnes impliqués dans la préparation du fromage Klila dans les deux milieux 'urbain et rural'	69
Tableau 10 : Durée de conservation du fromage Klila	70
Tableau 11 : Appréciation du fromage Klila	70
Tableau 12 : Appréciation du fromage Klila dans les milieux urbain et rural	71
Tableau 13 : Incorporation du fromage Klila aux préparations culinaires	71
Tableau 14 : Utilisations du fromage Klila	72
Tableau 15 : Disponibilité et achat du fromage Klila	72
Tableau 16 : Résultats moyens des paramètres physico-chimiques du Klila	73
Tableau 17 : Recherche et dénombrement de La flore totale aérobic mésophile du fromage Klila	76
Tableau 18 : Dénombrement des coques lactiques et des lactobacilles pour les différents échantillons analysés du fromage Klila	80
Tableau 19 : Sites de collecte du lait de vache	83
Tableau 20 : Sites de collecte du lait de chèvre	83
Tableau 21 : Sites de collecte du lait de brebis	83
Tableau 22 : Paramètres physicochimiques des laits de vache analysés par LactoScan	88
Tableau 23 : Durée de fermentation et de barattage du lait des 3 espèces	89
Tableau 24 : Paramètres de fabrication du fromage Klila au laboratoire	92
Tableau 25 : Cinétique d'acidification au cours de la fabrication du fromage Klila au laboratoire	94
Tableau 26 : Paramètres physicochimiques et rendements en fromage Klila frais et séché fabriqués au laboratoire à partir de laits de différentes espèces	95
Tableau 27 : Codage des variantes des 3 produits avant dégustation	109
Tableau 28 : Résultats des protéines et taux butyreux mesurés	113
Tableau 29 : Composition en acides gras totaux des échantillons du fromage Klila de vache, de chèvre et de brebis	115
Tableau 30 : Composition du fromage Klila en acides gras insaturés et polyinsaturés	116
Tableau 31 : Teneur en vitamines B1 et B2 pour quelques échantillons étudiés du fromage Klila	121

Tableau 32 : Dosage du calcium, du potassium et du phosphore dans les échantillons étudiés du fromage Klila	123
Tableau 33 : Paramètres physico-chimiques du fromage Klila de différentes espèces	126
Tableau 34 : Préparations culinaires traditionnelles à base du fromage Klila	129
Tableau 35 : Résultats du test sensoriel pour les variantes des trois produits : petit pain, mini cake, chrik	130
Tableau 36 : Composition nutritionnelle moyenne des fromages Klila de différentes espèces	133
Tableau 37 : Table de composition nutritionnelle de la farine de blé tendre et des œufs	134
Tableau 38 : Apports nutritionnels après substitution de la farine à la poudre du Klila séché	134
Tableau 39 : Valeurs énergétiques moyennes du fromage Klila étudiés de différentes espèces (Kilocalories/100g Klila)	136
Tableau 40 : Apports énergétiques des viennoiseries traditionnelles étudiés après substitution de la farine à la poudre du Klila séché	137
Tableau 41 : Fiche technique du fromage traditionnel algérien Klila	138

LISTE DES PHOTOS

PHOTOS	PAGE
Photo 1 : ‘Chekoua’ : Outre en peau de Brebis/chèvre (Camps, 1984)	22
Photo 2 : ‘Mezla’ : Baratte en terre cuite (Harrati, 1774.b)	22
Photo 3 : ‘Thakhssayeth Oussendou’ ou ‘Thakhchachet’ : Calebasse de barattage (Camps, 1984).	24
Photo 4 : Vase à traite (Camps, 1984).	44
Photo 5 : Vase à cailler ‘Rawaba’ (Camps, 1984).	45
Photo 6 : Jameed du moyen orient	47
Photo 7 : Kishk libanais	49
Photo 8 : Variabilité de la couleur de Klila dans les différents échantillons collectés [Leksir et Chemmam 2014]	66
Photo 9 : Présentation des différents échantillons étudiés du fromage Klila [Leksir et Chemmam 2014]	65
Photo 10 : Photographie des colonies de quelques levures (a) et moisissures (b) retrouvées sur milieu Sabouraud au chloramphénicol	78
Photo 11 : Photographie des coques lactiques (a) et des lactobacilles (b) dénombrés sur le fromage traditionnel Klila [Leksir et Chemmam 2015]	80
Photo 12 : Essais de fabrication du fromage traditionnel Klila au laboratoire [Leksir et Chemmam 2015]	85
Photo 13 : Klila frais et séché utilisé dans les essais d’incorporation en viennoiserie [Leksir et Chemmam 2016]	108
Photo 14 : Evaluation sensorielle par les dégustateurs	111
Photo 15 : Textures occupant la 1 ^{ère} place : a. Petit pain ; b. Mini Cake et c. Chrik.	131

LISTE DES ANNEXES

ANNEXES	PAGE
Annexe 1. Productions scientifiques	i
Annexe 2. Questionnaire sur le fromage traditionnel Klila	ii
Annexe 3. Composition des principaux milieux de culture et diluants	v

Résumé

De nombreux fromages artisanaux sont fabriqués en Algérie, parmi eux le fromage traditionnel dénommé Klila. Afin de situer ce fromage dans la société, une enquête a été menée en milieux urbains, péri-urbains et ruraux de la région Est de l'Algérie. Les résultats ont montré que le produit est connu, fabriqué, conservé et consommé, aussi bien dans le milieu rural qu'urbain. Le fromage Klila occupe une place socio-économique bien établie dans le milieu rural et péri-urbain. Il est fabriqué à partir de lait de vache surtout, mais aussi de lait de chèvre et de brebis. Il peut être utilisé à l'état frais ou après séchage et conservation.

Des analyses physicochimiques (humidité, acidité titrable et cendres, dosage du calcium, phosphore et potassium) et des analyses nutritionnelles (dosage des matières azotées, dosage de thiamine 'Vitamines B1' et riboflavine 'Vitamine B2', détermination du taux butyreux et composition en acides gras) ont été réalisées sur divers échantillons pris dans le milieu rural dans diverses localités. Les résultats ont montré que Klila est un fromage qui se conserve bien après séchage, il est très riche en potassium et calcium. Il constitue une excellente source de vitamines B et contient des quantités importantes d'acides gras insaturés.

Dans une série d'essais nous l'avons intégré, en substitution aux œufs et à la farine, sous les deux formes : frais et séché, dans 3 types de produits de la viennoiserie traditionnelle : Petit pain, Chrik et Mini cake. Pour chaque produit, en plus du témoin, 4 variantes ont été retenues : 2 à bases de Klila frais et 2 à base de Klila séché. Les résultats de classements préférentiels des 3 produits sur les descripteurs «odeur, couleur, texture et goût», montrent que les 3 panels de dégustateurs ont classé dans les 3 premières places les 2 produits avec incorporation de «Klila frais» avec le témoin. En revanche les 2 produits avec incorporation de poudre de «Klila séché » occupent les dernières places. Le fromage Klila peut remplacer partiellement ou totalement les œufs et la farine dans la viennoiserie traditionnelle. La substitution aux œufs préserve la valeur protéique en quantité et qualité.

Mots clés : Klila, fromage traditionnel, incorporation, viennoiserie, vitamines, valorisation nutritionnelle.

Summary

Many traditional cheeses are made in Algeria, among them the traditional cheese called Klila. In order to situate this cheese in society, a survey was conducted in urban, peri-urban and rural areas of the eastern region of Algeria. The results showed that the product is known, manufactured, conserved and consumed, both in rural and urban areas. Klila cheese occupies a well-established socio-economic place in rural and peri-urban areas. It is made mostly from cow's milk, but also from goat's milk and ewes. It can be used fresh or after drying and storage.

Physicochemical analyzes (moisture, titratable acidity and ash, calcium, phosphorus and potassium dosage) and nutritional analyzes (determination of nitrogenous materials, determination of thiamine 'Vitamin B1' and riboflavin 'Vitamin B2', determination of the fat content and composition of fatty acids) were performed on various samples taken in various localities of rural areas. The results showed that Klila is a cheese that keeps well after drying, it is very rich in potassium and calcium. It is an excellent source of vitamin B and contains large amounts of unsaturated fatty acids.

In a series of tests we integrated it, in substitution for eggs and flour, in two forms : fresh and dried, in 3 types of products of the traditional pastry : Roll, Chrik and Mini cake. For each product, in addition to the control, 4 variants were selected : 2 with fresh Klila and 2 with dried Klila. The results of preferential rankings of the 3 products on the descriptors "smell, color, texture and taste", show that the 3 panels of tasters ranked in the first 3 places the 2 products with incorporation of "fresh Klila" with the control. On the other hand, the 2 products with incorporation of "dried Klila" powder occupy the last places. Klila cheese can partially or completely replace eggs and flour in traditional pastries. Egg substitution preserves the protein value in quantity and quality.

Key words : Klila, traditional cheese, incorporation, pastry, vitamins, nutritional valuation.

ملخص

يتم إنتاج العديد من أنواع الأجبان الحرفية في الجزائر، من بينها الجبن التقليدي المسمى الكليلة. للتمكن من تحديد مكانة هذا الجبن في المجتمع، قمنا بإجراء استقصاء في المناطق الحضرية وشبه الحضرية والريفية في المنطقة الشرقية من الجزائر. وأظهرت النتائج أن هذا الجبن معروف، ويتم انتاجه و تخزينه واستهلاكه في المناطق الريفية والحضرية على حد سواء. الجبن كليلة يحتل مكانة اجتماعية واقتصادية لا يستهان بها في المناطق الريفية وشبه الحضرية. يتم صنع هذا الجبن من حليب البقر بشكل رئيسي، ولكن يمكن صنعه أيضا من حليب الاغنام و الماعز. يمكن استهلاك هذا الجبن طازجا أو بعد التجفيف والتخزين.

التحليلات الفيزيائية (الرطوبة والحموضة المعاييرة وتحديد الرماد من الكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم) والتحليلات الغذائية (تحديد محتوى النيتروجين و البروتين ، كمية الثيامين "الفيتامين ب1" والريبوفلافين 'فيتامين ب2" ، وتحديد كمية الدهون ونسبة الأحماض الدهنية) أجريت على عينات مختلفة تم أخذها من مناطق ريفية متعددة . وأظهرت النتائج أن الكليلة هو جبن نستطيع الحفاظ عليه جيدا بعد التجفيف، فهو غني جدا بالبوتاسيوم والكالسيوم. وهو مصدر ممتاز للفيتامين ب ويحتوي على كميات معتبرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة.

في سلسلة من الاختبارات كنا قد استبدلنا كلا من البيض و الدقيق بجبن الكليلة في شكله : الطازج والمجفف في 3 أنواع من منتجات المعجنات التقليدية : خبز صغير , الشريك و الكعك الصغير. لكل منتج، بالإضافة إلى الشاهد، وقد تم اختيار أربعة أنواع : منتجان ادخلنا في تكوينهما الكليلة الطازج و منتجان باستخدام جبن الكليلة المجفف. نتائج التصنيف التفضيلية للثلاث منتجات على واصفات "الرائحة واللون والملمس والطعم" تبين أن الثلاث لجنات من المتذوقين وضعوا في المراتب الأولى الثلاث منتجات التي تشتمل على جبن الكليلة الطازج مع الشاهد. وعلى النقيض احتلت الاماكن الاخيرة المنتجات التي تحتوي على مسحوق جبن الكليلة المجفف. يمكن أن تحل جبنة الكليلة محل البيض والطحين بشكل جزئي أو كامل في المعجنات التقليدية بحيث يحافظ استبدال البيض بالكليلة على قيمة البروتين من حيث الكمية والنوعية.

الكلمات المفتاحية : كليلة ، جبن تقليدي ، دمج، معجنات، فيتامينات، تقييم غذائي.

*Introduction
Générale*

I. Introduction

Grâce à la richesse de sa composition et la variété de ses constituants, le lait est un aliment qui se distingue par une forte concentration en nutriments (**Vilain, 2010 ; Gibson et Williams, 2000**). Sa transformation nous permet d'obtenir une très vaste gamme de produits dérivés (**Yildiz, 2010**).

Les aliments traditionnels font partie du patrimoine de chaque peuple (**Fox, 2011**), parmi les produits alimentaires les plus anciennement connus par l'homme on retrouve le pain et le fromage (**Gibson et Williams, 2000**). Le fromage est l'aliment le plus important et le plus diversifié dans les produits laitiers (**Shetty et al., 2006**). Il utilise environ 35% de la production mondiale de lait et il est disponible dans au moins 1000 variétés (**Vilain 2010 ; Chamba, 2008**).

Plusieurs fromages traditionnels existent dans les pays méditerranéens depuis la plus haute antiquité, ils sont entourés d'un savoir-faire ancestral transmis à travers les générations. Beaucoup d'entre eux sont produits, seulement, dans des zones géographiques restreintes et consommés localement ; d'autres, ont dépassé les limites de leurs localités, voir celles de leur pays d'origine (**Mordenti et al., 2017 ; Grappin et Coulon, 1996**).

En Algérie, la consommation du lait et des produits laitiers est traditionnellement liée à la pratique de l'élevage. Les produits laitiers étant fabriqués par des processus artisanaux anciens, à partir d'un lait ou de mélanges de laits de différentes espèces. Il existe une grande variété de produits laitiers de terroir, leur dénomination ainsi que leur processus de fabrication diffèrent d'une région à une autre. Plusieurs travaux ont caractérisé des produits laitiers tels que le Smen, le Rayeb et le Lben (**Hallel, 2001**).

Parmi la longue liste des fromages traditionnels produits et recensés en Algérie, le Jben et le Klila sont les plus connus et probablement très répandus et utilisés dans l'ensemble des pays du Maghreb (**Leksir et Chemmam, 2015 ; Bendimerad, 2013**). Le fromage Bouhezza, et récemment la Mechouna et la Medghissa commencent à susciter de l'intérêt et ont fait l'objet d'études dans le Nord-Est de l'Algérie (région des Chaouia) (**Derouiche, 2017 ; Khoualdi, 2017 ; Aissaoui Zitoun 2014**). Les fromages traditionnels algériens peuvent être classés en fromage affiné, fromage frais, fromage fondu et fromage séché.

Depuis des siècles, dans les villages les plus reculés du milieu rural, les éleveurs produisent du lait en abondance pendant les périodes de haute lactation. Faute de moyens de conservation, ils se trouvent parfois obligés de jeter l'excès du lait (**Claps et Morone, 2011**). Pour éviter tout gaspillage, étant donné que le lait est une denrée rapidement périssable, l'essentiel de la production doit être transformé (**Bencharif, 2001**). La méthode de conservation la plus simple est de le transformer en fromage (**Fox, 2011 ; Chamba, 2008**).

Le Klila est l'un des fromages traditionnels les plus populaires en Algérie et dont la méthode traditionnelle de fabrication est encore en usage de nos jours. Le fromage traditionnel Klila est connu, fabriqué et consommé sous différentes formes depuis l'antiquité (**Bellakhdar, 2008 ; Tamime et O'Connor, 1995 ; Denis, 1989 ; Camps, 1984 ; Ben Danou, 1929 ; Duval, 1855**). Si ces procédés sont à l'origine intuitifs, leurs bases scientifiques sont peu ou pas connues (**Leksir et Chemmam, 2015**). Aujourd'hui encore, ces procédés perdurent et font l'objet d'études pour apporter les informations nécessaires à sa caractérisation physico-chimique et microbiologique (**Benlahcen et al., 2017 ; Meribai et al. 2017 ; Benamara et al., 2016 ; Leksir et Chemmam, 2015**). Ces propriétés alimentaires et nutritionnelles, suite aux procédés technologiques traditionnels, méritent d'être mieux caractérisées.

Des fromages similaires au Klila dans le monde tel que le Jameed au moyen orient et le Chhana en inde sont bien caractérisés, et ils sont produits à l'échelle industrielle qui utilise les nouveaux procédés, tel que l'atomisation et la lyophilisation (**Hamad et al., 2016 ; Mazahreh et al. 2008**). Pratiquement très peu d'études axées sur le fromage algérien Klila ont été retrouvées, et il n'y a que peu de données sur ses caractéristiques physicochimiques et microbiologiques (**Harrati, 1974-a**) ainsi que sur ses techniques de transformation, ce qui motive l'intérêt de la présente étude.

Le présent travail vise les objectifs suivants :

- Tout d'abord, nous avons estimé nécessaire de situer le produit et évaluer sa place dans les traditions alimentaires par une enquête de terrain pour approcher les populations concernées. Cette enquête portera sur la connaissance, la fabrication et la consommation de ce fromage. Parallèlement une collecte d'échantillons de référence du fromage Klila à caractériser et à étudier, la collecte sera effectuée dans divers localités ;

- Une analyse physicochimique et microbiologique sur les échantillons collectés ;
- Etablir le diagramme de fabrication et reconduction du procédé au laboratoire à partir de lait de vache, de chèvre et de brebis ;
- Analyses nutritionnelles des échantillons du Klila fabriqué au laboratoire pour déterminer l'apport nutritionnel de ce fromage ;
- Essais d'incorporation du fromage Klila dans la viennoiserie traditionnelle afin d'estimer l'apport de ce fromage dans l'amélioration des propriétés organoleptiques des produits en question.

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

Le fromage Klila est incorporé traditionnellement à une large gamme de produits dont 20 ont été recensés et cités pour la première fois dans ce présent travail. Cette liste de produits traditionnels est le fruit de plusieurs années d'investigations auprès de vieilles dames vivant notamment dans les zones rurales des wilayas de l'Est algérien.

L'originalité de la présente étude réside dans le fait qu'elle cherche à valoriser ce fromage durant ses périodes d'abondance sous ces deux formes fraîche et sèche en l'intégrant dans des spécialités de viennoiseries traditionnelles.

Le présent document comprend deux parties :

Une synthèse bibliographique composée de quatre chapitres. Dans un premier chapitre la situation de la filière lait en Algérie, un deuxième chapitre passe en revue les produits laitiers traditionnels en Algérie, un troisième chapitre a été élaboré afin d'élucider les grands traits de la fabrication artisanale et les propriétés des fromages traditionnels algériens et enfin, un quatrième chapitre dédié entièrement à notre fromage traditionnel Klila.

Une partie expérimentale qui comprend la partie Méthodologie décrivant toutes les techniques utilisées pour la caractérisation de notre fromage Klila, et se termine par la présentation et la discussion de l'ensemble des résultats obtenus regroupant les caractéristiques du fromage Klila collecté ou fabriqué au laboratoire.

Etude bibliographique

I.1. Aperçu sur la production mondiale de lait

En 2014, la production laitière mondiale dépassait les 801 millions de tonnes et marque une forte hausse de 3,3% par rapport à l'année précédente. 69 millions de tonnes de lait et produits laitiers ont été échangés sur le marché mondial en 2013 ce qui représente seulement 9% de la production totale. L'explication en est simple : le lait voyageant mal, l'essentiel du lait est consommé dans les régions de production. Cet échange est propice à certains produits comme le beurre, le fromage et la poudre de lait (**Makhlouf et Montaigne, 2016**).

Selon les prévisions d'organisations mondiales (**FAO/OCDE, 2016**) en 2025, la production mondiale de lait devrait augmenter de 177 millions de tonnes (23 %) par rapport à celle des années de référence (2013-2015), soit un rythme de croissance moyen de 1.8 % par an, inférieur aux 2.0 % enregistrés au cours de la décennie précédente. La majeure partie de cette croissance (73 %) devrait provenir des pays en développement, notamment de l'Inde et du Pakistan.

La croissance de la production mondiale de lait est liée à la hausse des rendements par vache (1.4 % par an), bénéficiant de la baisse des prix de l'alimentation animale, et à l'accroissement du cheptel laitier (1.2 % par an). Malgré l'amélioration prévue, les rendements sont très bas dans de nombreux pays en développement et l'accroissement absolu de la productivité restera faible. C'est en Inde que la production laitière augmentera sensiblement et ce pays ravira, à l'Union européenne, la place de premier producteur mondial. Il sera suivi par le Pakistan, qui enregistrera une hausse de 3.4 % par an. Dans un cas comme dans l'autre, la production est essentiellement consommée dans le pays producteur sous forme de lait frais ; elle ne contribue donc pas à l'augmentation de l'offre de produits laitiers transformés (Figure 1).

En 2014, les États-Unis sont arrivés en tête du classement avec une production laitière d'environ 93 millions de tonnes métriques (**Statisca, 2017**).

Dans le monde en développement et selon la **FAO/OCDE (2016)**, la production laitière devrait croître dans toute l'Afrique, l'Afrique du Nord et l'Afrique subsaharienne (hormis les pays les moins avancés) enregistrant une croissance annuelle de 1,7% et 2,6% respectivement. Cette augmentation reste toutefois faible en volume par rapport aux principaux pays producteurs.

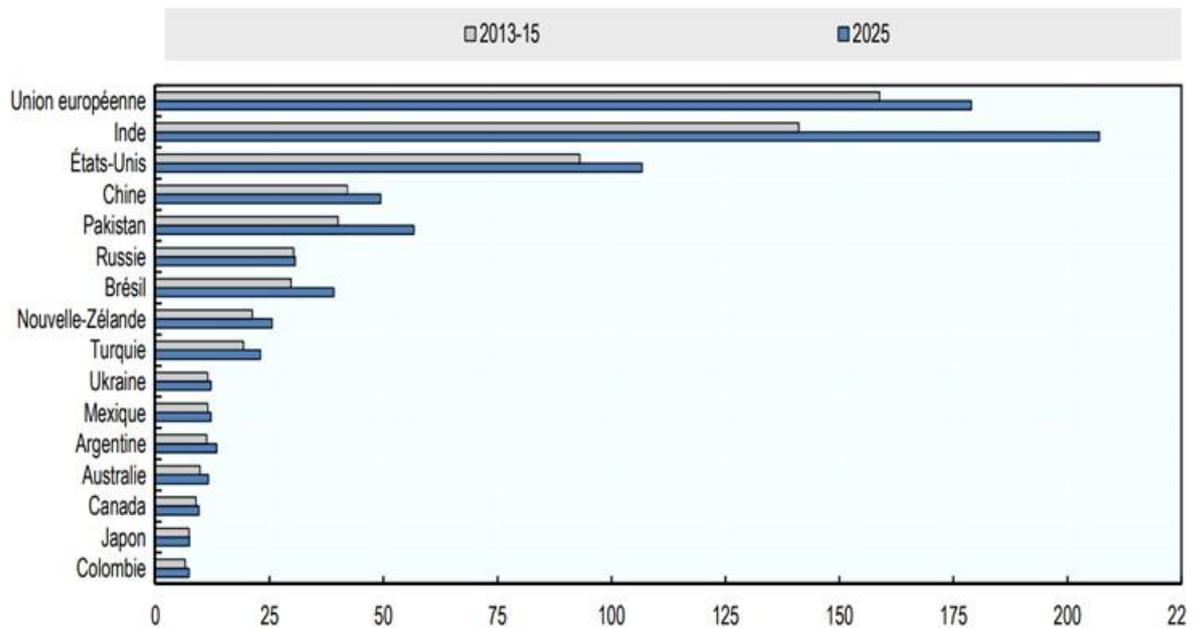


Figure 1 : Production laitière des principaux pays et prévisions pour la prochaine décennie OCDE/FAO (2016)

I.2. Aperçu sur la situation de l'Afrique dans la production laitière mondiale

D'après la **FIL (2011)**, la production mondiale de lait est répartie de façon inégale selon les grandes régions géographiques et le nombre d'habitants de ces régions. Quant à la structure de la répartition de l'effectif total des vaches laitières (VL) dans les différentes parties du monde, celle-ci n'a pas connu une modification significative depuis ces dernières années. Les continents d'Asie et d'Afrique s'accaparent à eux seules, 61 % de l'effectif total des vaches laitières dans le monde (Figure 2). Le reste de l'effectif mondial se répartit entre l'Europe (15 %), l'Amérique du Sud (14,4 %), l'Amérique du Nord (6,2 %) et l'Océanie (2,6 %) (**Makhlouf et Montaigne, 2016**). Quant à la production laitière en Afrique, le rendement laitier est considéré comme le plus faible au monde (de 509 l/VL/an en 2007 à 520 l/VL/an en 2013) (Figure 2) et il est extrêmement difficile de l'améliorer compte tenu des systèmes d'élevage pratiqués (**Makhlouf et Montaigne, 2016**).

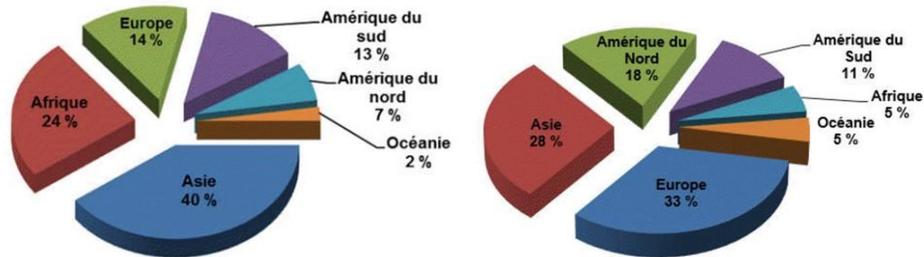


Figure 2 : Répartition du cheptel et de la production laitière mondiale de vaches laitières selon les continents (en %) (Makhlouf et Montaigne, 2016)

I.3. Filière lait en Algérie

Plusieurs travaux d'économie agro-industrielle ont été réalisés dans le but de forger le concept «d'agro-business». A l'origine, ce concept désignait plutôt des filières ou un ensemble de filières. La filière se définit comme un ensemble d'agents économiques, transformateurs ou non, des agents administratifs et politiques qui jalonnent directement ou indirectement l'itinéraire d'un produit du stade initial de la production au stade final de la consommation. Par ailleurs, l'étude de filière est définie comme étant une analyse très précise de tout un système généré par un produit. C'est une étude exhaustive de tous ceux qui interviennent dans la filière et son environnement (Kali et al., 2011 ; Bencharif, 2001). La figure suivante représente les principaux acteurs et les modes de coordination dans la filière lait en Algérie (Figure 3).

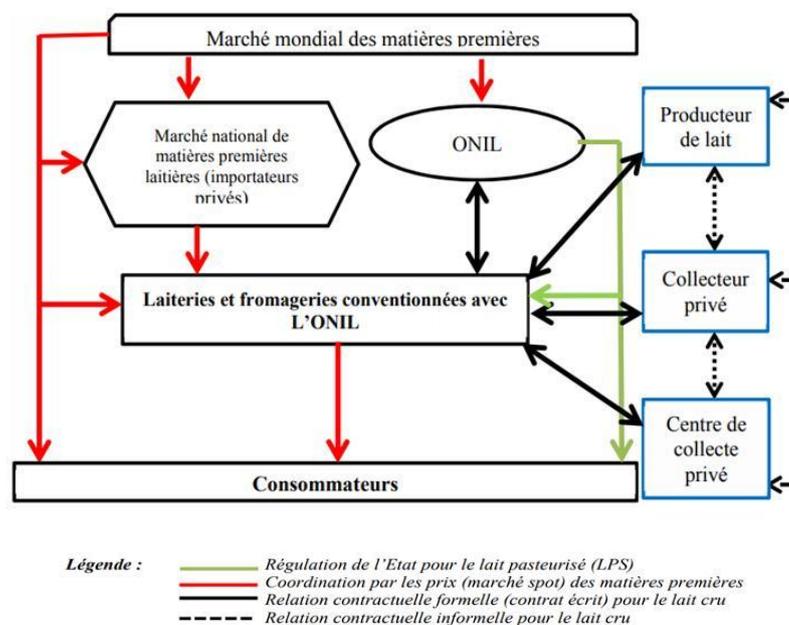


Figure 3 : Principaux modes de coordination dans la filière lait algérienne (Makhlouf et al., 2015)

En Algérie, la filière lait est une chaîne organisée en trois maillons principaux :

En amont

- Une grande diversité d'élevages bovins ;

En aval

- Les organismes de collecte et de transformation à la fois étatiques et privés ;

- Les systèmes de mise en marché et les consommateurs (**Belhadia et al., 2014**).

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 ; Amellal, 1995**). L'émergence en amont d'un élevage laitier en mesure d'assurer les approvisionnements nécessaires conséquents en lait, représente la principale condition pour le développement de cette filière (**Makhlouf et al., 2015**).

Le lait est considéré comme principale source des protéines animales, il reste un aliment stratégique en Algérie, mais vu 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 (**Bencharif, 2001**).

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. 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 l'année 2016, contre 519,04 millions USD à la même période de 2015, soit une baisse de 23% (**Meribai et al. 2016**). 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 (**Makhlouf et Montaigne, 2017**).

I.3.1 Répartition géographique des grands bassins laitiers

L'Algérie couvre une superficie de 2 381 741 Km². Elle est subdivisée en 48 Wilayates. Deux chaînes montagneuses importantes, l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas

Saharien au Sud, séparent le pays en trois types de milieux. Nous distinguons du Nord au Sud, le Système Tellien, les Hautes Plaines steppiques et le Sahara (**Feliachi, 2003 ; Nedjraoui, 2003**). Le territoire algérien recouvre deux types de régions : une zone saharienne dominante (84 % du territoire) et une zone côtière (16 %). La surface des terres agricoles couvre 20 % de la superficie totale du pays, soit environ 40 millions d'hectares, dont environ 8,5 millions d'hectares de surfaces cultivées et 31,5 millions d'hectares de parcours, à laquelle s'ajoutent 7 millions d'hectares de forêts. La surface irriguée ne représente que 7 % de la surface agricole utile (SAU) (**MADR, 2012**).

On distingue trois zones de production laitière déterminées sur la base des conditions du milieu, principalement le climat, du Nord vers le Sud on trouve :

- **Zone 1** : Elle est représentée par le littoral et le sub-littoral caractérisés par un climat humide et sub-humide. Cette zone regroupe 60% de l'effectif bovin laitier et 63% de la production de lait. Elle est fortement liée à la production fourragère qui couvre une superficie fourragère de 60,90%.
- **Zone 2** : C'est une zone agropastorale et pastorale à climat semi-aride et aride. Elle regroupe 26% de l'effectif bovin laitier et 26% de la production de lait cru, avec une superficie fourragère de 31,8%.
- **Zone 3** : C'est une zone saharienne à climat désertique. Elle représente 14% de l'effectif de bovin laitier, et 11% de la production de lait cru, avec une superficie fourragère de 7,3% (**Nedjraoui, 2003**).

L'élevage est constitué principalement par les ovins, les bovins, les caprins, et les camelins. Il est inégalement réparti d'Est à Ouest, en fonction de la richesse des pâturages. L'élevage bovin domine à l'Est tandis qu'à l'Ouest c'est l'élevage ovin associé au caprin qui est privilégié (**Belhadia et al., 2009 ; Amellal, 1995**).

Le cheptel bovin est localisé dans la frange Nord du pays et particulièrement dans la région de l'Est, qui dispose de 53 % des effectifs, alors que les régions Centre et Ouest ne totalisent que 24,5 % et 22,5 % des effectifs bovins, respectivement. Une plus grande disponibilité de prairies dans les wilayates de l'Est, due à une meilleure pluviométrie, explique cette concentration (**Amellal, 1995**).

L'élevage algérien se caractérise par des pratiques et des systèmes de production extensifs, des cultures fourragères peu développées et l'exploitation des races locales (**MADR, 2012**). L'essentiel de l'alimentation du cheptel est assuré par les milieux naturels (steppes, parcours, maquis ...etc.) et cultivés (jachères, prairies ...etc.) notamment en hiver et au printemps (**Kali et al., 2011**).

Les superficies fourragères sont estimées à 785000 hectares, elles ne représentent que 9,2 % de la SAU nationale (**Feliachi, 2003**). En outre, les superficies de fourrages artificiels (69 % du total) représentent la part la plus importante avec 542202 hectares (Fourrages en sec, 51,6 % et fourrages en vert ou ensilés, 17,4 %), celles des prairies naturelles n'étant que de 241854 hectares (30 %). La production fourragère irriguée occupe une superficie de 57651 hectares, soit 6 % des cultures irriguées qui restent dominées par l'arboriculture fruitière (45,2 %) et le maraîchage (32,3 %) (**Soukehal, 2013**).

I.3.1.1. Élevage du Nord algérien

I.3.1.1.a. Cheptel ovin

L'effectif du cheptel ovin a été estimé à environ 21 millions têtes en 2009. Cet effectif représente 78% du cheptel national (à l'exception des équins), suivi par le cheptel caprin avec un taux de 14% ; les bovins ne présentent que 6% et les camelins 1% de l'effectif total (**Soukehal, 2013**).

La production laitière ovine en Algérie a été estimée par la FAO à 320 millions de litres en 2011. Cette importante quantité classe notre pays en premier rang en Afrique du Nord, en deuxième position (après la Somalie) dans le continent Africain et en onzième rang à l'échelle mondiale (où la Grèce, l'Espagne et l'Italie sont les plus grands producteurs) (**Yabrir, 2014**).

Les troupeaux sont de petite taille, car près de 80 % des propriétaires possèdent moins de 100 têtes et 90 % des populations ovines appartiennent à des éleveurs privés (**Nedjraoui, 2003**). La figure suivante (Figure 4) illustre la distribution centésimale moyenne des différentes races ovines locales recensées dans notre pays.

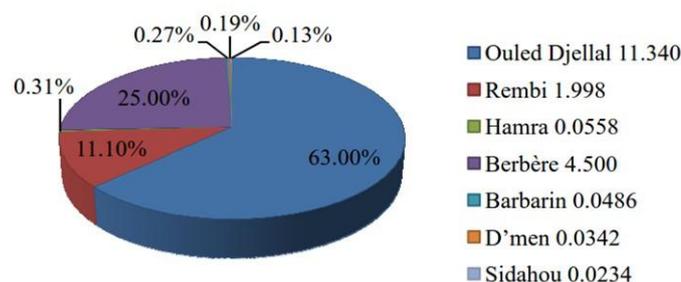


Figure 4 : Effectif (Millions de têtes) et pourcentage des différentes races ovines locales algériennes (Yabrir, 2014).

Le cheptel ovin en Algérie, est dominé par sept races principales dont les plus connues sont : La race arabe blanche Ouled Djellal ; la race Rumbi, des Djebels de l'Atlas Saharien ; la race rouge Béni Ighil (**Feliachi, 2003 ; Chellig, 1992**).

I.3.1.1.b. Cheptel bovin

Le cheptel bovin est constitué de plusieurs races de vaches laitières :

- Les races laitières hautement productives qui sont importées principalement des pays d'Europe sont : la Montbéliarde et la Holstein (**Amellal, 1995**).
- Les races locales peu productives se rencontrent surtout dans les régions montagneuses, elles sont préférées surtout pour la rusticité (**Feliachi, 2003 ; Bencharif, 2001**). Le Bovin Laitier Local (**BLL**) est constitué principalement par la race brune de l'Atlas qui est subdivisée en quatre types secondaires à savoir :
 - La Guelmoise à pelage gris foncé vivant en zone forestière (**Kali et al. 2011**) ;
 - La Cheurfa à robe blanchâtre que l'on rencontre en zone pré forestière ;
 - La Chélifienne à pelage fauve ;
 - La Sétifienne à pelage noirâtre adaptée à des conditions plus rustiques.

La figure suivante (Figure 5) représente la répartition géographique de la production laitière bovine en Algérie.

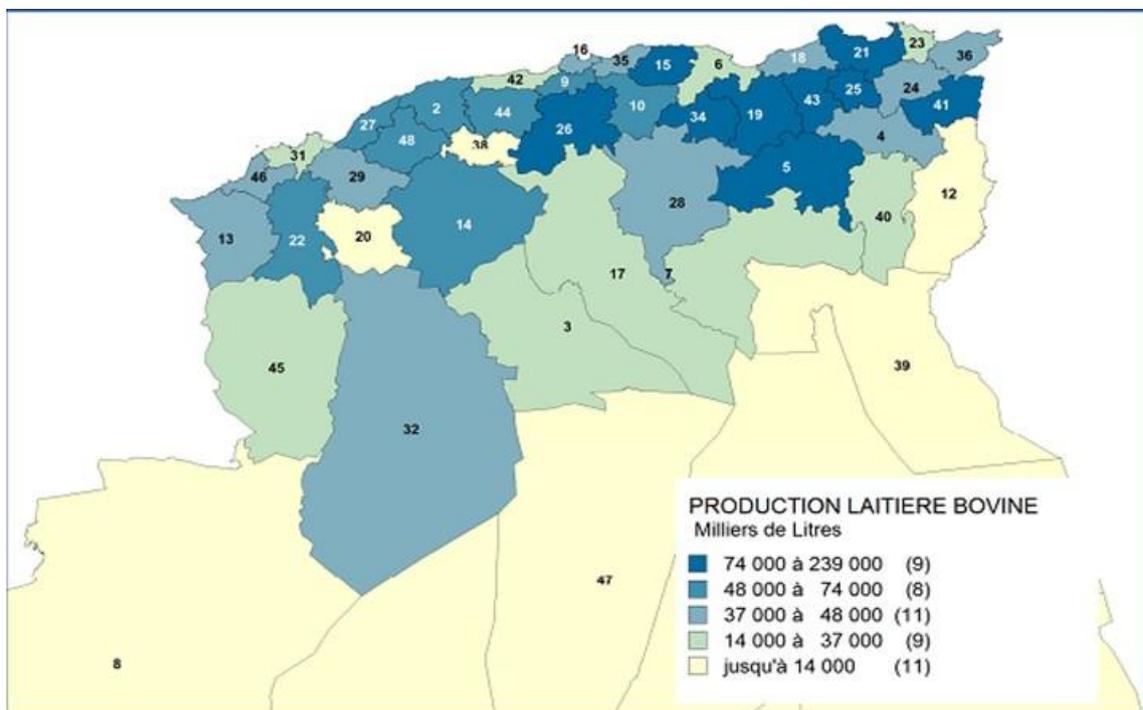


Figure 5 : Répartition de la production laitière bovine (ITLEV, 2012)

Il existe également des races améliorées issue de croisements entre la race locale et des races importées (**Feliachi, 2003 ; Nedjraoui, 2003 ; Amellal, 1995**). La population bovine améliorée (**BLA**) constituée par des bovins qui sont issues de croisements entre la race locale et la race importée ou entre les races importées elles-mêmes est localisé dans les zones de montagne et forestières. En 2012, le BLA représentait 38 % de l'effectif national et assurait environ 30 % de la production totale du lait de vache. Les rendements moyens varient entre 3 000 à 3 500 litres/vache/an (**MADR, 2012 ; Kali et al., 2011**).

En 2012, le Bovin Laitier Moderne (**BLM**) importé essentiellement d'Europe, représentait 28 % de l'effectif total (25,7 % en 2000) assure environ 70 % de la production totale du lait de vache. Les rendements moyens de ce cheptel sont de l'ordre de 4 000 à 4 500 litres/vache/an (**MADR, 2012**).

I.3.1.1.c. Cheptel caprin

Les caprins fournissent du lait (chèvre), de la viande, de la peau et des poils qui sont recherchés et se vendent facilement. Il existe 3 à 4 millions de têtes appartenant toutes à des populations locales composées de quatre types principaux. Le premier type dominant est la chèvre Arabe (Arabia) composant la population dite arabo-maghrébine. Le deuxième type la Makatia issue de multiples croisements à partir de races méditerranéennes connues pour leur production laitière, puis le troisième type la M'Zabia faisant partie du rameau du Nubio-Syrien et connue pour ses capacités laitières, et enfin le 4ème type regroupe la Kabyle, qui est appréciée pour sa viande mais une mauvaise laitière, et la Montagnarde des Aurès appréciée pour ses poils (**Bendimerad, 2013 ; Feliachi, 2003**).

Le lait de chèvre est destiné principalement à l'autoconsommation (**Nedjraoui, 2003**). L'état fournit des efforts non négligeables afin de promouvoir la transformation fromagère du lait de chèvre. L'élevage caprin par son importance numérique et son rôle socio-économique occupe une place de choix au sein des systèmes de production agricoles surtout dans les zones productrices de fromages traditionnels comme Tizi Ouzou et Constantine. La dynamique des secteurs caprins laitiers doit se traduire par le développement régulier des unités de fabrication de fromage de chèvre frais. L'essor doit se concrétiser par la mise sur le marché local de produits fromagers d'assez bonne qualité nutritionnelle (**Kalafate, 2015**).

Différents projets de développement de l'élevage caprin ont vu le jour notamment, un projet de développement de la filière laitière et fromagère avec la région de Sardaigne en Italie et qui est en phase terminale. L'objectif global étant l'amélioration des revenus des éleveurs à travers l'amélioration de la productivité des troupeaux et la valorisation du lait de chèvre. Par conséquent des fromageries constituées en coopératives doivent être créées dans ces régions pastorales pour produire du fromage de chèvre et dynamiser ainsi ces régions (**Kalafate, 2015**).

I.3.1.2. Élevage en zones steppiques

La steppe algérienne est située entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien, elle s'étend sur une longueur d'environ 1000 Km et une largeur irrégulière allant respectivement de 150 à 300 Km de l'Est à l'Ouest avec des altitudes plus ou moins importantes de 400 à 1200 m, couvrant ainsi une superficie globale de 20 millions d'hectares (**Yabrir, 2014**). Selon **Nedjraoui (2003)**, nous distinguons plusieurs types d'éleveurs dans ces régions :

- Les agro-pasteurs qui possèdent des terres familiales, avec des troupeaux de petite taille (surtout caprins) ;
- Les éleveurs semi-nomades possèdent des troupeaux de petite taille composés essentiellement de caprins et d'ovins. La proportion de camelin reste très faible ;
- Les éleveurs nomades possèdent des troupeaux plus importants.

I.3.1.3. Elevage du Sahara

L'Algérie possède un faible cheptel camelin, comparé à plusieurs autres pays africains et asiatiques. L'effectif camelin algérien n'a pas évolué au cours de ces dernières décennies (150.000 têtes en moyenne). Il a diminué d'environ 40 % au cours du XXI^{ème} siècle. Il est surtout orienté vers la production de viande, la production de lait étant secondaire du fait de faibles productivités et de l'inexistence de débouchés bénéfiques. La production de lait de chamelle en Algérie n'est pas tellement étudiée et les quelques chiffres disponibles ont été obtenus sur la base d'enquêtes et non de mesures ou de suivi de terrain (**Lhoste, 2003**). D'après les sources de la FAO, la production laitière cameline en Algérie était de 8000 tonnes en 2001. Cette faible productivité est peu valorisée et utilisé pour l'allaitement des chamelons et l'autoconsommation (**Feliachi, 2003 ; Nedjraoui, 2003**).

I.3.2. Evolution du secteur d'élevage en Algérie

I.3.2.1. Politique laitière en Algérie

Depuis l'indépendance de l'Algérie, les pouvoirs publics se sont fixés l'objectif d'assurer la sécurité alimentaire du pays de façon progressive d'une part et favoriser l'accroissement de la production agricole pour les produits de base constituant la ration alimentaire du ménage algérien d'autre part (**Makhlouf et Montaigne, 2017 ; MADR, 2012**).

Vu que le lait représente une source de protéines animales appréciable, l'Algérie donne une grande importance au secteur laitier (**Makhlouf et al., 2015**). Après l'indépendance, l'élevage existant était constitué de deux races locales, la Brune de l'Atlas et la Guelmoise. C'était un élevage traditionnel entièrement extensif localisé dans les plaines du nord et les zones de montagne (**Bencharif, 2001**). Les politiques de développement et de régulation de la filière lait menées jusqu'à la fin des années 1980 avaient pour principal objectif une amélioration de la consommation du lait et la satisfaction des besoins de la population (**Feliachi, 2003 ; Bencharif, 2001**). En 1995, l'instruction ministérielle a été promulguée, qui ouvre une nouvelle phase en prenant en considération l'ensemble des segments de la filière et en sensibilisant l'implication de l'ensemble des acteurs intervenants dans la filière lait (**Amellal, 1995**). L'année 2000 est marquée par l'avènement du Plan National du Développement Agricole (PNDA) (**Nedjraoui, 2003**), ayant pour finalité la restructuration du territoire agricole (**MADR, 2012**) et le développement de la filière lait pour répondre aux besoins de la population d'une part et pour résister face à la concurrence occidentale d'autre part (**Makhlouf et Montaigne, 2017**). Face aux contraintes d'intégration industrielle du lait cru et dans le but d'assurer un apport alimentaire journalier équilibré pour chaque algérien, l'Etat a privilégié, la distribution subventionnée de lait essentiellement à base de poudres importées (**Makhlouf et al., 2015 ; Bencharif, 2001**).

I.3.2.2. Effectifs de la production laitière en Algérie

En amont de la filière, la production laitière est assurée en grande partie par le cheptel bovin ; le reste est constitué par le lait de brebis et le lait de chèvre. La production cameline est marginale. La production laitière est assurée par un cheptel de 1,46 million de bovins dont 655 284 vaches laitières, 7,64 millions de brebis et 1,6 à 1,7 million de chèvres (**Kali et al. 2011**).

La production nationale de lait cru est estimée à 3,14 milliards de litre en 2012, Fournie à 73% par le cheptel bovin (2,3 milliards de litre) (ITLEV, 2012) soit un accroissement de 84% par rapport à l'année 2000, l'année de lancement du plan National de Développement Agricole (Kacimi El Hassani, 2013).

La moitié de la production laitière bovine est assurée par un cheptel de races dites modernes BLM composant moins de 30% des effectifs en vaches laitières qui totalisent 966 mille têtes. Le BLA concerne des ateliers de taille relativement réduite (1 à 6 vaches) localisés dans les zones de montagne et forestières les bovins sont issus de multiples croisements entre les populations locales et les races importées. Le cheptel local représente quant à lui 48 % du cheptel nationale et n'assure que 20 % de la population (Kacimi El Hassani, 2013).

La quasi-totalité des productions cameline, caprine et ovine est autoconsommée. Seulement le tiers de la production laitière bovine est valorisé sur les circuits industriels. La production laitière collectée Durant l'année 2012, était de 756 millions de litres, dont près de 160 millions de litre par les 14 filières du secteur laitier public.

Selon l'ONIL 2015, la production durant l'année 2014/2015 est arrivée à 3,75 milliards de litres. La progression observée ces dernières années est le résultat direct de l'augmentation de l'effectif bovin par l'importation de génisses pleines à partir de 2004 et par la mise en œuvre des mesures incitatives engagées à travers les instructions établies dans le cadre du PNDA, ainsi que l'amélioration progressive des techniques de production (Meribai et al., 2016).

Bien que, la production laitière ait enregistré une progression positive, elle demeure faible eu égard aux potentialités génétiques notamment du bovin laitier moderne d'une part, d'autre part, elle est issue d'unités peu ou pas spécialisées, incapables d'assurer une collecte suffisante durant toutes les périodes de l'année que cela soit en quantité ou en qualité (Meribai et al., 2016 ; Belhadia et al., 2014 ; Kacimi El Hassani, 2013). Une attention particulière et des efforts supplémentaires doivent être consacrés à l'analyse des contraintes limitant la productivité des troupeaux, et à l'évaluation des capacités d'adaptation de l'animal à produire, se reproduire et se maintenir dans les conditions d'élevage locales.

I.3.2.2.a. Collecte et distribution du lait cru

Les pouvoirs publics mettent en place une politique visant à promouvoir la production nationale du lait afin de satisfaire la demande toujours en hausse.

La collecte du lait constitue le maillon principal entre la production et l'industrie laitière. Le lait collecté durant l'année 2012, était de 688 millions de litres, pour passer à 938 millions de litres en 2015 selon l'ONIL (2015).

La collecte était assurée jusqu'à 1995 par les ex-unités du groupe étatique (Giplait), par la suite le délaissement partiel de l'activité de collecte au profit des collecteurs privés, organisés autour des mini-laiteries, a induit le déclin de la collecte pour la période (1996-1999) (**Bencharif, 2001**). En effet, c'est à partir de 2001 que la collecte a suscité un nouvel intérêt pour atteindre près de 700 millions de litres en 2012 (**Kacimi El Hassani, 2013**). La collecte n'a pas pu progresser d'une manière durable et significative ; elle a subi des variations importantes d'une année à l'autre durant la période 2000 et 2007 (**Kali et al., 2011**). Entre 2000 et 2004, le taux de collecte nationale se situe en moyenne entre 5 et 7 % pour atteindre 23 % en 2012 (**Makhlouf et al., 2015**).

L'augmentation de la production laitière et la revalorisation du prix du lait cru, payé aux producteurs, sont les principaux facteurs qui expliquent la progression de la collecte. A ces facteurs s'ajoute l'extension géographique du réseau de collecte et la croissance du nombre de collecteurs privés (**Belhadia et al., 2014**).

La distribution du lait est assurée selon trois types de circuits de mise en marché et de distribution à savoir :

- **Le circuit informel** : Il s'agit de l'autoconsommation ou de la vente de proximité du lait cru des fermes de manière non contrôlée (**Bencharif, 2001**). Le secteur informel gère plus de 75% de la production nationale, qui est exclu du système d'aides publiques, mais qui échappe malheureusement aux différents systèmes de contrôle de qualité du lait cru (**Makhlouf et al., 2017**).

- **Le circuit formel** : Correspond aux circuits hérités de l'ancienne organisation publique du commerce du lait industriel et de produits dérivés ;

- **Le circuit émergent** : Constitué par des entreprises privées engagées dans l'importation et la distribution, spécialisée dans le commerce de gros, qui se sont développées avec la libéralisation de l'économie et la disparition des monopoles des entreprises publiques (**Belhadia et al., 2014 ; Kali et al., 2011 ; Bencharif, 2001**).

Une faible productivité ainsi qu'une production saisonnière très marquée, influent de manière directe le ramassage et la mise sur le marché du lait dans le cadre de la filière contrôlée (système formel). Le lait non collecté est utilisé pour l'allaitement des veaux et l'autoconsommation familiale, mais une quantité non négligeable est écoulee par les circuits informels non contrôlés est destinée à la fabrication artisanale de certains produits laitiers de large consommation tels que Lben, Rayeb, Bouhezza et Klila.

I.3.2.2.b. Prix du lait à la consommation

L'économie laitière mondiale traverse une période instable caractérisée d'une part, par des prix qui sont relativement élevés et très volatiles, des demandes soutenues sur le lait et les produits laitiers, d'autre part par la hausse des coûts de production **(Makhlouf et Montaigne, 2016)**.

La population algérienne est passée de près de 35 millions en 2008 à 40 millions habitants en 2015, soit un accroissement brut de plus de 5 millions de personnes. Au cours de l'année 2015, la population résidente totale a connu un accroissement naturel atteignant 0,86 million de personnes, soit un taux d'accroissement naturel de 2,15 %. La population urbaine prédomine avec environ 24 millions (66,3 %) contre 12 millions (33,7 %) dans le milieu rural **(ONS, 2014)**.

Afin d'assurer les besoins croissants de la population en laits et dérivés, l'état a choisi une politique laitière basée sur la subvention du prix du lait à la consommation, sur la sécurisation des approvisionnements et sur la mise en place d'une politique de développement de l'élevage laitier local **(Makhlouf et Montaigne, 2017 ; Feliachi, 2003)**.

Les prix à la consommation fixés par l'Etat ne couvrent pas les coûts de revient des producteurs de lait et des transformateurs. Cette politique a obligé l'Etat à soutenir les prix de ces produits grâce à une "taxe compensatoire" qui transite par un compte du Trésor appelé "Fond de compensation des prix". L'objectif de ce fond est de garantir le soutien des prix à deux niveaux : Le soutien des prix à la production (11,9 DA/litre) et le soutien des prix à la consommation (1,6 DA/litre), le lait cru local bénéficie au total des deux subventions précitées soit de 13,5 DA par litre, offrant ainsi un prix minimum garanti (PMG) relativement bas, en rapport avec le pouvoir d'achat de la population **(ONS, 2014)**.

I.3.2.2.c. Importation du lait et des produits laitiers

Le taux de couverture de la consommation par la production nationale de lait cru est en croissance, mais la filière lait se trouvant toujours dépendante des importations de poudre de lait comme la majorité des pays en voie de développement (**FAO/OCDE, 2016**).

Selon l'ONIL (2015), le total des importations (poudre de lait et produits dérivés) durant l'année 2014/2015, est de 404716 tonnes pour une valeur dépassant un milliard d'USD. Le secteur privé a importé un volume total de 229153 tonnes pour une valeur avoisinant les 700 millions d'USD dont 185254 tonnes de matières premières laitières importées par les privés pour une valeur de près de 500 millions d'USD et représentant l'équivalent de 1 685 milliard de litres de lait. La mise en place par l'État d'une industrie de transformation de la poudre de lait importée permet de couvrir les besoins de la population, toutefois, il est nécessaire d'agir efficacement dans le but de promouvoir le développement de la production laitière bovine (**Meribai et al., 2016**).

L'importation de génisses à haut potentiel génétique, semble une bonne solution trouvée par l'état dans le but est d'augmenter la production et de réduire la facture des importations (**Belhadia, 2009**).

De 2007 à 2012, les importations cumulées de génisses gestantes ont atteint environ 70 000 têtes de différentes races hautement laitières (**MADR, 2012**). Grâce à ces importations, le cheptel bovin est composé en 2013, après plusieurs années de stagnation, de 911 401 vaches laitières, soit 56 % de l'effectif total de ruminants qui assurent en moyenne 73,2 % de la production laitière totale (**Soukehal, 2013**).

I.3.3. Industrie laitière en Algérie

En Algérie l'industrie laitière occupe une position de leader dans le complexe agroalimentaire public avec une valeur de production estimée en 2003 à 50 milliards DA. Les actions menées pour le développement de cette production ont été multiples et importantes.

La consommation des produits laitiers a connu une croissance continue vue que le lait et les produits laitiers sont considérés comme source des « protéines refuge » par une bonne tranche de la population ce qui explique d'une part la croissance de la demande de ces produits et le prix du lait qui est resté accessible (**Makhlouf et al., 2015 ; Kali et al., 2011**).

L'Algérie étant le premier consommateur du lait au sein du grand Maghreb. Ainsi, la consommation est estimée 147 équivalents lait/an/habitant en 2012, avec une consommation de fromages et des yaourts estimée à 5-6 Kg par an et par habitant. Cependant, le consommateur algérien reste loin derrière le consommateur Européen, qui consomme plus de 250 équivalent lait/an (**FAO/OCDE, 2016 ; Kacimi El Hassani, 2013 ; MADR, 2012**).

Cette filière est menacée par la conjoncture actuelle : les entreprises évoluent de plus en plus dans des environnements où les avancées technologiques et l'innovation sont des facteurs essentiels pour l'obtention d'avantages concurrentiels (**Makhlouf et Montaigne, 2017**).

En Algérie, le produit fabriqué est, en majeure partie, un lait reconstitué en usine. Il peut être entier (28g/L de matière grasse), partiellement-écrémé (15 à 20 g/L de matière grasse) ou écrémé (0 g/L de matière grasse). Ce lait est ensuite conditionné en sachet polypropylène et en tétra-pack (**Kaci et Sassi, 2007**). Les fabricants de lait offrent essentiellement du lait reconstitué pasteurisé conditionné en sachet. Dans ces dernières années, les fabricants ont évolué par le conditionnement de lait de vache entier et la production du lait UHT.

L'industrie laitière, en Algérie, était à dominance publique, la part du secteur privé était faible (moins de 10 % de la production globale) et son activité est essentiellement orientée vers la production de laitages (fromages, desserts lactés, yaourts...) (**Amellal, 1995**). Actuellement, la production industrielle est dominée par le secteur privé qui réalise une production totale de 2 170 milliards de litres équivalents dont 70 % sont réservés à la production des produits laitiers à forte valeur ajoutée et lui assure plus de 66 % des parts du marché national. En outre, ce secteur est plus dynamique dans la collecte de lait cru (63,7 % du total du lait collectés) (**Makhlouf et al., 2017**).

II.1. Historique et origine des fromages

Le mot 'fromage' vient du latin *formaticus* signifiant 'ce qui est fait dans une forme' (**Bargis, 2012**). La découverte du fromage fut probablement le fait du hasard, on n'en connaît pas l'origine précise, mais on sait, grâce à des découvertes archéologiques, qu'on fabriquait du fromage depuis les origines de l'élevage. Les premières traces d'élevages laitiers remontent à 10 000 ans au Moyen-Orient, les laits de brebis et de chèvre furent apparemment les premiers laits transformés, les ovins et les caprins ayant été les premiers animaux domestiqués (**Vilain, 2010**).

La découverte d'ustensiles ayant servis à ces fabrications au cours des nombreuses fouilles archéologiques, ayant eues lieu à travers le monde et en particulier en Egypte, en Mésopotamie ou dans le bassin méditerranéen, attestent de l'utilisation très ancienne de ces fermentations (lait caillés et fromages). L'histoire du fromage c'est le 'Frise de la laiterie' découvert dans la ville de Ur, aujourd'hui située en Irak déjà connu à Babylone vers l'année 3000 ans avant J-C. qui est le plus ancien fromage connu. Les Grecs, puis les Gaulois commerçaient le fromage vers 1500 années avant J.C, il constituait un des éléments obligatoires de la ration du soldat romain (**Fox et McSweeney, 2004**). C'est aux Romains que l'on doit d'avoir développé l'art de la fabrication de différents types de fromages (**Fox et McSweeney, 2004**), mais le fromage était aussi un aliment très apprécié à l'époque des Grecs et des Egyptiens (**Shetty et al., 2006**).

La fabrication du fromage est le moyen le plus anciennement connu pour conserver le lait (**Corrieu et Luquet 2008**). L'homme s'aperçut que le lait qu'il entreposait coagulait et qu'une fois séparé de son sérum, le coagulum devenait une masse compacte qui pouvait sécher, et donc se conserver et être transportée (**Vilain, 2010**). L'acidification spontanée à l'origine de la coagulation entraînait, du fait de sa lenteur, une remontée de la crème à la surface, les laits fermentés, le beurre et le fromage sec furent sans doute les premiers produits laitiers.

II.2. Produits laitiers traditionnels algériens

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

En dépit de leur ancrage dans la tradition culinaire algérienne et leur capacité à valoriser les ressources naturelles des régions défavorisées (espèces animales et végétales des écosystèmes montagneux et sahariens), ces produits évoluent en marge des politiques de développement mises en œuvre en Algérie. La majorité d'entre eux, font l'objet d'un déclassement au niveau des marchés, via l'émergence des industries de transformation laitière, orientées plus vers la satisfaction des grands centres urbains, en lait subventionné et en produits laitiers, que vers la valorisation de la production laitière locale (Hallel, 2001).

En Algérie la fabrication de produits laitiers fermentés est essentiellement artisanale. Les produits laitiers traditionnels algériens ont été peu caractérisés. Ils sont semblables à certains produits laitiers largement consommés dans beaucoup de pays méditerranéens et sub-sahariens (Benkerroum, 2013). Les laits fermentés et les fromages traditionnels, fabriqués le plus souvent par les femmes au foyer, servent à l'autoconsommation et la vente du surplus.

Plusieurs produits traditionnels sont progressivement délaissés pour différentes raisons dont la réduction des espaces pastoraux, l'exode rural et le changement des habitudes alimentaires. Ceux dont l'usage est répandu, comme le Rayeb et le Jben, tout gardent leurs appellations d'origine, malgré le changement du procédé technologique, de nos jours industriel (Benkerroum et Tamime, 2004).

II.2.1. Principales catégories de produits laitiers traditionnels algériens

Les principales catégories des dérivés laitiers traditionnels algériens sont données par la figure 6 :

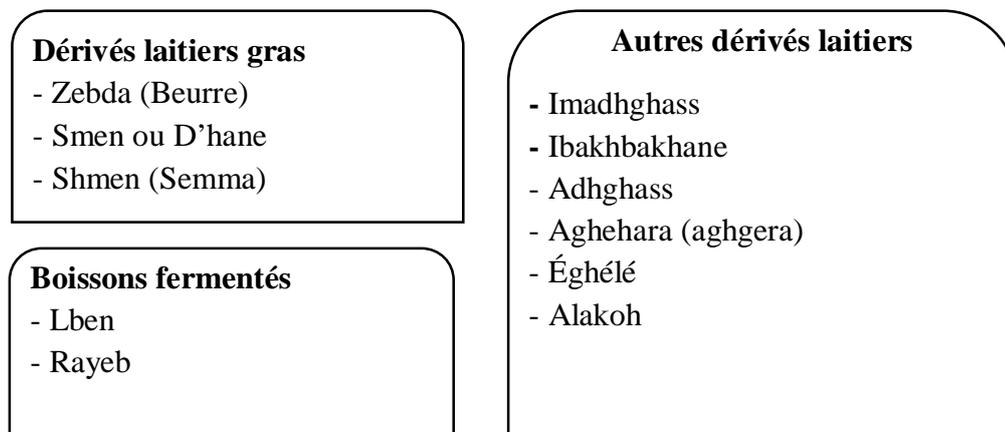


Figure 6 : Dérivés laitiers traditionnels algériens

II.2.1.1. Dérivés laitiers gras

II.2.1.1.a. Zebda (Beurre)

Le beurre frais Zebda est obtenu après barattage du lait caillé Rayeb, ce dernier est progressivement augmenté d'une quantité d'eau tiède (40-50 °C) à la fin du barattage pour favoriser l'agglomération des globules gras et accroître le rendement en beurre. Les globules lipidiques apparaissant en surface, et ils sont récupérés à la fin du barattage (**Bellakhdar, 2008 ; Camps, 1984**). Le beurre frais obtenu présente une consistance molle du fait de sa forte concentration en eau (**Benkerroum, 2013 ; FAO, 1990**).

II.2.1.1.b. Smen

Le surplus de beurre produit est transformé en beurre rancie Smen par lavage du beurre frais à l'eau tiède, saumurage, puis salage à sec (saupoudrage à la surface ; 8 à 10g/100g) (**Benkerroum et Tamime 2004**). Ce produit est un dérivé laitier gras populaire dans les pays du Maghreb notamment l'Algérie (**Camps, 1984**), et le Maroc (**Tantaoui-Elaraki et El Marrakchi, 1987**).

II.2.1.1.c. Shmen (Semma)

Le Shmen ou Semma est une huile de beurre clarifié obtenue par barattage du lait de chamelle spontanément acidifié (**FAO, 1990**). Le beurre est ensuite bouilli, clarifié après l'ajout d'un agent de clarification (par exemple, les dates écrasées) et écrémé après floculation des impuretés. Il est utilisé par les Touaregs du Sahara algérien pour la préparation d'aliments ou à des fins cosmétiques (**Kacem et Karam, 2006**).

II.2.1.2. Boissons fermentés traditionnelles

II.2.1.2.a. Rayeb

Le Rayeb est un lait fermenté produit dans de nombreux pays méditerranéens et sub-sahariens (**Béal et Sodini, 2012 ; Harrati, 1974**). Il est traditionnellement obtenu après acidification spontanée à température ambiante de lait cru durant une période variant de 24h à 72h selon la saison. La fermentation est associée à des bactéries lactiques mésophiles naturellement présentes dans les laits crus (**Mechai et al., 2014 ; Benkerroum et Tamime, 2004**). De nos jours, dans les zones urbaines, la fermentation spontanée, lente, est remplacée industriellement par une fermentation plus rapide par des bactéries lactiques thermophiles apportées sous forme de levains (**Leksir, 2012**).



Photo 1 : 'Chekoua' : Outre en peau de Brebis/chèvre (Camps, 1984)



Photo 2 : 'Mezla' : Baratte en terre cuite (Harrati, 1974.b)

II.2.1.2.b. Lben

Le Lben est un des dérivés laitiers le plus connu dans la transformation artisanale du lait. Il est largement consommé en Algérie, il est extrait suite au barattage du Rayeb et séparation du beurre (Mechai et *al.*, 2014 ; Camps, 1984 ; Harrati, 1974-b).

La préparation artisanale du Lben est simple : le lait est abandonné à lui-même dans une marmite en terre cuite « Rawaba » jusqu'à sa coagulation (FAO, 1990 ; Camps, 1984 ; Harrati, 1974-b), celle-ci se fait à température ambiante et dure 24 à 72 h suivant la saison (Tantaoui-Elaraki et El Marrakchi, 1987 ; Tantaoui-Elaraki et *al.*, 1983).

Le caillé formé est brassé à l'aide d'une cuillère ou une louche pour faciliter son transvasement dans le récipient utilisé pour le barattage. Depuis la plus haute antiquité, trois types de barrâtes traditionnelles sont utilisées en Algérie, selon les régions. Chez les Chaouias des Aurès et les nomades sahariens on utilise la Chekoua (Photo 1), fabriquée à partir de la peau de chèvre ou de brebis après un traitement laborieux. La Chekoua remplie de Rayeb est suspendue à un tripode ou à une poutre, elle est vigoureusement agitée d'avant en arrière jusqu'à coalescence des agrégats des particules grasses. Les particules de matière grasse s'agglomèrent alors entre elles pour former des grains de beurre (Mechai et *al.*, 2014 ; Benkerroum et Tamime, 2004 ; Boubekri et *al.*, 1984 ; Camps, 1984 ; Harrati, 1974-b). Dans la région de Kabylie orientale (*K'bayel el Hedra*) Ferdjioua, Mila et Jijel, les femmes utilisaient des ustensiles en terre cuite appelés 'Mezla' ou 'Artoul' quand il s'agit de petits volumes (Photo 2). La Mezla est déposée sur un morceau en liège et secouée pour extraire le beurre. Sur le côté du Mezla se trouve un petit trou qu'on ferme avec un tissu appelé 'Anfous' que les femmes enlèvent de temps en temps au cours du barattage pour évacuer l'air se formant à l'intérieur de la baratte. L'orifice de la baratte est fermé hermétiquement à l'aide d'un morceau en peau de chèvre appelé 'Afazaz' serrée autour de l'ouverture principale de la baratte par une ficelle.

Sur les hauteurs de Djurdjura, les femmes kabyles utilisent 'Thakhssayeth Oussendou' appelée aussi 'Thakhchachet' (Photo 3). Ce choix n'a pas été fait au hasard, sur le relief montagneux et escarpé de la Kabylie, on pousse une plante appelée calebasse. Cette plante donne un fruit qui à maturité devient rigide et vide à l'intérieur, il sert de baratte traditionnelle en Kabylie.

Le manipulateur doit secouer énergiquement avec les deux mains. L'opération de barattage dure de 40 min jusqu'à 1h et 15 min. La Zebda (*Oudhi*) est récupérée, généralement à la main (Camps, 1984 ; Harrati, 1974).



**Photo 3 : 'Thakhssayeth Oussendou' ou 'Thakhchachet' :
Calebasse de barattage (Camps, 1984).**

Bien que le Lben soit actuellement fabriqué par voie industrielle (Béal et Sodini, 2012) faisant appel à des fermentations contrôlées (Leksir, 2012), il reste largement fabriqué selon le procédé artisanal jusqu'à nos jours en Algérie, en Tunisie (Samet-Bali et al., 2010), et au Maroc (Menane et al., 2007). Le Lben est l'ingrédient de base pour la fabrication d'un autre dérivé laitier, un fromage traditionnel dénommé Klila.

II.2.1.3. Fromages traditionnels algériens

Le fromage est le groupe le plus important et diversifié de produits laitiers, leurs productions artisanales est fortement liée au terroir (Hallel, 2001).

Les fromages traditionnels constituent un capital culturel qui mérite d'être étudié, caractérisé et protégé. Dans la bibliographie on recense une dizaine de fromages dans différentes régions du pays. Ils se répartissent en quatre principales catégories à savoir : les fromages frais, les fromages affinés, les fromages fondus et les fromages durs (figure 7).

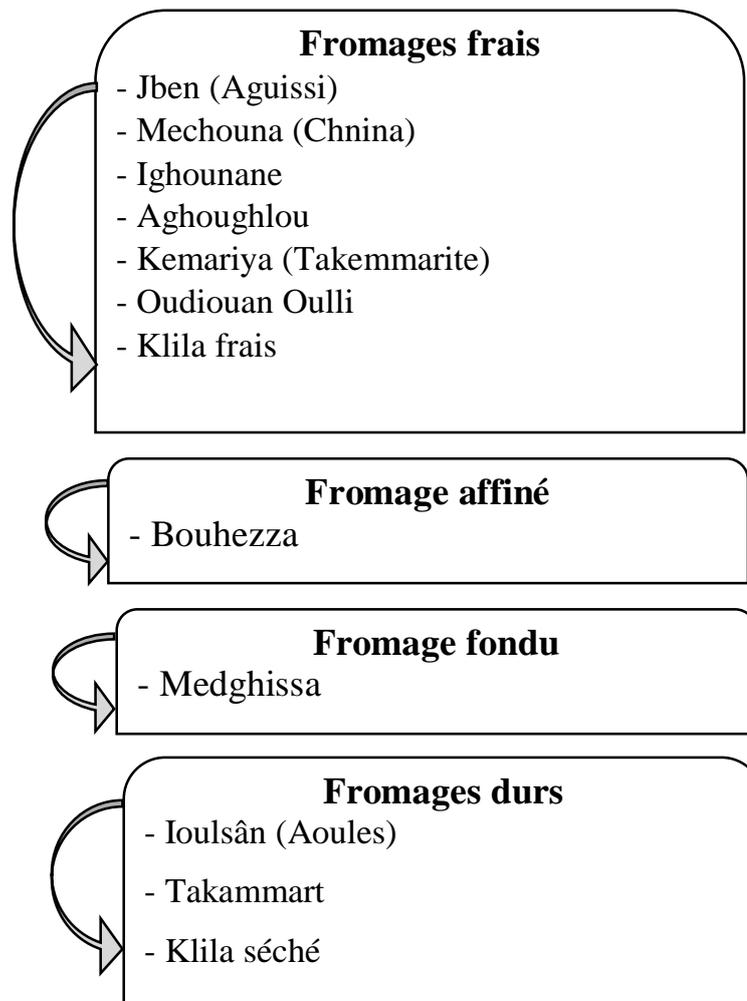


Figure 7 : Principales catégories des fromages traditionnels algériens

II.2.1.3.1. Fromages frais

II.2.1.3.1.a. Jben (Aguissi)

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

Le fromage Jben est fabriqué avec du lait cru de vache, de brebis ou de chèvre, acidifié spontanément et coagulé par des enzymes coagulantes d'origine végétale issues des fleurs de cardon (*Cynara cardunculus L*), d'une plante épineuse sauvage (*Cynara humilis*) ou d'artichaut (*Cynara scolymus*) (**Beniston et Beniston, 1984**), ou des graines de citrouille. La variété végétale utilisée varie d'une région à l'autre ; elle donne un goût et une texture appréciés par les gens de la région. Les fleurs entières sont mises à macérer dans le lait pour accélérer la coagulation et pour donner un certain goût au fromage. Le caillé est ensuite égoutté et salé ou pas selon la préférence.

Comme décrit par **Benkerroum et Tamine (2004)**, le Jben au Maroc, peut être artisanalement fabriqué sans coagulation du lait cru par voie enzymatique ; dans ce cas, le lait cru est seulement coagulé par acidification spontanée, puis le caillé est égoutté pendant 2 à 3 jours pour obtenir la consistance désirée. Des additifs peuvent être ajoutés après égouttage et salage (ail, persil, poivre, ...etc.). Le fromage obtenu correspond dans d'autres pays arabes au fromage nommé Jibneh Beida (**FAO, 1990**).

Enfin un troisième procédé technologique, utilisant de la présure animale, du lait de vache et des levains acidifiants est utilisé industriellement. En Algérie, le lait reconstitué à base de poudre remplace souvent le lait cru de vache (**Leksir, 2012**).

Le Jben peut selon les régions, être salé puis égoutté 10 jours, ou non salé et égoutté en moins de 4 jours et présenté, donnant ainsi un EST moyen de 45,6 % à 29,4 % respectivement (**Boudjaib, 2013**).

II.2.1.3.1.b. Ighounane

C'est un fromage fabriqué en Kabylie, dans les hauteurs du Djurdjura, à partir du colostrum (lait du premier jour après 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 pour continuer l'égouttage puis consommé à l'état frais (**Lahsaoui, 2009**).

II.2.1.3.1.c. Aghoughlou

Fromage fabriqué en Kabylie, il est obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre coagulé par le latex de figuier (*Ficus carica*), le caillé obtenu est consommé frais.

II.2.1.3.1.d. Mechouna (Chnina)

Le Mechouna est un fromage à l'origine préparé avec du lait de chèvre, mais actuellement le lait de vache est fréquemment utilisé. Il peut être considéré comme un fromage frais à pâte molle. Le procédé commence par un traitement thermique du lait jusqu'à ébullition, ensuite on ajoute une quantité de Lben salé, égale à la moitié de celle du lait. L'ensemble est chauffé une deuxième fois jusqu'à coagulation et séparation du caillé du lactosérum. Le caillé est séparé du lactosérum par filtration à travers une passoire, puis mis dans un tissu (mousseline) et suspendu pour égouttage jusqu'à élimination totale du lactosérum. Pour s'assurer que l'égouttage est complet, cette opération est suivie par un pressage (**Derouiche et Zidoune, 2015 ; Benkheniche et Kaya, 2013**). Le fromage est récupéré et gardé dans des récipients en verre au frais, sa conservation ne doit pas dépasser 6 jours. Pour agrémente son goût il peut être épicé selon le choix des consommateurs ; dans ce cas le Mechouna est dénommé Chnina (**Lemouchi, 2007**).

II.2.1.3.1.e. Kemariya (Takemmarite)

C'est un fromage traditionnel produit principalement à partir de lait de chèvre, Il est coagulé par des présures végétales ou animales, cependant il peut être aussi fabriqué à partir de lait de vache et de chamelle.

La Kemariya ou Takemmarite (Berbère), est fabriqué selon des procédés traditionnels dans les régions du M'zab (**Bousnane et Djadi, 2009**), notamment dans la wilaya de Ghardaia. Il est consommé souvent en dessert durant les périodes de fêtes arrosé de miel, garni de cacahuètes et servi avec du thé à la menthe. Du fait de la forte demande de ce fromage, il est de plus en plus produit par des PME selon des processus semi industriels pour être commercialisé aussi bien sur les marchés traditionnels qu'au niveau de certaines grandes surfaces du Nord algérien.

II.2.1.3.1.f. Oudiouan Oulli

C'est un fromage des Touaregs similaire au fromage blanc servi en petites portions et consommé frais ou séché.

II.2.1.3.1.g. Klila frais

Pour éviter sa dégradation durant la phase de stockage, le Lben est chauffé modérément (55 °C - 75 °C) jusqu'à la séparation du lactosérum.

Le coagulum obtenu, appelé Klila, fabriqué dans plusieurs régions de l'Algérie, est consommé comme un fromage frais après égouttage naturel (**Harrati, 1974-a**).

II.2.1.3.2. Fromages à pâte dure

II.2.1.3.2.a. Ioulsân (Aoules)

L'Aoules, ou Ioulsân, est un fromage traditionnel algérien de la région du Hoggar (Tamanrasset), préparé par les Touaregs ou Ihaggarren. C'est un fromage 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 étendu dans un panier de paille et le caillé est malaxé en petite quantité pour donner la forme de petites galettes (2 cm d'épaisseur, 6 à 8 cm de diamètre) (**FAO, 1990**). Le fromage est ensuite séché au soleil, broyé et peut être mélangé avec de la pâte de dattes ou avec les boissons (**Benkerroum, 2013**).

II.2.1.3.2.b. Takammart

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

II.2.1.3.2.c. Klila séché

Comme il peut être consommé frais, le fromage Klila peut également être découpé puis séché (de 2 à 15 jours selon la saison), et ensuite utilisé après réhydratation comme un ingrédient dans des préparations culinaires. Sous sa forme déshydratée, il peut être conservé plusieurs années à température ambiante, dans des jarres en terre cuite ou des sacs en peau de chèvre/brebis (**Denis, 1989 ; Camps, 1984 ; Ben Danou, 1929 ; Duval, 1855**).

II.2.1.3.3. Fromage affinée Bouhezza

C'est un fromage affiné traditionnel, à pâte molle, des régions de l'Est algérien (Oum el Bouaghi, Khenchela, Batna etc....) jadis réputées par une pratique importante de l'élevage extensif des caprins et des ovins.

En effet, à l'origine, le Bouhezza était le produit de la transformation du lait de chèvre et de brebis, toutefois la tendance actuelle semble s'orienter vers l'utilisation du lait de vache (Aissaoui, 2014 ; Lemouchi, 2007 ; Aissaoui, 2004).

Le fromage est obtenu après transformation du Lben dans une outre (*Chekwa*) fabriquée à partir de peau de chèvre préalablement traitée avec du sel et du genièvre (Aissaoui, 2014). L'égouttage, le salage et l'affinage du Bouhezza sont réalisés simultanément dans l'outre pendant une durée de 2 à 3 mois. Au cours de la période d'affinage, du Lben et du lait sont rajoutés au contenu de l'outre. Au stade de la consommation le fromage est pétri avec incorporation de poudre de piment rouge, ce qui lui donne un gout particulier (Aissaoui, 2004).

II.2.1.3.4. Fromage fondu Imdeghest (Medghissa)

Imdeghest ou Medghissa est un fromage fondu de la région des Chaouias, préparé par la cuisson de Klila frais ou semi séché dans le lait entier de vache, chèvre ou de brebis, sur feu doux. La Medghissa est consommée comme goûter et appréciée pour son élasticité (Khoualdi, 2017).

II.2.1.4. Autres dérivés laitiers traditionnels

Originaire de la région des Aurès, l'**Ibakhbakhane** est produit, à partir d'une mixture de graines d'orge immature (Marmez) et de Lben, soumis à une fermentation à des températures inférieures à 20 °C par immersion dans un puit pendant 2 à 5 jours. L'**Imadhghass** est produit dans la région des Aurès à partir d'une mixture de Klila fraîche et de lait frais. Le produit est consommé comme un dessert. L'**Adhghass** est produit également dans la région des Aurès, il est fabriqué à partir d'un mélange de colostrum et d'œufs qui est ensuite cuit. L'**Aghehara ou l'aghgera** est une boisson très prisé par les nomades sahariens, composée d'un mélange de fromage Klila pilé, d'une mouture de céréales, du piment, des dattes et de l'eau. L'**Éghélé** est de l'aghgera additionnée de lait baratté. L'**Alakoh** est quant à elle, une boisson composée d'eau, de poudre de dattes et d'un peu de fromage Klila en poudre (Camps, 1984). Très peu de références sont disponibles sur ces préparations alimentaires, on n'est pas sûrs si elles sont toujours préparées de nos jours, des études de terrain approfondies permettront de confirmer ces données.

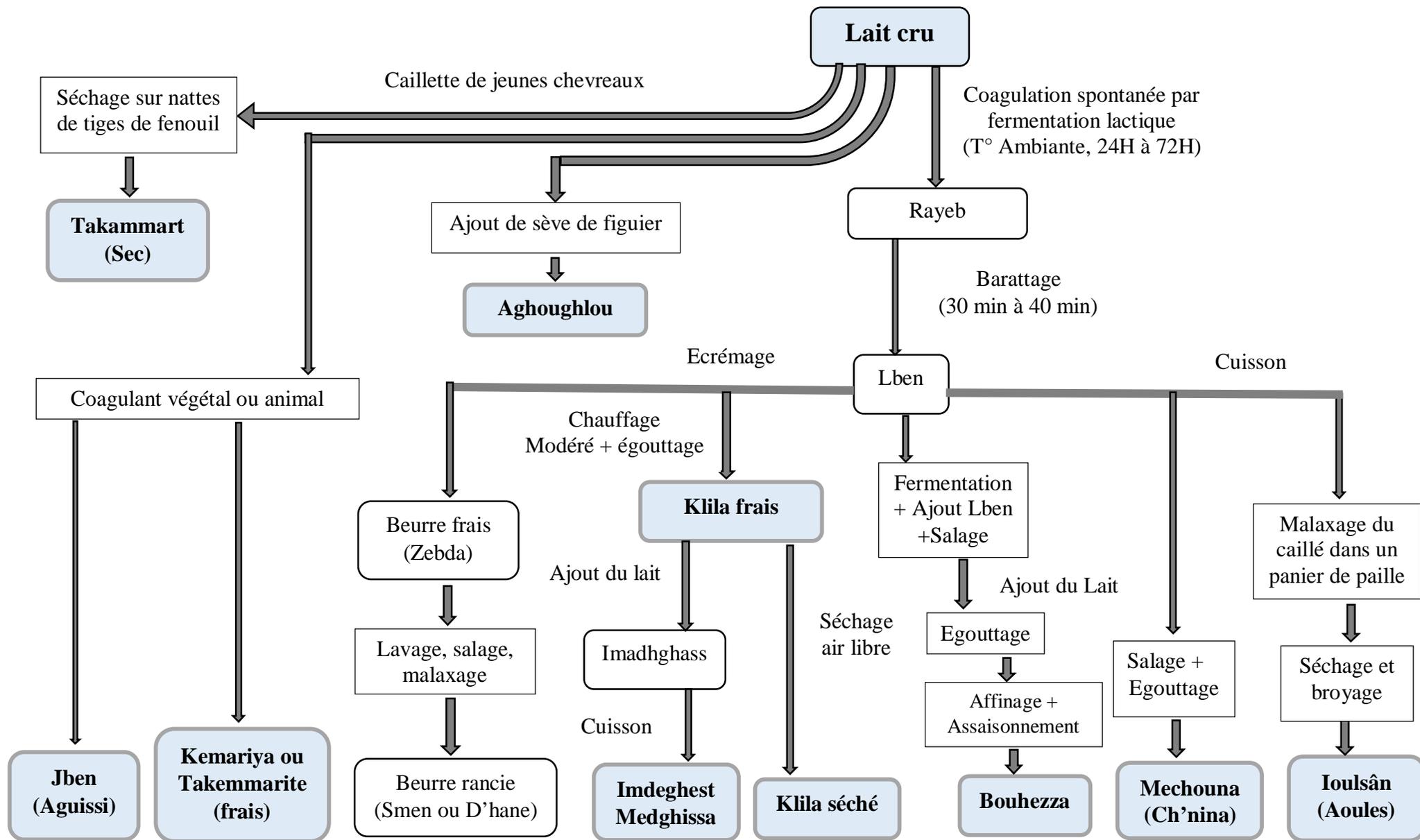


Figure 8 : Schéma Global illustratif des procédés de fabrication des principaux produits laitiers et fromages traditionnels algériens

III.1. Définition légale du fromage

Sur le plan technologique, le fromage est de la caséine plus ou moins débarrassée des autres constituants du lait et plus ou moins transformée. Selon le **CODEX STAN 283 (1978)**, Le fromage est le produit affiné ou non, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait. Il est obtenu par coagulation complète ou partielle des protéines du lait, et par égouttage du lactosérum résultant de cette coagulation. La fabrication du fromage entraîne la concentration des protéines du lait (notamment de la caséine), la teneur en protéines du fromage étant par conséquent nettement plus élevée que la teneur en protéines du lait qui a servi à la fabrication du fromage.

III.2. Technologie fromagère : du traditionnel au moderne

Le fromage est essentiellement constitué d'un gel de caséine retenant les globules gras et une partie plus ou moins importante de la phase aqueuse du lait (**CODEX STAN 283 -1978**). La fabrication de fromages comprend trois phases : Acidification et coagulation, égouttage (**Boutonnier, 2012 ; Yildiz, 2010**). Ces phases déterminent les caractéristiques du fromage consommé frais et les conditions de développement et d'expression des microorganismes responsables de l'affinage s'il aura lieu (**Chamba, 2008 ; Hui, 1992**). Elle comprend souvent des phases de salage et d'affinage. Cette dernière étape n'existe pas dans le cas des «fromages frais» consommés après égouttage. La préparation du fromage est généralement précédée d'une phase préalable de préparation du lait (**Bennett et Johnston, 2004 ; FAO, 1995**).

Le diagramme global de fabrication des fromages traditionnels algériens est donné par la figure 8 qui illustre les procédés de fabrication des principaux produits laitiers et fromages traditionnels algériens.

III.2.1. Préparation du lait

Dans de nombreuses fabrications de fromages fermiers, le lait, encore tiède, est mis en coagulation dès la traite, après une simple filtration. Dans certains cas, on laisse le lait reposer quelques heures dans un local frais afin de procéder à un écrémage partiel en recueillant la crème montée à la surface et afin de permettre le démarrage de la flore lactique intervenant dans la coagulation.

Ces procédés ont l'avantage de permettre d'utiliser et de conserver sur place, de façon très simple, le lait et constituent un moyen non négligeable pour améliorer les ressources alimentaires et les revenus des éleveurs.

III.2.2. Coagulation

La coagulation du lait correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine. Les micelles de caséine doivent leur stabilité à deux facteurs :

- *La charge de surface* : Au pH normal du lait, les caséines ont un fort excès de charges négatives. Les micelles sont elles aussi chargées et de fortes répulsions électrostatiques empêchent leur rapprochement.

- *L'hydratation des micelles de caséine* : l'eau fixée par les micelles est importante (3,7 g par g de protéines) ; une partie de cette eau forme autour de chaque micelle une enveloppe d'hydratation protectrice.

La coagulation (caillage) correspond à un changement d'état physique irréversible dans lequel un lait au repos, initialement liquide, passe à l'état semi-solide généralement appelé gel ou plus spécifiquement coagulum (**Yildiz, 2010 ; Shetty et al., 2006 ; Bennett et Johnston, 2004**).

En fromagerie, la déstabilisation des caséines est réalisée soit par acidification qui se fait par voie fermentaire à l'aide de bactéries lactiques ou par ajout d'acides (**Farkye, 2004**), soit par voie enzymatique à l'aide d'enzymes coagulantes végétales ou animales en particulier la présure.

III.2.2.a. Coagulation par acidification lactique

Sous l'action des bactéries lactiques naturellement présentes dans le lait de fabrication ou apportées par des levains, le lait s'acidifie progressivement (**De Vos et al., 2009 ; Robinson, 2002**). Cette acidification entraîne une neutralisation des charges négatives portées par les caséines (**Shetty et al., 2006 ; Luquet et Corrieu, 2005 ; Bennett et Johnston, 2004 ; Salminen et al., 2004**). Dans le même temps se produit une déminéralisation progressive des micelles qui se désintègrent en sous-unités. Lorsque le pH est voisin de 5, la charge des sub-micelles est très réduite et la précipitation s'amorce (pH_i de la caséine), la neutralisation des charges est complète ; les micelles de caséine flocculent et se soudent formant au repos un gel homogène qui emprisonne le lactosérum et occupe entièrement le volume du lait (**Yildiz, 2010**). Au cours de la déminéralisation du complexe phosphocaseinate de calcium, le calcium colloïdal migre dans le sérum (**Chamba, 2008**).

III.2.2.b. Coagulation par enzymes coagulantes végétales

Diverses enzymes protéolytiques d'origine végétale (broméline, ficine) ont la propriété de coaguler le lait. Les techniques de coagulation par présure végétale sont traditionnellement utilisées dans certaines régions européennes sud-méditerranéennes, en Amérique latine (FAO, 1990) et en Afrique (Beka, 2011 ; Nouani et al., 2009). Les présures végétales évitent de recourir à l'achat ou à la préparation de présure animale, et permettent de profiter d'une ressource gratuite et à portée de main. Le recours à la présure végétale est un des principaux éléments de la définition et de la différenciation de fromages d'appellations d'origines protégées portugais et espagnols. Les présures végétales les plus étudiées sont celles extraites du cardon ou de l'artichaut.

III.2.2.c. Coagulation par la présure animale

La plus ancienne, et toujours très employée, est la présure constituée d'un mélange de chymosine (80%) et de pepsine (20%) ; elle est sécrétée dans la caillette des jeunes ruminants nourris au lait. Outre son activité coagulante, spécifique sur la caséine, la chymosine a une activité de protéolyse générale pouvant se manifester sur toutes les protéines. Ces enzymes peuvent être apportées sous formes de préparation coagulante obtenue à partir de macération de caillettes, ou sous forme d'enzymes purifiées obtenues par la voie technologique (Boutonnier, 2012 ; FAO, 1995).

La coagulation du lait par la présure comprend deux phases : une phase enzymatique, au cours de laquelle la chymosine dégrade la caséine K de façon spécifique, et une phase de coagulation, qui correspond à la formation du gel par agrégation des micelles modifiées. Dans beaucoup de types de fromage, la coagulation se fait par combinaison d'acidification lactique et d'utilisation de présure notamment d'origine animale : c'est la coagulation mixte (Corrieu et Luquet, 2008).

III.2.3. Egouttage

Le gel formé par acidification ou par action de la présure est dans un état physique instable. Selon la nature du coagulum, plus ou moins rapidement, la phase dispersante se sépare spontanément du coagulum sous forme de lactosérum liquide jaune pâle. L'élimination progressive du lactosérum (par synérèse) s'accompagne de la rétraction et d'un durcissement du gel. Il conduit à un caillé dont l'extrait sec est plus ou moins élevé, et qui correspond au fromage formé (Boutonnier, 2012 ; Bennett et Johnston, 2004).

L'égouttage est le résultat de deux phénomènes physiques différents : la synérèse, qui est due à la contraction du gel ; un phénomène passif, résultant de l'aptitude du coagulum à laisser s'écouler le lactosérum occlus ; cette exsudation spontanée du sérum, liée à la perméabilité du coagulum, est une des caractéristiques des gels lactiques (FAO, 1995 ; Hui, 1992).

La séparation du lactosérum s'accompagne d'une ségrégation des différents composants originels du lait : la plus grande partie de l'eau et du lactose ainsi qu'une petite fraction de la matière grasse et des protéines sont éliminées par le sérum ; la plus grande partie des protéines et de la matière grasse est retenue par le coagulum, dont l'extrait sec croît progressivement à mesure de l'élimination du sérum (Ramet J-P, 1985).

III.2.4. Salage

Le salage s'effectue de différentes façons, en saupoudrant le caillé de sel, en l'immergeant dans la saumure ou encore en le frottant avec un chiffon salé (Hui, 1992).

Le salage a un triple rôle : il complète l'égouttage et contribue à la formation de la croûte ; il règle l'activité de l'eau (A_w) du fromage et par là favorise, freine ou oriente le développement des micro-organismes et les activités enzymatiques au cours de l'affinage ; il relève la saveur, rehausse l'arôme du fromage et masque ou exalte le goût de certaines substances formées au cours de l'affinage.

III.2.5. Affinage

L'affinage est le procédé du vieillissement du fromage, celui-ci est placé pendant une durée variable dans une salle ou une cuve spéciale parfois appelée «hâloir», ventilée ou non, dans laquelle la température et l'humidité sont contrôlées. Pendant ce temps, le fromage peut être lavé, retourné, brossé ou déplacé, il devient plus compact, sa croûte se forme et son goût s'affirme.

Sauf dans le cas où ce coagulum est consommé à l'état frais, il subit alors un affinage (ou maturation) qui va modifier sa composition, sa valeur nutritive, sa digestibilité et ses caractères organoleptiques (aspect, consistance, saveur, odeur) (Hylckama et al., 2007 ; Hui, 1992).

III.3. Classification des fromages

Sans qu'aucune liste définitive ne puisse être établie, de nombreuses tentatives de classification des variétés de fromages ont été faites, basées sur différents critères : texture, méthode de coagulation, indices d'affinage et/ou technologique.

Une classification officielle des fromages en fonction de la teneur en humidité dans le fromage dégraissé (HFD), de leur teneur en matière grasse et des principales caractéristiques d'affinage est donnée par le **CODEX STAN 283 (1978)** cité par la **FAO (1995)**.

III.4. Intérêts nutritionnels des fromages

Les fromages constituent une forme ancestrale de conservation des constituants du lait, ils présentent toutes les qualités du lait et possèdent par ailleurs un haut intérêt à la fois nutritif et épicurien (**Fox et Mc Sweeney, 2004 ; FAO, 1995**).

L'intérêt alimentaire des fromages présente de nombreux points communs avec celui du lait (**Vilain, 2010**). Toutefois, sa fabrication s'accompagne de modifications de composition et de valeur nutritionnelle.

III.4.1. Composition des fromages en nutriments

III.4.1.1. Teneur en eau et extrait sec complémentaire

L'extrait sec est le complément à 100 de la teneur en eau. Il est fonction de la matière grasse du lait, de la crème ajoutée et de l'importance de l'égouttage car l'élimination du lactosérum entraîne une forte augmentation de la teneur en matière sèche (**Ramet J-P, 1985**).

III.4.1.2. Protéines

Le fromage est un aliment protéique par excellence. Les fromages sont les aliments les plus riches en protéines, notamment les pressés dont la teneur en protéines dépasse celle de la viande (30% vs 20%) (**O'Brien et O'Connor, 2004**).

La principale protéine des fromages est la caséine et lors de leur fabrication, son coefficient d'utilisation digestive s'élève du fait de la coagulation provoquée par son hydrolyse partielle et passe ainsi de 90% pour le lait à 97-98% pour les fromages.

III.4.1.3. Minéraux et oligoéléments

Les éléments minéraux des fromages représentent les facteurs nutritionnels les plus intéressants. Le calcium s'y retrouve en quantités supérieures à celles du lait : jusqu'à dix fois plus pour les fromages à pâte dure et quatre à cinq fois pour les pâtes

molles. Seuls les fromages frais contiennent des quantités équivalentes à celles du lait. Les fromages les plus gras contiennent relativement moins de calcium et de phosphore. Leur taux en sodium varie selon la quantité de sel ajouté (**O'Brien et O'Connor, 2004**).

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium et de phosphore dont les teneurs varient en fonction du mode de fabrication et de la teneur en eau (**Fox et McSweeney, 2004**). Ceux à pâte dure puis semi dure et les fromages à pâte molle ont des taux plus faibles mais en général supérieurs à ceux du lait par le phénomène de concentration liée à la perte en eau. La teneur en potassium est en général inférieure à 150 mg ce qui correspond à celle du lait.

Le lait a une teneur faible en oligoéléments, c'est pourquoi, même s'ils se concentrent avec la matière sèche dans les fromages ils restent en quantité négligeable (**Bennett et Johnston, 2004**).

III.4.1.4. Vitamines

Les vitamines sont présentes dans les fromages en quantités variables. Les vitamines liposolubles essentiellement les vitamines A et D sont apportées par les lipides. Leurs teneurs sont fonction de celle des matières grasses des laits utilisés comme matière première, de l'adjonction de crème et de la concentration en matière sèche. Les teneurs en vitamines D et A restent faibles (respectivement 0,2µg/100g et 0,5mg/100g en moyenne) (**O'Brien et O'Connor, 2004**).

La perte des vitamines du groupe B entraînées dans le lactosérum peut atteindre 90%. Le degré de récupération dans le fromage des vitamines du lait est de :

- 10 à 20 % pour la thiamine, les acides nicotinique, folique et ascorbique ;
- 20 à 30% pour la riboflavine ;
- 30 à 45% pour la pyridoxine et l'acide pantothénique ;
- 40 à 60% pour la cobalamine.

Sur le plan nutritionnel, les teneurs en vitamines se maintiennent à des taux suffisamment élevés pour faire du fromage un aliment digne d'intérêt à ce propos. A noter qu'en cours de conservation, les concentrations en vitamines B varient sensiblement. Les moisissures synthétisent et consomment certaines vitamines de ce groupe, mais, globalement, leur présence a plutôt un effet enrichissant, ainsi, les fromages à moisissures internes contiennent une quantité 4 fois supérieure à celle du lait en vitamines B₂, PP et B₆ (**FAO, 1995**).

III.4.1.5. Glucides

Les fromages affinés ne contiennent en général pas de glucides; la petite quantité de lactose restant dans le caillé en fin d'égouttage est transformée en acide lactique au cours de l'affinage. Le lactose étant le principal glucide du lait, sa quasi-totalité se transforme en acide lactique au cours du caillage (fromage blancs et fromages à pâte molle) ou de l'affinage et/ou éliminé avec le lactosérum au cours de l'égouttage (O'Brien et O'Connor, 2004). La teneur en lactose est ainsi de :

- 3,5% dans les fromages frais non sucrés ;
- 18% environ dans les fromages frais sucrés ou aux fruits ;
- Négligeable dans les autres fromages : ils peuvent donc être consommés dans les régimes sans lactose.

III.4.1.6. Matière grasse

Les lipides d'origine laitière sont une source de vitamines A, D et E pour l'essentiel. Les laits de ruminants sont caractérisés par la présence d'acides gras conjugués (CLA : acide linoléique conjugué) dont l'intérêt nutritionnel est démontré (Bargis, 2012).

La teneur des fromages en lipides est très variable car certains fromages (exemple : fromage frais) sont fabriqués avec du lait enrichi à la crème alors que d'autres sont obtenus à partir de lait totalement ou partiellement écrémé.

La teneur lipidique du lait destiné à la production fromagère conditionne très largement les taux de matières grasses du produit fini, des triglycérides en majeure partie. Les teneurs en acides gras sont aussi équivalentes à celles du lait, surtout les acides gras volatiles (C2, C4, C6 et C8) qui donnent au fromage son odeur. Le cholestérol subi une concentration lipidique : il atteint ainsi une valeur moyenne de 80mg/100g. Une faible partie des lipides (dont le degré est fonction du type d'affinage) est hydrolysée et transformée en cétones. Les acides gras et les cétones ont un rôle aromatisant, cependant, leur excès peut rendre le fromage moins digestible chez les sujets sensibles (O'Brien et O'Connor, 2004).

Certains acides gras, à nombres impaires de carbone produits par la dégradation de certains acides aminés ou l'acide acétique obtenu de la transformation du lactose, sont aussi responsables de l'odeur, et donc de l'acceptabilité du fromage. Le stockage s'accompagne souvent d'une augmentation de la teneur en composés aromatiques, conditionnant par là son attrait pour le consommateur (FAO, 1995).

Le fromage contient 4 à 22% de diglycérides et 0,5 à 2% de monoglycérides et d'acides gras libres. La lipolyse est entamée par les lipases. La composition en acides gras (au contraire de la composition aminée) est peu modifiée par la lipolyse. Enfin, la digestibilité des graisses fromagères est bonne (de 88 à 94%).

III.4.2. Récapitulation de la composition moyenne des principaux fromages traditionnels algériens

Le tableau 1 représente une synthèse des différents paramètres physicochimiques identifiant les fromages traditionnels algériens les plus étudiés. En ce qui concerne le fromage traditionnel Klila, sujet de la présente étude, il sera étudié et présenté à part dans la partie résultats et discussion.

Tableau 1 : Composition moyenne des fromages traditionnels algériens les plus étudiés (Compilation de plusieurs sources)

Paramètres						Produits laitiers algériens	Références
EST (g/100g)	pH	AT (%)	Prot. (g/100g)	MG (g/100g)	Cendres (%)		
28,50 à 55,80	4,83 à 5,43	0,45 à 0,88	-	10,20 à 16,83	0,28	Jben	Boudjaib (2013) ; Bendimerad (2013)*
23,00 à 35,00	3,7 à 4,00	0,21	43,50 à 56,70	21,00 à 39,00/ES	2,20	Bouhezza	Aissaoui (2014)** ; Lemouchi (2007) ; Aissaoui (2004) ;
33,65	5,43	0,74	24,70	04,37	0,96	Imedghest	Khoualdi (2017)
45,16	9,91	0,75	22,58	18,55	4,63	Mechouna	Derouiche (2017) ; Derouiche et Zidoune (2015)

EST : Extrait Sec Total ; AT : Acidité Titrable ; Prot. Protéines ; MG : Matière grasse ;

* Fabrication contrôlée au laboratoire ; - : Donnée manquante ;

** Fromage à 75 jours d'affinage ; /ES : Donnée exprimée par rapport à l'extrait sec.

III.5. Intérêts thérapeutiques des fromages

Les microorganismes sont utilisés par l'homme depuis l'antiquité pour produire une large gamme d'aliments fermentés (Trivedi, 2009) dont certains possèdent des propriétés et des fonctions intéressantes (Wildman, 2007 ; Remacle et Reusens, 2004 ; Salminen *et al.*, 2004 ; Mattila-Sandholm et Saarela, 2003).

Les écosystèmes des produits laitiers sont connus par leurs multiples vertus pour la santé humaine, connus sous la dénomination aliments santé ou alicaments.

Un alicament est un aliment combinant la notion d'aliment et de médicament dans le cadre d'une alimentation fonctionnelle et équilibrée (**Bargis, 2012 ; Foucaud-Scheunemann et Helinck, 2012**).

Chez l'homme, ces bactéries jouent un rôle inhibiteur contre les bactéries pathogènes et améliorent la digestion (**Bargis, 2012 ; Corrieu et Luquet, 2008**). L'expression 'probiotique' dérive de deux mots grecs ; 'pro' et 'bios' qui signifient en faveur de la vie, ce sont des préparations microbiennes vivantes qui ont une action bénéfique sur l'hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale (**Mozzi et al., 2010 ; Chamba, 2008 ; Luquet et Corrieu, 2005 ; Tamime, 2005 ; Robinson, 2002**). L'effet bénéfique des probiotiques est dû à plusieurs mécanismes :

- La production d'acides organiques (acide lactique, acétique), de peroxyde d'hydrogène, et de bactériocines qui limitent le développement des entérobactéries (**Tabak et Bensoltane, 2012 ; Mozzi et al., 2010 ; De Vos et al., 2009**) ;
- Les souches probiotiques peuvent inhiber l'implantation des germes pathogènes par compétition pour l'adhésion aux cellules intestinales, ce qui permet une colonisation rapide et dirigée du tube digestif (**Tabak et Bensoltane, 2012 ; Giraffa et al., 2010 ; De Vuyst et Tsakalidou, 2008**) ;
- Ces bactéries peuvent réduire l'absorption de substances toxiques (ammoniac, amines, indole) et peuvent ainsi diminuer les biotransformations des sels biliaires et des acides gras en produits toxiques (**Hylckama et al., 2007**) ;
- Les probiotiques peuvent également produire des métabolites susceptibles de neutraliser 'in situ' certaines toxines bactériennes (**Luquet et Corrieu, 2005 ; Tamime, 2005 ; Salminen et al., 2004**) ;
- Les probiotiques peuvent stimuler l'activité enzymatique de micro-organismes endogènes permettant ainsi une meilleure assimilation des aliments (**Chamba, 2008 ; Leroy et De Vuyst, 2004**) ;
- Ils peuvent stimuler les cellules du système immunitaire et favoriser la production d'anticorps qui inhibent ainsi les bactéries pathogènes à la surface des muqueuses intestinales (**Keohane et al., 2009**) ;
- Certaines souches peuvent posséder une activité anti-cancérogène dont les propriétés peuvent se répartir en deux catégories :
 - la prévention de l'initiation d'un cancer, soit en détruisant des substances précancérogènes présentes dans l'organisme, soit en inhibant les bactéries

présentes dans le tractus digestif, productrices d'enzymes catalysant la conversion de substances cancérigènes (**Mattila-Sandholm et Saarela, 2003**) ;

- la suppression de cellules tumorales, soit directement, soit de façon indirecte, en favorisant l'activité des macrophages qui sont impliqués dans la destruction des cellules tumorales (**Remacle et Reusens, 2004**).

- Les Lactobacilles secrètent la bêta-galactosidase, souvent déficiente dans le tractus digestif de l'hôte et facilite donc la digestion du lactose (**Chamba, 2008**) ;
- Les produits laitiers fermentés ont également des effets positifs sur la croissance et la longévité. Les travaux d'Arai et *al.* 1980 signalent que la longévité des souris est accrue chez celles qui consomment un régime alimentaire enrichie en lait fermenté par rapport aux deux autres lots qui reçoivent soit un régime témoin de laboratoire soit un régime enrichi en lait (**FAO, 1995**) ;
- Les relations entre les produits laitiers et la régulation des taux de lipides sanguins sont paradoxales (**Remacle et Reusens, 2004**). En effet, s'il est bien établi qu'une consommation élevée de lipides saturés, dont le beurre, augmente le taux de cholestérol circulant, il ne semble pas que l'on retrouve cet effet lorsqu'on consomme, à taux lipidique égal, du lait. Certaines recherches suggèrent, de plus, que les produits laitiers fermentés seraient encore plus efficaces que le lait pour maintenir une cholestérolémie basse (**FAO, 1995**).

IV.1. Histoire de l'étude du fromage Klila

Le fromage Klila fut longtemps l'une des rares manières ancestrales pour conserver le lait. Au printemps, lorsque l'offre pastorale est suffisante pour une forte production laitière, le lait cru est abondant, à température ambiante sa coagulation est spontanée. Il est ensuite baratté pour obtenir du beurre et du Lben. Le Lben se conserve mal, il aigrit rapidement au bout de deux à trois jours. Pour éviter tout gaspillage, la quantité, qui échappe à la consommation, est chauffée pour séparer le lactosérum du caillé ; ce caillé qu'on appelle Klila est consommé comme fromage frais ou bien séché ou incorporé à diverses préparations culinaires.

Le Klila peut être séché jusqu'à devenir dure comme une pierre (**Ben Danou, 1929**) ; concassée il sert de condiment dans la cuisine des nomades qui le consomme durant leurs longs voyages en la laissant fondre sous la langue.

Le fromage Klila bien qu'il soit connu, fabriqué et consommé en Algérie depuis la nuit des temps (**Denis, 1989 ; Camps, 1984 ; Duval, 1855**) il a été malheureusement pas ou peu étudié. A l'exception d'approches effectuées par des travaux de thèses réalisés sur le fromage Klila en Algérie notamment :

- La citation de la thèse de doctorat : Harrati E. (1974) intitulée Recherche sur le Lben et le Klila algériens dont on n'est pas parvenu à retrouver. Cependant, On a eu de la chance de tomber sur deux articles précieux Harrati (1974) un sur Klila et l'autre sur Lben algériens ;
- Les travaux de Boubekri K. et Ohta Y. (1996) portant sur l'identification des bactéries lactiques isolées à partir du fromage traditionnel algérien Klila et l'étude de leurs propriétés antimutagènes, ainsi que la production de substances antimicrobiennes à partir de ses souches lactiques isolées du fromage Klila.

Notre étude du le fromage Klila a été initiée en 2013 (**Leksir et Chemmam**) au niveau de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers 'Université de Guelma'.

- Les résultats préliminaires ont fait l'objet d'une communication orale et d'une publication dans les proceedings du Séminaire International sur les Sciences Alimentaires en 2014 « *Klila : un nouveau souffle pour une technologie ancienne* » ;

- Une partie des résultats de nos travaux ont été publiés sous forme d'un article de **Leksir et Chemmam (2015)** portant sur la caractérisation physicochimique et la qualité microbiologique ainsi qu'une enquête de fabrication et de consommation du fromage traditionnel Klila.

Par la suite, d'autres travaux de recherche sur Klila en Algérie ont continué sa caractérisation :

- Guetouache et Guessas (2015) : Travail portant sur la caractérisation et l'identification de bactéries lactiques isolées à partir du fromage Klila ;
- Benamara et *al.* (2016) : Travail portant sur une caractérisation physicochimique, microbiologique et sensorielle du fromage Klila ;
- Benlahcen et *al.* (2017) : Travail portant sur la caractérisation microbiologique du fromage traditionnel Klila ;
- Meribai et *al.* (2017) : Travail portant sur une caractérisation physicochimique et étude de la qualité microbiologique du fromage traditionnel Klila.

Aucun travail de recherche n'a entamé jusqu'à ce jour, la valorisation nutritionnelle du fromage Klila. Nous avons commencé nos études sur la composition nutritionnelle du fromage Klila (Protéines, lipides et acides gras, sels minéraux et vitamines) ainsi que la réalisation d'essais d'incorporation dans des préparations alimentaires en 2015.

IV.2. Origine de l'appellation «Klila»

Selon les recherches que nous avons menées, la dénomination du fromage Klila est déjà utilisée depuis l'antiquité par les berbères autochtones de l'Algérie (**Denis, 1989 ; Duval, 1855**) elle peut fort probablement provenir du mot berbère '*Ikil*' qui signifie lait caillé, chez les Chaouis, quand le lait caille, ils disent '*T'kellel*'. En Kabylie, le lait qui caille spontanément en période de fortes chaleurs est appelée '*Tiklitt*' et comme le fromage traditionnel Klila est le caillé récupéré après fermentation et caillage du lait ça reste une des hypothèses les plus fortes.

Une autre hypothèse suggère que Klila est appelée ainsi à cause du petit rendement fromager par rapport à la quantité initiale du lait mise en œuvre (à peu près 1/10). Klila en Arabe « **قليلة** » signifie petite quantité. Elle est aussi appelée '*Lacta*' dans certaines régions de l'extrême Nord-Est algérien, c'est un terme qui s'apparente au lait.

Anciennement, les berbères appelaient 'Lagat' le fromage maigre fabriqué et séché sous les rayons de soleil. Le terme 'Lagta' signifie que pour avoir ce fromage il faut collecter et récupérer des petites quantités de lait sur plusieurs jours. Dans certaines régions d'Algérie il était désigné sous le nom de 'Lemjeben' qui était séché au soleil et ajouté dans les bouillons (Camps, 1984).

Ces données nécessitent une confirmation par des historiens spécialisés dans l'histoire des berbères autochtones et nomades nord-africains.

IV.3. Terroir des fromages traditionnels

IV.3.1. Notion de terroir

Les fromages traditionnels, bénéficient d'une place particulière parmi les différentes préparations alimentaires. Leur fabrication englobe, non seulement le savoir-faire des différentes générations mais aussi, un mariage intime entre les animaux laitiers leur environnement, d'où la nécessité de préserver cette tradition dans son contexte naturel (Grappin et Coulon, 1996).

Chaque fromage traditionnel provient de systèmes complexes qui lui donnent des caractéristiques organoleptiques spécifiques. La notion de terroir pour le lait et le fromage est déterminée par une aire géographique caractérisée par différents éléments qui concourent à la typicité de chaque fromage. Parmi ces éléments on a : l'environnement, le climat, les espaces pastoraux, la race des animaux, l'utilisation de lait cru avec sa microflore naturelle, les outils historiques de fabrication et enfin les conditions naturelles d'affinage. Les conditions du milieu et les types d'animaux exploités par l'homme, conduisent à des produits spécifiques. Dans le monde, certains fromages de terroir sont règlementés sur la base d'études, d'une part, sur leur composition et leurs caractéristiques, et d'autre part, sur les conditions locales de production du lait. Les relations entre les caractéristiques des fromages et leur territoire d'origine ont renforcé leur préservation et leur protection (Mordenti et al., 2017 ; Grappin et Coulon, 1996).

IV.3.2. Terroir du fromage traditionnel Klila

Les résultats de l'enquête sur la délimitation géographique du terroir du fromage traditionnel Klila ont pu confirmer la fabrication et la consommation de ce dernier dans différentes régions de l'Est algérien. La zone s'étend sur plusieurs wilayates : Guelma, SoukAhras, Oum el bouaghi, Batna et Khenchela (Leksir et Chemmam, 2015).

Les investigations continues sur ce fromage ont montré qu'il est connu, fabriqué et consommé à Biskra, Tebessa, M'sila, Setif, Bordj Bouarridj, Taref et Mila.

Les travaux de Guetouache et Guessas (2015) et ceux de Benamara et *al.* (2016), citent en plus, les régions de Djelfa et Nâama. Benlahcen (2017) rajoute les wilayas de Tiaret, Sidi Belabbes et El bayadh. Le fromage Klila est également fabriqué au Maroc (Benkerroum, 2013 ; Mennane et *al.*, 2007).

IV.4. Fabrication artisanale du fromage traditionnel Klila

Au printemps, en période d'abondance, le lait est collecté dans des vases à traite (Photo 4) et conservé dans des vases à cailler « Rawaba » (Photo 5).



Photo 4 : Vase à traite (Camps, 1984).

Le Rayeb est ensuite baraté par les femmes dans des outres en peau de chèvres ou de brebis appelées 'Chekoua'. Le Rayeb est baratté en ajoutant un peu d'eau froide qui fige le beurre, c'est tout un art de saisir le beurre, la femme engage son bras entier à l'intérieur de l'outre, posée par terre, elle exerce une série de pressions de bas en haut qui ont pour effet de faire remonter les caillots de beurre en suspension jusqu'à l'orifice où elle les saisit. Le lait caillé écrémé donne le Lben extrêmement prisé par les éleveurs, boisson acidulée et rafraichissante qu'ils prenaient volontiers avec du couscous (Camps, 1984).

Klila est un fromage fermenté produit empiriquement dans plusieurs régions de l'Algérie, Duval (1855) le décrit comme étant le produit obtenu après caillage du lait, le caillé est ensuite baratté, cuit et pressé légèrement. Il était consommé frais ou sec et faisait l'objet de commerce au Sahara.

Les tribus nomades le vendent ou le troquent sur les marchés du Tell. Ce même auteur rapporte aussi qu'il servait pour l'alimentation des nomades lors des longues traversées des caravanes itinérantes dans le désert.

Le fromage Klila est obtenu par un chauffage relativement modéré du Lben jusqu'à la prise de caillé et la séparation d'un lactosérum clair '*El mis*' de couleur jaune verdâtre. Le caillé est égoutté spontanément, le fromage obtenu est consommé à l'état frais ou après séchage (**Ben Danou, 1929**). Le fromage maigre est étendu à sécher au soleil ou sur les bandes de toitures des tentes. Le fromage sec est conservé dans des outres sèches en peau de mouton ou de chèvre dites '*Mezwed*'.

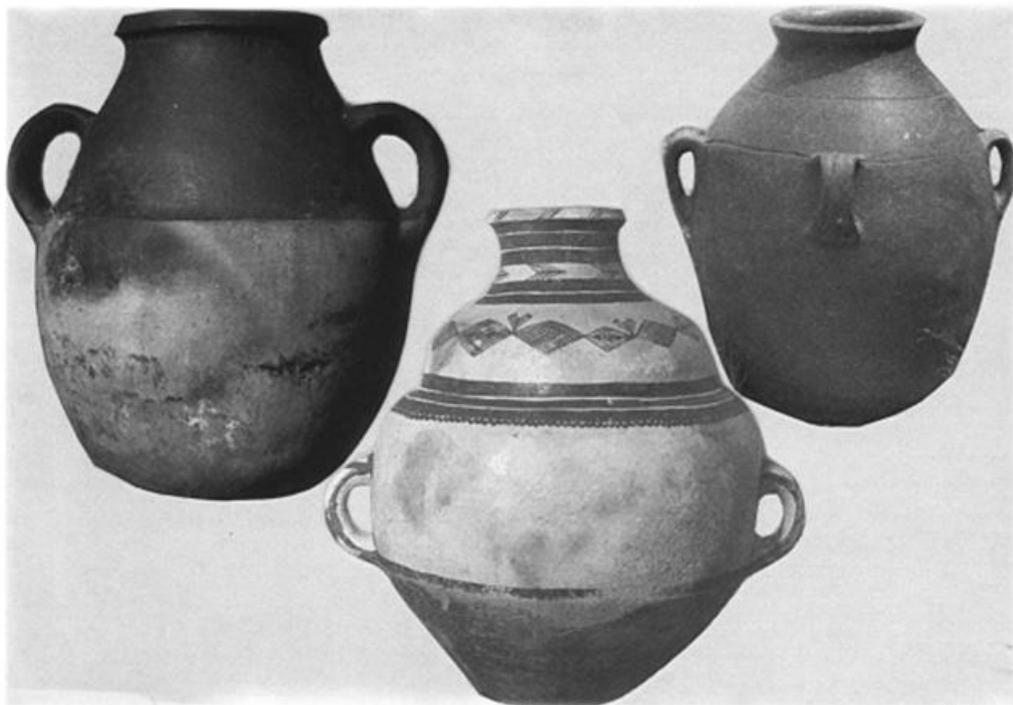


Photo 5 : Vase à cailler '*Rawaba*' (Camps, 1984).

IV.5. Consommation et incorporation du fromage Klila dans les préparations culinaires

IV.5.1. Consommation du fromage Klila par nos ancêtres

Le fromage Klila est consommé sous ses deux formes fraîche et sèche, la forme la plus consommée était la forme sèche.

Une enquête alimentaire menée dans des villages des hauteurs des Aurès en 1937, avait montré que le lait était consommé sous forme de lait de chèvre, lait caillé Rayeb, ou Lben, fromage séché et beurre rance.

Cette période fut marquée par une très faible consommation de viande, qui était rarement cuisinée (fêtes rituelles telles que les naissances, les circoncisions, les mariages et les fêtes religieuses). L'apport protéique était assurée principalement par les produits laitiers et de la graisse animale utilisée pour préparer les bouillons du couscous. Une autre enquête menée par **Raoult** en **1963** conclue que l'alimentation des populations rurales des Aurès reste inchangée depuis une quarantaine d'années. Caractérisée par une prépondérance de céréales, avec la consommation du couscous et de la galette, et une malnutrition protéique animale marquée par l'apport faible en viandes, fort heureusement compensée par les laits fermentés et le fromage sec (**Camps, 1984**).

Dans son livre décrivant les nomades sahariens, **Bellakhddar (2008)** a décrit la diététique des nomades en parlant des régimes alimentaires, on retrouve l'usage d'aliments hypercaloriques, faciles à conserver, disponibles et occupant de faibles volumes pour réduire l'encombrement des marcheurs et des cavaliers. Ils prenaient les objets facilement transportables dans des sacs malléables et pouvant subir sans dommage de fortes températures, ceux sont des aliments secs pilés au mortier de bois ou broyés à la pierre : moutures de céréales, fromage sec en poudre, dattes broyées etc.... ces aliments participent à différentes préparations rapides et peu ou pas de cuisson. De tous temps, l'usage de mets très énergétiques, de faibles poids, les berbères savent tirer le meilleur parti de la dessiccation naturelle, qu'opère leur climat, en saison de fortes chaleurs (**Bellakhdar, 2008 ; Denis, 1989 ; Duval, 1855**).

IV.5.2. Incorporation du fromage Klila dans les préparations culinaires

IV.5.2.1. Notion 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 (**Smith et Charter, 2010**). Ce produit laitier, à usage polyvalent, peut être utilisé directement dans une large gamme de plats culinaires, de produits alimentaires formulés et de plats préparés (**Guinee et Kilcawley, 2004**). Dans ces applications, il contribue à la structure, la texture, la saveur, les propriétés de cuisson et/ou nutritionnelles. Les poudres de fromages, les fromages fondus ou imitations ont été traditionnellement les principaux fromages ingrédients (**Lucey, 2008**).

Le fromage déshydraté ou en poudre peut également être utilisé dans la préparation d'un ensemble d'aliments.

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 diversifiés.

IV.5.2.2. Préparations alimentaires traditionnelles à base du fromage Klila

L'alimentation des berbères provenait exclusivement des produits de leurs cultures et de leur élevage. Elle est surtout basée sur la semoule de blé ou d'orge apprêtée (galette et couscous), des dattes et des laitages (Lben et fromage sec), la viande est rarement conservée. Chez les populations des oasis, seuls quelques privilégiés entretiennent de petits effectifs de chèvres ou de brebis. Chez les nomades sahariens, 'l'aghehara' ou 'aghegera' composée d'un mélange de fromage pilé, mouture de céréales, du piment, de dattes et de l'eau, très désaltérante, dans le cas où on lui ajoute du lait baratté elle s'appelle plutôt 'éghélé'. 'L'alakoh' est une boisson composée d'eau, de poudre de dattes et d'un peu de fromage en poudre (Camps, 1984 ; Duval, 1855).

IV.6. Fromages similaires au fromage Klila dans le monde

Plusieurs fromages, similaires au fromage algérien Klila, sont fabriqués à travers le monde. Le Jameed est fabriqué dans de nombreux pays du moyen orient (Jordanie, Arabie saoudite, Yemen, Syrie et Irak ...); Le Chahana en Inde et au Bangladesh ; Le Chhuga (Chhurpi) au Nepal ; Le Trachanas à Chypre ; Le Kishk au moyen orient (Qatar, Syrie, Egypte et Liban) ; Le Muktagachar Monda au Bangladesh ; Le Örom en Mongolie ; Le Pastillas De Leche au Philippines ; L'Ayib en Ethiopie ; L'Arish en Egypte ; Le Tikkamarin en Afghanistan et L'Ahaggar au Niger.



Photo 6 : Jameed du moyen orient

La photo 6, montre le **Jameed** qui est fabriqué de préférence à partir de lait de brebis et de lait de chèvre, mais il peut être aussi préparé à partir de lait de vache et de chamelle. Il se prépare à partir du Lben, par un traitement thermique, l'égouttage se fait sur un tissu, le produit est salé, malaxé puis séché sous forme de grosses boulettes solides ou autres formes (**Hamad et al., 2016**).

Le temps de séchage du Jameed dépend de la taille, la forme et les conditions météorologiques. Ce fromage est fabriqué à l'échelle industrielle est séché par lyophilisation, il est disponible sur les grands marchés sous forme déshydratée et emballée (**Mazahreh et al. 2008**).

Le **Chhanna** est un fromage qui est basé sur une coagulation lactique de lait afin de récupérer le caillé après séparation du lactosérum. Ce fromage est préparé préférentiellement avec du lait de vache qui donne un fromage avec une texture lisse et un goût doux. Ces deux caractéristiques sont appropriées pour la production de chhanna de haute qualité. Le lait de buffle produit un chhanna avec un corps légèrement dur, une texture grasse et grossière (**FAO, 1990**).

Le **Chhuga (Chhurpi)** est un fromage produit dans la région montagneuse du Nepal et du Bhoutan, fabriqué à partir de protéines précipitées du babeurre uniquement ou mélangé à du lait partiellement écrémé ou entier. Sa forme peut être rectangulaire (7 à 7,5 cm de long, 5,5 à 6,5 de large et 1 à 3,5 cm d'épaisseur) ou cubique, 1,5 cm de côté, 3,5 à 4 cm de long). Dans le premier cas, son poids est de 75 g, sinon il est d'environ 80 à 100 g. Il peut également avoir une forme de galet (1 à 2 cm de côté) et son poids est dans ce cas de 5 à 6 g. Il a une saveur forte et fumée. Il a un aspect très dur et caoutchouteux, sa matière sèche est de 92%, il dose 81% de protéines 12,5% de matières grasses. La fabrication du fromage Chhurpi comprend plusieurs étapes, le lait caillé est filtré à partir du lactosérum, en appuyant dessus la majeure partie de l'humidité est expulsée du caillé mou, ensuite il est mis dans des moules en bois et pressé à l'aide d'un lestage en pierres. Après l'avoir retiré des moules, le caillé est coupé ou fragmenté en petits morceaux qui seront enfilés sur une ficelle et exposés pour être séchés au soleil ou par la chaleur devant un feu (**FAO 1990**).

Le **Trachanas** est un fromage produit à Chypre à base de lait aigre de chèvre ou d'un mélange de lait de brebis et de chèvre et de blé moulu. Il a une couleur jaunâtre et un goût aigre. C'est un fromage à pâte extra dure avec un taux d'humidité de 10 à 15% et 8 à 10% de matière grasse de (**FAO 1990**).

Le lait de chèvre ou un mélange de lait de chèvre et de brebis est acidifié pendant plusieurs jours soit spontanément soit en y ajoutant une culture de yaourt. Il est remué tous les jours jusqu'à ce qu'il atteigne l'acidité désirée. Puis le lait aigre est chauffé et un peu de blé moulu et de sel sont ajoutés graduellement et sont mélangés pour obtenir une masse épaisse qui sera chauffé jusqu'à ébullition. La pâte est retirée du feu et laissée refroidir, ensuite coupée en petits morceaux de la taille d'un doigt et séchés au soleil. Une fois suffisamment sec, il est stocké dans un endroit frais. Ce fromage est produit uniquement pendant l'été et est utilisé pour préparer des soupes chaudes pendant l'hiver (FAO 1990).

Une préparation similaire au Trachanas c'est le **Kishk** qui est fabriqué dans plusieurs pays du moyen orient et connu sous différentes dénominations selon les régions. Il est appelé Hogut au Qatar, Kishk ou Kushk au Liban et en Egypte et Keshkeh en Syrie (Gadallah et Hassan, 2017 ; Tamime et al., 1999 ; Tamime et McNulty, 1999 ; Tamime et O'Connor, 1995).



Photo 7 : Kishk libanais

Le Kishk a un taux de matière sèche de 85 à 90% et une teneur en matière grasse de 8 à 10%. Il est fabriqué par mixture de « Bourghol » (Céréales) et de lait. Le mélange est laissé au repos pendant 24 heures à température ambiante. Le lendemain, du Lben préalablement préparés est ajouté et mélangé à la main. Une fois de plus, le mélange est laissé à fermenter pendant 24 heures. Après trois jours, le mélange entier se transforme en une pâte blanc pâle.

Ce mélange est étalé en une fine couche et séché au soleil pendant environ une demi-journée. Le kishk est mélangé avec de l'eau, du sel, de l'ail, de la viande séchée puis bouilli, il est consommé comme une soupe chaude et agréable. Cependant, ce plat devient rare de nos jours dans le régime alimentaire libanais.

Le **Muktagachar Monda** ; Le **Öröm** ; Le **Pastillas De Leche** sont des fromages à pâte dure ayant des taux de matières sèches respectivement de 75 à 80% ; 75 à 85% ; 90% mais dont le procédé de fabrication diffère de celui de la fabrication du Klila (FAO, 1990).

Partie
Expérimentale



Préambule

Dans le but de caractériser le fromage traditionnel Klila nous avons adopté une méthodologie fondée qui s'articule autour de trois axes :

- Le premier axe vise à caractériser ce fromage par le biais d'une enquête de terrain dans les wilayas de Guelma et de Souk Ahras. Il s'agit de collecter un maximum d'informations sur son procédé de fabrication et d'établir un diagramme de fabrication et de définir sa place socioéconomique. L'enquête auprès des familles nous permettra de tracer fidèlement le diagramme de fabrication du fromage Klila. Lors de l'enquête, des échantillons du fromage Klila ont été collectés pour une étude préliminaire de ses caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.
- Le deuxième axe consiste à réaliser des essais de fabrication du fromage traditionnel Klila au laboratoire selon son procédé artisanal de fabrication. Cette partie a été réalisée dans le but de suivre quelques paramètres de fermentation ainsi que la cinétique d'acidification.
- Un troisième axe a été nécessaire pour approfondir la caractérisation du fromage Klila par des analyses nutritionnelles et sa valorisation par des essais d'incorporation en viennoiserie traditionnelle.

Le schéma suivant (Figure 9) illustre les trois parties expérimentales réalisées dans la présente étude.

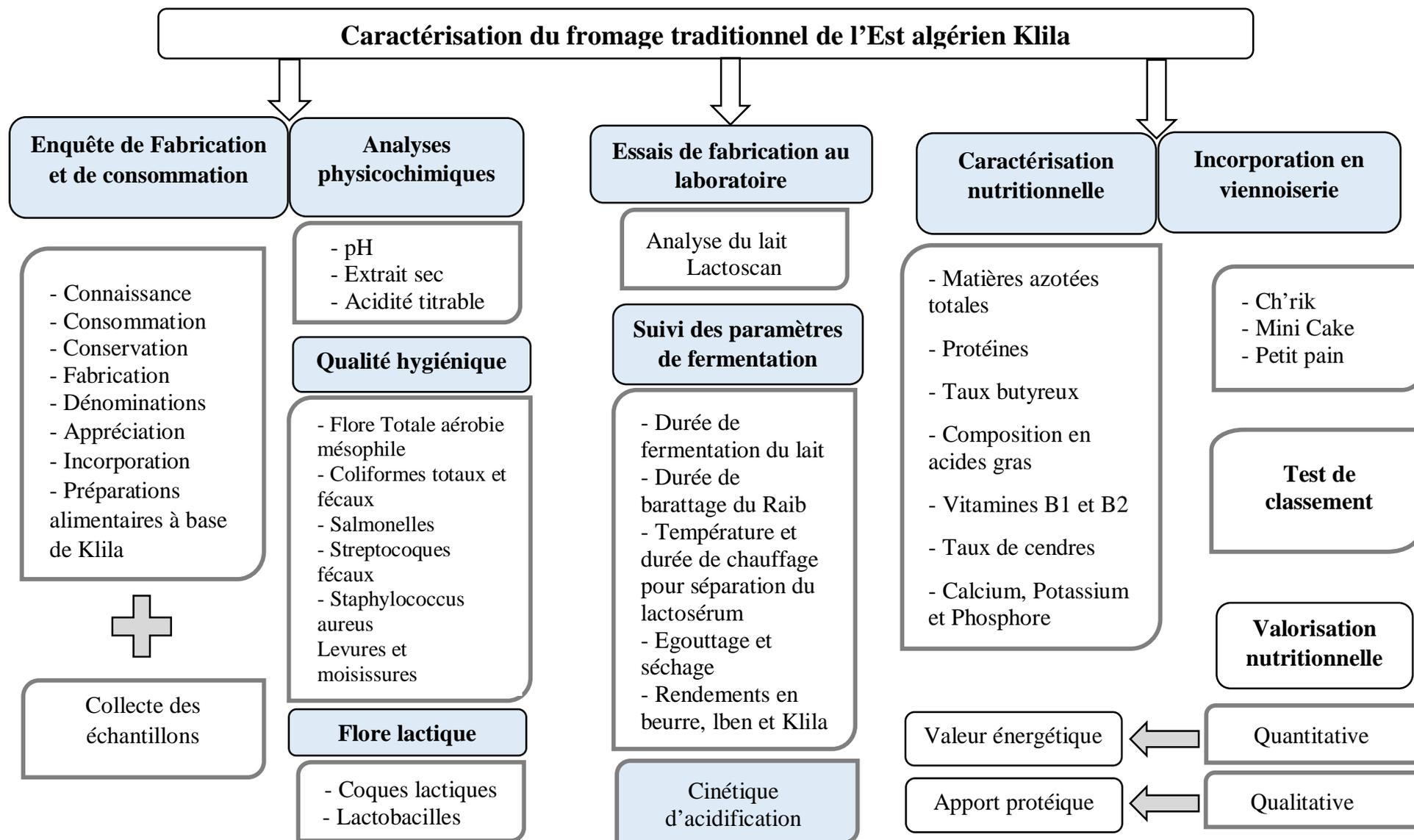
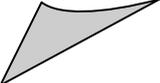


Figure 9. Aperçu général des méthodes adoptées et des paramètres étudiés pour la caractérisation du fromage traditionnel Klila

Enquête de terrain :
Caractérisation du fromage
'Klila'



I. Matériels et Méthodes

Malgré l'importance du secteur laitier dans la région d'étude, les laiteries industrielles et traditionnelles, sont encore en nombre insuffisant et souffrent de manque d'expertise. La production journalière est inférieure aux besoins pour la plupart de ces entreprises et le niveau d'hygiène et de sécurité alimentaire des produits finaux restent à découvrir.

L'autoconsommation du lait et de ses dérivés reste importante au niveau familial et s'articule sur des méthodes de transformation et de conservation traditionnelles pour la majorité. Des études limitées, réalisées sur les dérivés laitiers traditionnels et sur le secteur laitier en général, indiquent que ce secteur a besoin d'appui afin de le développer et d'augmenter sa compétitivité sur le marché. Au moment où l'on s'intéresse à certifier les produits du terroir, l'application des principes de base des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication paraît actuellement indispensable pour la relance et la survie d'un produit à long terme. Nous avons mené une étude de terrain par la réalisation d'une enquête

I.1. Enquête de fabrication et de consommation du fromage traditionnel Klila

I.1.1. Population cible et échantillonnage

Cette enquête a été réalisée sur quatre zones, deux rurales et deux urbaines. La population ciblée se compose d'hommes et de femmes, pour chaque catégorie nous avons retenu trois tranches d'âges, les moins de 35 ans, entre 35 et 60 ans et les plus de 60 ans.

Nous avons collecté les informations sur la fabrication artisanale du Lben et du fromage Klila de deux régions urbaines (Hammam N'bails et Sedrata) et deux régions rurales (Ain Sennour et M'jaz S'faa).

Nous avons ciblé des femmes des zones rurales de Guelma et de Souk Ahras âgées entre 50 ans et 90 ans afin d'accueillir le maximum d'informations sur la pratique de fabrication du fromage Klila et d'établir son diagramme de fabrication artisanal ainsi que pour collecter des informations concernant les différentes préparations alimentaires à base de ce fromage traditionnel. Nous avons choisis les femmes âgées car elles sont les dépositaires du savoir-faire culinaire qui se transmet oralement à travers les générations.

I.1.2. But de l'enquête

L'enquête a pour but de déterminer la place socioéconomique du fromage Klila fabriqué par des méthodes traditionnelles locales dans différentes régions rurales et urbaines de l'Est algérien. Elle nous a permis également de collecter de manière aléatoire, des échantillons du fromage Klila.

I.1.3. Déroulement de l'enquête

La réalisation de l'enquête au niveau des wilayas précitées a été faite entre le 27/11/2013 jusqu'au 24/05/2014, elle a été réalisée en se basant sur un questionnaire planifié préalablement préparé.

Le questionnaire a été traduit sur place en arabe dialectal pour faciliter le dialogue avec les personnes enquêtées. Afin d'accéder facilement au contact des familles dans le milieu rural surtout, nous avons fait appel à des personnes de leur connaissance.

I.1.4. Structure du questionnaire sur Klila

Le questionnaire utilisé dans notre enquête (Annexe 2) comporte des questions relatives à la connaissance du produit, sa fabrication et sa consommation.

Le questionnaire comprend, en plus de la catégorie de la personne questionnée, deux grandes parties dont la structure est illustrée par le schéma suivant (Figure 10) :

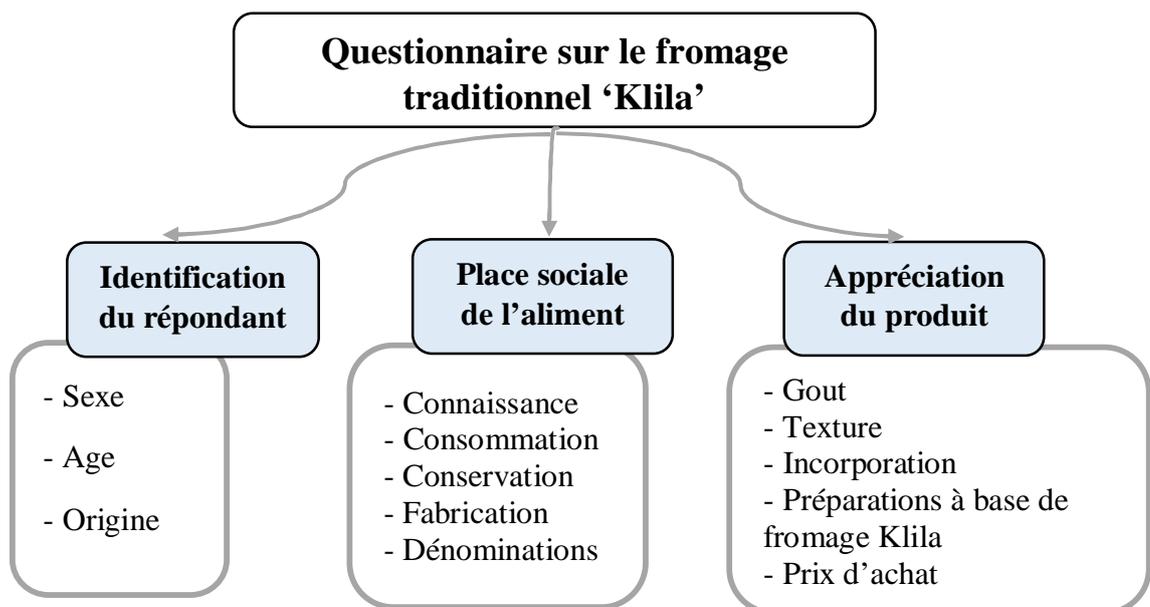


Figure 10. Structure du questionnaire sur le fromage Klila



Figure 11 : Positionnement géographique des sites d'échantillonnage du fromage traditionnel Klila à l'Est Algérien [Source : Google Earth 2015].

I.1.5. Traitement statistique

Les résultats ont été groupés par types de réponses de telle sorte à situer, d'une part, la culture, la connaissance et l'ancrage du produit par rapport au sexe et aux tranches d'âge dans la cellule familiale, d'autre part sa consommation et son mode de fabrication. Les résultats sont traités avec le test du Khi-deux.

I.2. Étude préliminaire des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques du fromage traditionnel Klila

Le fromage Klila est conservé généralement par les gens de l'Est algérien dans des bocaux en verre, sauf que pour certaines familles la conservation de ce fromage traditionnel se fait dans des sacs en tulle préparés spécialement pour ça. Les échantillons ont été transportés à partir des lieux de collecte et/ou d'achat (Figure 12) dans une glacière réfrigérée. Les échantillons ont été conservés dans des flacons en verre préalablement stérilisés à 180°C pendant 30 minutes selon la norme **AFNOR NF V 08 403** citée par **Bonnefoy et al. (2002)**. Ils ont été étiquetés et conservés par la suite dans des boîtes stériles dans un congélateur jusqu'à leur utilisation.

Les analyses physicochimiques et microbiologiques du fromage étudié Klila ont été réalisées au niveau des laboratoires de physicochimie et de microbiologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers (SNVSTU) de l'université du 08 Mai 1945 Guelma durant l'année 2014. Les échantillons collectés pour cette étude sont décrits dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Description des échantillons de Klila étudiés.

Code de l'échantillon	Date de réception	Provenance	Type du lait utilisé
G24-A	16/12/2013	Hamman D'Bagh (Guelma)	Lait de vache
M04-A	27/12/2013	Oum El Bouaghi	Lait de brebis
M04-B	28/12/2013	Meskiana (Oum El Bouaghi)	Lait de brebis
M04-C	28/12/2013	Ferme de compagne (Oum El Bouaghi)	Lait de brebis + Lait de chèvre
S41-A	01/01/2014	Sedrata (Souk Ahras)	Lait de vache
B05-A	09/02/2014	Arriss (Batna)	Lait de vache
K40-A	23/02/2014	Baghay (Khenchela)	Lait de vache
G24-B	03/03/2014	Tamlouka (Guelma)	Lait de vache

I.2.1. Analyses physicochimiques du fromage traditionnel Klila

Nous avons réalisé un broyage manuel des différents échantillons étudiés en utilisant un mortier traditionnel en cuivre qui est l'outil traditionnel utilisé pour piler ce fromage sec.

Nous avons eu recours à cette méthode suite aux difficultés rencontrés avec les mortiers en porcelaine du laboratoire qui cassent dès les premiers essais de broyage du Klila sec qui est très dur, où même l'ultraturax s'est avéré inefficace.

Nous avons mélangé la poudre du Klila broyé à un diluant approprié selon la manipulation effectuée. Trois paramètres physicochimiques ont été réalisés à savoir : les Taux d'humidité et de Matières sèches, le pH et l'Acidité titrable.

I.2.1.1. Mesure du taux de l'humidité

La teneur totale en matière sèche est définie comme étant la fraction massique de substances, déterminée selon la méthode de référence pour l'eau ou les solides totaux dans les aliments.

Selon la méthode **ISO 5534** citée par (**Multon, 1997**), Nous avons mis 5 g de fromage dans une capsule d'étuvage placée dans une étuve à circulation d'air forcé [MEMMERT] à une température de 102°C (comprise entre 101 et 105 °C) pendant 24 heures. Le taux d'humidité (Hm) est ensuite calculé une fois l'extrait sec total (EST) obtenu selon la formule suivante :

$$\text{EST} = (\text{P3} - \text{P1}) / (\text{P2} - \text{P1})$$

Avec : **EST** : Extrait Sec Total ;

P1 : le poids de la capsule vide ;

P2 : le poids de la capsule + poids du fromage avant étuvage ;

P3 : le poids de la capsule + poids du fromage après étuvage et dessiccation.

Le taux d'humidité (Hm) est ensuite calculé selon la formule suivante :

$$\text{Hm} = 100 - \text{EST}$$

I.2.1.2. Mesure du pH

10 grammes du fromage Klila sont pesés à l'aide d'une balance de précision [METTLER TOLEDO] et dilués dans 70 ml d'eau distillée, le pH est déterminé par l'immersion de l'électrode du pH-mètre [OHAUS] dans le mélange à 25°C, cette mesure est faite avec deux répétitions indépendantes.

I.2.1.3. Mesure de l'acidité titrable

L'acidité titrable du Klila est déterminée selon la méthode citée par (**Wehr et Frank, 2004**), elle est mesurée par dosage de l'acide lactique à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium 0,1N (NaOH 0,1N), la phénolphthaléine indique la limite de neutralisation au point de virage par changement de couleur (pH = 8,6), on opère de la manière suivante :

- L'eau distillée à une température de 40°C est ajoutée à 10g du fromage Klila finement broyé jusqu'à un volume de 105 ml ;
- Un chauffage est réalisé à 50°C pendant 10 minutes pour permettre une meilleure libération de l'acide lactique du fromage ;
- Une portion de 25 ml de la solution préparée est titrée par la soude 0,1N en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré.

La mesure a été indépendamment répétée trois fois et le résultat final est la moyenne des trois valeurs obtenues. Le résultat est exprimé en degré Dornic par gramme de fromage (°D/g) (1 ml de soude correspondant à 10°D).

I.3. Caractéristiques microbiologiques du fromage traditionnel Klila

L'étude microbiologique du fromage a porté sur deux points à savoir :

- La recherche de germes indésirables de contamination afin de vérifier la qualité hygiénique du fromage ;
- La recherche et le dénombrement de la flore lactique du fromage.

I.3.1. Techniques de préparation de prises d'essais pour les analyses microbiologiques

Le broyage des échantillons s'est effectué dans des conditions rigoureuses d'asepsie, pour éviter toute contamination accidentelle. Dans le cas de fromage, il faut procéder à un broyage couplé à une dilution (**Guiraud, 2012**).

Les échantillons ont été conservés dans des flacons en verre préalablement stérilisés à 180°C pendant 30 minutes selon la norme **AFNOR NF V 08 403** citée par **Bonnefoy et al. (2002)**.

L'analyse microbiologique a été réalisée en trois étapes : La préparation des dilutions, l'ensemencement dans le milieu de culture approprié et le dénombrement des microorganismes.

- **Préparation de la solution mère**

Une prise de 25 g de fromage finement broyé de chaque échantillon est mélangée à 225ml de diluant (**NF EN ISO 6887-5**). Pour les analyses de contrôle de la qualité microbiologique (**Guiraud, 2012**) nous avons utilisé, comme diluant, de l'eau physiologique (0,9%).

- **Préparation des dilutions décimales**

Les dilutions décimales, 0,1 (10^{-1}) ; 0,01 (10^{-2}) ; 0,001 (10^{-3}) ... etc, sont toujours effectuées dans des conditions strictes d'asepsie, les pipettes utilisées sont à écoulement totale. Pour obtenir une précision maximale on prépare autant de tubes qu'il y a de dilutions à effectuer en prenant des tubes stériles dans lesquels on pipette aseptiquement 9 ml de liquide diluant (**JORA n° 70 du 11 Septembre 2004**). Les tubes de diluant sont préparés et mis en autoclave à l'avance.

On prélève 1 ml dans la suspension de départ à l'aide d'une pipette de 1 ml après l'avoir homogénéisée soigneusement sur Agitateur-Vortex [SCHOTT SLR] et on la porte dans le premier tube de dilution (10^{-1}). La pipette ne doit entrer en contact ni avec les parois des tubes, ni avec le liquide diluant. On homogénéise le contenu de ce tube 10^{-1} et l'on ensemence le tube 10^{-2} et ainsi de suite en changeant à chaque fois de pipette pour ne pas perturber les dilutions (**Guiraud, 2012 ; Guiraud et Rosec, 2004 ; Bonnefoy et al., 2002**).

I.3.2. Recherche des germes indésirables dans le fromage traditionnel Klila

Les milieux de culture sélectifs ainsi que les conditions d'incubation sont donnés par le Tableau 3 :

Tableau 3 : Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes indésirables dans le fromage traditionnel Klila

Germes recherchés	Milieux de culture utilisés	Conditions d'incubation	
		Température	Temps
<i>FTAM</i>	PCA	30°C	72 heures
<i>Entérobactéries</i>	BLBVB liquide	37°C	24 à 48 heures
	- Bouillon VBL + cloche de Durham	44°C	24 heures
	- Eau peptonée exempte d'indole		
<i>Streptocoques fécaux</i>	- Bouillon Rothe	37°C	24 à 48 heures
	- Bouillon Eva Litskey	37°C	24 heures
<i>Staphylocoques</i>	- Gélose Chapman	37°C	24 heures
<i>Salmonelles</i>	- Eau peptonée tamponée	37°C	16 à 20 heures
	- Bouillon SFB	37°C et 43°C	24 heures
	- Gélose Hektöen	37°C	24 heures
	- Gélose SS	37°C	24 à 48 heures
<i>Levures et moisissures</i>	Sabouraud au chloramphénicol	30°C	5 jours

La composition des principaux milieux de culture utilisés dans l'étude microbiologique du fromage Klila est décrite dans l'Annexe 3.

I.3.2.1. Flore totale aérobie mésophile (FTAM)

La flore mésophile, (également désignée : Germes aérobies totaux) est l'ensemble de germes capables de se multiplier à l'air libre avec une croissance optimale à 30°C. Son dénombrement reflète la qualité microbiologique générale du produit et pourra donner une indication sur son état de fraîcheur ou de décomposition (Guiraud, 2012). Le dénombrement est réalisé sur gélose PCA [Difco, France] (*Plate Count Agar*).

Le milieu est ensemencé dans la masse avec un millilitre des dilutions 10^{-5} , 10^{-6} et 10^{-7} après incubation à 30°C pendant 72 heures puis on compte les colonies formées (Guiraud et Rosec, 2004 ; Bonnefoy et al., 2002). Les colonies de FTAM se présentent sous forme lenticulaire, seules les boîtes ayant un UFC compris entre 30 et 300 seront prises en compte (JORA n° 32 du 23 mai 2004 ; Joffin et Leyral, 1996).

I.3.2.2. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale

▪ Coliformes totaux et fécaux

La recherche des coliformes dans les produits laitiers fermentés peut se faire sur un milieu gélosé VRBG (gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) ou sur un milieu liquide par la technique du Nombre le Plus Probable (NPP).

Dans notre étude nous avons utilisé le Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant (BLBVB) réparti à raison de 10 ml par tube muni d'une cloche de Durham. La technique en milieu liquide (**Arrêté du 24 mai 2004 publié dans le JORA n° 43 du 4 juillet 2004**) fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- *Le test de présomption* : réservé à la recherche des Coliformes totaux ;
- *Le test de confirmation* : appelé encore test de Mac Kenzie, réservé à la recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

Le gaz éventuellement présent dans les cloches de Durham au moment de l'ensemencement est chassé, le milieu et l'inoculum sont bien mélangés avant l'incubation. Lors du dénombrement des coliformes totaux, les tubes du bouillon BLVBL trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à la fois dans un tube de VBL muni d'une cloche de Durham et un tube d'eau peptonée, exempte d'indole. A la lecture on considère comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) ;
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

La lecture finale est effectuée selon les prescriptions de la table de Mac Grady.

▪ Streptocoques fécaux

Dans les laits et les produits laitiers, les Streptocoques du groupe D ou Streptocoques fécaux sont recherchés et dénombrés en milieu liquide par la technique du NPP. La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- *Le test de présomption* : réservé à la recherche des Streptocoques sur milieu Rothe ;
- *Le test de confirmation* : réservé à la confirmation proprement dite sur milieu Eva Litsky des tubes trouvés positifs au niveau des tests de présomption (**Lebres et Hamza, 2002**).

Chaque tube Rothe trouvé positif lors du test de présomption (présentant un trouble microbien) fait l'objet d'un repiquage dans un tube de milieu Eva Litsky.

Dans le test de confirmation, nous avons considéré comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien ;
- 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 positifs d'Eva Litsky (**Guiraud, 2012**).

I.3.2.3. Recherche des germes pathogènes

▪ Salmonelles

La méthode utilisée pour la recherche des Salmonelles est décrite dans l'Arrêté du 23 janvier 2005 publié dans le **JORA n° 42 du 15 juin 2005**.

Jour 1 : Pré-enrichissement : 25 g de fromage sont introduits dans un flacon contenant 225 ml d'eau peptonée tamponnée préalablement stérilisée. La préparation est homogénéisée sur vortex [SCHOTT SLR] et incubée à 37°C pendant 16 à 20 heures.

Jour 2 : Enrichissement : L'enrichissement proprement dit, se fait à partir du milieu de pré-enrichissement en introduisant 10 ml en double dans des flacons de SFB (Selenite-F Broth) l'incubation se fait à 37°C et à 43°C.

Jour 3 : Isolement : Chaque flacon fera l'objet d'un isolement sur deux milieux gélosés différents à savoir : milieu gélosé Hektöen et Gélose SS.

Jour 4 : Lecture des boîtes et identification : Cinq colonies caractéristiques et distinctes font l'objet d'une identification morphologique et biochimique.

▪ Staphylocoques dorés

La recherche de *Staphylococcus aureus* est réalisée sur milieu Chapman (**Lebres et Hamza ,2002**), l'ensemencement se fait en introduisant 0,1 ml de la dilution 10^{-1} à la surface du milieu de culture préalablement coulé et refroidi, suivit d'un étalement. Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48 heures. La présence des staphylocoques se manifeste par l'apparition de colonies dorées accompagnées de changement de couleur autour de celles-ci. Une confirmation est nécessaire par réalisation de test catalase, coagulase et une coloration de Gram.

I.3.2.4. Levures et moisissures

A partir des dilutions décimales, 10^{-1} à 10^{-3} , un volume de 0,1 ml est porté aseptiquement dans une boîte de Pétri contenant de la gélose Sabouraud au chloramphénicol. Les gouttes sont étalées à l'aide d'un râteau stérile, puis incubées à 25°C pendant 5 jours.

Dans le souci de ne pas se retrouver en face des boîtes envahies, soit par les levures soit par les moisissures, les lectures et les dénombrements sont réalisés tous les jours à part pour les levures et pour les moisissures.

Les colonies des levures et des moisissures se présentent sous des aspects lisses et filamenteux, respectivement. L'opération est exécutée de la même façon et dans les mêmes conditions, avec le même diluant. Une boîte du milieu utilisé est incubée telle quelle, dans le même endroit et les mêmes conditions de température, elle constitue le témoin du milieu (Giraud, 2012).

I.3.3. Recherche et dénombrement de la flore lactique du fromage Klila

Nous avons utilisé de la gélose MRS (De Man, Rogosa, et Sharpe) [CONDA Pronadisa] (De Man et al., 1960) pour les lactobacilles et de la gélose M17 [CONDA Pronadisa] (Terzaghi et Sandine, 1975) pour les coques lactiques.

Des boîtes de Pétri contenant les géloses MRS et M17 sontensemencées en profondeur en introduisant aseptiquement un volume de 1 ml de dilution désirée (10^{-2} à 10^{-7}). La gélose préalablement fondue est refroidie jusqu'à température de surfusion $44^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ puis coulée, homogénéisée et refroidie. Les conditions d'incubation sont données par le Tableau 4 :

Tableau 4 : Milieux de cultures et conditions d'incubation pour la recherche et le dénombrement de la flore lactique du fromage traditionnel Klila

Germes recherchés	Milieu de culture utilisé	Conditions d'incubation	
		Température	Temps
<i>Coques Lactiques</i>	M17	37°C	24 à 48 heures
<i>Lactobacilles</i>	MRS	30°C	48 à 72 heures

II. Résultats et Discussion

II.1. Résultats de l'Enquête de terrain

II.1.1. Diagramme du procédé artisanal de fabrication du fromage Klila

L'enquête nous a permis d'être en contact direct avec des femmes de milieux divers (rural, périurbain et urbain) ayant l'habitude de préparer le fromage traditionnel Klila ceci nous a permis de recouper les informations relatives à la méthode de préparation ainsi que les petites variantes du procédé artisanal selon les régions (Figure 12).

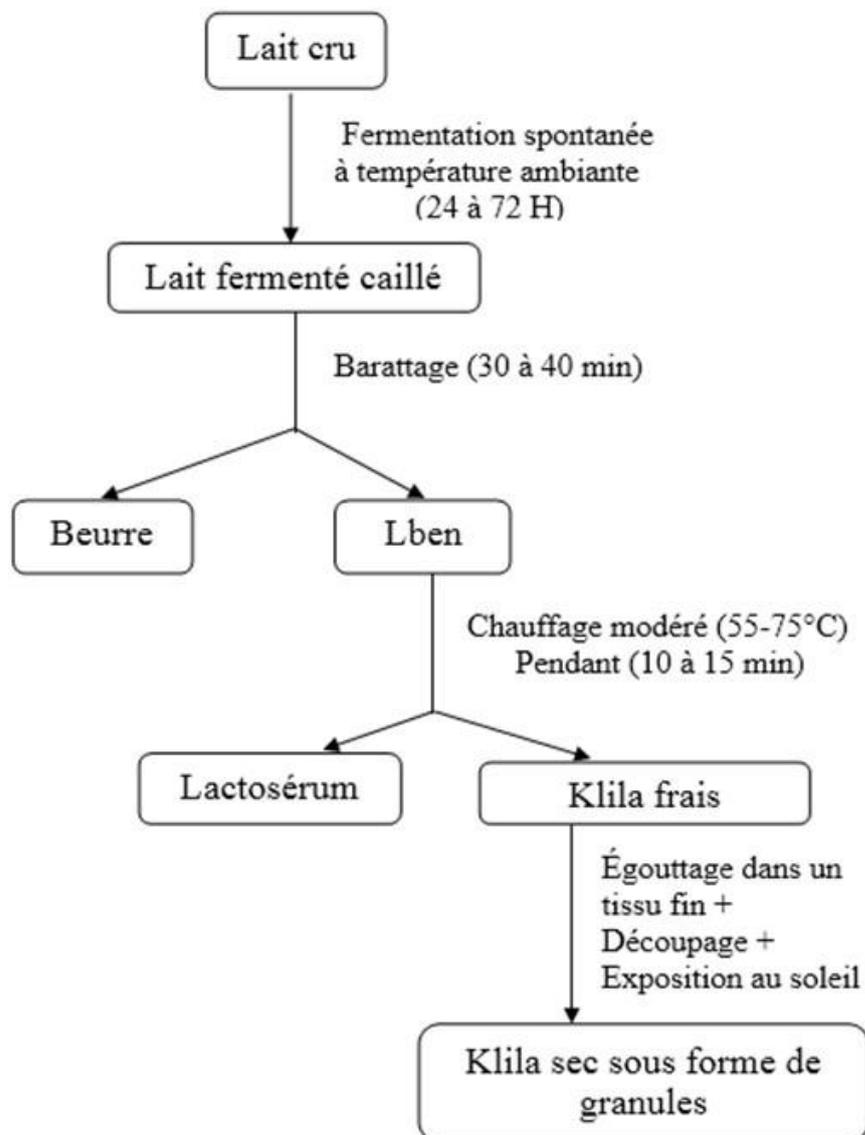


Figure 12 : Diagramme de fabrication du fromage traditionnel Klila [Leksir et Chemmam 2014]



G24-A



M04-A



M04-B



M04-C



S41-A



B05-A



K40-A



G24-B

Photo 9 : Présentation des différents échantillons étudiés du fromage Klila [Leksir et Chemmam 2014]

Quant à la méthode de fabrication de Klila les femmes enquêtées l'avaient décrit comme suit :

Le Klila est préparée à partir de Lben chauffé sur feu doux pour favoriser la séparation du caillé du lactosérum et accélérer le processus de l'égouttage. Le lait caillé est égoutté dans un tissu fin. Le Klila peut être consommée à l'état frais ou additionnée à certains plats traditionnels après avoir été coupé en petits cubes et séchés au soleil.

Il y'a d'autres femmes qui utilisent le lait pasteurisé commercialisé en sachets comme matière première pour la fabrication de Klila. Elles ajoutent deux cuillères de vinaigre ou du jus de citron et chauffent le mélange pendant 10 à 15 minutes à feu doux. Le séchage se fait de la même manière que le procédé principal de la fabrication de Klila.

II.1.2. Conservation traditionnelle du fromage Klila

Dans les zones rurales des régions de Guelma et de Souk Ahras, les femmes conservent leur Klila sec encore de la même manière que nos ancêtres dans des « *Mezwed* » (Sacs en peau de brebis ou de chèvre tannés et séchés).

La couleur des particules de Klila diffère selon la provenance de l'échantillon (Photo 8), ce qui peut être due à la durée de conservation ou au procédé de fabrication lui-même (Origine du lait).



Photo 8 : Variabilité de la couleur de Klila dans les différents échantillons collectés [Leksir et Chemmam 2014]

Les échantillons collectés du fromage Klila (Photo 9) présentent un aspect granulaire dont la forme des particules est irrégulière, la taille est hautement variable allant de quelques millimètres à plusieurs centimètres.

II.1.3. Place socioéconomique du fromage traditionnel Klila dans l'Est algérien

II.1.3.1. Connaissance du fromage Klila

Sur les 200 personnes interrogées, dans les deux milieux : rural et urbain, 63% (126 personnes) connaissent le Klila. Cette proportion montre que ce dérivé laitier est connu et fait partie du patrimoine culturel culinaire de la région. La connaissance de ce fromage est transmise dans la mémoire familiale en priorité 82,53% (104 personnes) et particulièrement par les grands-parents d'après 29,80% (31 personnes).

Cette connaissance est aussi transmise par d'autres personnes de l'entourage 17,46 % en dehors de la cellule familiale. Si on compare les deux sociétés rurales et urbaines (tableau 5), on note que ce produit traditionnel millénaire est particulièrement connu dans le milieu familial rural, au niveau de la famille 71,24%, cependant on remarquera qu'il est aussi connu dans les deux sociétés chez les grands-parents 48,38% et 51,62% et que l'entourage rural joue un rôle important dans la transmission du patrimoine culturel culinaire 81,81% et 18,19%.

Tableau 5 : Connaissance du fromage Klila

Question	Réponses Oui	Proportion (%)
Famille	73	57,93
Grands parents	31	24,60
Autres	22	17,46

Question	Milieu	Réponses oui	Proportion (%)	
Qui vous a fait connaître Klila	Votre famille	Rural	52	71,24
		Urbain	21	28,76
Vos grands parents	Rural	15	48,38	
	Urbain	16	51,62	
Autres personnes	Rural	04	18,19	
	Urbain	18	81,81	

II.1.3.2. Consommation du fromage Klila

Dans l'ensemble 110 personnes l'ont consommé, surtout sous sa forme « fraîche » 60,90%, mais aussi après conservation 39,09% (Tableau 6). La fréquence de consommation est relativement remarquable, car 85,45% l'ont consommé plus de 5 fois et parmi eux 42,55% l'ont fait plus de 10 fois.

Tableau 6 : Forme et fréquence de consommation du fromage Klila

Question	Réponses Oui	Proportion (%)
Fraiche	67	60,90
Conservée	43	39,09
Moins de 5 fois	16	14,54
Entre 5 et 10 fois	54	49,09
Plus de 10 fois	40	36,36

Entre le milieu rural et urbain (tableau 7) sa consommation est nettement plus fréquente en milieu rural, sans doute en raison de la disponibilité de la matière première de fabrication. Cependant sa fréquence de consommation en milieu urbain est appréciable.

Tableau 7 : Mode de consommation du fromage Klila dans les milieux urbain et rural

Question		Milieu	Réponses oui	Proportion (%)
Forme de consommation	Fraiche	Rural	46	68,66
		Urbain	21	31,34
	Conservée	Rural	16	37,20
		Urbain	27	62,80
Fréquence de consommation	Moins de 5 fois	Rural	06	48,14
		Urbain	10	51,86
	Entre 5 et 10 fois	Rural	42	77,36
		Urbain	12	22,64
	Plus de 10 fois	Rural	26	65,00
		Urbain	14	35,00

II.1.3.3. Préparation du fromage Klila

Dans l'ensemble 92,86% personnes affirment que la préparation ne diffère pas entre familles, parmi eux 52,13% ont répondu que le fromage Klila qu'ils ont consommé a été préparé par leurs mères, 25,64% par leurs grands-mères et 22,22% par des personnes de leur entourage (tableau 8).

Tableau 8 : Préparation du fromage traditionnel Klila

Question	Réponses	Proportion (%)
Mère	61	52,13
Grand mère	30	25,64
Autres	26	22,22

Entre les deux milieux (tableau 9), on observe qu'en milieu urbain ce savoir-faire est plutôt détenu par la grand-mère 35,85%, alors qu'en milieu rural c'est la mère 70,31%, autrement dit la transmission du savoir-faire dans ce milieu est directe. Ceci est d'autant plus vrai, qu'on remarque aussi, que l'entourage en milieu urbain peut servir de mémoire culturelle pour la transmission des habitudes alimentaires traditionnelles.

Tableau 9 : Personnes impliqués dans la préparation du fromage Klila dans les deux milieux 'urbain et rural'

Question	Milieu	Réponses	Proportion (%)
Mère	Rural	45	73,78
	Urbain	16	26,22
Grand mère	Rural	11	36,66
	Urbain	19	63,34
Autres	Rural	08	30,77
	Urbain	18	69,23

II.1.3.4. Conservation du fromage Klila

Les avis sur la nécessité de conservation du Klila sont partagés (tableau 10), 47,70% pensent qu'il n'est pas utile de le conserver, vu que quand il est préparé il est aussitôt consommé. D'autre part on peut le préparer à n'importe quel moment, lorsque la matière première, lait ou Lben, est disponible.

Pour autant 52,29% personnes pensent qu'on peut le conserver, pour des durées allant d'un mois 61,40% voire même une année 38,59%. Les fréquences pour la conservation du produit sont nettement plus importantes dans les réponses en milieu rural (Tableau 10). Ceci est en relation avec l'utilisation de ce fromage dans certains plats qui peuvent être préparés en hiver.

Tableau 10 : Durée de conservation du fromage Klila

Question	Réponses	Proportion (%)
Non	52	47,70
Mois	35	32,11
Années	22	20,18

Question	Milieu	Réponses	Proportion (%)
Non	Rural	38	73,08
	Urbain	14	26,92
Mois	Rural	27	77,15
	Urbain	08	22,85
Années	Rural	15	68,19
	Urbain	07	31,81

II.1.4. Appréciation du produit

Dans l'ensemble 80,95% personnes apprécient Klila. A la question relative aux raisons pour lesquelles le fromage Klila est apprécié, ils sont partagés entre son gout légèrement acidulé 51,96% et sa texture 47,05% (tableau 11). Quant à leur engouement pour la consommation du produit, les avis sont partagés entre oui 34,09%, non 40,90% et peut être 25%.

Tableau 11 : Appréciation du fromage Klila

Question	Réponses	Proportion (%)
Son gout	53	51,96
Sa texture	48	47,05
Ses vertus	01	0,96
Oui	30	34,09
Non	36	40,90
Peut être	22	25,00

Entre les deux milieux urbain et rural, le fromage Klila est nettement mieux apprécié en milieu urbain (tableau 12).

Tableau 12 : Appréciation du fromage Klila dans les milieux urbain et rural

Question	Milieu	Réponses	Proportion (%)
Son gout	Rural	10	18,87
	Urbain	43	81,13
Sa texture	Rural	13	27,08
	Urbain	35	72,92
Ses vertus	Rural	00	00,00
	Urbain	01	100,0
Oui	Rural	09	30,00
	Urbain	21	70,00
Non	Rural	06	16,66
	Urbain	30	83,34
Peut être	Rural	01	04,54
	Urbain	21	95,46

II.1.5. Utilisations du fromage Klila

Aux questions relatives à l'usage du produit dans les habitudes alimentaires, son incorporation au plat dénommé « Berkoukès » est la réponse la plus fréquente, 49,48%. Cependant son usage comme « fromage » ou comme dessert est remarquable 44,32% (tableau 13).

Tableau 13 : Incorporation du fromage Klila aux préparations culinaires

Question	Réponses	Proportion (%)
Galette	04	04,12
M'laoui	02	02,06
Berkoukes	48	49,48
Autres	43	44,32
Pour son gout	37	48,05
Pour remplacer	40	51,95

Quant à la finalité de son incorporation au plat, 48,05% l'utilisent pour relever le gout, et affirment qu'il donne un gout de viande, alors que 51,95% renforcent cette réponse en disant que Klila est utilisé pour remplacer la viande dans ce plat fréquemment préparé surtout en milieu rural.

Entre les deux milieux, Klila est utilisée comme ingrédient incorporé au plat « Berkoukès » en milieu rural et plutôt consommée beaucoup plus sous d'autres formes en milieu urbain (tableau 14).

Tableau 14 : Utilisations du fromage Klila

Question	Milieu	Réponses	Proportion (%)
Galette	Rural	4	100
	Urbain	0	00,00
M'laoui	Rural	1	50,00
	Urbain	1	50,00
Berkoukes	Rural	27	72,97
	Urbain	10	27,03
Autres	Rural	5	11,62
	Urbain	28	88,38
Pour son gout	Rural	28	75,68
	Urbain	9	24,32
Pour remplacer	Rural	16	46,15
	Urbain	17	53,85

II.1.6. Commercialisation du produit

89,68% personnes affirment que le fromage Klila ne se trouve pas sur le marché, parmi eux 69,91% sont disposés à acheter le produit s'il était disponible. La commercialisation du produit suscite plus d'intérêt chez les populations urbaines 52,21% (Tableau 15).

Tableau 15 : Disponibilité et achat du fromage Klila

Question	Réponses	Proportion (%)
Indisponibilité	113	89,68
Achat	79	69,91

Question	Milieu	Réponses	Proportion (%)
Indisponibilité	Rural	36	31,85
	Urbain	77	68,15
Achat	Rural	20	25,31
	Urbain	59	74,68

II.2. Résultats moyens des paramètres physico-chimiques du Klila

Le tableau 16 présente les résultats des paramètres physico-chimiques correspondants pour les échantillons analysés de Klila.

Tableau 16 : Résultats moyens des paramètres physico-chimiques du Klila

Echantillons	Matière sèche (%)	Humidité (%)	pH	Acidité titrable
G24-A	91.21	8.79	4,48	25
M04-A	91.43	8.57	4,35	46,3
M04-B	93.03	6.97	4,99	38
M04-C	90.87	9.13	4,57	43
S41-A	91.64	8.36	4,55	54
B05-A	91.43	8.57	4,66	-
K40-A	91.41	8.59	4,65	24,3
G24-B	90.98	9.02	4,52	25

- Test non réalisé pour insuffisance de l'échantillon

- **Matière sèche :** Selon la classification des fromages cités dans la norme **A-6-FAO/OMS (1978)**, Klila constitue un fromage à pâte Extra dure (**Mahaut et al, 2000**).

Au cours du séchage, on élimine l'eau libre et une partie de l'eau liée. En déshydratant un aliment, on prélève la plus grande partie de son eau liée : l'activité de l'eau a_w du produit atteint des valeurs suffisamment basses pour interdire le développement de tous les micro-organismes, même les plus osmophiles (**Leyral et Vierling, 2007**).

Un chauffage plus au moins important est donc indispensable, il peut contribuer à la destruction des micro-organismes indésirables présents dans et sur l'aliment (**Leyral et Vierling, 2007**).

Les résultats de la teneur en matière sèche du fromage Klila donne des taux variant entre 90,87% et 93,03%. Nous rappelons ici qu'il s'agit d'échantillons de fromage Klila préparés à partir d'échantillons de laits de différentes espèces et même de laits de mélange de deux espèces différentes. La valeur la plus élevée de l'extrait sec du fromage Klila a été trouvée dans un échantillon de fromage Klila préparé à base de lait de brebis.

Harrati (1974-a) donne des valeurs de matière sèche variant entre 86,8% et 92% pour des échantillons du fromage Klila de Souk Ahras et de Chellala (Guelma). Bien qu'aucune indication sur l'origine du lait utilisé pour la fabrication de ses échantillons de fromage n'ait été donnée, ces résultats concordent bien avec nos résultats obtenus pour les échantillons collectés lors de l'étude de terrain.

Les études récentes sur le fromage Klila, telles que celle de **Benamara et al. (2016)** donne une valeur moyenne de matière sèche de 93,18% pour le Klila de vache qui est un peu plus élevée que la valeur retrouvée dans notre étude.

Comparant le fromage Klila à d'autres fromages traditionnels algériens, son extrait sec reste de loin, le plus élevé par rapport au reste des fromages, et dont les valeurs les plus élevées ont été données pour la mechouna (45,16%) (**Derouiche, 2017**) et le Jben (28,50% à 55,80%) (**Bendimerad, 2013 ; Boudjaib 2013**).

Le taux le plus élevé de l'humidité était de 9,13% il est enregistré sur un fromage Klila fabriqué par un mélange de lait de brebis et de chèvre. En comparant ce taux à d'autres fromages similaires dans le monde tel que le Jameed au moyen orient, on trouve que l'humidité était de 12,65% pour le Jameed de vache séché au soleil et 13,61% pour le Jameed de brebis séché également au soleil (**Mazahreh et al., 2008**) qui est légèrement supérieur à nos valeurs, pouvant être expliqué par la déshydratation lente et partielle dans le cas du Jameed à cause de sa taille plus grande que le Klila.

Les fromages italiens à pâte dure contenant les taux d'humidité les plus faibles sont selon **Barone et al. (2017)** le Pecorino fabriqué avec du lait de chèvre avec un taux d'humidité de 14,7% à 16,5% et le Caprino Caciocavallo également préparé à base de lait de chèvre avec un taux d'humidité de 17,9 % à 19,5%.

- **pH et acidité titrable :** Les bactéries lactiques fermentent le lactose et acidifient le lait du fait de la production massive d'acide lactique. La croissance des bactéries lactiques dans le lait, puis le caillé, entraîne la consommation du lactose et l'excrétion de l'acide lactique conduisant à l'abaissement du pH. Cette fonction acidifiante des bactéries lactiques est déterminante dans le processus d'élaboration des fromages.

Concernant le pH, Les valeurs trouvées pour le fromage Klila varient entre 4,35 et 4,99 avec 4,6 comme moyenne pour l'ensemble des échantillons analysés. **Benamara et al. (2016)** et **Guetouache et Guessas (2015)** ont donné des valeurs comprises dans notre fourchette de pH avec une moyenne de 4,4 et 4,2 respectivement. Nos résultats sont également compatibles avec ceux obtenus par **Lahssaoui (2009)**, dont les valeurs varient de 4,2 à 4,8 avec une moyenne de 4,5. **Meribai et al. (2017)** donne aussi un intervalle de pH variant entre 4 et 4,7 pour des échantillons de fromages Klila de la région Bibans.

Les fromages traditionnels ayant les valeurs de pH les plus proches de celles du Klila sont le fromage Bouhezza et le Jben avec des valeurs respectives de 3,7 à 4 et 4,83 à 5,43 (Aissaoui, 2014 ; Bendimerad, 2013 ; Boudjaib 2013). Tandis que la Mechouna et la Medghissa ont des pH beaucoup plus élevés (Derouiche, 2017 ; Khoualdi, 2017).

En ce qui concerne l'acidité titrable, les valeurs varient entre 24,3°D et 54°D avec 38,45°D comme valeur moyenne pour l'ensemble des échantillons analysés. Meribai et al. (2017) donne des valeurs plus faibles que ceux de notre étude variant entre 22°D et 44°D. L'étude réalisée par Lahssaoui (2009) a donné un intervalle d'acidité titrable du Klila dont les valeurs varient de 38°D jusqu'à 42°D.

Guetouache et Guessas (2015) ont donné des valeurs élevées d'acidité titrable du fromage Klila avec une valeur moyenne de 79,4°D. Benamara et al. (2016) ayant exprimé ses résultats en gramme d'acide lactique par 100 grammes d'échantillon du fromage Klila analysé donne des valeurs très élevées et très variables entre les fromages provenant de différentes espèces et dont l'acidité titrable était de 121°D, 100°D et 69°D respectivement pour le Klila de vache, de chèvre et de brebis.

En ce qui concerne les autres fromages traditionnels algériens, les valeurs de l'acidité titrable sont très variables allant de 21°D pour Bouhezza jusqu'à 88°D pour le Jben (Aissaoui, 2014 ; Bendimerad, 2013).

II.3. Résultats des analyses microbiologiques

II.3.1. Recherche des germes de contamination et des pathogènes

▪ Dénombrement de La flore totale aérobie mésophile du fromage Klila

Nous avons obtenu une gamme de colonies de tailles variables (petites, moyennes) de couleurs différentes (blanches, jaunes, transparentes), et de forme circulaire ou lenticulaire.

Nous avons pris en considération que les boites présentant un nombre de colonies variant entre 30 et 300. Le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile est donné par le tableau 17.

Tableau 17. Recherche et dénombrement de La flore totale aérobie mésophile du fromage Klila

Echantillons	FTAM
G24-A	1,39 x 10 ³
M04-A	1,12 x 10 ³
M04-B	3,37 x 10 ³
M04-C	1,30 x 10 ³
S41-A	1,03 x 10 ³
B05-A	6,70 x 10 ³
K40-A	8,10 x 10 ³
G24-B	9,80 x 10 ³

Concernant le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile, nos valeurs varient de 1,03x10³ UFC/g jusqu'à 9,8 x10³UFC/g avec une moyenne de 4,1 x10³UFC/g. les dénombrements de la FTAM par **Guetouache et Guessas (2015)** n'ont pas dépassé 2,8x10³ UFC/g, ainsi, **Meribai et al. (2017)** donne une valeur moyenne de 1,24 x10³UFC/g. **Benamara et al. (2016)** donne cependant des valeurs allant jusqu'à 6,48 log UFC/g tandis que notre résultat moyen était de 3,61 log UFC/g.

▪ Recherche et dénombrement des salmonelles

Aucun résultat positif de présence de salmonelles n'a été trouvé pour l'ensemble des échantillons de fromage Klila analysés.

Selon les normes et les textes réglementaires, dans le cas de fromage à pâte dure, les critères microbiologiques sont les suivants (Arrêté du 30 mars 1994) :

- Absence de salmonella dans 25g.
- Absence d'autres germes pathogènes et de toxines (**Guiraud, 2012**).

- **Recherche et dénombrement des staphylocoques dorés**

Aucune présence de Staphylocoques n'a été détectée dans la totalité des échantillons analysés, il en est de même pour **Guetouache et Guessas (2015)**.

- **Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

L'ensemble des échantillons du fromage Klila analysés ont présenté une absence totale des coliformes totaux sur le milieu BLBVB. Nous nous sommes donc arrêtés au test présomptif.

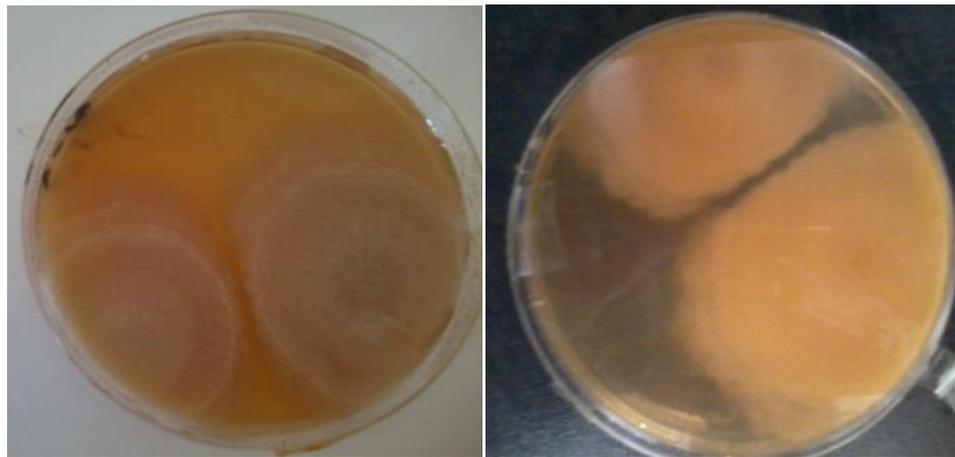
L'analyse de l'ensemble des échantillons marquée par l'absence totale des coliformes peut être expliquée par les bonnes mesures d'hygiène lors de la préparation des différents échantillons surtout que dans la majorité des fermes d'où provenait Klila, les propriétaires des animaux d'élevages étaient eux-mêmes les fabricants de ce fromage à partir d'excédents de lait en périodes de forte lactation. Dans l'étude menée par **Guetouache et Guessas (2015)**, et sur l'ensemble des échantillons analysés, seuls trois d'entre eux ont présenté des taux de coliformes fécaux allant de $1,2 \times 10^2$ UFC/g jusqu'à $2,5 \times 10^2$ UFC/g.

- **Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux**

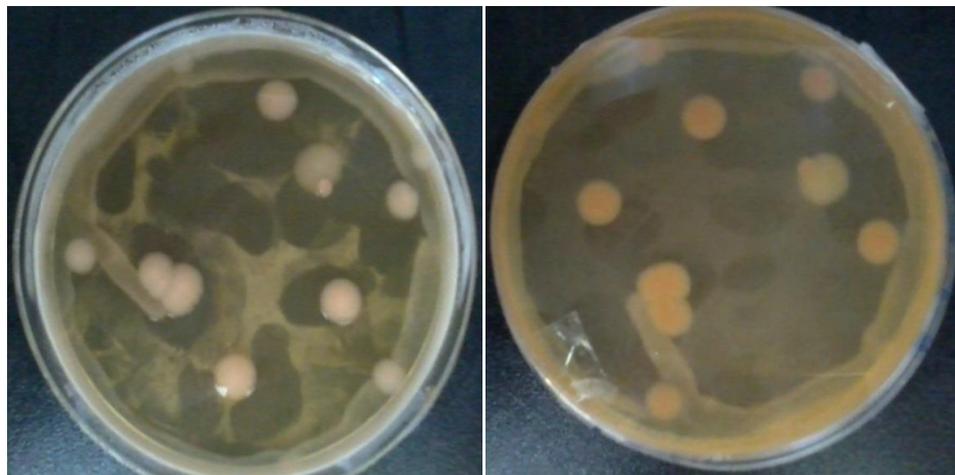
Nous avons remarqué la présence d'un trouble dans les tubes Rothe ensemencés dans le test présomptif. Les tubes positifs ont fait donc l'objet d'un repiquage sur milieu Eva Litsky pour réaliser un test de confirmation. Ce dernier était négatif pour tous les échantillons du fromage Klila analysés.

II.3.2. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

L'ensemble des résultats de recherche des levures et des moisissures sur les différents échantillons du fromage traditionnel Klila analysés ont été soit non dénombrables pour raison de la quantité insignifiante des colonies retrouvées sur milieu Sabouraud au chloramphénicol (Nombre de colonies inférieur à 30) soit une absence totale de colonies des levures et/ou moisissures sur les boîtes de pétri. La photo 10 montre quelques résultats de recherches de champignons microscopiques sur milieu Sabouraud au chloramphénicol pour quelques échantillons analysés.



(a)



(b)

Photo 10 : Photographie des colonies de quelques levures (a) et moisissures (b) retrouvées sur milieu Sabouraud au chloramphénicol

Les spores des champignons ne germent pas lorsque la teneur en eau d'un substrat est inférieure à 13% ou 14%, cependant les exigences et la tolérance vis-à-vis de l'eau sont variables selon les groupes. Certains peuvent proliférer sur des substrats dont l'humidité est très faible. Ce sont les moisissures xérophiles qui rassemblent les espèces les plus résistantes à de très faibles valeurs d'activité d'eau (**Leyral et Vierling, 2007**).

Une étude approfondie via une identification macroscopique et microscopique des levures et des moisissures isolées du fromage traditionnel Klila permettra de préciser s'il s'agit juste de champignons microscopiques de contamination ou d'intérêt technologique.

Vu que les procédés de fabrication de la majorité des fromages mettent en œuvre des levures et/ou moisissures, nous supposons que ça puisse être pareil pour le fromage Klila et donc que ça soit des microorganismes d'intérêts technologiques à découvrir.

Les levures et les moisissures sont présentes dans nos échantillons analysés du fromage Klila, mais avec une charge très faible et insignifiante. Ces champignons microscopiques sont dotés de systèmes enzymatiques importants, d'où les activités protéolytiques et lipolytiques parfois indésirables donnant des goûts amers et des odeurs de rancidité. Heureusement dans notre étude aucun cas pareil n'a été détecté. Un bon séchage permet de diminuer considérablement l'activité d'eau et donc les chances de multiplication des levures et des moisissures seront également minimisées. La quasi-totalité des résultats obtenus par **Tamime et McNulty (1999)** sur des échantillons de Kishk donne un dénombrement de levures et de moisissures inférieur à 10 UFC/g bien que ce dernier soit un mélange entre un caillé de lait fermenté et un dérivé céréalier dénommé le Burghul où les contaminations aux moisissures sont plus probables. Ceci confirme la justesse de nos résultats.

Guetouache et Guessass (2015) donne des valeurs de dénombrement de levures et de moisissures variant entre $1,5 \times 10^2$ UFC/g et $2,2 \times 10^2$ UFC/g, tandis que **Benamara et al. (2016)** donne des valeurs très élevées du dénombrement des champignons microscopiques dépassant $5,7 \log$ UFC/g ce qui est probablement dû à un mauvais séchage. Seule une identification poussée, permettra de conclure s'il s'agit juste de levures et de moisissures de contamination ou au contraire d'intérêt technologique.

II.3.3. Recherche et dénombrement de la flore lactique

Les bactéries lactiques sont utilisées depuis longtemps de façon consciente ou non pour conserver les aliments grâce à leur activité antimicrobienne. Les produits alimentaires ayant subi une maturation faisant intervenir les bactéries lactiques, comme les produits laitiers, sont protégés contre la plupart des contaminations microbiennes ultérieures. Cette propriété est le résultat de la production par les bactéries lactiques de nombreuses molécules antimicrobiennes comme les acides organiques (acides lactique et acétique), le peroxyde d'hydrogène et les bactériocines (**Morisset et al., 2005**).

Les valeurs du dénombrement des bactéries lactiques dans le fromage traditionnel Klila sont données par le tableau (tableau 18) dont les valeurs sont exprimées en log UFC par gramme de fromage analysé.

Tableau 18 : Dénombrement des coques lactiques et des lactobacilles pour les différents échantillons analysés du fromage Klila

Échantillons analysés	Coques lactiques (log UFC/g Klila)	Lactobacilles (log UFC/g Klila)
G24-A	3,91	4,26
M04-A	4,44	3,71
M04-B	4,57	6,25
M04-C	3,84	4,49
S41-A	3,76	3,87
B05-A	5,38	5,14
K40-A	5,24	6,43
G24-B	4,13	4,82

Les bactéries lactiques se répartissent dans le milieu gélosé et sur sa surface, elles sont présentes sous forme de colonies rondes, lisses et convexes de couleur blanchâtre. La photo 11 montre l'aspect des coques lactiques et des lactobacilles sur les milieux gélosés M17 et MRS respectivement.

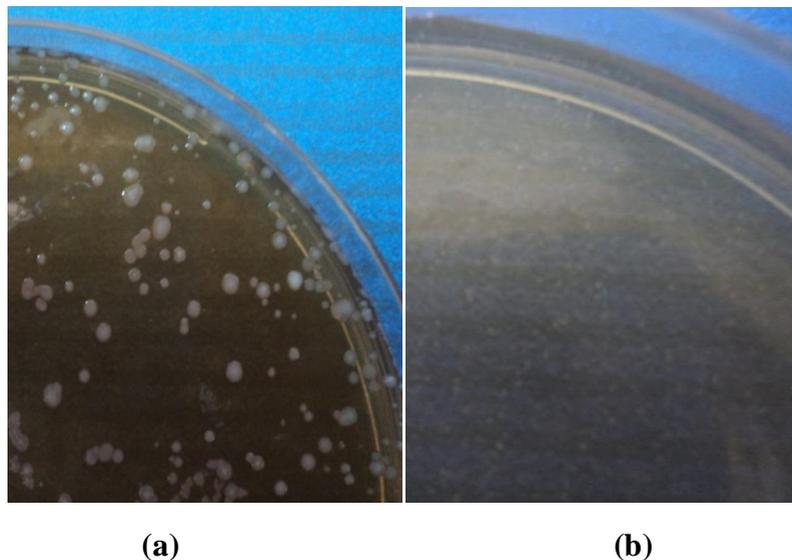


Photo 11 : Photographie des coques lactiques (a) et des lactobacilles (b) dénombrés sur le fromage traditionnel Klila [Leksir et Chemmam 2015]

Le dénombrement de la flore lactique est marqué par une charge importante dans les différents échantillons analysés. En effet, les bactéries lactiques constituent la principale flore du fromage traditionnel Klila. La charge des coques lactiques était de l'ordre de 3,76 log UFC/g jusqu'à 5,38 log UFC/g.

Les lactobacilles mésophiles sont aussi présents dans ce fromage avec une charge allant de 3,71 log UFC/g jusqu'à 6,43 log UFC/g. Le dénombrement des lactobacilles par **Benamara et al. (2016)** pour le fromage Klila fabriqué à partir du lait de vache était de 6,15 log UFC/g qui est inclus dans notre intervalle de résultats. Cette valeur reste cependant la plus élevée comparée au dénombrement de lactobacilles dans les fromages Klila à base de lait de chèvre et de brebis qui étaient de 3,69 log UFC/g et 5,43 log UFC/g respectivement, rapporté par la même référence. **Guetouache et Guessas (2015)** donnent des valeurs globales du dénombrement de la flore lactique allant de 3,48 log UFC/g jusqu'à 4,54 log UFC/g qui sont inférieurs à nos résultats.

La flore lactique du fromage Klila provient des bactéries lactiques autochtones responsables de la fermentation spontanée du lait en Lben, qui est par la suite transformée en fromage Klila. Ces bactéries bénéfiques ont un intérêt technologique certain, de plus, dans le cas des fromages artisanaux, ces bactéries offrent une protection au fromage contre les contaminations bactériennes indésirables grâce à l'acidification et la baisse du pH par la suite de la transformation du lactose du lait en acide lactique par voie fermentaire. Les pathogènes étant neutrophiles, ne supportant pas des pH loin de leur optimum se trouvent ainsi contrariés, à cela s'ajoute le fait que les bactéries lactiques sont connues par leur capacité de produire des substances antibactériennes 'les bactériocines' rendant ainsi le fromage Klila sain et salubre.

II.4. Limitations de l'étude

- L'étude de la qualité du fromage Klila par réalisation d'analyses microbiologiques et physicochimiques a montré une très bonne qualité hygiénique de ce fromage ce qui constitue une fierté de notre patrimoine culturel artisanal.

Néanmoins, notre travail présente également quelques limitations dont nous citons :

- La non réalisation d'une identification des champignons microscopiques sur Galerie biochimique Api 20 Aux. Car il se peut que certaines levures ou moisissures aient des propriétés technologiques intéressantes à identifier ;

- Nous n'avons pas pu aussi continuer l'identification des bactéries lactiques suite à la non disponibilité du medium de Galeries API 50 CH, ou même de continuer leur identification moléculaire par réalisation d'une PCR et d'un séquençage.

II.5. Conclusion partielle

Nous avons entrepris d'étudier la qualité du fromage Klila par réalisation d'analyses physicochimiques (pH, acidité titrable, extrait sec) et microbiologiques (flore totale aérobie mésophile, coliformes et streptocoques fécaux, staphylocoques, salmonelles, levures et moisissures et flore lactique). Les analyses microbiologiques de ce fromage ont pour but de mettre en évidence la présence ou non des microorganismes qui modifient les propriétés organoleptiques, nutritionnelles ou hygiéniques du fromage. L'existence de microorganismes d'altérations ou pathogènes ne pourrait être tolérée, car elle présente des risques pour la santé du consommateur. En effet, les analyses microbiologiques et physicochimiques ont montré une qualité très satisfaisante du fromage traditionnel Klila. Les mécanismes technologiques impliqués dans le procédé de transformation du lait lui confère une certaine protection par le biais du :

- Procédé d'égouttage poussé et du séchage aux rayons solaires qui fournit un certain assainissement du fromage. En outre ça contribue à l'abaissement de l'activité d'eau (a_w) ce qui diminue les chances de multiplication des microorganismes pathogènes et indésirables ;
- pH acide qui constitue une forte protection du fromage Klila car il est évident que les microorganismes pathogènes ont un pH optimal de croissance aux alentours de la neutralité et ne tolèrent pas les milieux acides, ainsi se prolonge la durée de conservation de ce fromage et s'excluent les chances de multiplications des pathogènes.

*Essais de fabrication du
fromage 'Klila' au
laboratoire*

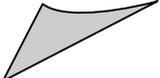


Tableau 19 : Sites de collecte du lait de vache

Numéros des Sites	Nombre d'échantillons	Sites d'échantillonnage	Coordonnées GPS*
Site 1	n=2	Aïn Seynour (Souk Ahras)	36°19'20.3"N 7°52'14.2"E
Site 2	n=2	Mechtet Châref - (Boucheougouf) (Guelma)	36°28'00.9"N 7°39'56.3"E
Site 3	n=2	Sidi belghith - Sedrata (Souk Ahras)	36°09'06.0"N 7°32'31.4"E
Site 4	n=2	Bouhamdane Hammam debagh (Guelma)	36°27'44.0"N 7°06'52.0"E
Site 5	n=2	Djébalah Khemissi (Guelma)	36°27'58.6"N 7°34'11.7"E
Site 6	n=2	Mechtet Châref - (Boucheougouf) (Guelma)	36°28'00.9"N 7°39'56.3"E

*GPS : Global Positioning System

Tableau 20 : Sites de collecte du lait de chèvre

Numéros des Sites	Nombre d'échantillons	Sites d'échantillonnage	Coordonnées GPS*
Site 1	n=2	Oum El Adhaim Sedrata (Souk Ahras)	36°01'49.2"N 7°36'11.1"E
Site 2	n=2	Rehia - Meskiana (Oum El Bouaghi)	35°45'48.6"N 7°38'43.8"E
Site 3	n=2	Mechtet Châref - (Boucheougouf) (Guelma)	36°28'00.9"N 7°39'56.3"E
Site 4	n=2	Mechroha (Souk Ahras)	36°21'24.8"N 7°50'04.3"E
Site 5	n=2	Mechtet Châref - (Boucheougouf) (Guelma)	36°28'00.9"N 7°39'56.3"E

*GPS : Global Positioning System

Tableau 21 : Sites de collecte du lait de brebis

Numéros des Sites	Nombre d'échantillons	Sites d'échantillonnage	Coordonnées GPS*
Site 1	n=2	Ouled Derradj (M'Sila)	35°37'29.3"N 4°47'17.9"E
Site 2	n=2	Doucen - Ouled Djellal (Biskra)	34°37'25.6"N 5°06'05.6"E
Site 3	n=2	Badji Mokhtar (Guelma)	36°26'35.9"N 7°47'21.7"E
Site 4	n=2	Mechtet Châref - (Boucheougouf) (Guelma)	36°28'00.9"N 7°39'56.3"E
Site 5	n=2	Bouhachana (Guelma)	36°18'26.5"N 7°30'31.8"E

*GPS : Global Positioning System

I. Matériels et Méthodes

I.1. Fabrication du fromage traditionnel Klila au laboratoire

Les essais de fabrication du fromage traditionnel Klila ainsi que les analyses physicochimiques ont été réalisés au niveau des laboratoires pédagogiques de chimie (Laboratoire 6) et de physicochimie (Laboratoire 1 et 2) de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers (SNVSTU) de l'université du 8 Mai 1945 Guelma du 05/02/2015 au 15/05/2015.

Suite au traitement des résultats de l'enquête, nous avons établi le diagramme de fabrication le plus prépondérant. Ce diagramme englobe la préparation du Lben ainsi que la fabrication du fromage Klila après récupération du beurre et élimination du lactosérum.

I.1.1. Matériel biologique

Pour réaliser cette étude nous avons utilisé des échantillons de laits crus de différentes espèces (Vache, chèvre et brebis) collectés dans diverses zones de petits élevages familiaux traditionnels appartenant à des privés (Tableaux 19, 20 et 21).

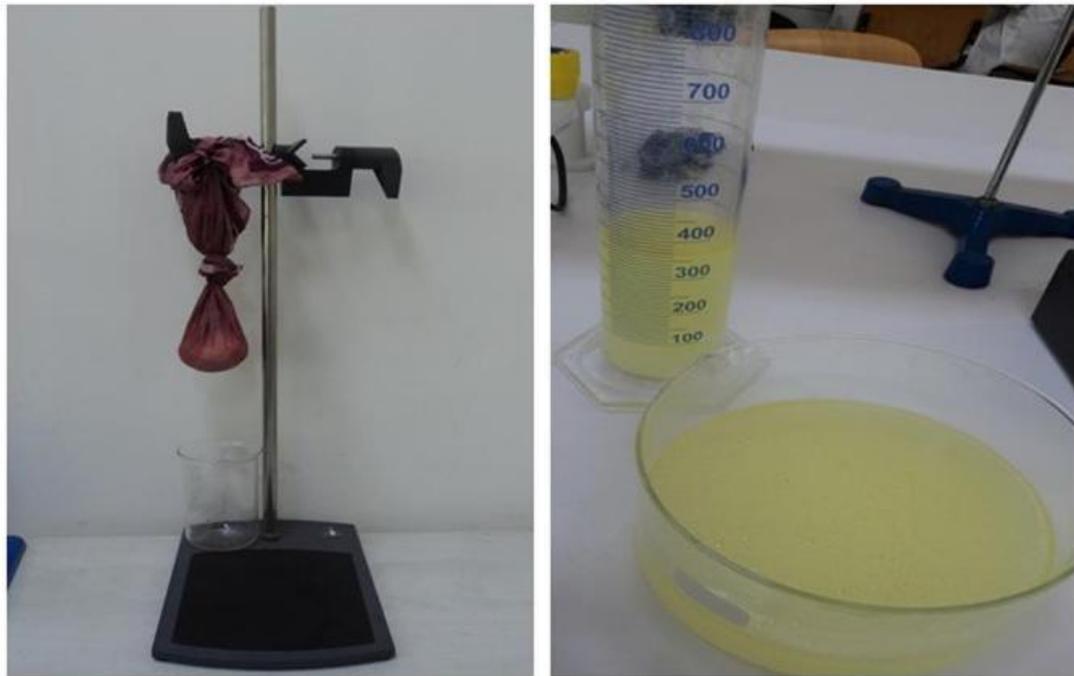
Le choix des élevages et des zones de prélèvement s'est effectué sur les critères suivants : l'éloignement des centres urbains, les difficultés d'accès et l'absence de réseaux électriques. Ces critères renforcent les difficultés de commercialisation des excès de lait frais en période d'abondance, d'où la nécessité de leur transformation traditionnelle, notamment en fromage Klila, qui sera consommé à l'état frais ou après séchage, l'excès sera commercialisé. Les zones retenues sont : élevages de brebis en zones pastorales (tableau 19), élevages de chèvres en zones sylvo-pastorales (tableau 20) et élevages de vaches en zones montagneuses (tableau 21). Pour chaque site 2 échantillons de 2 litres ont été prélevés. Les quantités collectées ont été identifiées et transportées dans de bonnes conditions de température et d'hygiène. Une analyse préalable des échantillons du lait de vache a été réalisée par Lactoscan.

I.1.2. Matériel de laboratoire

Lors des essais de fabrication du fromage traditionnel Klila au laboratoire, nous avons utilisé le matériel suivant : Balance de précision [OHAUS] ; pH mètre [HANNA] ; Thermomètre de paillasse ; Plaque chauffante ; Bêchers gradués ; Spatules ; Entonnoirs ; Eprouvettes graduées ; Passoire ; Cristalliseur ; Mousseline pour l'égouttage.



(a)



(b)



(c)

Photo 12 : Essais de fabrication du fromage traditionnel Klila au laboratoire
[Leksir et Chemmam 2015]

I.2. Suivi des paramètres de fabrication du fromage traditionnel Klila

I.2.1. Durée de fermentation

Deux litres de laits sont mis à fermenter dans des bidons en plastiques de cinq litres, afin de faciliter l'opération de barattage par la suite. Le lait est disposé à température ambiante, jusqu'à coagulation spontanée. La température du lait était mesurée tous les jours à l'aide d'un thermomètre de paillasse et la température moyenne de fermentation est enregistrée. Les bidons ont été hermétiquement fermés pour favoriser la fermentation lactique.

I.2.2. Durée de barattage

Une fois fermenté, le lait est baratté manuellement jusqu'à agglutination et extraction du beurre. Au cours du barattage une quantité d'eau tiède est ajoutée, vers la fin, de façon à ramener la température à un niveau convenant le mieux au rassemblement des globules gras. L'agitation énergique fait éclater les globules de matière grasse et les soude entre eux.

I.2.3. Température et durée de chauffage pour séparation du lactosérum du caillé

Le Lben se conserve mal, il aigrit rapidement au bout de deux à trois jours. Pour éviter tout gaspillage, le produit qui échappe à la consommation en cas de surproduction est chauffé pour séparer le lactosérum du caillé (Photo 12-a) ; et c'est ce caillé qu'on appelle traditionnellement Klila. Pour la séparation du lactosérum, nous avons utilisé une plaque chauffante, la température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre du laboratoire.

I.2.4. Égouttage du fromage Klila

L'égouttage a été réalisé selon la méthode traditionnelle à l'aide d'un tissu perméable en mousseline, la quantité de lactosérum récupérée a été mesurée (Photo 12-b).

I.2.5. Séchage du fromage Klila

La quantité de Klila extraite (séparée du lactosérum) est pesée à l'aide d'une balance de précision et séchée par la suite à l'air libre au soleil à la température ambiante (Selon la saison) (Photo 12-c). Le séchage consiste à éliminer le maximum l'eau contenue dans le fromage pour prolonger sa durée de conservation. Il s'agit d'un séchage par entraînement car le produit à sécher est mis en contact avec un courant d'air plus ou moins chaud.

L'air chaud transmet une part de sa chaleur au produit, qui développe une pression partielle en eau à sa surface qui est supérieure à la pression partielle de l'eau dans l'air utilisé pour le séchage. Cette différence de pression entraîne un transfert de matière de la surface du solide vers l'agent séchant : l'air.

I.3. Cinétique d'acidification au cours de la fabrication du Klila

Une cinétique du pH a été réalisée pour l'ensemble des échantillons au cours des différentes étapes de fabrication à savoir : lait cru, Rayeb après fermentation, Lben après séparation du beurre, lactosérum et Klila sous ses formes fraîche et sèche.

Les mesures du pH ont été réalisées à l'aide d'un pH mètre [HANNA] selon la procédure décrite dans l'**AOAC 981.12**. Pour mesurer le pH du Klila 10 grammes de fromage sont dilués dans 70 ml d'eau distillée, le pH est déterminé par immersion de l'électrode du pH-mètre dans le mélange à 25°C.

I.4. Analyses physicochimiques des échantillons de Klila préparés au laboratoire

Nous avons réalisé des analyses de la matière sèche et de l'acidité titrable sur les 16 échantillons fabriqués au laboratoire. Les méthodes d'analyses ont été décrites auparavant dans l'Axe I.

II. Résultats et discussion

II.1. Détermination des paramètres physicochimiques par LactoScan

Nous avons déterminé les propriétés physicochimiques de 6 échantillons de lait de vache, le LactoScan utilisé n'était pas programmé pour analyser le lait de chèvre. En ce qui concerne le lait de brebis, nous avons obtenu des résultats erronés qui sont dues probablement à un problème d'étalonnage de l'appareil qui est utilisé exclusivement pour l'analyse de lait de vache réceptionné au niveau de la laiterie.

Différents paramètres ont été obtenus à savoir : La matière grasse, la matière protéique, la densité, l'extrait sec et l'extrait sec dégraissé, le lactose, la conductivité, la température et le point de congélation (point cryoscopique).

Le tableau suivant (Tableau 22) donne les différents résultats obtenus pour les six échantillons de vache analysés.

Tableau 22 : Paramètres physicochimiques des laits de vache analysés par LactoScan

Echantillons	MG*	MP*	D*	ESD*	ES*	L*	Cond*	P.C*	Temp*
LV 1	30,8	26,4	1,032	69,6	124,8	30,5	47,18	- 0,534	20,1
LV 2	36,1	27,0	1,031	76,3	128,2	38,4	44,23	- 0,552	20,0
LV 3	35,5	27,6	1,029	75,8	127,4	32,6	43,85	- 0,546	20,4
LV 4	33,0	27,3	1,030	73,4	126,6	34,8	46,24	- 0,547	19,9
LV 5	38,2	29,2	1,028	78,9	129,2	39,1	42,16	- 0,559	20,6
LV 6	33,7	27,5	1,030	71,2	125,4	37,8	44,54	- 0,556	19,8

MG : Matière grasse (g/l) ; **MP** : Matières protéiques ; **D** : Densité ; **ESD** : Extrait sec total (g/l) ; **L** : Lactose (g/l) ; **Cond** : Conductivité ($\times 10^{-4}$ mho/cm) ; **P.C** : Point de congélation (°C) ; **Temp** : Température d'essai (°C).

L'analyse de la matière première de fabrication du fromage Klila a été réalisée uniquement pour les échantillons du lait de vache. En comparant nos résultats à ceux obtenus par **Boudalia et al. (2016)** sur des échantillons de laits de vache dans la wilaya de Guelma, les résultats semblent être très proches, l'auteur donne un intervalle de variabilité de la teneur en matière grasse entre 30 et 40 g/L, nos valeurs variant entre 30,8 et 38,2 g/L étant comprises dans cet intervalle.

Il en est de même pour l'extrait sec qui varie entre 124,8 et 129,2 g/L, aussi compatible avec cette même référence.

Le taux de lactose étant entre 30,5 et 39,1 g/L constitue un bon apport initial permettant aux bactéries lactiques de démarrer une fermentation de lait en vue d'une fabrication du fromage traditionnel Klila.

Les valeurs de conductivité et les points de congélation des différents échantillons de laits analysés dans notre étude, confirment bien qu'il s'agit d'échantillons de laits de bonne qualité (non mouillés). Les taux protéiques enregistrés dans nos analyses allaient de 26,4 g/L jusqu'à 29,3 g/L proches de ceux donnés par **Boudalia et al. (2016)**, la valeur maximale étant 27 g/L donné par le même auteur, cette petite différence peut être expliquée par la race des vaches en question ou par l'alimentation. Quant à l'extrait sec dégraissé la valeur minimale enregistrée dans notre étude étant 69,6 g/L allant jusqu'à 78,9 g/L, ses valeurs concordent avec celles de **Boudalia et al. (2016)** obtenus suite à l'analyse de laits de vaches dans la wilaya de Guelma.

II.2. Suivi des paramètres de fabrication du fromage traditionnel Klila

II.2.1. Durée de fermentation et de barattage

Le tableau 23 représente les durées de fermentation des différents types de laits étudiés (lait de vache, lait de chèvre et lait de brebis) en fonction de la température ambiante. Nous avons juste retenu la moyenne des températures enregistrées tout au long de la période de fermentation.

Tableau 23 : Durée de fermentation et de barattage du lait des 3 espèces

Espèce	T° ambiante	Durée de fermentation/h	Durée de barattage/mn
Vache n=12	18,17±4,49a	64±19a	78±15a
Chèvre n=10	22,33±3,08ab	40±13b	45±10a
Brebis n=10	24,22±1,26b	84±13a	90±18a

Les chiffres de la même colonne suivis de lettres distinctes (a, b) sont significativement différents au seuil de 5%

Beaucoup de fromages traditionnels à travers le monde sont basés sur une fermentation spontanée grâce aux bactéries lactiques indigènes du lait cru (**Campagnollo et al., 2018**). La coagulation acide fut la première méthode utilisée par l'homme pour préparer des laits fermentés ou des fromages, utilisée depuis l'antiquité, elle est toujours en usage de nos jours (**Farkye, 2017**) pour fabriquer plusieurs types de fromages y compris le Klila.

Dans notre étude, la période de réalisation des essais de fabrications du fromage Klila a coïncidé avec la fin de la saison hivernale et le début du printemps. Les températures varient entre 18°C et 24°C entraînant ainsi des fermentations spontanées plus ou moins longues allant d'une journée et demi jusqu'à trois jours et demi ce qui est confirmé par les femmes enquêtés (**Leksir et Chemmam, 2015**) affirmant que la durée d'acidification du lait pour préparer le fromage Klila varie d'une journée jusqu'à trois jours ou parfois un peu plus quand il fait froid surtout dans les régions montagneuses.

L'étude de **Manuelian et al. (2017)** sur des fromages avec Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) et des Spécialités Traditionnelles Garanties (STG) montre que les températures utilisées pour la coagulation du lait varient entre 28°C et 40°C. Cet intervalle de température étant convenable pour l'ensemble des bactéries lactiques mésophiles et thermophiles permettra une acidification rapide pour mieux gérer les quantités de fromage produites à échelle semi industrielle (**Leksir, 2012**). Dans le cas de notre étude, la fermentation démarre lentement et prends un peu plus de temps à cause des températures relativement basses (saison froide) mais ceci n'affecte en aucun cas le bon déroulement de la fermentation vue les valeurs de pH basses de l'ordre de 4,5 du fromage Klila obtenu.

Il ressort du tableau 23 que le lait de chèvre nécessite une durée moyenne de fermentation la plus courte (40 heures) différente d'une manière significative de celle des autres espèces avec 64 heures et 84 heures respectivement pour la fermentation du lait de vache et de brebis.

Nous avons également remarqué que le temps de barattage nécessaire pour la séparation du beurre est plus long quand la température ambiante est basse. Le barattage est plus difficile pour le lait de brebis qui nécessite dans la majorité des cas un temps supérieur à une heure de temps. La figure 13 montre les durées de fermentation et de barattage pour les laits de vache, de chèvre et de brebis utilisés pour la fabrication du fromage Klila au laboratoire.

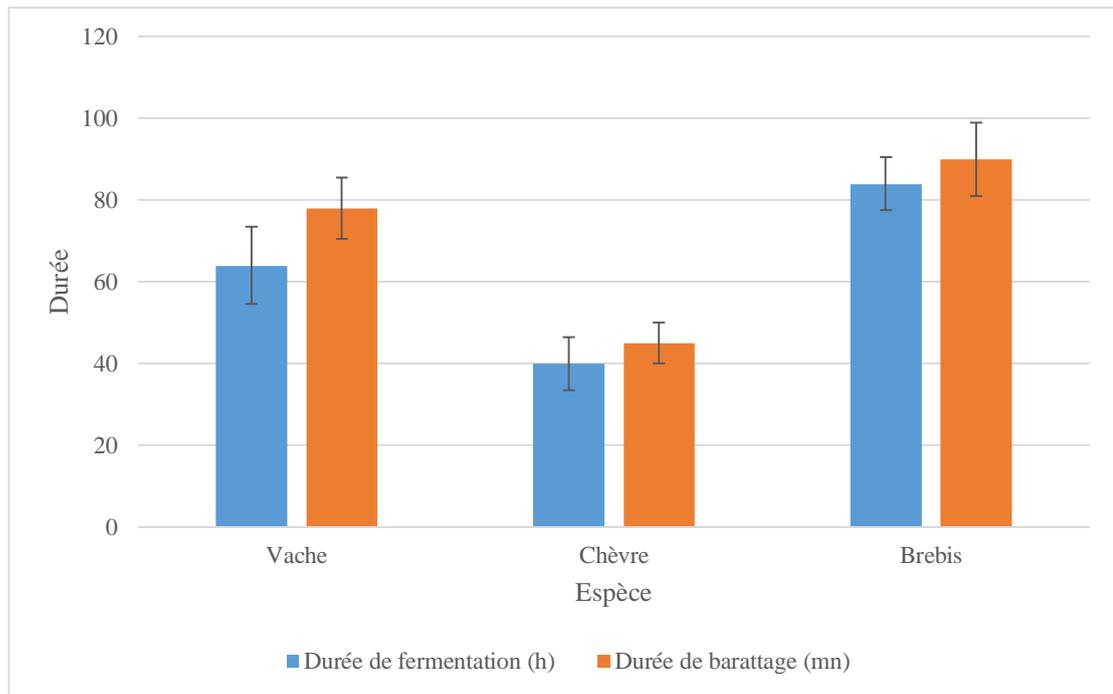


Figure 13 : Durée de fermentation et de barattage de laits de différentes espèces pour la fabrication du Klila au laboratoire

La durée de barattage la plus courte est enregistrée pour le Lben de chèvre, l'extraction de la matière grasse laitière est réalisée très facilement pendant 45 minutes environ, en seconde place, le lait de vache (78 minutes en moyenne à 18°C). La matière grasse de brebis étant la plus difficile à séparer, demandant un barattage très énergique et vigoureux (1h30mn de barattage à 24°C). La durée enregistrée lors des essais de fabrication du Klila au laboratoire est légèrement supérieure à celle mentionnée dans le procédé de fabrication établi suite à la réalisation de l'enquête, ceci peut être expliqué par notre manque d'expérience étant donné que les femmes enquêtés soient entraînées et expérimentées dans le barattage et par conséquent plus rapides et efficaces pouvant récupérer la matière grasse laitière en un intervalle de temps plus court.

II.2.2. Procédés de transformation du Lben en Klila

Les températures de chauffage appliquées sur le lait caillé écrémé pour la séparation du Klila du lactosérum varient entre 56°C et 66°C pour les trois espèces étudiées (Tableau 24). Ces valeurs sont compatibles avec l'intervalle de température donnée par **Manuelian et al. (2017)** concernant la fabrication du fromage italien Parmigiano Reggiano à base de lait de vache (54°C à 55°C).

Tableau 24 : Paramètres de fabrication du fromage Klila au laboratoire

Espèce	Chauffage (mn)	T° de Chauffage (°C)	Durée d'égouttage (h)	Lactosérum (ml)	Durée de séchage (h)
Vache n=12	82±16a	66±5a	21±1a	787±112a	305±110a
Chèvre n=10	64±14ab	56±11b	22±1ab	770±74a	312±134a
Brebis n=10	56±4b	57±14b	23±1b	456±45b	180±54b

Les chiffres de la même colonne suivis de lettres distinctes (a, b) sont significativement différents au seuil de 5%

Comme dans notre présente étude, la cuisson du caillé pour séparer le lactosérum du fromage est plus courte quand il s'agit de fromages à base de lait de brebis tels que le Pecorino, où les températures appliquées (43°C à 48°C) sont moins élevées que celles utilisées dans le cas de fromages à base de lait de vache (**Manuelian et al., 2017**).

La durée de chauffage correspondante appliquée, pour la séparation du lactosérum, varie de 56 minutes pour le Lben de brebis jusqu'à 82 minutes pour le Lben de vache, avec des différences significatives entre les trois espèces. Cette durée mentionnée concerne le temps écoulé, depuis la mise du lait caillé dans le cristallisateur sur la plaque chauffante, jusqu'à la récupération totale du fromage Klila séparé du lactosérum. En effet, vu que les expérimentations ont été réalisées dans une période relativement fraîche (18°C à 24°C), le réchauffement du lait au contact de la source de chaleur se fait par convection, phénomène lent, avant que la température n'atteigne le volume entier du Lben en question. Par la suite, la séparation effective du Klila est effectuée durant une dizaine de minutes à des températures variant entre 56°C et 66°C pour les trois espèces.

Selon **Farkye (2017)**, la fabrication du fromage Queso Blanco en Amérique latine requiert un chauffage à 85°C pendant 30 minutes pour séparer le lactosérum, précédé d'un ajout de 1% à 3% d'acides organiques (tels que l'acide citrique, l'acide lactique, l'acide acétique ou l'acide malique), du jus de citron ou du lactosérum acide. La préparation du fromage Paneer en Inde se fait traditionnellement à base de lait de bufflonne, le lait est additionné de 2% d'acide et chauffé à 90°C pendant 10 à 15 minutes. Le Paneer est obtenu par coagulation du lait à 70°C, il possède une meilleure qualité organoleptique, c'est le plus apprécié par la population Sud-asiatique (**Farkye, 2017**).

Concernant l'étude du procédé de fabrication du fromage Klila, en consultant des travaux de recherche récents sur ce fromage, les auteurs ont montré peu d'intérêt à l'étude du processus de fabrication et de fermentation du Klila. Ils se sont plutôt intéressés à la réalisation d'analyses physicochimiques et microbiologiques de ce dernier (**Benlahcen et al., 2017 ; Meribai, 2017 ; Guetouache et Guessas, 2015**). **Benamara et al. (2016)** a repris quant à lui, le procédé de fabrication du fromage Klila élaboré par **Leksir et Chemmam (2015)** avec ajout de quelques détails concernant le pressage du fromage et son stockage une fois séché dans des sacs appelés 'Ghrara' au Sud Est algérien tandis qu'à l'Est algérien, le fromage Klila est stocké dans des sacs en peau d'animaux appelés 'Mezoued'.

Contrairement aux études récentes, les références antiques sur le fromage Klila telles que celles de **Harrati (1974-a) ; Camps (1984) ; Denis (1989) ; Ben Danou (1929) et Duval (1855)** parlent toutes du procédé de fabrication qui est d'une importance historique et culturelle majeure dans la préservation du patrimoine culinaire artisanal algérien. Cependant, dans la plupart du temps, ils définissent le Klila comme étant un fromage très dur en le comparant même à des pierres, ils évoquent également qu'il était séché sur les toitures des tentes. Ce fromage était prisé par les nomades sahariens, car il leur procure de l'énergie surtout en absence de consommation de viande, mais surtout car il est facile à transporter et non altérable même dans les conditions climatiques les plus rudes. Ces mêmes références citent Klila frais comme étant une étape de fabrication du fromage Klila sec ou comme ingrédient qui servira à préparer d'autres plats.

Le procédé de fabrication du fromage Klila comporte les étapes universelles de base de la fabrication de tous les fromages du monde. Tous les fromages sont faits à base de caséine plus ou moins débarrassée des autres constituants du lait (beurre, lactosérum) et plus ou moins transformée **CODEX STAN 283 (1978)**.

La fabrication du fromage Klila passe par les trois phases suivantes : acidification, coagulation et égouttage, nécessaires pour la fabrication de tous les fromages (**Boutonnier, 2012 ; Yildiz, 2010**). La fermentation du lait pour la fabrication du fromage Klila étant spontanée, les bactéries lactiques indigènes sont les acteurs de cette transformation du lait en lait fermenté.

Cette méthode est en usage de nos jours dans de nombreux produits laitiers fermentés et fromages à base de lait cru (Campagnollo et al., 2018 ; Farkye, 2017 ; Manuelian et al., 2017 ; Béal et Sodini, 2012).

Certains fromages sont salés (Hui, 1992), d'autres ne le sont pas comme le fromage Klila, il en est de même pour l'affinage, le fromage Klila est un fromage non affiné, car il est soit consommé frais juste après l'égouttage, soit séché sans qu'il ne soit affiné. Le barattage manuel permet le dégraissage de ce fromage, les fromages contiennent des quantités variables de matière grasse laitière (Guerra et al., 2015), le Klila fait partie de ceux qui en contiennent le moins.

II.3. Cinétique d'acidification au cours de la fabrication du fromage Klila

Le tableau 25 et la figure 14 montrent l'évolution du pH lors de la fabrication du fromage traditionnel Klila.

Tableau 25 : Cinétique d'acidification au cours de la fabrication du fromage Klila au laboratoire

Espèce	Lait cru	Lait caillé	Lben	Lactosérum	Klila frais	Klila séché
Vache n=12	6,75±0,07a	4,61±0,14a	4,57±0,21a	4,32±0,25a	4,30±0,24a	4,00±0,45a
Chèvre n=10	6,77±0,05a	4,64±0,11a	4,65±0,12a	4,47±0,13a	4,40±0,10a	4,66±0,28b
Brebis n=10	6,72±0,07a	4,50±0,12a	4,50±0,12a	4,38±0,07a	4,28±0,07a	4,66±0,16b

Les chiffres de la même colonne suivis de lettres distinctes (a, b) sont significativement différents au seuil de 5%

Les courbes (Figure 14) montrent une baisse de pH au cours des différentes étapes de préparation du fromage à partir du lait cru jusqu'au fromage Klila sous ses deux formes fraîche et sèche en passant par le Rayeb et le Lben.

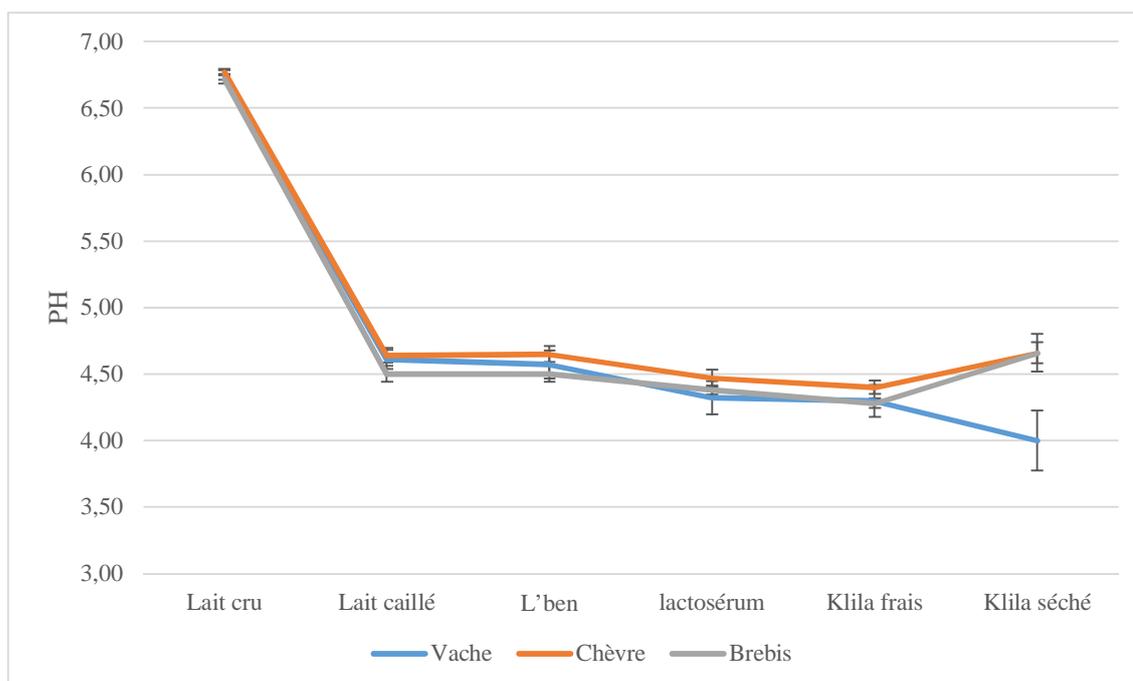


Figure 14 : Cinétique du pH lors de la fabrication du fromage Klila

Cette baisse de pH peut être expliquée par la transformation du lactose du lait cru en acide lactique par le biais de bactéries lactiques autochtones présentes dans ce dernier (Shetty *et al.* 2006 ; Robinson, 2002). L'acidité importante du Klila permet de le préserver des attaques des microorganismes indésirables qui sont souvent neutrophiles.

II.4. Rendement en fromage Klila frais et séché

L'égouttage durait de 19 heures jusqu'à 24 heures pour tous les échantillons du fromage Klila issus de différents types de laits.

Dans notre étude, d'après le rendement en fromage Klila frais et séché (Tableau 26) la perte du poids après le séchage aux rayons solaires est estimée à 13,55% pour le Klila de brebis, 19,76% pour le Klila de chèvre et enfin de 16,81% pour le Klila de vache.

Tableau 26 : Paramètres physicochimiques et rendements en fromage Klila frais et séché fabriqués au laboratoire à partir de laits de différentes espèces

Espèce	Klila frais (g/L)	Klila séché (g/L)	MS (%)	Acidité titrable (°D)
Vache n=12	113±25a	94 ±10a	88,3±1,6a	78±14a
Chèvre =10	172±50b	138±16a	88,5±1,7a	62±5b
Brebis n=10	177±31b	153±21b	91,8±1,1b	52±7b

Les chiffres de la même colonne suivis de lettres distinctes (a, b) sont significativement différents au seuil de 5%

Le rendement en fromage était plus important à partir du lait de brebis et de chèvre avec respectivement 177 g et 172 g pour un litre de lait et uniquement 113 g pour le Klila fait à base de lait de vache.

La figure 15 présente les rendements en fromage Klila frais et séché pour l'ensemble des échantillons du fromage Klila fabriqués au laboratoire à partir de laits de différentes espèces.

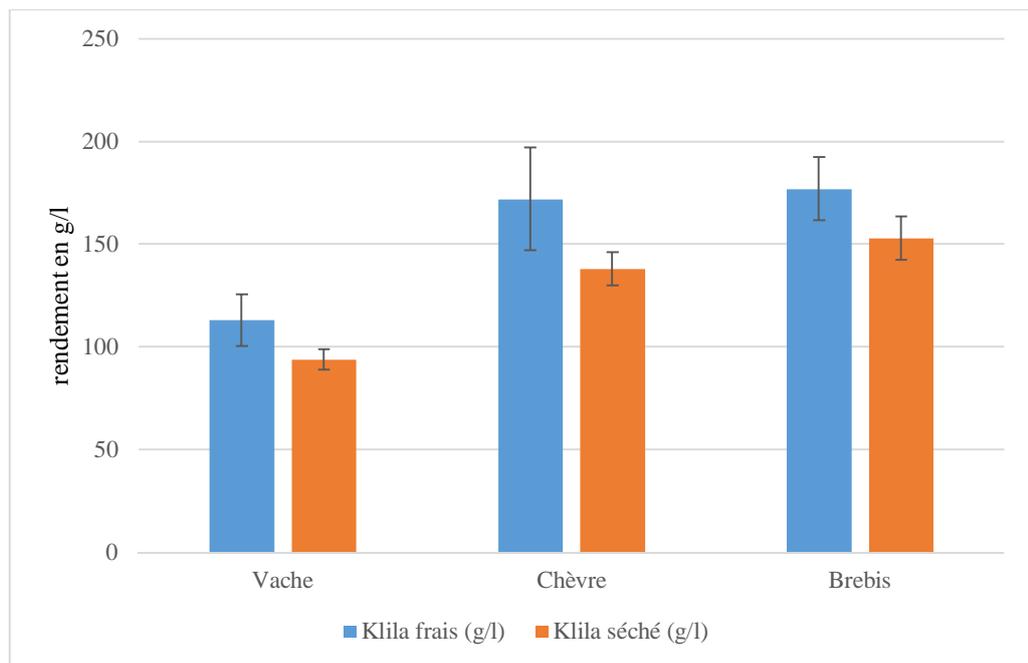


Figure 15 : Rendements en fromage Klila frais et séché fabriqués au laboratoire à partir de lait de vache, de chèvre et de brebis.

D'autres fromages dans le monde possèdent des procédés de fabrication et des propriétés proches de celles du fromage Klila, citons l'exemple du Jameed au moyen orient (**Hamad et al., 2016 ; Mazahreh et al. 2008**), le Chhanna en Inde, Le Chhuga (Chhurpi) au Népal, Le Trachanas à Chypre (**FAO, 1990**).

La figure 16 donne les valeurs moyennes de la matière sèche et de l'acidité titrable pour l'ensemble des échantillons du fromage Klila fabriqués au laboratoire à partir de laits de différentes espèces.

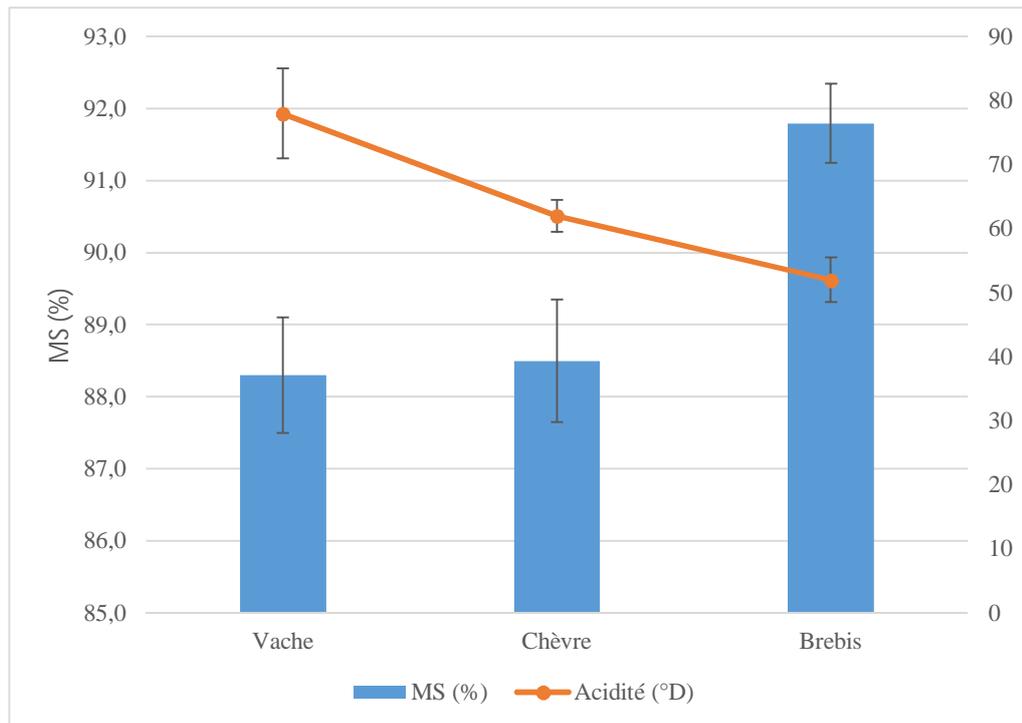


Figure 16 : Valeurs moyennes de matière sèche et d'acidité titrable des fromages Klila frais et séchés fabriqués au laboratoire à partir de lait de vache, de chèvre et de brebis.

Le temps de séchage du fromage dépend de la teneur initiale du coagulum égoutté en eau. La durée de séchage moyenne était de 13 jours pour le fromage à base de lait de vache ; 14 jours pour le fromage préparé à base de lait de chèvre et seulement 8 jours pour la Klila faite à base de lait de brebis. Rappelons ici que la température ambiante était relativement faible vue que les expérimentations ont été réalisées en début de printemps. De même **Hamad et al. (2016)** affirme avoir séché le Jameed de différentes espèces (vache, chèvre et brebis) par la méthode traditionnelle, exposition aux rayons de soleil pendant 15 jours, cette différence de durée qui est plus longue pour le Jameed est justifiée par la différence de taille entre les particules du Klila et celles du Jameed, ces dernières étant beaucoup plus grandes, nécessitent une durée de séchage plus longue. Après un séchage au soleil pendant 15 jours, la teneur en eau du Jameed de brebis a chuté de 51,33% à 18%. La même chose est notée pour le Jameed de chèvre et de vache qui chutent, respectivement, de 68,11% et de 65,86% à 24,21% et 23,76% d'humidité, soit une perte de plus de 40% de leur eau après séchage.

L'utilisation d'un séchage dans des conditions thermiques contrôlées (four) permet de réduire d'une manière significative le temps de séchage, ainsi, un séchage du Jameed fabriqué à base de lait de vache écrémé réalisé à 90°C pendant 6 heures permet d'obtenir un fromage avec un taux d'humidité de 27,64% et qui atteint 20,69%, pendant uniquement 7 jours de séchage au soleil selon **Hamad et al. (2016)**.

En Italy, il existe un bon nombre de fromages à pâte dure cités par **Manuelian et al., (2017)** tels que l'Asiago, le Grana Padano, le Montasio, le Parmigiano Reggiano et le Piave, mais dont l'humidité reste élevée si elle est comparée à celle du fromage Klila. Les fromages italiens ayant les taux d'humidité les plus proches du fromage Klila sont le Pecorino et le Caciocavallo, avec des taux d'humidité respectifs entre 14,7-16,5% et 17,9-19,5% (**Barone et al., 2017**). Le fromage Caciocavallo est fabriqué soit à base de lait de chèvre, dénommé dans ce cas Caprino Caciocavallo, comme il peut être fabriqué à partir de mélange de laits de différentes espèces (Vache, chèvre ou brebis) (**Niro et al., 2014**).

Tout comme pour le fromage Klila, lors de la fabrication du fromage italien à pâte dure le Parmigiano Reggiano, l'acidification est spontanée. La microflore native du lait cru de vache joue un rôle de *starter*, démarrant ainsi la fermentation spontanée du lait cru et dont le rôle est déterminant par la suite dans les propriétés organoleptiques des fromages obtenus (**Mordenti et al., 2017**). Les bactéries autochtones, qui possèdent des propriétés probiotiques précieuses, rendent ainsi ces fromages traditionnels des aliments fonctionnels ou nutraceutiques (**Dikman et Filazi, 2016**).

Dans certains pays du monde, le caillé de lait est additionné de céréales, d'herbes ou d'épices avant d'être séché et conservé, et dans certains cas il est séché tel qu'il est en nature comme pour le cas du fromage Klila. **Tamime et O'Connor (1995)** citent un certain nombre de fromages séchés ressemblant au fromage Klila ainsi que leurs pays d'origine, parmi lesquels on trouve le Kurut et le Teschurra en Turquie, le Madeer ou Ogtt en Arabie Saoudite et le Katyk en Russie.

II.6. Limitations de l'étude

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

- L'étude du fromage Klila par réalisation d'essais de fabrication au laboratoire et le suivi de quelques paramètres physicochimiques du procédé artisanal est la première de son type à l'université de Guelma et même en Algérie ;
- Le contact avec les vieilles femmes pour collecter des informations sur la fabrication de ce fromage nous a permis de cerner les atouts et défis liés à la protection du fromage Klila de la disparition et surtout de préserver sa recette originale transmise d'une génération à une autre.

Cependant, nous tenons à signaler quelques difficultés rencontrés lors de la réalisation des essais de fabrication du fromage Klila au laboratoire telles que :

- La non adaptation du matériel de laboratoire au procédé artisanal ce qui a engendré quelques accidents (Mortier, Cristalliseur) ;
- Nous signalons également les difficultés liées à la récupération de certains échantillons de laits à partir de mini-fermes isolées dans des zones montagneuses en absence de routes menant directement aux lieux d'élevages ;
- La non disponibilité du lait de brebis, même pour l'achat, nous a obligé de le chercher en dehors des wilayas de Guelma et de Souk Ahras.

*Caractérisation
nutritionnelle du Klila :
Essais d'incorporation*

I. Matériels et Méthodes

I.1. Caractérisation nutritionnelle du fromage Klila

En vue d'une meilleure caractérisation du fromage traditionnel Klila nous avons réalisé un ensemble de dosages afin de déterminer les fractions des différents nutriments qui le compose.

Les analyses concernant les matières azotées totales ont été réalisées au niveau du laboratoire des ressources génétiques animales et alimentaires « LRGAA » de l'Institut National Agronomique de Tunis « INAT ». Les analyses du taux butyreux ont été réalisés au niveau du laboratoire de l'Agro-Alimentaire « LAA » de l'Institut National Agronomique de Tunis « INAT ».

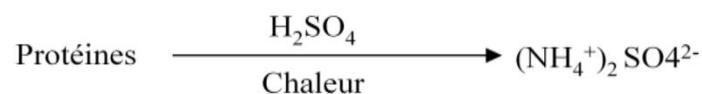
La composition du fromage Klila en acides gras, le dosage des vitamines B1, B2 et le dosage des sels minéraux : Calcium, Potassium et Phosphore ont été réalisés au niveau du Laboratoire Central d'Analyses et d'Essais (LCAE) Tunis.

I.1.1. Dosage des matières azotées totales par méthode Kjeldahl et détermination du taux protéique du fromage Klila

Nous avons utilisé la méthode Kjeldahl (NF V 04-387) pour doser les matières azotées totales dans le fromage traditionnel Klila conformément à la directive ISO 27871 (2011).

La première étape de la méthode Kjeldahl consiste à réaliser une minéralisation avec de l'acide sulfurique. Cette étape permet 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 140°F.

Dans un récipient de minéralisation (matras) contenant 1g du fromage Klila, on introduit 20 mL d'acide sulfurique et une pastille de catalyseur Kjeldahl [Kjeltabs : 3,5 g Sulfate de Potassium + 0,175 g Oxyde de mercure] pendant 3 heures environ dans un Minéralisateur [Behr Labor-Technik]. La fin de l'opération de minéralisation est marquée par le virage de la solution en verre expliqué par la transformation de tout l'azote organique du fromage en azote minéral selon la réaction suivante :



Une fois la minéralisation achevée, la solution est refroidie, quelques gouttes de phénolphthaléine sont ajoutées à la solution de sulfate d'ammonium suivie par l'ajout du

NaOH 0,1 N tout en agitant jusqu'au virage de la solution en rose. La soude est ajoutée afin de changer le pH acide en un pH basique, ce qui a pour effet d'obtenir de l'ammoniac NH₃.

Dans une unité de distillation [BÜCHI K-314], l'ammoniac est entraîné par la vapeur d'eau par distillation, les vapeurs d'ammoniac sont condensées et recueillies dans une solution contenant deux indicateurs colorés (rouge de méthyle et bleu de bromothymol) et 50mL de l'acide borique 4 % (p/v).

L'acide borique retient l'ammoniac. La solution de borate d'ammonium formée ((NH₄)₃BO₃) fait augmenter le pH de la solution qui est ensuite titrée par de l'acide chlorhydrique (0,1N). Le volume d'HCl versé lors de l'étape de titrage est noté pour calculer la teneur en azote total selon la formule suivante :

$$NT = ((V1 - V0) \times 14,01 \times C) / M$$

Où : **NT** : Taux de l'azote total ;

V1 : Volume d' HCl nécessaire au titrage de l'échantillon en mL ;

V0 : Volume d' HCl nécessaire au titrage du blanc en mL ;

C : Concentration de l'acide chlorhydrique (0,1N) ;

M : Masse de l'échantillon du fromage en g.

Nous avons utilisé le facteur 6,38 spécifique aux produits laitiers (**Vignola, 2002**) pour convertir le taux de l'azote total en protéines. La teneur en protéines en grammes pour 100 g de fromage est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en Protéines} = NT \times 6,38$$

Où : **NT** : Taux de l'azote total ;

6,38 : Facteur protéique spécifique aux produits laitiers.

Les résultats du taux d'azote total et du taux protéique ont été calculés par rapport à la matière brute du fromage Klila ils sont également exprimés par rapport à la matière sèche.

I.1.2. Détermination du taux butyreux

Nous avons déterminé le taux butyreux du fromage Klila par méthode Van Gulik (**ISO 3433-2008**). Cette méthode utilise des butyromètres de Gerber (**NF V 04-210**).

Les éléments du fromage à l'exception de la matière grasse sont dissous par l'acide sulfurique. Sous l'influence de la force centrifuge, la matière grasse se sépare en une couche supérieure claire et transparente du reste des éléments, l'adjonction préalable de l'alcool isoamylique permet de mieux visualiser cette séparation.

Pour réaliser le dosage de la matière grasse du Klila, trois grammes de fromage sont pesés et placés dans le godet du butyromètre à fromage.

Les butyromètres sont remplis avec de l'acide sulfurique (H_2SO_4) à 65% jusqu'aux 4/5ème de la tige jusqu'à l'immersion totale du godet et son contenu. Après une agitation modérée, les butyromètres sont placés dans un bain marie à 65°C pour assurer la dissolution totale du fromage tout en évitant de carboniser la matière grasse. Cette opération prend trois heures de temps en moyenne.

1mL d'alcool iso-amylique (3-méthyle, 1-butanol de densité égale à 0,818 g/ml) est ajouté puis la centrifugation est réalisée pendant 10 minutes à une vitesse de 1200 tr/min.

La teneur en matière grasse est exprimée en g/100 g de fromage Klila et elle se fait directement sur le butyromètre à fromage (Nollet et Toldrá, 2010).

I.1.3. Dosage des matières minérales totales

La quantité totale des minéraux présents dans un aliment est désignée également par la teneur en cendres. La mesure du taux des cendres est réalisée après incinération à 550°C pendant 6 H selon la norme **NF V 04-208**.

2 g de chaque échantillon de fromage est pesé et déposé dans un creuset préalablement pesé. L'échantillon est placé dans un four à moufle à 550°C pendant 6 H. Après refroidissement, l'échantillon est placé dans un dessiccateur puis pesé.

Le taux des cendres est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ Cendres} = (a-b)/(c-b) \times 100$$

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

b : Poids du creuset.

c : Poids de l'échantillon du fromage + poids du creuset.

I.1.4. Détermination de la composition du fromage Klila en acides gras

Une étude de la composition du fromage Klila en acides gras a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse (CPG) des esters méthyliques d'acides gras.

Les esters méthyliques d'acides gras sont préparés à partir de la matière grasse, puis analysés par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire. Les acides gras sont identifiés en fonction de leurs temps de rétention. Leur taux sont déterminés par le rapport entre l'aire des pic correspondant et la somme des aires des pics de tous les acides gras.

I.1.4.1. Préparation des esters méthyliques d'acides gras

Les esters méthyliques d'acides gras étaient préparés par Trans-Estérification avec l'hydroxyde de potassium selon la référence **ISO 5509 : 2000E**.

Dix grammes de fromage ont été homogénéisés, ensuite un aliquote de 0.15 g est récupéré dans un tube à vis. Du sulfate de sodium anhydre (1 g), l'isooctane (4 mL) et une solution méthanoïque d'hydroxyde de potassium (300 µL ; 2 mol/L) sont ajoutés.

Le tube à essais est fermé et vigoureusement agité pendant 1 min environ. Après ajout de 1.5 g d'hydrogénosulfate de sodium monohydraté, le tube est secoué encore une fois pendant 30 s afin de neutraliser l'excès d'hydroxyde de potassium. La couche supérieure organique contenant les esters méthyliques d'acides gras est transférée dans un flacon et immédiatement analysée (**Lepage et Roy, 1986**).

I.1.4.2. Réalisation de la chromatographie en phase gazeuse

Les esters méthyliques d'acides gras ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse [Type Hewlett-Packard Series 6890USA] L'appareil comprend une Colonne capillaire [HP Innowax] de 30 m de long avec un diamètre interne de 250 µm (0.25 mm) et un film de 0.25 µm.

Un injecteur split/splitless et un détecteur d'ionisation de flamme (FID) étaient également utilisés pour l'analyse. Le volume injecté était 2 µL. Le programme de température et les conditions de fonctionnement étaient les suivants :

Température de l'injecteur et du détecteur 260 °C ; gaz vecteur hélium (He) à un débit de 1 ml/mn ; La colonne était maintenue à 60 °C pendant 5 min, puis la température est élevée à 240 °C à une vitesse de 5 °C / min, puis maintenue à cette température.

L'intégration des données a été effectuée avec le système de données EZCHROMTM [Scientific Software Inc., USA]. La phase polaire stationnaire de la colonne étant du polyéthylène glycol. Les esters méthyliques d'acides gras étaient identifiés en comparant leurs temps de rétention (Figure 17) avec ceux des étalons de référence.

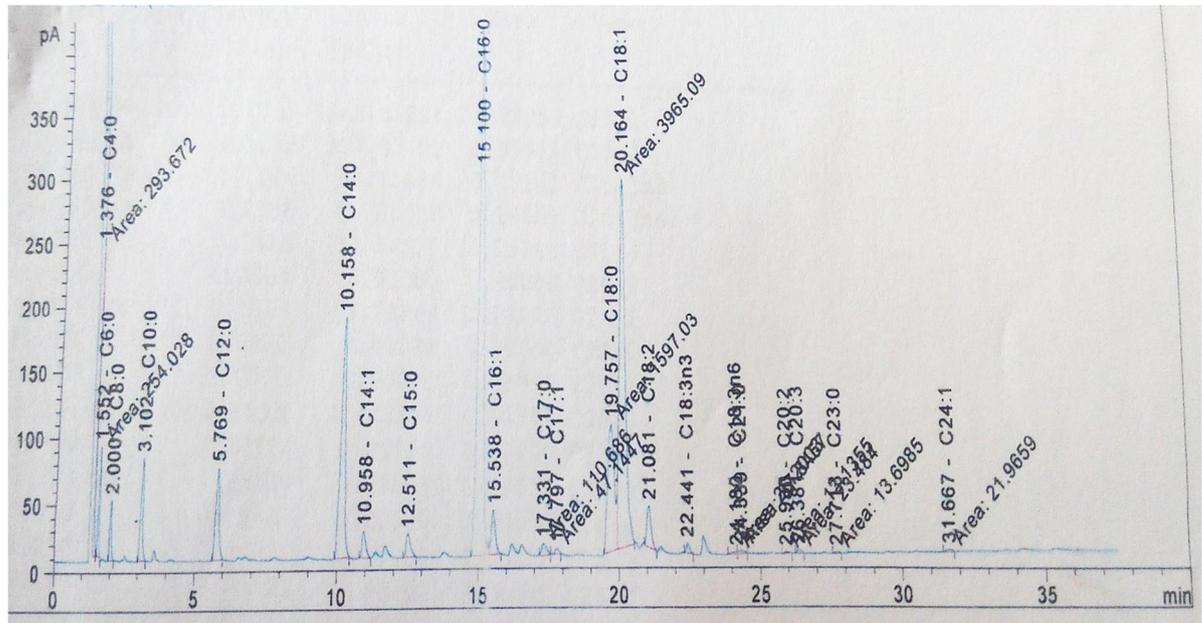


Figure 17 : Méthode de détermination des taux d'acides gras du fromage Klila par mesure des aires des pics CPG

I.1.5. Dosage des vitamines B1 et B2

La thiamine (Vit. B1) est stable en milieu acide à $\text{pH} < 6,5$, elle est relativement thermolabile et détruite en milieu neutre et alcalin, sensible à l'oxydation et au cuivre. La riboflavine (Vit. B2) est également stable en milieu acide et assez résistante à la chaleur. Elle est très photosensible et détruite dès que le milieu atteint ou dépasse la neutralité, elle est également sensible aux réducteurs (Adrian, 1956).

Nous avons déterminé les teneurs en thiamine et en riboflavine dans le fromage traditionnel Klila par chromatographie liquide haute performance (HPLC) et par détection fluorimétrique selon la Méthode NF EN 14122 (2014) pour la vitamine B1 et la NF EN 14152 (2014) pour la vitamine B2.

I.1.5.1. Extraction des vitamines B1 et B2

Le fromage Klila est finement broyé, une prise d'essai de 2 grammes est utilisée pour l'essai. L'échantillon a été pesé dans un flacon de 100 ml. 25 ml d'eau distillée ont été ajoutés. Le mélange est laissé sous agitation pendant 5 min. Il a été ensuite transvasé quantitativement dans une fiole jaugée de 50 ml, ajusté à 50 ml avec de l'eau distillée et centrifugé à 10 000 g pendant 10 min. Le surnageant est filtré sur membrane d'acétate de cellulose (0,45 μm) avant d'être purifié.

I.1.5.2. Purification des extraits vitaminiques par extraction en phase solide

Cinq ml d'extrait obtenu précédemment (I.1.5.1) ont été passés sur une cartouche échangeuse d'anions [Chromafix 400-SB] préalablement conditionnée avec 5 ml de méthanol, puis 5 ml d'eau distillée. Les 2 premiers ml ont été jetés. Les 3 ml suivants ont été récupérés. Deux de ces 3 ml ont été placés dans une fiole jaugée de 5 ml et 250 µl d'une solution d'acide chlorhydrique 250 mM ont été ajoutés. Le volume a été ajusté à 5 ml avec le tampon phosphate 300 mM (pH 3,0) (le pH final de la solution a toujours été compris entre 2,8 et 3,2). Les 5 ml d'extrait à purifier ont été centrifugés à 10000 g pendant 10 min et ensuite été passés sur une cartouche échangeuse de cations [Chromafix 400-SA] préalablement conditionnée avec 5 ml de méthanol, puis 5 ml d'eau distillée. Les 2 premiers ml ont été jetés. Les 3 ml suivants ont été récupérés pour analyse par HPLC.

I.1.5.3. Analyse chromatographique

Le système HPLC utilisé était constitué d'un injecteur avec une boucle de 100 µl, d'un détecteur fluorimétrique (FLD) modèle [363 Varian] et d'un logiciel d'intégration Star-Chromatography. La colonne utilisée avait pour phase stationnaire de l'octadécylsilane 5 mm x 250 mm, granulométrie 5 µm [Merck].

Les longueurs d'onde du détecteur fluorimétrique ont été fixées à 250 nm pour l'excitation et à 312 nm pour l'émission.

I.1.6. Dosage du Calcium et du Potassium

La détermination des teneurs en calcium et en potassium dans le fromage traditionnel Klila a été réalisée par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme selon la Méthode **ISO 8070 FIL119 (2007)**.

Deux grammes du fromage Klila sont pesés dans un bécher de 100 ml, le volume est complété avec de l'eau déminéralisée jusqu'à 25ml. 4 ml de cette solution à doser ainsi préparée est placée dans un pilulier de 20 ml propre et sec, un ml de solution de Chlorure de lanthane (25g/l) est ajouté, le pilulier est ensuite fermé et agité. Le calcium et le potassium sont dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique avec une flamme air acétylène réductrice en utilisant une lampe à cathode creuse au calcium/potassium, à la longueur d'onde de 422,7 nm.

Les solutions d'étalonnage (2, 4, 6, et 8 mg/l de Calcium ou de potassium) le blanc, les échantillons sont présentés successivement ; les absorbances correspondantes sont relevées.

La droite d'étalonnage des absorbances = f (Concentrations en mg/L de calcium ou du potassium) est établie par la méthode des moindres carrés. La teneur en calcium en mg/l est déduite en tenant compte du facteur de concentration.

I.1.7. Dosage du Phosphore

Nous avons utilisé la Méthode citée dans le **JORF 3 NOV (1977)** pour le dosage du phosphore dans le fromage Klila. L'échantillon du fromage est minéralisé par voie humide et mis en solution acide. La solution est traitée par le réactif vanadomolybdique. L'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à 430 nm.

I.1.7.1. Préparation des solutions

- ***Solution de molybdate d'ammonium $(NH_4)_6 MO_7 O_{24}, 4 H_2O$ à 10 % m/v***

100 g de molybdate d'ammonium sont dissouts dans 500 ml d'eau distillée à 50°C, la solution est refroidie puis 100 ml d'acide sulfurique 1,64 g/ml est ajoutée et amenée à 1000 ml. La solution est conservée dans un flacon de polyéthylène.

- ***Solution de monovanadate d'ammonium $(NH_4 VO_2)$ à 2,5 g/litre***

2,5 g de monovanadate d'ammonium sont dissouts dans 500 ml d'eau chaude, la solution est refroidie puis 20 ml d'acide nitrique (1,38 à 1,42 g/ml) sont ajoutés. Le volume est amené à 1000 ml. La solution est conservée dans un flacon de polyéthylène.

- ***Solution étalon à 100 mg de phosphore par litre***

Une quantité de 439,4 mg de phosphate monopotassique séché à étuve à 103 °C est dissoute dans l'eau, le volume est amené à un litre.

I.1.7.2. Minéralisation

Une quantité de 5 grammes de fromage Klila est introduite dans un matras de Kjeldahl de 300 ml, 100 à 200 mg de magnésie pure et 2 à 3 ml d'acide nitrique (1,38 à 1,42 g/ml). Le matras étant tenu avec une pince en bois, son contenu est chauffé au-dessus de la flamme d'un bec de gaz (sous la hotte), tout en agitant constamment, on observe un départ de vapeurs rutilantes, puis de vapeurs blanches d'acide nitrique. Le contenu du matras est amené à sec. Après refroidissement, 2 ml d'acide nitrique sont ajoutés au matras en vue de mouiller la totalité de la matière sèche incomplètement incinérée. Le tout est porté à ébullition et chauffé à sec. Si on observe encore un dépôt noir, on répète l'opération jusqu'à obtention d'un résidu uniformément blanc.

Après refroidissement, l'opération est reprise par 20 ml d'eau et 2 ml d'acide sulfurique, le tout est porté à ébullition pour chasser la majeure partie de l'acide nitrique. 100 ml d'eau sont ajoutés et portés trente minutes au bain d'eau bouillante pour hydrolyser les polyphosphates qui ont pu se former au cours du chauffage à sec. Après refroidissement, la solution est transvasée dans une fiole jaugée de 100 ml et le volume est complété à 100 ml avec de l'eau distillée.

I.1.7.3. Établissement de la courbe étalon

Dans des fioles jaugées de 100 ml, les volumes de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 10 ml de la solution étalon sont introduits respectivement, puis les réactifs ci-après dans l'ordre :

- 20 ml d'acide sulfurique (1,64 g/ml) dilué au 1/10 v/v ;
- 10 ml de la solution vanadique ;
- 10 ml de la solution molybdique.

Le volume est amené à 100 ml avec de l'eau, la solution est laissée reposer pendant trente minutes, l'absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre [SHIMADZU UV-1800] à 430 nm par rapport à un témoin (blanc) préparé en même temps que les solutions et comprenant uniquement les réactifs. La courbe d'étalonnage est tracée en portant en abscisse les quantités en milligrammes de phosphore contenues dans 100 ml et en ordonnée les absorbances lues au spectrophotomètre en utilisant des cuves en Quartz.

I.1.7.4. Dosage et expression des résultats

Un volume aliquote de 10 ml de la solution obtenue après minéralisation est introduit dans une fiole jaugée de 100 ml, puis les mêmes solutions que celles ajoutées lors de l'établissement de la courbe d'étalonnage sont ajoutées dans l'ordre, le volume est également amené à 100 ml avec de l'eau distillée. La solution est laissée trente minutes. L'absorbance est mesurée au spectrophotomètre [SHIMADZU UV-1800] à 430 nm.

La teneur en phosphore total de l'échantillon est exprimée en milligrammes pour cent est égale à :

$$\%P = M \times 10\,000 / P \times n$$

Où : **P** est la masse en grammes de la prise d'essai ;

n : le nombre de millilitres de la solution hydrolysée utilisée ;

M : la teneur en milligrammes de phosphore lue sur la courbe d'étalonnage.

I.2. Essais de valorisation du fromage traditionnel Klila par incorporation dans la viennoiserie

La transformation en fromage comme le type Klila reste une solution pour prolonger sa conservation et son utilisation. Les usages de ce fromage dans des plats cuisinés salés traditionnels, sont multiples et variables d'une région à l'autre. Par contre son usage dans les préparations sucrées reste rare dans la pâtisserie traditionnelle. Ainsi ce travail cherche à élargir les domaines d'utilisation de ce produit à l'état frais ou déshydraté dans certaines spécialités de la pâtisserie traditionnelle locale.

Le lieu retenu pour ces essais est une pâtisserie spécialisée dans la préparation de viennoiseries traditionnelles, située dans un quartier populaire « Cité Agabi » à Guelma. Pour réaliser ces essais nous avons préparé une quantité suffisante du fromage Klila sous ses deux formes : Fraîche et Déshydratée (Photo 13).



Photo 13 : Klila frais et séché utilisé dans les essais d'incorporation en viennoiserie [Leksir et Chemmam 2016]

I.2.1. Choix des produits

Pour nos essais nous avons choisis 3 produits, préparés en viennoiserie traditionnelle, selon les ingrédients de base de leurs recettes de préparation. Les œufs et la farine sont présents dans les 3 produits retenus, à savoir Mini cake ; Chrik et petit pain. Nous avons fait des essais sur chaque produit avec différents niveaux d'incorporation et de substitution. D'une part on a incorporé et substitué «Klila frais» aux œufs, d'autre part on a incorporé et substitué «Klila séché» à la farine. Le tableau 27 résume les essais d'incorporation.

Tableau 27 : Codage des variantes des 3 produits avant dégustation

Produits	Témoin	Klila Substitué aux œufs		Klila partiellement à la farine	Substitué à la farine
Petit pain	1 œuf + 1kg de farine	100g de Klila frais + œufs	200g de Klila sans œufs	200g de Klila séché	300g de Klila séché
Codes	PP01	PPF2	PPF3	PPD4	PPD5
Chrik	2 œufs + 1kg de farine	50g de Klila frais + 1 œuf	150g de Klila sans œufs	160g de Klila séché	240g de Klila séché
Codes	CH01	CHF2	CHF3	CHD4	CHD5
Mini Cake	4 œufs + 850g de farine	150g de Klila frais + 2 œufs	300g de Klila frais + 1 œuf	80g de Klila séché	120 g de Klila séché
Codes	MC01	MCF2	MCF3	MCD4	MCD5

Les différentes préparations du même type de viennoiserie ont été préparées (avec incorporation de Klila frais ou séché, et ensuite cuits à la même température et dans un milieu homogène dans les mêmes conditions.

I.2.2. Évaluation sensorielle

On a voulu procéder à des tests réels, les personnes retenues pour participer à ces tests de consommation ne sont ni expérimentées ni choisies pour leur acuité sensorielle mais sont de potentiels consommateurs des produits choisis pour la présente étude. Pour ce type de test, on interroge des personnes et les résultats servent à prévoir les attitudes de la population cible. Les 3 panels de dégustateurs amateurs retenus sont formés chacun de 20 personnes (des étudiants ; enseignants et agents de l'administration de la faculté de sciences) sans expérience. Pour ce test on a retenu un endroit central au niveau de notre faculté. Comme le vrai test auprès du consommateur exige un panel représentatif de la population cible, il nécessite à la fois beaucoup de temps et d'argent. Les panels de dégustateurs amateurs que nous avons recrutés sur place vont servir à nous fournir les premiers renseignements sur l'acceptabilité des produits proposés dans un premier temps, et ont souvent lieu avant les tests réels de consommation. Les tests avec de tels panels sont beaucoup plus faciles à réaliser que les tests réels de consommation et permettent de mieux contrôler les variables et les conditions de l'expérience. Ces panels servent toutefois à compléter et non pas à remplacer les tests réels de consommation.

I.2.3. Test de classement

L'épreuve de classement consiste à présenter une série de chaque produit et à demander aux dégustateurs de classer ces produits par ordre de préférence en les classant de 1 à 5 sur chacun des 4 attributs retenus : couleur, odeur, texture et goût. Le classement se fait pour les 5 échantillons de chacun des trois produits mini cake, chrik et petit pain : un produit témoin sans incorporation du Klila, 2 produits incorporé avec Klila frais et 2 produits incorporé avec le fromage Klila séché.

La figure suivante montre d'une façon simplifiée, les informations contenues dans notre fiche de questionnaire :

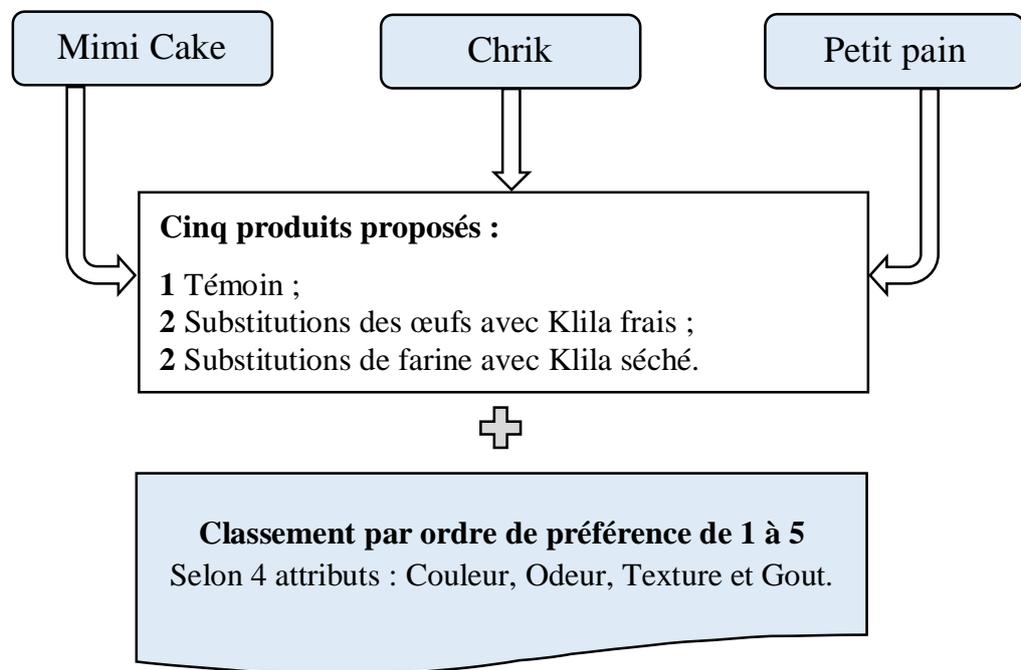


Figure 18 : Description de la fiche du questionnaire de l'analyse sensorielle

I.2.4. Déroulement de la dégustation

L'évaluation du test de dégustation a été faite au niveau d'une salle de classe de la faculté SNV & STU. Des précautions ont été prises pour que les sujets ne soient pas influencés par des facteurs extérieurs.

Pour les trois tests de classement nous avons suivi les étapes suivantes :

- Nettoyage des postes de dégustation ;
- Etiquetage des produits de façon anonyme et neutre afin d'éviter toute connotation de classement selon les préférences.

Chaque poste de dégustation est muni de :

- Bouteille d'eau et verre pour le rinçage de la bouche pendant la dégustation ;
- Serviettes en papier pour les éventuels débordements ;
- Bulletin de réponse.

Les échantillons sont disposés sur les assiettes dans le même ordre du codage. La photo suivante (Photo 14) montre des dégustateurs effectuant une évaluation sensorielle des produits étudiés.



Photo 14 : Evaluation sensorielle par les dégustateurs

I.2.5. Analyse statistique des résultats

Le test réalisé est un test non-paramétrique de Kruskal-Wallis sur k échantillons indépendants dans Excel avec XLSTAT. Les 5 échantillons des trois produits de viennoiserie ont été notés par différents groupes de goûteurs. Les données ne peuvent donc pas être considérées comme étant appariées. Notre but est de déterminer si la différence de l'odeur, de la couleur, de la texture et du goût entre les différentes recettes sont significatives ou non au sein de chaque type de produits.

Pour repérer quelles recettes sont différentes des autres et afin de prendre en compte que les comparaisons sont effectuées sur k recettes la correction de Bonferroni est utilisée. Elle est appliquée au niveau de signification $p \leq 0,05$.

I.3. Valorisation nutritionnelle des produits à base de fromage Klila

Après avoir incorporé le fromage Klila dans trois types de produits alimentaires : Chrik, Mini cake et Petit pain, nous avons procédé à une valorisation nutritionnelle des différentes préparations à base du fromage Klila.

I.3.1. Valorisation qualitative 'Apport protéique'

Nous avons calculé les valeurs moyennes des protéines pour les fromages Klila issues de laits de chèvre, vache et brebis, nous avons ensuite estimé l'apport qualitatif (protéique) du fromage Klila aux différentes préparations alimentaires étudiées.

I.3.2. Valorisation quantitative 'Valeur énergétique'

En se basant sur les résultats moyens des taux protéiques et des taux de matière grasse des fromages Klila fabriqués à partir des laits de vache, de chèvre et de brebis, nous avons calculé la valeur énergétique moyenne du fromage Klila ce qui nous a permis d'estimer l'apport calorique de ce dernier aux préparations alimentaires étudiés (Chrik, Petit pain et Mini cake).

II. Résultats et Discussion

II.1. Caractérisation nutritionnelle du fromage traditionnel Klila

II.1.1. Matières azotées totales et taux butyreux

Le tableau suivant (Tableau 28) présente les résultats du dosage des matières azotées totales ainsi que du taux butyreux pour l'ensemble des échantillons secs du fromage Klila. Les échantillons analysés proviennent de différents sites d'échantillonnage (Où n=2 pour chaque site de prélèvement) :

Tableau 28 : Résultats des protéines et taux butyreux mesurés

Type du lait	Code	Protéines (%/MB)	Protéines (%/MS)	Taux butyreux (%)
Lait de vache	S1 (n=2)	61,78± 0,51	69,42± 0,57	10,0±0,5
	S2 (n=2)	61,13± 0,57	69,16± 0,65	09,5±0,5
	S3 (n=2)	57,05± 2,65	65,28± 2,95	17,0±0,3
	S4 (n=2)	60,34± 2,08	67,13± 2,34	09,2±0,6
	S5 (n=2)	56,58± 2,08	65,34± 2,41	09,0±1,2
	S6 (n=2)	60,23± 2,72	68,14± 3,07	10,0±0,2
Lait de chèvre	S1 (n=2)	58,30± 1,20	65,14± 1,35	11,0±0,6
	S2 (n=2)	51,40± 0,06	57,50± 0,07	12,0±0,4
	S3 (n=2)	57,26± 1,26	66,86± 1,48	12,3±0,2
	S4 (n=2)	60,92± 0,25	69,86± 0,29	11,0±1,2
	S5 (n=2)	62,53± 0,13	69,53± 0,14	11,7±0,8
Lait de brebis	S1 (n=2)	61,68± 1,52	65,28± 1,60	13,5±0,5
	S2 (n=2)	71,37± 0,32	77,93± 0,35	13,7±1,0
	S3 (n=2)	57,36± 0,57	61,68± 0,61	13,0±0,5
	S4 (n=2)	71,29± 2,91	78,23± 3,19	14,0±0,5
	S5 (n=2)	62,79± 2,40	69,38± 2,65	13,3±0,5

Le fromage Klila présente une qualité nutritionnelle très satisfaisante : faible teneur en matière grasse 'fromage maigre', et teneur élevée en protéines. Ce qui est conforme aux normes internationales des fromages (**CODEX Alimentarius STAN A-6 (1978)**).

Le Klila de brebis est le plus riche en protéines (70,5%) et en lipides (13,5%). Chaque type de lait conduit à l'obtention d'un fromage avec des propriétés différentes comme le confirme l'étude menée par **Bernardi et al. (2015)**.

En comparant la teneur du fromage Klila en protéines avec d'autres fromages traditionnels algériens, on remarque que le fromage Klila est le plus riche.

Les taux protéiques des fromages Bouhezza, Medghissa et Mechouna sont respectivement de 43,50% ; 24,70% et 22,58% (**Khoualdi, 2017 ; Derouiche et Zidoue, 2015 ; Aissaoui, 2014**). Selon **Mazahreh et al., (2008)** Le fromage sec Jameed à base de lait de vache a une teneur en protéines arrivant jusqu'à 54,7%, le taux protéique du fromage Klila reste cependant le plus élevé. Nos résultats sont confirmés avec l'étude de **Harrati (1974)** donnant des taux protéiques variant entre 64,5g/100g et 72,5g/100g avec une moyenne de 67,5g/100g ce qui correspond parfaitement à nos résultats pour le fromage Klila à base de lait de vache avec un taux protéique moyen de 67,4g/100g.

On se référant aux valeurs des apports quotidiens recommandés en nutriments cités par **Matera et al., (2018)**, on constate que la consommation de 100g de fromage Klila par jour peut couvrir entièrement le besoin recommandé en protéines évalué à 50g/jour.

Plusieurs études récentes recommandent des fromages allégés en matière grasse dont le pourcentage varie entre 10% et 24% (**Demers-Mathieu et al., 2016 ; Ferrão et al., 2016**).

Les taux de matières grasses des fromages Klila étudiés dans le présent travail (10,7% ; 11,6% et 13,5%) sont nettement inférieurs à ceux rapportés par **Benamara et al. (2016)** qui ont été de 25,33% ; 20,33% et 29,33%, respectivement pour ceux obtenus à partir du lait de vache, de chèvre et de brebis. Cette différence peut être due au mode de barattage utilisé pour l'extraction du beurre et du Lben après fermentation du lait dont suppose que l'écémage était partiel et pas très poussé. Dans notre étude, le barattage était manuel et très énergique pour les trois types de lait, en plus le procédé a été reproduit au laboratoire sous contrôle des différents paramètres du procédé de fabrication. **Harrati (1994)** donne une valeur moyenne de taux butyreux de 17% qui est plus proche de nos résultats que ceux de **Benamara et al. (2016)**.

Comparant les résultats obtenus pour le taux butyreux du fromage Klila avec ceux obtenus par **Mazahreh et al., (2008)** en analysant le fromage sec de Jordanie Jameed, on remarque que le taux de matière grasse dans le fromage Klila est légèrement supérieur que celui du Jameed. Pour un fromage Jameed fabriqué à base de lait de vache ou de brebis séchés au soleil, les taux butyreux étaient de 8,1 et 10,6 respectivement.

Tableau 29 : Composition en acides gras totaux des échantillons du fromage Klila de vache, de chèvre et de brebis

Acides Gras	% Acides Gras Totaux					
	VF	VS	CF	CS	BF	BS
Acide butyrique (C4:0)	1,3±0,35	2,0±0,45	2,0±0,50	1,0±0,45	1,8±0,45	2,7±1,35
Acide caproïque (C6:0)	2,2±0,35	1,5±0,35	2,2±0,20	1,8±0,25	1,9±0,25	2,3±0,75
Acide caprylique (C8:0)	1,6±0,20	1,2±0,15	3,1±0,25	2,6±0,25	1,6±0,40	2,4±1,20
Acide caprique (C10:0)	3,8±0,32	3,1±0,20	10,4±0,20	10,0±0,20	4,0±2,45	8,9±4,20
Acide laurique (C12:0)	4,6±0,25	4,1±0,25	4,1±0,40	4,9±0,50	2,8±1,50	5,8±2,60
Acide myristique (C14:0)	13,5±0,20	13,1±0,15	9,3±1,20	11,7±2,10	9,8±3,15	16,1±5,10
Acide myristoléique (C14:1)	1,1±0,25	1,3±0,25	nd	nd	nd	nd
Acide pentadécylrique (C15:0)	1,0±0,01	1,0±0,01	1,5±0,15	1,2±0,15	0,8±0,45	1,7±0,95
Acide palmitique (C16:0)	30,5±5,35	41,2±6,75	26,7±2,40	31,5±3,20	28,2±1,75	31,7±2,65
Acide palmitoléique (C16:1)	1,7±0,55	2,8±0,45	0,4±0,15	0,7±0,20	0,6±0,01	0,6±0,04
Acide margarique (C17:0)	0,4±0,01	0,4±0,01	0,9±0,01	0,9±0,01	1,1±0,10	0,9±0,10
Acide heptadécinoïque (C17:1)	0,2±0,05	0,3±0,06	0,4±0,01	0,4±0,01	0,5±0,10	0,3±0,01
Acide stéarique (C18:0)	9,2±1,65	5,9±0,95	12,0±1,85	8,3±0,95	12,1±2,40	7,3±1,55
Acide oléique (C18:1)	25,9±3,30	19,3±2,85	23,1±2,55	22,0±2,35	30,8±7,65	15,5±3,35
Acide linoléique (C18:2)	2,2±0,15	1,9±0,15	1,7±0,10	1,5±0,15	1,8±0,10	1,6±0,15
Acide linoléinique (C18:3)	0,2±0,05	0,3±0,06	0,9±0,25	0,4±0,15	0,6±0,05	0,7±0,05
Acide arachidique (C20:0)	nd	nd	0,04±0,02	nd	0,1±0,05	nd
Acide gadoléique (C20:1)	nd	nd	nd	nd	0,06±0,03	nd
Acide hénéicosanoïque (C21:0)	0,2±0,00	0,2±0,03	0,5±0,10	0,3±0,08	0,3±0,15	0,6±0,20
Acide eicosatrienoïque (C20:3)	0,2±0,05	0,1±0,00	0,2±0,07	0,07±0,00	0,2±0,07	0,07±0,08
Acide tricosanoïque (C23:0)	0,03±0,02	0,06±0,01	0,09±0,05	nd	0,08±0,01	0,1±0,05
Acide eicosapentaénoïque (C20:5)	0,04±0,03	0,1±0,08	0,1±0,00	0,1±0,00	0,6±0,20	0,2±0,10
Acide nervonique (C24:1)	0,07±0,27	0,6±0,39	0,1±0,03	0,05±0,06	0,2±0,06	0,08±0,02

nd : <0,01 ou non détecté.

Codification des échantillons : Fromage Klila à partir de Vache : V ; Chèvre : C ; Brebis : B ; Sec : S ; Frais : F.

II.1.2. Composition en acides gras du fromage traditionnel Klila

Les résultats de la composition en acides gras totaux des différents échantillons analysés du fromage Klila à base de lait de vache, de chèvre et de brebis, sous ses formes fraîche et séchée sont donnés par le tableau 29 :

Nous avons exprimé les résultats sur la base de la teneur en acides gras insaturés, polyinsaturés dont les Oméga 3 et les Oméga 6. Les résultats exprimés en pourcentage par rapport aux acides gras totaux sont donnés par le tableau suivant :

Tableau 30 : Composition du fromage Klila en acides gras insaturés et polyinsaturés

Types d'acides gras	Pourcentage par rapport aux acides gras totaux					
	VF	VS	CF	CS	BF	BS
Acides gras insaturés	28,97	24,30	24,00	23,15	32,16	16,48
Acides gras polyinsaturés	02,64	02,40	02,90	02,07	03,20	02,57
Oméga 3	00,24	00,40	01,00	00,50	01,20	00,90
Oméga 6	02,60	02,30	02,80	01,97	02,60	02,37

Codification des échantillons : Fromage Klila de Vache : **V** ; Chèvre : **C** ; Brebis : **B** ; Sec : **S** ; Frais : **F**.

L'étude de la fraction lipidique du Klila, est en effet, une première initiation à la composition en acides gras de ce fromage. Les résultats préliminaires montrent la présence de plusieurs acides gras libres dans le fromage Klila qui peuvent faire partie de sa fraction aromatique. Parmi les acides gras totaux, on trouve des acides gras saturés dont l'acide palmitique (C16:0), l'acide myristique (C14:0) et l'acide stéarique (C18:0) sont les plus importants, d'autre part, les acides gras mono-insaturés sont présentés par l'acide oléique (C18:1) poursuivi de l'acide palmitoléique (C14:1) et l'acide myristoléique. Concernant les acides gras poly-insaturés, la proportion la plus importante est présentée par l'acide linoléique (C18:2).

Nous notons aussi la présence d'acides gras à nombre impaire d'atomes de carbone dont l'acide pentadécylique (C15:0), l'acide margarique (C17:0), l'acide heptadécinoïque (C17:1), l'acide hénécicosanoïque (C21:0) et une très faible proportion d'acide tricosanoïque (C23:0). Il est important de réaliser une analyse chromatographique sur le lait et le Lben afin de vérifier si ces composés sont présents dans les matières premières de fabrication du fromage Klila ou qu'ils proviennent du métabolisme des microorganismes autochtones de fermentation.

Nous avons enregistré des quantités d'acides : stéarique, oléique et linoléique plus importantes dans l'ensemble des échantillons du fromage Klila frais que dans les échantillons secs fabriqués à base de laits de différentes espèces. Ceci peut être expliqué par la présence d'enzymes lipolytiques responsables probablement de leur fractionnement au cours de la conservation du fromage Klila sec surtout qu'il s'agisse d'acides gras de longue chaîne (C18).

Selon les données bibliographiques, les acides gras libres sont originaires de différentes réactions métaboliques des bactéries lactiques impliquant la dégradation des lipides, des protéines et de la fermentation alcoolique et de l'oxydation des aldéhydes (Taboada *et al.*, 2015 ; Smit *et al.*, 2005). Les réactions de lipolyses contribuent d'une manière directe à la production d'acides gras libres ayant des propriétés aromatiques prononcées dans un grand nombre de fromages (Delgado *et al.*, 2011).

Le fromage joue un rôle important dans la nutrition humaine, la consommation des fromages est censée apporter 9,2% des lipides totaux qu'on consomme. Il apporte également 5% des Oméga 3 (Acide alpha- linoléique (ALA) ; Acide docosahexaénoïque (DHA) et Acide eicosa-pentaénoïque (EPA)) et 6% des Oméga 9 (Acide oléique) (Tressou *et al.*, 2016).

Le fromage a récemment été reconnu comme source naturelle d'acide oléique, d'acides gras à courte et moyenne chaîne et d'acide linoléique conjugué (ALC) (Matera *et al.*, 2018 ; González-Martín *et al.*, 2017 ; Chardigny et Malpuech-Brugere, 2007). Bien que le plus important des acides gras mono insaturés soit l'acide oléique, qui forme 75% des acides gras dans la catégorie, il est également possible de détecter l'acide linoléique, qui est un précurseur de l'acide eicosapentaénoïque (C20:5, ω 3; EPA) et de l'acide docosahexaénoïque (C22:6, ω 3; DHA), l'acide linoléique, un précurseur de l'acide arachidonique (C20:4, ω 6), ayant un grand intérêt nutritionnel (González-Martín *et al.*, 2017). Nos fromages Klila analysés sont particulièrement riches en acide oléique notamment sous forme fraîche. Les taux les plus élevés sont enregistrés pour le fromage Klila frais à base de lait de brebis et de vache respectivement 30,8 et 29,5% AGT. L'acide linoléique (LA) est également présent dans l'ensemble des échantillons du fromage Klila fabriqué à partir de laits des différentes espèces (vache, chèvre et brebis) sous sa forme fraîche et sèche avec des taux variant entre 2,2 et 1,5 % AGT.

L'acide linoléique a également été retrouvé dans l'ensemble des échantillons du fromage Klila évidemment avec des taux moins élevés et dont la valeur la plus importante de 0,9 % AGT est celle du fromage Klila frais à base de lait de chèvre.

Les acides gras majoritaires du fromage Klila sont l'acide palmitique, l'acide oléique, l'acide myristique, l'acide caprique, l'acide stéarique, l'acide laurique, l'acide palmitoléique et l'acide linoléique dont des mono et des polyinsaturés.

En comparaison avec le fromage traditionnel algérien Bouhezza (**Aissaoui, 2014**), on remarque que notre fromage Klila contient une moindre quantité d'acides gras saturés : l'acide caprylique (C8:0) et l'acide margarique (C17:0) réputées pour leurs mauvaise qualité et risques cardio-métaboliques. Les deux fromages Klila et Bouhezza contiennent sensiblement la même quantité d'acide linoléique (C18:2). Concernant les acides gras mono insaturés, comparé au fromage Bouhezza, le fromage Klila est plus riche en acide oléique (C18:1) qui est le principal acide gras de la famille des oméga-9 assurant un abaissement du taux de cholestérol sanguin total et une diminution du taux de LDL cholestérol, mauvais pour la santé. Les oméga-9 contribuent aussi à la diminution des risques de développer des maladies cardiovasculaires. Le fromage Klila contient également une bonne quantité d'acide palmitoléique (C16:1) faisant partie de la famille des oméga-7 très bénéfiques pour la santé connus pour contribuer au bon fonctionnement du foie, à optimaliser le taux de cholestérol dans le sang en augmentant le taux de l'HDL et en abaissant celui de l'LDL et à réduire les risques de développer le diabète de type II.

Comparant nos résultats à d'autres fromages dans le monde, le travail de **Zeppa et al., 2003** sur le fromage Ossolano en Italy donnant la composition en acides gras de ce dernier. Le fromage Klila contient moins d'acide gras saturé (C4:0), les deux fromages Klila et Ossolano contiennent à peu près les mêmes quantités d'acide stéarique, linoléique et palmitique. Pour l'acide palmitique, les quantités sont très proches 30,74% AGT pour le fromage italien fabriqué en hiver contre 30,5% AGT pour le fromage Klila fabriqué à partir du lait de vache en début du printemps. Il en est de même pour l'acide palmitoléique (C16:1) appartenant aux oméga-7 dont le fromage italien fabriqué en hiver contient 1,48 %AGT et celui de l'été 1,65 %AGT et notre fromage Klila de vache frais contient 1,7% des AGT. Le fromage Klila contient cependant plus d'acide myristoléique mono insaturé.

L'étude de **Lesic et al. (2015)** réalisée sur des fromages fabriqués à partir de laits de vaches et de brebis montre des taux similaires avec notre fromage Klila dont les acides gras majoritaires : acide palmitique, acide oléique, acide stéarique et acide myristique. La proportion de l'acide gras mono insaturé myristoléique (C14:1) est cependant plus élevée dans le fromage Klila. La valeur maximale obtenue par **Lesic et al. (2015)** pour l'acide linoléique était de 2,04 % AGT alors que pour le fromage Klila frais de vache, nous avons enregistré un taux de 2,4 % AGT.

Le fromage Klila de chèvre est riche en acide caprique (C10:0) 10 %AGT , ce qui est dû probablement à la quantité élevée de ce dernier dans le lait de chèvre rapportée à 8,64 %AGT par **Taboada et al. (2015)**. Notre observation est également confirmée par les résultats de l'étude menée par **Vieitez et al. (2016)** où on constate une différence très significative entre le pourcentage de l'acide caprique dans le lait de chèvre 11,5 %AGT et celui de la vache 2,8 %AGT.

Le fromage Klila est très riche en acides gras insaturés avec ses trois variantes : Klila de vache, de chèvre et de brebis. Les pourcentages les plus élevés ont été enregistrés sur les fromages frais contrairement aux fromages secs qui contenaient un peu moins d'acides gras insaturés. Le fromage Klila le plus riche en acides gras insaturés était celui fabriqué à partir du lait de brebis 32,16 %AGT suivi par celui de la vache 28,97 %AGT et enfin celui de la chèvre 24,3 %AGT.

Le fromage Klila sec n'est pas plus riche ou moins riche en acides gras saturés ou insaturés. En effet, chaque acide gras est un cas isolé, nous avons noté une quantité élevée de certains acides gras dans le fromage Klila sec et l'inverse pour d'autres acides gras dans le Klila frais au sein de la même espèce. Nous nous sommes arrivés à tirer cette conclusion en parcourant nos résultats et en les comparant avec ceux de l'étude menée par **Prandini et al. (2011)** sur des fromages secs et frais fabriqués à partir de différentes espèces.

Concernant les acides gras poly insaturés dont les oméga-6 composés de l'acide linoléique et l'acide arachidonique (ARA), le travail d'**Astorg et al., (2004)** donne en pourcentage, les contributions de différents aliments aux apports journaliers en acides gras insaturés. Pour l'acide linoléique dont le lait contribue à 0,4 % de l'apport journalier, le fromage frais à uniquement 0,23 % ainsi que le yaourt avec 0,37%. Le beurre et la crème contribuent ensemble à 1,91%.

L'apport journalier recommandé total apporté par l'ensemble des fromages est évalué par la même référence à 2,14%. Les apports quotidiens en acides gras poly insaturés restent faibles même dans les pays européens comme la France (**Tressou et al., 2016 ; Astorg et al., 2004**).

Le fromage Klila assure un apport très intéressant en acide gras poly insaturé eicosapentaénoïque (C20:5) connu sous l'abréviation EPA qui est très recommandé pour un bon métabolisme. Une fois dans le corps, l'acide eicosapentaénoïque est métabolisé pour produire des substances semblables aux hormones appelées eicosanoïdes. Ces composés sont responsables de la régulation de la croissance cellulaire, activité musculaire, la coagulation sanguine et la sécrétion de diverses hormones.

Le fromage Klila contient des quantités plus élevées que celles indiquées par **Bodkowski et al., (2016)** en analysant des laits et des fromages à coagulation par la présure sur une population témoin et des vaches laitières supplémentées de 400g de complexe lipidique. Les résultats sont sans appel, pour les témoins le pourcentage de l'EPA était de 0,03%AGT et pour les groupes supplémentés en complexe lipidique le taux a légèrement augmenté, il était de 0,23 à 0,25 % AGT alors que le fromage Klila de brebis frais contient seul jusqu'à 0,6%AGT. Concernant le rapport moyen d'acides gras polyinsaturés oméga6/oméga3, il est assez intéressant il est de 4,68 alors que celui du fromage Bouhezza est de 4,25 (**Maria Marino et al., 2012**).

Il est important de rappeler que le fromage Klila est fabriqué avec le Lben ayant subi un écrémage poussé ce qui conduit à une faible teneur en matière grasse fromagère et en ces différents acides gras, et que malgré cela, il assure quand même des apports non négligeables en acides gras bénéfiques pour la santé humaine.

II.1.3. Dosage des vitamines B1 et B2 pour les différents échantillons analysés

La teneur en thiamine (B1) et en riboflavine (B2) dans les échantillons du fromage Klila étudiés est donnée par le tableau 31 :

Tableau 31 : Teneur en vitamines B1 et B2 pour quelques échantillons étudiés du fromage Klila

Échantillons		Vitamine B1 (mg/100g)	Vitamine B2 (mg/100g)
Klila	VF	0,02±0,00	0,28±0,10
vache	VS	0,04±0,01	0,04±0,00
Klila	CF	0,02±0,01	0,40±0,02
chèvre	CS	0,12±0,05	0,02±0,00
Klila	BF	0,06±0,02	0,82±0,15
brebis	BS	0,06±0,01	0,08±0,03

Codification des échantillons : Fromage Klila à partir de Vache : **V** ; Chèvre : **C** ; Brebis : **B** ; Sec : **S** ; Frais : **F**.

En parcourant les résultats des taux de vitamines B1 et B2 dans les différents fromages Klila analysés, on remarque que, quel que soit le type de lait utilisé (vache, chèvre ou brebis), le taux de la vitamine B1 est plus élevé dans le fromage Klila sec ce qui est dû à l'effet de la concentration des nutriments suite au séchage, tandis que le Klila frais est beaucoup plus riche en vitamine B2 que le Klila sec.

Nos valeurs de dosage de thiamine qui varient entre 0,02 et 0,12 mg/100g de fromage Klila analysés semblent très bonnes comparées aux taux de thiamine dans le lait données par **Schmidt et al. (2017)** étant entre 0,03 et 0,04 mg/100ml. Des apports suffisants en thiamine sont nécessaires pour la santé mentale de l'homme, une étude chinoise menée par **Zhang et al. (2013)** fournit des preuves préliminaires d'un effet bénéfique de la thiamine sur la dépression chez les personnes âgées. Une déficience en vitamine B1 peut engendrer de graves problèmes de santé tels que l'Alzheimer, la dépression, la démence et le syndrome de Wernicke-Korsakoff (**Edwards et al., 2017**).

Comparé à d'autres fromages dans le monde, le fromage Klila assure un apport important et non négligeable en thiamine. Les apports en vitamine B1 assurés par la consommation de différents fromages varient entre 0,019 et 0,06 mg/100g de fromage, le plus riche en vitamine B1 étant le Gruyère (**FAO, 1995**).

Selon **Levit et al., (2017)** Les bactéries lactiques productrices de vitamines apparaissent comme une alternative à l'enrichissement chimique pour obtenir des aliments naturellement bio-enrichis. Les vitamines B produites par les bactéries lactiques (LAB) sont récemment utilisées comme stratégie pour augmenter la teneur en riboflavine dans les aliments, améliorant ainsi leur valeur nutritionnelle et permettant le développement de nouveaux aliments fonctionnels.

Ces vitamines ont montré des effets protecteurs dans des conditions pathologiques chroniques telles que l'inflammation intestinale, le cancer colorectal associée à un traitement oncologique. Des aliments tels que le lait et les produits laitiers contenant naturellement des bactéries produisant des vitamines du groupe B pourraient être utilisés pour compléter les traitements conventionnels pour les patients souffrant de ces pathologies en plus d'améliorer leur apport en vitamines.

Une étude récente menée au Brésil par **Pacheco Da Silva et al. (2016)** a prouvé la capacité de bactéries lactiques à produire des quantités non négligeables de riboflavine (vitamine B2) rendant ainsi les produits laitiers fermentés plus riches en riboflavine que le lait cru. C'est le cas de notre fromage Klila contenant des quantités de vitamine B2 arrivant jusqu'à 0,82mg/100g ; 0,40 mg/100g et 0,28 mg/100g respectivement à base de lait de vache, de chèvre et de brebis. Le lait de vache contient en moyenne 0,17 mg/100ml de vitamine B2 (**FAO, 1995**). Si on compare le fromage Klila avec d'autres fromages dans le monde, on constate qu'il est un des plus riches en riboflavine, les valeurs moyennes de vitamine B2 variant entre 0,16 et 0,69 mg/100g de fromages, le Parmesan et le Camembert ayant les taux les plus élevés de riboflavine (**FAO, 1995**). La quantité importante de riboflavine dans le fromage Klila frais, permet de couvrir une bonne proportion de l'apport journalier recommandé évalué à 1,4mg/jour. Concernant la quantité de vitamine B2 qui est plus importante dans le Klila frais que celui sec, nous supposons que la déshydratation provoquée par le séchage au soleil a dû altérer une bonne partie de cette vitamine connue photosensible et facilement destructible par les ultraviolets. Le rayonnement solaire non filtré par l'ozone génère un déficit en riboflavine. La riboflavine s'altère rapidement à la lumière (UV) (**Adrian, 1956**). Environ 80% de la riboflavine est détruite après une exposition de 2 heures au soleil (UV). C'est pourquoi il est conseillé, notamment, de ne pas exposer le lait à la lumière. Il suffit d'ailleurs de laisser du lait au soleil pour constater qu'après quelques minutes il change de couleur et passe d'une couleur jaunâtre à verdâtre ou un peu bleuté, car il ne reste plus de lactoflavine (riboflavine). **Tamime et al. (1999)** donne une valeur moyenne en vitamine B2 de 0,079 mg/100 dans le Kishk (un lait fermenté séché + mélange de céréales) cette valeur médiocre en riboflavine, surtout que le Kishk soit un mélange de lait fermenté et de céréales censés être très riches en vitamines du groupe B est proche de nos valeurs en vitamine B2 pour le Klila séché au soleil ce qui confirme la destruction de la riboflavine par les rayons solaires dans les deux produits.

II.1.4. Détermination du taux de cendres

Le taux de cendres varie entre 2% et 3,38% pour l'ensemble des échantillons du fromage Klila étudiés. Les matières minérales du Klila varient selon **Harrati (1974-a)** entre 1,7% et 2,8% ce qui correspond bien aux valeurs trouvées par nos expérimentations donnant une valeur moyenne de 2,6% de cendres pour le Klila de vache et une valeur moyenne de 2,4% pour les Klila de chèvre et de brebis. **Meribai et al. (2017)** a donné des taux de cendres moyens de 0,34% et 0,35% pour des fromages Klila de Brebis et de chèvre respectivement ayant des taux de matières sèches de 32,75% et 35,25%, ces valeurs basses sont dues sûrement à une analyse réalisée sur des échantillons de fromage frais et dont l'égouttage n'a pas été réalisé soigneusement.

II.1.5. Dosage du calcium, potassium et phosphore

Nous avons effectué un dosage du Ca, K et P pour des échantillons frais et séchés du Klila dont les teneurs sont données par le tableau suivant :

Tableau 32 : Dosage du calcium, du potassium et du phosphore dans les échantillons étudiés du fromage Klila

Échantillons		Calcium 'Ca' (mg/100 g)	Potassium 'K' (mg/100 g)	Phosphore 'P' (mg/100 g)
Klila vache	VF	82,20	108,0	10,40
	VS	225,7	234,0	33,60
Klila chèvre	CF	107,9	130,0	10,70
	CS	266,0	276,5	180,3
Klila brebis	BF	160,3	47,50	11,50
	BS	131,7	118,0	30,80

Codification des échantillons : Fromage Klila à partir de Vache : **V** ; Chèvre : **C** ; Brebis : **B** ; Sec : **S** ; Frais : **F**

En analysant les résultats des teneurs moyennes en calcium, potassium et en phosphore des échantillons du fromage Klila étudiés, on remarque que les fromages Klila secs que ce soit de vache, de chèvre ou de brebis, contiennent plus de minéraux que la forme fraîche du fromage ce qui est tout à fait normal est dû à concentration de la matière sèche sous l'effet de l'évaporation de l'eau lors du séchage au soleil.

Concernant le calcium, les taux les plus élevées ont été enregistrés sur le fromage Klila sec de chèvre et de vache avec des valeurs de 266mg/100g et 225,7mg/100g respectivement. Concernant le dosage de sels minéraux obtenus par **Harrati (1974-a)**, les valeurs de calcium étaient aussi supérieures à celles du phosphore

comme dans notre cas, mais plus élevées que nos résultats avec une valeur moyenne de calcium de 480mg/100g.

L'étude de **Matera et al., (2018)** sur quatre types de fromages brésiliens donne les valeurs de calcium moyennes suivantes 654,8 mg/100g ; 682,1 mg/100g ; 677,9 mg/100g et 568,5 mg/100g respectivement pour les fromages Coalho, Prato, Minas Padrao et Minas Frescal. Malgré que les valeurs de cette dernière étude soient plus élevées que ceux de notre étude, le fromage Klila reste une bonne source de calcium pouvant assurer jusqu'à un quart de l'apport journalier recommandé (26,6%, en se référant au besoin journalier en Ca : 1000mg/jour, cité par **Matera et al., (2018)**. **Manuelian et al., (2017)** a trouvé les fromages de brebis et de vache plus riches en calcium 728mg/100g et 602mg/100g respectivement, alors que le taux le plus faible de 64mg/100g a été enregistré sur le fromage de chèvre.

Quant au potassium, le fromage Klila de chèvre est également plus riche avec 276,5mg/100g suivi de celui de la vache 234mg/100g. **Matera et al., (2018)** donne les valeurs 0,051mg/100g ; 47,1mg/100g ; 64,2 mg/100g et 76,4mg/100g respectivement pour les fromages Coalho, Prato, Minas Padrao et Minas Frescal qui sont nettement inférieurs aux taux de potassium dans le fromage Klila. Le travail réalisé par **Manuelian et al., (2017)** sur des fromages durs (Humidité < 36%) d'appellation d'origine protégée (AOP) : Asiago, Grana Padano , Montasio , Parmigiano Reggiano et Piave a indiqué des valeurs de potassium variant entre 159mg/100g jusqu'à 211mg/100g avec une moyenne de 170mg/100g qui sont plus proches aux résultats de notre étude.

Contrairement aux deux premiers sels minéraux, le phosphore est présent dans le fromage Klila en plus petites quantités dont la valeur la plus importante a été enregistrée dans le fromage Klila sec fabriqué à base de lait de chèvre avec une valeur de 180,3mg/100g de fromage. **Harrati (1974)** donne une valeur moyenne de dosage du phosphore de 350mg/100g alors **Manuelian et al., (2017)** avait donné des valeurs de phosphore de 430mg/100g et 361mg/100g respectivement dans les fromages de brebis et de vache, pour le fromage à base de lait de chèvre, la quantité de phosphore était uniquement de 108 mg/100g.

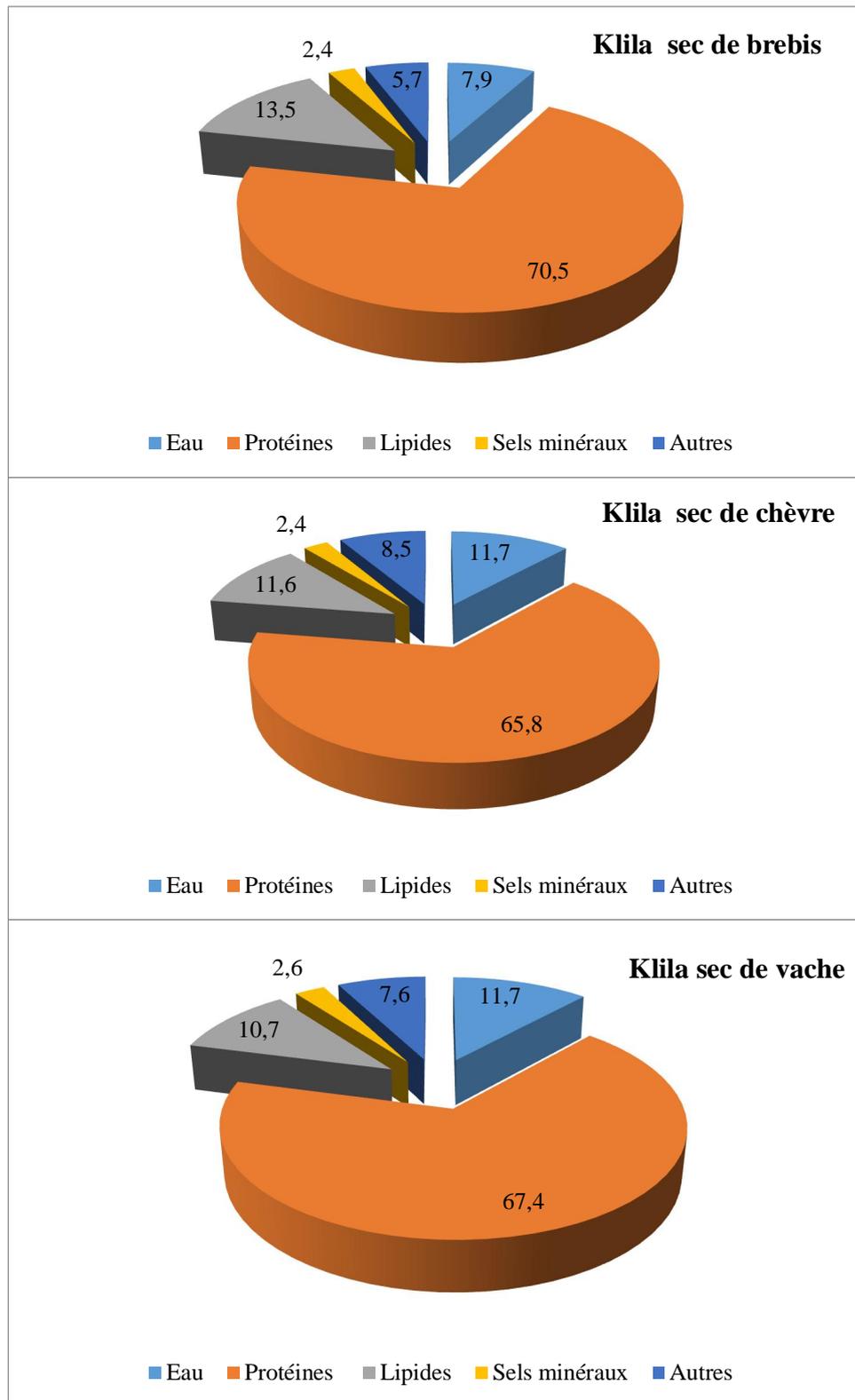


Figure 19 : Composition nutritionnelle moyenne du fromage Klila sec

II.1.6. Récapitulation des résultats

L'ensemble des résultats ont été soumis à une analyse de variance avec le MINITAB 16. Les résultats moyens de la teneur en matière sèche (MS), du taux de cendres, du taux protéique (Prot), du taux butyreux (TB) et de l'acidité titrable (AT) sont reportés au tableau 33.

Tableau 33. Paramètres physico-chimiques du fromage Klila de différentes espèces

Type de lait	Vache (n=12)	Chèvre (n=10)	Brebis (n=10)
MS (%)	88,3 ^a ±0,5	88,3 ^a ±0,8	92,1 ^b ±0,7
Prot (%)	67,4 ^a ±2,3	65,8 ^a ±2,3	70,5 ^b ±2,3
TB (%)	10,7 ^a ±1,3	11,6 ^a ±2,4	13,5 ^b ±0,5
Cendres (%/MS)	2,6 ^a ±0,2	2,4 ^a ±0,1	2,4 ^a ±0,2
AT	52 ^a ±3	63 ^b ±2	71 ^c ±5

MS : matière sèche ; **Prot** : Protéines ; **TB** : Taux butyreux ; **AT** : Acidité titrable ; Les chiffres de la même ligne suivis de lettres distinctes sont significativement différents au seuil de $P < 0,05$

Comme récapitulation, nous avons réalisé les secteurs présentés par la Figure 19, cette étude est la première de son type permettant de définir la composition nutritionnelle moyenne du fromage traditionnel Klila.

La comparaison des taux de matière sèche (MS) montre que le taux de matière sèche du Klila de lait de brebis est significativement ($p < 0,05$) plus élevé que ceux des Klila de chèvre et de vache (92,1 %, 88,3 % et 88,3% MS, respectivement). Ces résultats montrent qu'après séchage le Klila est un fromage à pâte extra dure qui lui permet d'être conservé pour un usage ultérieur.

Le taux de cendres n'a pas montré de différences entre les 3 types de Klila étudiés. Le Klila de brebis se distingue avec une teneur moyenne en matières grasses (TB) significativement différente ($P < 0,05$) de celles du Klila de chèvre et de vache (13,5% vs 10,7% et 11,6%, respectivement) et en protéines (70,5%, 65,8% et 67,4%, respectivement).

L'acidité titrable est significativement différente pour les fromages Klila des trois espèces (vache 52°D, chèvre 63°D et brebis 71°D, $P < 0,05$). L'acidité importante de Klila permet de la préserver des attaques des microorganismes indésirables qui sont souvent neutrophiles. L'acidité du fromage Klila résulte de la transformation du lactose en acide lactique par le biais de bactéries lactiques autochtones présentes sur ce dernier (Shetty *et al.*, 2006 ; Robinson, 2002).

Comme le montre la Figure 19, les fromages Klila préparés à base de lait de vache et de chèvre apportent des valeurs similaires en protéines et en matières grasses (Protéines : 67,4 et 65,8 et Lipides : 10,7 et 11,6, respectivement), c'est des fromages maigres et donc diététiques.

II.1.7. Conclusion partielle

Bien qu'elle soit archaïque, la méthode de transformation des excédents du lait en fromage Klila s'avère une alternative efficace pour prolonger la durée de vie des précieux nutriments contenus dans le lait. Cette méthode permet d'obtenir un fromage qui peut être consommé frais ou après avoir été séché, avec des paramètres physico-chimiques variables. Qu'il soit fabriqué à partir de lait de vache, de chèvre ou de brebis, il assure toujours des apports nutritionnels satisfaisants en protéines, acides gras et vitamines du groupe B. Les paramètres déterminants dans les caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles du fromage Klila obtenu sont intéressants à standardiser.

Le Klila séché constitue une alternative de prolongement de la durée d'utilisation du lait lorsqu'il se trouve produit en excès par rapport à l'autoconsommation ou les possibilités de commercialisation. Il est à noter que si le fromage Klila est produit en excès il peut être vendu, il est apprécié et acheté par les nostalgiques qui se sont sédentarisés en milieux urbains et périurbains.

II.2. Essais de valorisation du fromage traditionnel Klila par incorporation dans la viennoiserie

En plus des propriétés fonctionnelles liées au pouvoir aromatisant et le goût, Le fromage Klila est un ingrédient qui a des propriétés culinaires correspondant à des thermofonctionnalités 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 séché finement broyé dans les plats sucrés leurs confère un caractère croustillant lors de la mastication outre des finalités nutritionnelles.

II.2.1. Préparations alimentaires traditionnelles à base du fromage Klila

Le fromage Klila est incorporé traditionnellement à une large gamme de produits dont 20 ont été recensés et cités pour la première fois dans ce présent travail. Cette liste de produits traditionnels est le fruit de plusieurs années de recherches et d'investigations auprès de vieilles dames vivant notamment dans les zones rurales des wilayas de l'Est algérien. Nous citons les catégories suivantes :

Sauces salés :

Ellebri et Lehrira.

Pâtes traditionnelles :

El aiche (Berkoukess) ; Chekhchoukha ; Berboucha ; Couscous ; El merdoud et Lemkartfa.

Gâteaux et desserts :

B'ssissa ou Tamina ; Zri Zri et B'radjs ; Imedghess et R'fiss.

Pains et galettes :

M' Laoui et Kessra rekhssisse.

Goûters :

Chech h'rire (Assida bougheliya) ; Assida essaфра et Medghissa.

Ingrédients culinaires :

Edhane el hor ; El merdoukh.

L'ensemble de ces préparations alimentaires à base du fromage Klila est cité dans le Tableau 34, certains de ces produits ont été cités par **Leksir et Chemmam (2015)**, les autres produits font l'objet d'un projet de publication et seront entamés en détails dans nos études qui suivent.

Tableau 34 : Préparations culinaires traditionnelles à base du fromage Klila

Préparations culinaires traditionnelles	Description
<i>Chech h'rire (Assida bougheliya)</i>	Préparation à base de Klila frais, semoule et du beurre de vache.
<i>Assida essafra</i>	Préparation à base d'œufs, du beurre de vache et de la Klila.
<i>El aiche (Berkoukess); Chekhchoukha; sauce de Berboucha</i>	Pâtes traditionnelles dont Klila est incorporée en sauce rouge avec des légumes.
<i>Couscous</i>	Klila frais est ajouté au couscous passé à la vapeur, ça lui donne un goût très particulier.
<i>El merdoud</i>	Variété de berkoukess avec des herbes, cuisinée avec des légumes, des légumes secs et de la Klila spécialement pour la femme juste après l'accouchement dans le Sud algérien.
<i>B'ssissa ou Tamina</i>	Préparation grasse et sucrée à base de beurre, du miel et des amandes et/ou des noix additionnée de Klila, spécialement conçue pour les femmes venant d'accoucher favorisant ainsi la sécrétion du lait maternel.
<i>M' Laoui ; Kessra rekhssisse</i>	Une sorte de galettes traditionnelles grasses dont Klila frais est incorporé à la pâte lors du pétrissage manuel.
<i>El merdoukh</i>	Condiment alimentaire traditionnel à base de Klila séché, matière grasse animale, viande séchée salée (khlii), épices et piment formés en boules et utilisés comme exhausteurs de goût pour les sauces rouges des pâtes traditionnelles.
<i>Ellebri</i>	Des grains de blé entier cuits dans de l'eau bouillante avec Klila séché et des pois chiches.
<i>Imedghess</i>	Dessert lacté obtenu par mixture de Klila frais et de lait frais.
<i>Edhane el hor</i>	Beurre rancie obtenu après lavage et saumurage du beurre frais et ajout de Klila.
<i>Medghissa</i>	Fromage fondu préparé par chauffage de Klila semi séché et du lait entier.
<i>R'fiss</i>	Gâteau traditionnel algérien à base de semoule torréfiée, Gherss (dattes écrasées), beurre et Klila il est aplatis et découpé en losanges.
<i>Lehrira</i>	Soupe épaisse à base de légumes et/ou légumes secs et de Klila.
<i>Lemkartfa</i>	Pâtes traditionnelles fines, Klila est incorporée en sauce.
<i>Zri Zri</i>	Gâteau traditionnel préparé à base de dattes, Klila réduit en poudre, Edhane el hor ou l'huile d'olive.
<i>B'radjs</i>	Une sorte de gâteau traditionnel algérien préparé à base de semoule, du beurre de vache et des dattes écrasées, Klila est incorporé à la pâte et/ou au Gher (pâte de dattes écrasées).

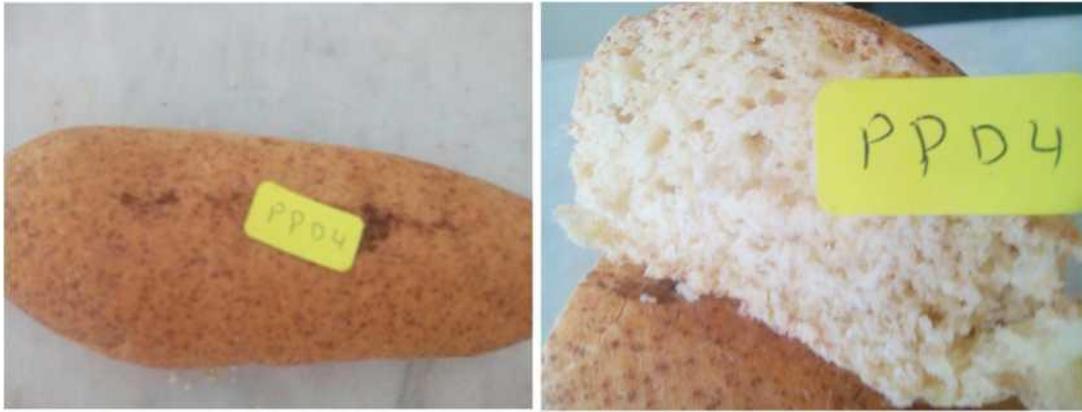
II.2.2. Incorporation du fromage Klila de vache à l'état frais et séché

Si on observe les résultats de classements préférentiels des 3 produits avec leurs 4 variantes en plus du témoin sur le descripteur «odeur», on constate que les 3 panels de dégustateurs ont classé dans les 3 premières places les 2 produits avec incorporation de «Klila frais» avec le témoin (Tableau 35). Dans les comparaisons des résultats moyens entre ces 3 produits il n'en ressort aucune différence significative. En revanche les 2 produits avec incorporation de farine de «Klila séché» occupent les dernières places. Ces résultats peuvent être attribués à l'odeur de rancissement des résidus de matières grasses qui persiste dans la farine de Klila après séchage.

Tableau 35. Résultats du test sensoriel pour les variantes des trois produits : petit pain, mini cake, chrik

Produits	Variantes	Couleur	Odeur	Texture	Gout
Petit pain	T	3,3 ^{ab} ± 1,63	2,45 ^a ± 1,67	3,55 ^a ± 1,47	2,95 ^{ab} ± 1,36
	PP1	2,45 ^a ± 1,10	2,85 ^a ± 1,04	3,30 ^a ± 1,56	2,75 ^{ab} ± 1,02
	PP2	2,1 ^a ± 1,27	2,55 ^a ± 1,36	2,85 ^a ± 1,35	2,30 ^a ± 1,49
	PP3	3,85 ^b ± 1,18	3,60 ^a ± 1,14	2,60 ^a ± 1,14	3,30 ^{ab} ± 1,22
	PP4	3,3 ^{ab} ± 1,30	3,55 ^a ± 1,50	2,55 ^a ± 1,47	3,70 ^b ± 1,66
Mini cake	T	2,90 ^a ± 1,33	2,40 ^a ± 1,5	3,15 ^a ± 1,35	2,55 ^a ± 1,23
	MC1	3,00 ^a ± 1,26	2,70 ^a ± 1,13	2,85 ^a ± 1,46	2,50 ^a ± 1,28
	MC2	3,45 ^a ± 1,50	2,55 ^{ab} ± 1,43	3,50 ^a ± 1,43	2,40 ^a ± 1,31
	MC3	2,30 ^a ± 1,30	3,45 ^{ab} ± 1,05	2,60 ^a ± 1,31	3,50 ^{ab} ± 1,39
	MC4	3,35 ^a ± 1,53	4,90 ^b ± 1,45	3,00 ^a ± 1,52	4,05 ^b ± 1,19
Chrik	T	2,60 ^a ± 1,20	2,35 ^a ± 1,18	2,05 ^a ± 1,47	2,60 ^{ab} ± 0,94
	CH1	2,25 ^a ± 1,12	2,30 ^a ± 1,22	2,15 ^a ± 1,09	2,00 ^a ± 1,21
	CH2	2,60 ^a ± 1,50	2,50 ^a ± 1,28	2,85 ^{ab} ± 1,31	2,85 ^{abc} ± 1,39
	CH3	3,30 ^{ab} ± 1,17	3,80 ^a ± 1,06	3,90 ± 0,97	3,50 ^{bc} ± 1,47
	CH4	4,25 ^b ± 1,25	4,05 ^b ± 1,45	4,05 ± 1,28	4,10 ^c ± 1,65

Les classements préférentiels des 3 produits avec leurs 4 variantes en plus du témoin sur le descripteur «couleur», montrent que pour les 2 panels de dégustateurs du petit pain et du mini cake ont classé dans les 2 premières places les 2 produits avec incorporation de «Klila frais» avant le témoin. Dans les comparaisons des résultats moyens entre ces 2 produits il en ressort une différence significative avec le témoin pour le petit pain. En revanche les 2 produits avec incorporation de poudre de «Klila séché» occupent au moins une place dans les deux dernières. Ces résultats peuvent être attribués à la difficulté d'appréciation de l'échelle de coloration graduellement très proche.



a. Petit pain contenant 300g de Klila sec



b. Mini Cake contenant 300g de Klila frais



c. Chrik contenant 50g de Klila frais

Photo 15 : Textures occupant la 1^{ère} place : a. Petit pain ; b. Mini Cake et c. Chrik.

Si on observe les résultats de classements préférentiels des 3 produits avec leurs 4 variantes en plus du témoin sur le descripteur «gout», on constate que les 3 panels de dégustateurs ont classé dans les 3 premières places les 2 produits avec incorporation de «Klila frais» avec le témoin. Dans les comparaisons des résultats moyens entre ces 3 produits il n'en ressort des différences significatives. Les 2 produits avec incorporation de poudre de «Klila séché» toujours occupent les dernières places. Ces résultats peuvent être attribués au gout marquant des résidus de matières grasses rancies qui persistent dans la farine de Klila après séchage.

Les résultats de classements préférentiels des 3 produits avec leurs 4 variantes en plus du témoin sur le descripteur «texture», laissent apparaître que pour les 3 panels de dégustateurs les résultats sont divergents. Pour le petit pain le panel dégustateur a attribué les 2 meilleures textures aux 2 produits avec incorporations de poudre de «Klila séché». La 3^{ème} et 4^{ème} meilleure texture aux petits pains avec incorporation de «Klila frais», la dernière place revient au pain témoin. Ceci peut s'expliquer par les particules de Klila, bien qu'elles soient incorporées, elles conservent leurs effets d'agrégation et aèrent la mie de pain au cours de la cuisson. Pour le Chrik le panel a classé le témoin en 1^{er}, suivi des deux avec incorporation de «Klila frais» (sans différences significatives) et les deux dernières positions ceux avec incorporation de «Klila séché» avec des différences nettement significatives entre les deux produits avec «Klila frais» et ceux avec «Klila séché». Par contre, pour la texture du mini cake les préférences ont été hétérogènes et indépendantes du type de Klila incorporé. En remarque que la première place est attribuée pour la seule fois à un produit avec incorporation de «Klila séché». La photo 15 illustre les textures préférées des dégustateurs pour les trois produits Petit pain, Mini cake et Chrik.

II.3. Valorisation du fromage Klila par incorporation en viennoiserie

II.3.1. Valorisation qualitative 'Apport protéique'

Les valeurs nutritionnelles moyennes des fromages Klila fabriqués à base de lait de vache, de chèvre et de brebis sont données par le tableau 36. La quantité très intéressante de protéines contenues dans le fromage Klila confirme son excellente qualité nutritionnelle surtout qu'il s'agisse de protéines d'origine animale. Il reste alors le fromage traditionnel algérien le plus riche en protéines comparé à l'ensemble des fromages traditionnels étudiés à ce jour à savoir, Bouhezza, Jben, Mechouna et Medghissa (Khoualdi, 2017 ; Derouiche et Zidoune, 2015 ; Aissaoui, 2014 ; Bendimerad, 2013).

Tableau 36 : Composition nutritionnelle moyenne des fromages Klila de différentes espèces

	Eau (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	Sels minéraux (%)
Klila de vache	11,7	67,4	10,7	2,6
Klila de chèvre	11,7	65,8	11,6	2,4
Klila de brebis	07,9	70,5	13,5	2,4

Même dans les études les plus récentes, aucun fromage italien à pâte dure n'est déclaré avoir un taux protéique égale ou supérieur à celui du fromage Klila (Barone et al., 2017 ; Manuelian et al., 2017 ; Mordenti et al., 2017 ; Niro et al., 2014). Les taux protéiques les plus élevés que nous avons retrouvés concernent les fromages Grana Padano et Parmigiano reggiano avec des valeurs respectives de $34,21 \pm 1,60\%$ et $34,01 \pm 1,95\%$ (Manuelian et al., 2017). Le fromage ayant le taux protéique le plus proche de celui du Klila est le Jameed du moyen orient arrivant jusqu'à $54,7\%$ (Hamad et al., 2016 ; Mazahreh et al. 2008).

Les besoins journaliers en protéines étant de 0,8g à 0,9g par kilogramme de poids idéal Matera et al. (2018), ils sont évalués selon les rapports de la FAO (2005) en moyenne à 49g/jour pour un homme adulte entre 18 et 59 ans, ainsi la consommation de 100 grammes de fromage Klila par jour peut entièrement assurer le besoin protéique journalier d'un adulte de corpulence moyenne.

Afin d'évaluer les apports nutritionnels de l'intégration du fromage Klila aux différentes viennoiseries étudiées, nous nous sommes référés à la table de composition alimentaire CIQUAL (ANSES, 2018).

La composition nutritionnelle moyenne des ingrédients de base : farine et œufs est donnée par le tableau 37. Le poids des œufs étant variable, ils sont classés en différentes catégories, la troisième catégorie inclut les petits œufs, la deuxième catégorie, les œufs moyens et la première catégorie pour les œufs plus grands (de sélection). Le poids de l'œuf est directement proportionnel à la catégorie. En conséquence, chaque gramme contient une certaine quantité de protéines. La catégorie est attribuée aux œufs de l'élevage de volailles, lors du tri. La coquille pèse à peu près 10% du poids de l'œuf, ainsi, le poids d'un œuf sans coquille varie largement de 32 grammes à 68 grammes. Pour la catégorie des œufs moyens, l'intervalle varie entre 45 et 54,9 gramme, la valeur moyenne étant de 50 grammes/œuf sans coquille.

Tableau 37 : Table de composition nutritionnelle de la farine de blé tendre et des œufs

Aliments	Farine de blé tendre (T55)	Oeufs
Protéines * (g/100g)	9,9	12,7
Lipides (g/100g)	1	9,83
Glucides (g/100g)	73,7	0,27
Energie** (kcal/100g)	350	140

* Protéines : %N x 6,25 ; ** Règlement UE N° 1169/2011

L'incorporation du fromage Klila aux viennoiseries traditionnelles leur procure une meilleure qualité nutritionnelle par son apport protéique non négligeable. L'ensemble des résultats des apports nutritionnels après substitution de Klila séché à la farine est donné par le tableau 38.

Tableau 38 : Apports nutritionnels après substitution de la farine à la poudre du Klila séché

		Œufs (g)	Farine (g)	Klila (g)	Apport protéique (g)	
Petit Pain	Témoins	PP01	50	1000	0	105,35
	substitué à la farine	PPD4	50	800	200	220,35
		PPD5	50	700	300	277,85
Chrik	Témoins	CH01	100	1000	0	111,70
	substitué à la farine	CHD4	100	840	160	203,70
		CHD5	100	760	240	249,70
Mini Cake	Témoins	MC01	200	850	0	109,55
	substitué à la farine	MCD4	200	770	80	155,55
		MCD5	200	730	120	178,55

Nous avons calculé uniquement les apports nutritionnels après l'incorporation du Klila séché, suite à la non disponibilité de données concernant les taux protéiques et butyreux du fromage Klila frais.

Il ressort du tableau 38 que l'incorporation de la poudre du Klila séché au Petit pain, Chrik et Mini cake améliore considérablement la qualité nutritionnelle de ses viennoiseries traditionnelles en augmentant d'une façon remarquable les taux protéiques de ses produits. Pour le cas du Petit pain, le taux protéique est augmenté de 263,74% pour le PPD5.

Concernant les deux autres préparations de la viennoiserie formulées à base du fromage Klila, nous remarquons également que l'apport protéique a nettement augmenté, pour le Chrik arrivant à 223,54% pour le CHD5 également substitué de poudre de Klila séché. Le Mini Cake MCD5 préparé en substituant 120 grammes de farine par la même quantité de poudre de Klila séché assure un apport protéique de 178,55g/100g contre uniquement 109,55g par le témoin.

Le problème le plus pressant qui préoccupe les nutritionnistes, est que l'alimentation de plus de la moitié de la population du globe est déficitaire en ces composants essentiels. D'après les rapports de la FAO, il ressort, en effet, que ce n'est pas tellement la quantité de protéines qui fait défaut, mais surtout leur qualité. En effet, dans la plupart des pays où sévit la malnutrition protéique, la ration est constituée presque exclusivement de protéines végétales de qualité inférieure. Cette qualité médiocre est due à un déséquilibre en acides aminés essentiels qui caractérise les protéines végétales prises isolément. Les besoins en protéines sont déterminés par la qualité et la valeur biologique de ces derniers (FAO, 1979).

Le fromage Klila étant d'origine animale, fournit d'excellents apports protéiques tant sur le plan quantitatif et qualitatif. De plus, il est facile à transporter et se conserve bien dans les endroits chauds ce qui rend son utilisation comme ingrédient ou sa consommation en l'état simple pour les populations nomades, ou les gens vivant dans les endroits isolées des agglomérations urbaines.

II.3.2. Valorisation quantitative 'Valeur énergétique'

Les valeurs en énergie métabolisable de tous les aliments sont fournies en Kilojoules (KJ) et en Kilocalories (Kcal). Elles sont calculées à partir des valeurs des protéines, lipides, glucides disponibles et alcool, en appliquant les facteurs de

conversion en énergie.

Sachant qu'un gramme de protéines donne 4 Kcal et un gramme de lipides donne 9 Kcal, nous avons calculé la valeur calorique du fromage Klila en se basant sur les valeurs des protéines et des lipides par la suite de la non disponibilité de données concernant les glucides qui sont sûrement présents sous forme de traces comme pour les autres fromages du monde (ANSES, 2018). Le tableau 39 donne la valeur énergétique moyenne des fromages Klila obtenus à base de lait de vache, chèvre et de brebis.

Tableau 39 : Valeurs énergétiques moyennes du fromage Klila étudiés de différentes espèces (Kilocalories/100g Klila)

	Protéines (Kcal/100g Klila)	Lipides (Kcal/100g Klila)	Kcal (/100g Klila)
Klila de vache	269,60	96,30	365,90
Klila de chèvre	263,20	104,40	367,60
Klila de brebis	282,00	121,50	403,50

L'énergie apportée par la consommation de 100 grammes de fromage Klila semble très bonne comparée à d'autres fromages européens à pâte dure. Des valeurs caloriques similaires à celles du Klila sont données par la table de composition alimentaire CIQUAL (ANSES, 2018) pour l'Edam : 329 Kcal/100g ; le Gouda : 374 Kcal/100g ; le Cheddar : 399 Kcal/100g ; Le Grana Padano : 396 Kcal/100g et l'Emmental : 384 Kcal/100g. Un fromage de type Masdaam à teneur réduite en matière grasse (14%) donne 238 Kcal par 100 grammes de fromage environ ce qui reste relativement faible par rapport à la valeur énergétique du fromage Klila, qui, bien qu'il soit allégé en matière grasse, donne quand même une quantité non négligeable d'énergie ce qui peut être expliqué par sa forte teneur en protéines dépassant celle de tous les fromages européens donné par les tables de la FAO (1995). Des fromages européens à pâte pressée fabriqués à base de lait de Brebis donnent en moyenne 384 Kcal/100g (ANSES, 2018), une valeur qui reste inférieur à l'apport énergétique moyen assuré par la consommation de Klila de brebis évalué à 403,5 Kcal/100g. D'autres fromages français apportent relativement plus d'énergie que le fromage Klila tels que le Comté 418 Kcal/100g ; le Gruyère : 423 Kcal/100g et le Parmesan : 429 Kcal/100g ce qui peut être expliqué par leur forte teneur en matière grasse laitière comparativement au fromage Klila maigre.

Les apports énergétiques journaliers recommandés sont évalués par la **FAO (2005)** à 2408 Kcal et 3091 Kcal respectivement pour une femme et un homme adultes de corpulence moyenne âgés entre 18 et 59 ans. Ainsi, la consommation de 100 grammes de Klila de vache ou de chèvre permet de couvrir 15% des besoins énergétiques journaliers d'une femme et 12 % des besoins caloriques quotidiens d'un homme adulte. Quant au fromage Klila de Brebis, il est de meilleure qualité protéique et énergétique assurant ainsi 13% et 17% des besoins caloriques journaliers respectivement pour un homme et femme adultes de corpulence moyenne.

Le tableau 40 montre les apports énergétiques des différentes viennoiseries traditionnelles (Petit pain, Mini cake et Chrik) après incorporation de la poudre de Klila séché comparativement aux témoins.

Tableau 40 : Apports énergétiques des viennoiseries traditionnelles étudiés après substitution de la farine à la poudre du Klila séché

			Protéines (g)	Lipides (g)	Energie* (Kcal)
Petit Pain	Témoins	PP01	105,35	14,92	555,64
	substitué à la farine	PPD4	220,35	34,26	1189,70
		PPD5	277,85	43,93	1506,73
Chrik	Témoins	CH01	111,70	19,83	625,27
	substitué à la farine	CHD4	203,70	35,30	1132,52
		CHD5	249,70	43,04	1386,14
Mini Cake	Témoins	MC01	109,55	28,16	691,64
	substitué à la farine	MCD4	155,55	35,90	945,26
		MCD5	178,55	39,76	1072,08

*Energie = (1 g de protéine= 4kcal) + (1 g de lipide= 9kcal)

L'ensemble des valeurs semble très intéressant. La consommation de 100 grammes du Petit pain PPD5 peut couvrir la moitié (48,75%) des besoins énergétiques quotidiens d'un homme adulte de corpulence normale. Aussi, la consommation de 100 grammes de Mini cake MCD5 peut assurer une couverture de 44,52% des besoins énergétiques journaliers d'une femme adulte de corpulence moyenne.

Tableau 41 : Fiche technique du fromage traditionnel algérien Klila

Pays	Algérie
Terroir	Est Algérien : Guelma et Souk Ahras
Dénominations	Klila, Lagta.
Matière première	Lben : Lait fermenté écrémé obtenue par barattage du Rayeb (lait soumis à fermentation spontanée) ; Le lait de différentes espèces (vache, chèvre et brebis) peut être utilisé.
Type	Fromage à pâte extra dure
Aspect	<i>Klila frais</i> : Caillé à consistance ferme et friable ; <i>Klila sec</i> : Granules blanches ou jaunâtres à consistance dure.
Saveur	Goût frais et acidulé.
Classification	Fromage maigre à pâte extra dure. Fromage sans appellation d'origine protégée.
Microflore de fermentation	Lactobacilles + Coques lactiques.
Procédé de fabrication	<p><i>Coagulation</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Type : Coagulation acide par des ferments indigènes ; ▪ Température ambiante ; ▪ Temps de coagulation 24h à 72h. <p><i>Barattage</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Type : Manuel ; ▪ Temps de barattage : 30 à 40 minutes. <p><i>Ecrémage</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ De la quasi-totalité du beurre. <p><i>Séparation du caillé</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Séparation thermique du lactosérum 55°C à 75°C. <p><i>Egouttage</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ A travers un tissu fin (Mousseline) ; ▪ Pendant 21h ± 2h. <p><i>Découpage</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aléatoire. <p><i>Séchage</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Air ambiant.
Caractéristiques physicochimiques	pH: 4,3 à 4,9 Acidité titrable _{moy} : 38,45°D Matière sèche : 91,50%
Composition nutritionnelle moyenne	Cendres : 2,48 % Calcium (Ca) : 2,257 g/kg Potassium (K) : 2,34 g/kg Phosphore (P) : 0,336 g/kg Vitamine B1 : 0,03 mg/100g Vitamine B2 : 0,5 mg/100g Protéines : 67,9 (% MS) Taux butyreux : 11,93% AG Insaturés : 24,84 (% AGT) AG Polyinsaturés : 2,63 (% AGT) Oméga 3 : 0,7 (% AGT) Oméga 6 : 2,44(% AGT)
Valeur énergétique moyenne	<i>Klila de vache</i> : 365,90 Kcal/100g <i>Klila de chèvre</i> : 367,60 Kcal/100g <i>Klila de brebis</i> : 403,50 Kcal/100g

II.4. Fiche technique du fromage traditionnel Klila

D'après les résultats de l'enquête, les essais préliminaires des fabrications contrôlées au laboratoire et la caractérisation physicochimique, microbiologique et sensorielle. Nous avons pu établir la première fiche technique du fromage Klila qui englobe l'ensemble de ses caractéristiques (Tableau 41).

II.5. Conclusion partielle

Les laits de vache, de chèvre et de brebis étant produits dans des milieux ruraux et dans des milieux sociaux différents, ceci confère au fromage Klila des usages multiples dans les traditions culinaires et ceci sous les deux formes (frais ou séché).

Concernant l'analyse sensorielle, l'épreuve de classement fait appel à la mémoire, il apparaît nécessaire de réduire le nombre d'échantillons. L'objectif étant de valider le protocole, beaucoup de différences statistiquement significatives ont été mise en évidence.

Lors de la mise en pratique du questionnaire, il est apparu que les consommateurs éprouvaient des difficultés à classer les échantillons les uns après les autres. Une démarche comparative (dégustation de l'intégralité des échantillons puis noter par ordre de préférence) leur paraissait plus naturelle. Ainsi, un essai avec attribution de notes selon la préférence pourrait constituer une amélioration.

L'objectif de ces essais « Intégration de Klila frais et séché » en substitution aux œufs et à la farine dans la viennoiserie traditionnelle et effet sur les descripteurs ; couleur, odeur, texture et gout » est atteint. Sa validation nécessite cependant des étapes supplémentaires pour appliquer les améliorations proposées et étudier sa répétabilité ainsi que sa fiabilité.



*Conclusions
& Perspectives*

I. Conclusions

Notre travail nous a permis de réaliser **une étude de terrain** par le biais d'une **enquête de fabrication et de consommation** du fromage traditionnel Klila dans l'Est algérien. Cette enquête a été réalisée auprès de 200 personnes des milieux urbains et ruraux dans l'Est algérien notamment Guelma et Souk ahras. Klila est un fromage traditionnel dont la fabrication est destinée à l'autoconsommation au niveau familial plus ou moins commercialisé d'une manière artisanale. Les résultats de l'enquête nous ont permis de tracer fidèlement son **diagramme de fabrication** précis.

Les analyses **physicochimiques** de ce fromage ont montré une qualité satisfaisante de ce dernier sous sa forme déshydratée, on note un pH voisin de 4,6 ce qui constitue une véritable protection contre les altérations dues aux microorganismes indésirables et pathogènes. Selon sa teneur en eau de 6,97% à 9,02% , Klila constitue un fromage à pâte Extra dure très riche en matière sèche arrivant jusqu'à 93,03%.

Concernant les **analyses microbiologiques**, la qualité hygiénique du fromage traditionnel Klila s'est révélée très satisfaisante justifiée par l'absence totale des coliformes et des streptocoques fécaux ; de salmonelles et des *Staphylococcus aureus*. En ce qui concerne la recherche et le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale, nous avons obtenu une gamme de colonies de tailles variables (petites, moyennes) de couleurs différentes (blanches, jaunes, transparentes), et de forme circulaire ou lenticulaire. Les valeurs du dénombrement de la flore mésophile aérobie totale n'ont pas dépassé $9,80 \times 10^3$ (UFC/g) ceci peut être justifiée par le chauffage modéré appliqué au Lben pour séparation du lactosérum.

Les bactéries lactiques sont présentes sous forme de colonies rondes, lisses et convexes de couleur blanchâtre. Le dénombrement des bactéries lactiques dans le fromage traditionnel Klila a donné des valeurs variant entre 3,76 et 5,38 log UFC pour les coques lactiques et des valeurs entre 3,71 et 6,43 log UFC pour les lactobacilles. Ces charges bactériennes importantes permettent de coloniser le fromage Klila avec les souches bénéfiques freinant ainsi la prolifération des pathogènes et des bactéries de contamination.

Les mécanismes impliqués dans le procédé artisanal de transformation du lait lui confère une certaine protection par le biais du :

- Procédé d'égouttage poussé et du séchage aux rayons solaires qui fournit un certain assainissement du fromage. En outre ça contribue à l'abaissement de l'activité d'eau (a_w) ce qui diminue les chances de multiplication des microorganismes pathogènes et indésirables ;

- pH acide résultant de la fermentation lactique constitue une forte protection du fromage Klila car il est évident que les microorganismes pathogènes ont un pH optimal de croissance aux alentours de la neutralité et ne tolèrent pas les milieux acides, ainsi se prolonge la durée de conservation de ce fromage et s'excluent les chances de multiplications des pathogènes.

Les résultats de l'étude du procédé de **fabrication au laboratoire** nous ont permis de suivre les différents paramètres de fabrication du fromage Klila et d'établir ainsi les courbes d'acidifications des laits issus de différentes espèces (vache, brebis et chèvre) grâce à la réalisation d'une cinétique de pH depuis le lait cru, en passant par le Rayeb et le Lben, jusqu'au produit fini « Fromage Klila ».

Bien qu'elle soit archaïque, la méthode de transformation des excédents du lait en fromage Klila s'avère une alternative efficace pour prolonger la durée de vie des précieux nutriments contenus dans le lait.

Les résultats de la **caractérisation nutritionnelle** ont révélé une qualité très intéressante du fromage Klila : faible teneur en matière grasse, et teneur élevée en protéines. Les fromages Klila préparés à base de lait de vache et de chèvre apportent des valeurs similaires en protéines et en matières grasses (Protéines : 67,4 et 65,8 et Lipides : 10,7 et 11,6, respectivement. Le taux butyreux étant égale à 10,7 ; 11,6 et 13,5 respectivement pour le fromage Klila fabriqué à base de lait de vache, chèvre et brebis fait de lui un fromage maigre très diététique, de plus qu'il contient une proportion d'acides gras insaturés arrivant jusqu'à 32,16% AGT pour le fromage Klila frais fabriqué à base de lait de brebis dont 1,2% AGT Oméga 3 et 2,6% AGT Oméga 6.

Sa richesse en protéines arrivant jusqu'à 70,5% fait de lui une excellente alternative pour remplacer les protéines d'origine animale (viande) surtout dans les pays en voie de développement. Avec des taux moyens de matières minérales totales de 2,4% et 2,6% selon l'espèce, le fromage Klila constitue une excellente source de calcium, de potassium et de phosphore, les taux les plus élevés ont été enregistrés pour le fromage Klila de chèvre sec avec des pourcentages respectifs de 266 g/100g (Ca) ; 276,5 g/100g

(K) et 180,3 g/100g (P). Concernant les vitamines B1 et B2, les taux les plus élevés ont été enregistrés dans le fromage Klila sec de chèvre pour la thiamine avec 0,122 mg/100g et 0,82 mg/100g de riboflavine dans le Klila frais de brebis.

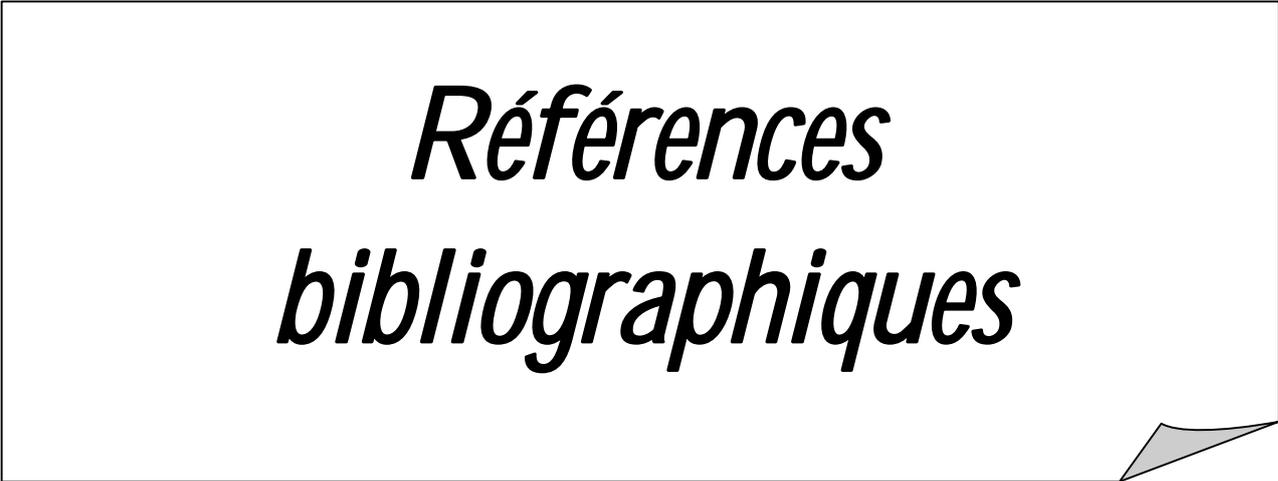
L'**analyse sensorielle** a montré que le Klila peut être incorporé en **viennoiserie traditionnelle** à l'état frais ou après séchage améliorant ainsi d'une manière considérable la qualité nutritionnelle de ses viennoiseries en augmentant d'une façon remarquable les taux protéiques et les apports énergétiques de ses produits.

II. Perspectives

La présente étude a donné des résultats très satisfaisants, ce qui motive le lancement d'autres recherches dans le futur afin de compléter et d'approfondir l'étude de ce fromage traditionnel notamment :

- Le criblage, l'isolement et la caractérisation moléculaire des souches autochtones à partir de différents laits (lait de vache, de chèvre et de brebis) et le séquençage des fragments amplifiés par PCR (gènes codant des propriétés technologiques intéressantes) pour une meilleure identification des souches autochtones isolées. Ces travaux peuvent aboutir à la construction d'une souche nationale et la mise en marche d'une éventuelle production de ferments lactiques pour des essais de fabrication semi-industrielle du fromage Klila ;
- La vérification des propriétés diététiques et probiotiques bénéfiques des souches lactiques autochtones responsables de la fermentation spontanée du fromage Klila ;
- La réalisation d'une enquête de fabrication et de consommation élargie aux autres wilayas de l'Est Algérien ;
- La réalisation d'un dosage des acides aminés permettra une meilleure caractérisation nutritionnelle de notre fromage Klila ;
- La réalisation d'essais d'incorporation et de tests sensoriels en proposant un nombre plus restreint de produits ;
- Faire des démarches en vue d'une labélisation du fromage traditionnel Klila afin de protéger notre patrimoine culturel culinaire ancestral algérien.

*Références
bibliographiques*



A

Adrian J. (1956) Les méthodes de dosage des principales vitamines hydrosolubles (1). *Annales de zootechnie, inra/edp sciences*, 5 (4), pp.295-334.

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

Aissaoui Zitoun O. (2014). Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Bouhezza ». Thèse de doctorat en Sciences alimentaires, INATAA Constantine. Université de Constantine 1. 174P.

Amellal R. (1995) La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. *In* Allaya M (Ed.) *Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000* Montpellier : *CIHEAM - Options Méditerranéennes, Série B*, Etudes et recherches 14. pp : 230-238.

ANSES (2018) Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. CIQUAL : La table française de référence sur la composition nutritionnelle des aliments. <https://ciqual.anses.fr> (Date de mise en ligne : 22 Février, 2018).

Astorg P., Arnault N., Czernichow S., Noisette N., Galan P. and Hercberg S. (2004) Dietary intakes and food sources of n-6 and n-3 PUFA in French adult men and women. *Lipids* : 39 : pp 527-535.

B

Bargis P. (2012) Le grand livre des aliments santé. Groupe Eyrolles, Paris : Eyrolles. 824 p.

Barone G., Dambrosio A., Storelli A., Busco A., Ioanna F., Quaglia N-C., Giacomini-Stuffler R. and Storelli M-M (2017) Traditional Italian cheeses : trace element levels and estimation of dietary intake. *Journal of Food Composition and Analysis*, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.12.025>.

Béal C. et Sodini I. (2012) Fabrication des yaourts et des laits fermentés, *Techniques de l'Ingénieur f6315*, Paris-France, 16 p.

Beka R-G. (2011) Une alternative végétale en fromagerie : Préparation d'un extrait coagulant à partir des fruits de *Balanites aegyptiaca*. Etude biochimique et application technologique. Thèse en cotutelle : Doctorat en Science Ingénierie des fonctions Biologiques Université de Lille 1 ; Doctorat Ph D en Sciences Alimentaire et Nutrition Université de Ngaoundéré, 130 P.

Belhadia M., Saadoud M., Yakhlef H. et Bourbouze A. (2009) La production laitière bovine en Algérie : Capacité de production et typologie des exploitations des plaines du Moyen Cheliff. *Revue Nature et Technologie* N° 01. pp : 54-62.

Belhadia M., Yakhlef H., Bourbouze A. et Djermoun A. (2014). Production et mise sur le marché du lait en Algérie, entre formel et informel. Stratégies des éleveurs du périmètre irrigué du Haut- Cheliff. *NEW MEDIT* N. 1/2014, pp 41-49.

Bellakhdar. J. (2008) Hommes et plantes au Maghreb : éléments pour une méthode en ethnobotanique. Maroc. Plurimondes. 386 p.

Benamara R. N., Gemelas L., Ibri K., Moussa-Boudjemaa B. and Demarigny Y (2016) Sensory, microbiological and physicochemical characterisation of Klila, a traditional cheese made in the south-west of Algeria. African Journal of Microbiology Research Vol. 10(41), pp. 1728-1738.

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

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

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

Beniston NT. et Beniston WS. (1984) Fleurs d'Algérie, Entreprise Nationale du Livre Alger. 359P.

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

Benkerroum N. (2013) Traditional Fermented Foods of North African Countries : Technology and Food Safety Challenges With Regard to Microbiological Risks. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 12 :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. Aissaoui Zitoun, O., Université de Constantine1. Algérie. 48p.

Benlahcen K., Mahamedi A-E., Djellid Y., Sadeki I-F. and Kihal M. (2017) Microbiological characterization of Algerian traditional cheese "Klila". Journal of purity, utility, reaction and environment Vol 6 N°.1. pp. 1-9.

Bonnefoy C., Guillet F., Leyral G. et Verne-Bourdais E. (2002). Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Doin, Lorraine France 241 p.

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

Bernardi N., Benetti G., Haouet N.M., Sergi M., Grotta L., Marchetti S., Castellani F. and Martino G (2015) A rapid high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry assay for unambiguous detection of different milk spices employed in cheese manufacturing. Journal of dairy science Vol. 98 N° 12. 8405-8413.

Bodkowski R., Czyż K., Kupczyński R., Patkowska-Sokola B., Nowakowski P., and Wiliczekiewicz A. (2016) Lipid complex effect on fatty acid profile and chemical composition of cow milk and cheese. *Journal of Dairy Science* Vol. 99 No. 1, pp 1-11.

Boubekri C, Tantaoui Elaraki A., Berrada M. et Benkerroum N. (1984) Caractérisation physicochimique du Iben marocain. *Le Lait*, INRA Editions, 1984, 64 .pp.436-447.

Boudalia S, Benati D, Boukharouba R, Chemakh B et Chemmam M (2016) Physico-chemical properties and hygienic quality of raw and reconstituted milk in the region of Guelma-Algeria. *I.J.A.R.* 11(2):77-83.

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

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.

Boutonnier J-L. (2012) Fabrication du fromage fondu, *Techniques de l'Ingénieur*, f6310, Paris-France, 14 p.

C

Campagnollo F-B., Margalho L-P., Kamimura B-A., Feliciano M-D., Freire L., Lopes L-S., Alvarenga V-O., Cadavez V-A-P., Gonzales-Barron U., Schaffner D-W. and Sant'Ana A-S. (2018) Selection of indigenous lactic acid bacteria presenting anti-listerial activity, and their role in reducing the maturation period and assuring the safety of traditional Brazilian cheeses. *Food Microbiology* 73. pp 288-297.

Camps G. (1984) Encyclopédie berbère, Volume IV Alger - Amzouar. Ouvrage publié avec le concours et sur la recommandation du Conseil International de la Philosophie et des sciences humaines UNESCO. ISBN 2-85744-201-7 & 2-85744-282-3. Editions EDISUD, France PP447-629.

Chamba J. F. (2008) Applications des bactéries lactiques lors des fabrications fromagères. *In* : Corrieu, G. and Luquet, F.M. (Eds.), *Bactéries lactiques - De la génétique aux ferments*. Lavoisier, Paris, p. 787-815.

Chardigny J-M et Malpuech-Brugere C. (2007) Acides gras trans et conjugués: origine et effets nutritionnels. VIIe Symposium nutrition – «L'intervention nutritionnelle»: de la prévention à la thérapeutique – Brest, 8 novembre 2006. *Nutrition Clinique et métabolisme* 21 pp 46–51.

Chellig R. (1992) Les races ovines algériennes. OPU, Alger, Algérie. 80p.

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.

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

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

D

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

Delgado F-J., González-Crespo J., Cava R. and Ramirez R., (2011) Formation of the aroma of a raw goat milk cheese during maturation analysed by SPME–GC–MS. *Food Chemistry*, 129, 1156–1163.

Demers-Mathieu V., St-Gelais, D., Audy, J., Laurin, É. and Fliss, I. (2016) Effect of the low-fat Cheddar cheese manufacturing process on the viability of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus paracasei/casei*, and *Lactobacillus plantarum* isolates. *J. Funct. Foods* 24, 327–337.

Denis P. (1989) Les derniers nomades. L'Harmattan. 631 p.

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

Derouiche M. (2017) Lait et produits laitiers : diversification, fréquences et modes de consommation dans la tradition algérienne. Thèse de Doctorat en Sciences Alimentaire, INATAA, Université de Constantine 1. 189P.

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

De Vuyst L. and Tsakalidou E. (2008) *Streptococcus macedonicus*, a multi-functional and promising species for dairy fermentations. *Int. Dairy J.* 18:476-485.

Dikmen B-Y. and Filazi A. (2016) Nutraceuticals : Turkish Perspective. Academic Press, Nutraceuticals. Efficacy, Safety and Toxicity, pp 971-981.

Duval J. (1855) Ministère de la guerre-Direction des affaires de l'Algérie : Catalogue explicatif et raisonné des produits Algériens (guide pour l'exposition permanente de l'Algérie Rue de Grenelle Saint-Germain, 107). Librairie de Firmin Didot Frères, imprimeurs de l'Institut. Paris, Rue Jakob, 56.

E

Edwards K. A., Tu-Maung N., Cheng K., Wang B., Baeumner A. J., and Kraft C. E. (2017) Thiamine Assays-Advances, Challenges, and Caveats. *Chemistry Open*, 6(2), 178–191. <http://doi.org/10.1002/open.201600160>.

F

FAO (1979) Nutrition humaine en Afrique tropicale. 2^{ème} édition. Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture, Rome, Italy.

<http://www.fao.org/docrep/x0081f/X0081F00.htm#Contents>

FAO (1990) The technology of traditional milk products in developing countries. FAO Animal Production and Health. Paper N°85. Rome : Food and Agricultural Organization of the United Nations. 333 P.

<http://www.fao.org/docrep/003/t0251e/t0251e00.htm>

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

FAO (2005) Guide de nutrition familiale, Rome, Italy.

<http://www.fao.org/docrep/008/y5740f/y5740f00.htm#Contents>

FAO/OCDE (2016) Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2016-2025 Chapitre spécial : Afrique subsaharienne, Éditions OCDE, Paris. 141 P.

<http://www.fao.org/3/a-i5778f.pdf>

Farkye N-Y (2004) Acid- and Acid/Rennet-curd Cheeses Part C : Acid - heat Coagulated Cheeses. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition - Volume 2: Major Cheese Groups. pp 343-348.

Farkye N-Y (2017) Acid-Heat Coagulated Cheeses. Cheese (Fourth edition) Chemistry, Physics and Microbiology, pp 1111-1115.

Foucaud-Scheunemann C. et Helinck S. (2012) Les micro-organismes au cœur des biotechnologies, Techniques d'ingénieur, bio550, Paris-France, 15 p.

F.I.L (22-23 mars 2011) Variation géographique de la production de lait en 2010. Communication de la FIL-IDF. Situation mondiale de l'industrie laitière. Canada.

Feliachi K. (2003) Rapport National sur les ressources génétiques animales en Algérie. Commission Nationale AnGR, Ministère de l'agriculture et du développement rural. 46P.

<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/genetics/documents/Interlaken/countryreports/Algeria.pdf>

Ferrão, L.L., Silva, E.B., Silva, H.L.A., Silva, R., Mollakhalili, N., Granato, D., Freitas, M.Q., Silva, M.C., Raices, R.S.L., Padilha, M.C., Zacarchenco, P.B., Barbosa, M.I.M.J., Mortazavian, A.M. and Cruz, A.G. (2016) Strategies to develop healthier processed cheeses: Reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. Food Res. Int. 86, 93–102.

Fox P-F. and McSweeney P-L-H. (2004) Cheese an overview. In Cheese : Chemistry Physics and Microbiology, general aspects, Volume 1, Third edition. 1: 1-8.

G

Gadallah M-G-E. and Hassan M-F-Y. (2017) Quality properties of Kishk (a dried fermented cereal-milk mixture) prepared from different raw materials. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. pp 1-7.

Gibson G-R. and Williams C-M., (2000) Functional foods Concept to product, CRC Press LLC, USA, 374 p.

Giraffa G., Chanishvili N. and Widyastuti Y., (2010) Importance of *Lactobacilli* in food and feed biotechnology. *Research in Microbiology*, 161:480-487.

González-Martín M-I., Palacios V-V. and Revilla I. (2017) Discrimination between cheeses made from cow's, ewe's and goat's milk from unsaturated fatty acids and use of the canonical biplot method. *Journal of Food composition and analysis* 56 pp 34–40.

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

Guiraud J-P et Rosec J-P. (2004) Pratique des normes en microbiologie alimentaire, Association Française de Normalisation AFNOR, France.304 p.

Grappin R. et Coulon J.B. (1996) Terroir, lait et fromage : éléments de réflexion. *Renc. Rech. Rum.*, 3, pp 21-28.

Guerra, E., Verardo, V. and Caboni, M. F. (2015) Determination of bioactive compounds in cream obtained as a by-product during cheese-making: Influence of cows' diet on lipid quality. *Int. Dairy J.* 42, pp 16–25.

Guetouache M. and Guessas B. (2015) Characterisation and identification of lactic acid bacteria isolated from traditional cheese (Klila) prepared from cow's milk. *African Journal of Microbiology Research* Vol. 9(2), pp 71-77.

Guinee T-P and Kilcawley K-N (2004) Cheese as an ingredient. In *Cheese : Chemistry, Physics and Microbiology* Volume 2, pp 395-428.

H

Hallel A. (2001) Fromages traditionnels algériens. Quel avenir ? *Revue Agroligne* 14 : pp 43-47.

Hamad M-N, Ismail M-M and El Menawy R-K-(2016) Chemical, Rheological, Microbial and Microstructural Characteristics of Jameed Made from Sheep, Goat and Cow Buttermilk or Skim Milk. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*. Vol. 3, No. 4 pp. 46-55.

Harrati E (1974) a. Le « Klila ». Laboratoire de microbiologie, Institut National Agronomique d'Alger. pp 11-18.

Harrati E (1974) b. Recherche sur le Lben. Laboratoire de microbiologie, Institut National Agronomique d'Alger. pp 21-29.

Hui Y-H. (1992) Dairy Science and Technology Handbook, Wiley-VCH Verlag GmbH Edition, 1150 p.

Hylckama Vliega J-E-T. and Hugenholtz van J. (2007) Mining natural diversity of lactic acid bacteria for flavour and health benefits, *International Dairy Journal*, 17:290–1297.

I

ISO 3433 (2008) (IDF 222:2008) Fromages – Détermination de la teneur en matière grasse – Méthode Van Gulik.

ISO 27871 (2011) (IDF 224:2011) Fromages et fromages fondus – Méthode de détermination des fractions azotées des fromages et fromages fondus au lait de vache.

ISO 5509 (2000-E) Animal and vegetable fats and oils. Preparation of methyl esters of fatty acids. International Organisation for Standardisation, Geneva, Switzerland.

ISO 8070 (2007) (IDF 119:2007) Lait et produits laitiers – Détermination des teneurs en calcium, sodium, potassium et magnésium – Méthode spectrométrique par absorption atomique.

ITLEV (2012) dynamiques de développement de la filière lait en Algérie. Repères chronologiques des politiques laitières En Algérie Infos Elevages, 4P. http://www.minagri.dz/pdf/BMI/ITELV/Bulletin_Infos_Elevage_n06.pdf

J

Joffin J-N. et Leyral G. (1996) Microbiologie technique. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 248P.

JORA n° 32 (23 mai 2004) Arrêté du 5 Safar 1425 correspondant au 27 mars 2004 rendant obligatoire la méthode de dénombrement des germes totaux à 30 °C pour les poudres de lait et de lactosérum.

JORA n° 42 (15 juin 2005) Arrêté 23 janvier 2005 rendant obligatoire une méthode de recherche des salmonella dans le lait et les produits laitiers.

JORA n° 43 (4 juillet 2004) Arrêté du 4 Rabie Ethani 1425 correspondant au 24 mai 2004 rendant obligatoire une méthode de dénombrement des coliformes dans les laits fermentés.

JORA n° 70 (11 Septembre 2004) Arrêté rendant obligatoire une méthode de préparation des échantillons pour essai et dilutions en vue de l'examen microbiologique.

K

Kacem M. et Karam, N.E. (2006) Physicochemical and microbiological study of “shmen”, a traditional butter made from camel milk in the sahara (Algeria) : isolation and identification of lactic acid bacteria and yeasts. *Grasas y Aceites*, 57 (2) : pp 198-204.

Kacimi El Hassani S. (2013) La Dépendance Alimentaire en Algérie : Importation de Lait en Poudre versus Production Locale, Quelle Evolution ? Mediterranean Journal of Social Science, MCSER Publishing, Rome-Italy Volume 4 (11), pp 152-158.

<http://www.mcser.org/journal/index.php/mjss/article/view/1282/1311>

Kalafate H. (2015) Amélioration du revenu des éleveurs par la transformation artisanale du lait à la ferme, Institut technique des élevages ITELV Baba Ali. 9P.

<http://www.itelv.dz/index.php/telechargements/send/14-fromage/58-ama-lioration-du-revenu-des-a-leveurs-par-la-transformation-artisanale-du-lait-a-la-ferme.html>

Kali S., Benidir M., Belkheir B. et Bousbia A. (2011) Eléments d'analyse de la filière lait dans la wilaya de Guelma (Algérie). Livestock Research for Rural Development. Volume 23, Article #113.

Kaci M., et Sassi Y. (2007) Industrie laitière et des corps gras, Recueil des fiches sous sectorielles. EDPme. 44 p.

Keohane J., Ryan K. et Shanahan F., (2009) *Lactobacillus* in the gastrointestinal tract. In: Ljungh, A., Wadstrom, T. (Eds.), *Lactobacillus Molecular Biology: From Genomics to Probiotics*. Caister Academic Press, Norfolk, p.169-181.

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

L

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

Lebres A-D. et Hamza A., (2002) Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments « Microbiologie des laits et produits laitiers », Institut Pasteur d'Algérie.

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

Leksir C. et Chemmam M. (2015) Contribution à la caractérisation du *Klila*, un fromage traditionnel de l'Est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development. Volume 27, Article #83*.

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

Lepage G. and Roy C-C. (1986) Direct transesterification of all classes of lipids in a one step reaction. *The Journal of Lipid Reserch* : 27, 114-120.

Leroy F. and De Vuyst L. (2004) Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends Food Science and Technology*, 15:67-78.

Lesic T., Pleadin J., Kresic G., Vahcic N., Markov K., Vrdoljak M. and Frece, J. (2015) Chemical and fatty acid composition of cow and sheep cheeses in a lamb skin ack, *Journal of Food Composition and Analysis*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2015.11.007>.

Levit R., De Giori G-S., De Moreno De LeBlanc A. and LeBlanc J-G (2017) Chapter 15 – Increasing B Vitamins in Foods to Prevent Intestinal Inflammation and Cancer. *Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease*, pp 193–204.

Leyral G. et Vierling E. (2007) *Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaires*. DOIN, CRDP d'Aquitaine, France. 287p.

Lhoste F. (2003) Lait de chamelle pour l'Afrique. Atelier sur la filière laitière caméline en Afrique. Niamey. Production et santé animale. Comptes rendus FAO. 209P.
<http://www.fao.org/ag/againfo/resources/en/publications/agapubs/ChamelleBook.pdf>

Lucey J-A. (2008). Some perspectives on the use of cheese as a food ingredient. *Dairy Science & Technology* 88. pp 573–594.

Luquet F-M. et Corrieu G. (2005) *Bactéries lactiques et probiotiques*, édition Tec. et Doc. Lavoisier, Paris France, 306 p.

M

MADR (2012) (Ministère de l'Agriculture et du développement rural) *Le Renouveau Agricole et Rural en marche. Revue et Perspectives*.
http://www.minagri.dz/pdf/Divers/Juillet/LE_RAR-FR.pdf

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.

Mahaut M., Jeantet R., et Brule G. (2000) *Initiation à la technologie fromagère*. Edition TEC & DOC. Paris France. 194P.

Makhlouf M. et Montaigne E. (2017) Impact de la nouvelle politique laitière algérienne sur la viabilité des exploitations laitières. *New Medit*, 16 (1), pp.2-10.

Makhlouf M. et Montaigne E. (2016) La dynamique du marché mondial des produits laitiers. *Livestock Research for Rural Development*, 28 (10), pp.1-11.

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

Manuelian C-L., Currò S., Penasa M., Cassandro M., and De Marchi M. (2017) Characterization of major and trace minerals, fatty acid composition, and cholesterol content of Protected Designation of Origin cheeses, *Journal of dairy sciences*, <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12059>.

Maria Marino M., Belbeldi B., LA Terra S., Manenti M., Licitra G. and Carpino S. (2012) A survey of fat-soluble antioxidants, linolenic acid and conjugated linoleic acid content of traditional Algerian Bouhezza cheese. *J. of Food, Agriculture & Environ.*, 10 (3&4), pp 186-190.

Matera J., Luna A-S., Barros D-B., Pimentel T-C., Moraes J., Kamimura B-A., Ferreira M-V-S., Silva H.L.A., Mathias S-P., Esmerino E-A., Freitas M-Q., Raices R-S-L., Quitério S-L, Sant'Ana A-S., Silva M-C. and Cruz A-G. (2018) Brazilian cheeses : A survey covering physicochemical characteristics, mineral content, fatty acid profile and volatile compounds, *Food Research International*. Accepted manuscript DOI:10.1016/j.foodres.2018.03.014.

Mattila-Sandholm T. and Saarela M. (2003) *Functional dairy products*, CRC Press, 395p.

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

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

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

Meribai A., Jenidi R., Hammouche Y. et Bensoltane A. (2017) Caractérisation physicochimique et qualité microbiologique du klila : un fromage traditionnel sec des régions arides d'Algérie : Etude préliminaire. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology* 40(4). PP. 2169-2174.

Meribai A., Ouarkoub M et Bensoltane A. (2016) La problématique de la production et d'importation du lait en Algérie : Etat des lieux, aspects déficitaires et perspectives, *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnologie*. Volume 35(7). Pp 1986-1992.

Mordenti A-L., Brogna N., and Formigoni A. (2017) The link between feeding dairy cows and Parmigiano-Reggiano cheese production area, *American Registry of The Professional Animal Scientists*. 33 : pp 520–529.

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

Mozzi F., Raya R. R. and Vignolo G. M., (2010) *Biotechnology of Lactic Acid Bacteria Novel Applications*, Wiley-Blackwell Publishing, USA. 393 p.

Multon J-L. (1997) *Analysis of food constituents*. Wiley-VCH Inc. New york USA, 510 P.

N

Nedjraoui D. (2003) Profile fourrager Algérie. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). 30p.

<http://docplayer.fr/43954805-Profil-fourrager-algerie-par-d-nedjraoui.html>

NF EN 14122 (Aout 2014) Produits alimentaires - Détermination de la teneur en vitamine B1 par chromatographie liquide haute performance.

NF EN 14152 (2014) Produits alimentaires - Détermination de la teneur en vitamine B2 par chromatographie liquide haute performance

NF EN ISO 6887-5 (octobre 2010) Microbiologie des aliments – Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique – Partie 5 : règles spécifiques pour la préparation du lait et des produits laitiers (Indice de classement : V08-010-5).

NF V 08-403 (octobre 1997) Microbiologie des aliments – Méthode de prélèvement aseptique en vue de l'analyse microbiologique des produits appertisés et assimilés (Indice de classement : V08-403).

Niro S., Fratianni A., Tremonte P., Sorrentino E., Tipaldi L., Panfili G. and Coppola R., (2014) Innovative Caciocavallo cheeses made from a mixture of cow milk with ewe or goat milk. Journal of Dairy Science Volume 97 (3) pp 1296-1304.

Nollet L. M. L. and Toldrá F., (2010) Handbook of Dairy Foods Analysis, CRC Press Taylor & Francis Group, USA, 900 p.

Nouani A., Dako E., Morsli A., Belhamiche N., Belbraouet S., Bellal M-M. and Dadie A. (2009) Characterization of the purified coaguland extracts derived from artichoke flowers (*Cynara scolymus*) and from the fig tree latex (*Ficus carica*) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. International Journal of Food Technology (7) : pp 20-29.

O

O'Brien N-M and O'Connor T-P (2004) Nutritional Aspects of Cheese, Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition - Volume 1: General Aspects, pp 573-581.

ONS (2014) Enquête sur les dépenses de consommation et le niveau de vie des ménages 2011 : Dépenses de consommation des ménages algériens en 2011. Office National des Statistiques. Collections Statistiques N° 183 Série S : Statistiques Sociales 62p.

<http://www.ons.dz/IMG/pdf/consfinal.pdf>

P

Pacheco Da Silva F.F., Biscola V., LeBlanc J.G. and Gombossy de Melo Franco B.D (2016) Effect of indigenous lactic acid bacteria isolated from goat milk and cheeses on folate and riboflavin content of fermented goat milk, LWT - Food Science and Technology, DOI : 10.1016/j.lwt.2016.03.033.

Prandini A., Sigolo S. and Piva G. (2011) A comparative study of fatty acid composition and CLA concentration in commercial cheeses. *Journal of Food Composition and Analysis* 24, pp 55–61

R

Remacle C. and Reusens B., (2004) Functional foods, ageing and degenerative disease, CRC Press LLC, 771 p.

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

Ramet J-P (1985) La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen. Etude FAO Production et Sante Animales 48. Rome, Italie. 222p.
<http://www.fao.org/docrep/004/X6551F/X6551F00.HTM>

S

Salminen S., Wright A. and Ouwehand A., (2004) Lactic Acid Bacteria Microbiological and Functional Aspects, Third Edition, Marcel Dekker, Inc.USA, 628 p.

Samet-Bali O., Bellilan A., Ayadi M.A., Marzouk B. and Attia H. (2010) A comparison of the physicochemical, microbiological and aromatic composition of traditional and industrial Leben in Tunisia. *International Journal of Dairy Technology* 63: 98–104.

Schmidt A., Pratsch H., Schreiner M.G. and Mayer H.K. (2017) Determination of the native forms of vitamin B1 in bovine milk using a fast and simplified UHPLC method, *Food Chemistry*, DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.092>.

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

Smit G., Smit B.A. and Engels W.J.M. (2005) Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiology Reviews*. 29, pp 591–610.

Smith J. and Charter E. (2010) Functional Food Product Development, Blackwell Publishing Ltd, 512 p.

Statista (2017) Le portail de statistiques. Volume de production de lait de vache dans le monde en 2013 et 2014, par pays (en millions de tonnes métriques)
<https://fr.statista.com/statistiques/570496/les-principaux-producteurs-mondiaux-de-lait-de-vache/>

Soukehal A (2013) Dossier filière lait : Comment atteindre l'autosuffisance en 10 ans ! *Revue Perspectives* N9- 3eme trimestre 2013. pp : 22- 29.
<http://www.pixalcommunication.com/perspectives/revue/n9.pdf>

T

Tabak S. et Bensoltane A. (2012) L'activité antagoniste des bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum* et *Lactobacillus bulgaricus*) vis à vis de la souche *Helicobacter pylori* responsable des maladies gastroduodénales, *Nature & Technologie* 6 :71-79.

Taboada N., Van Nieuwenhove C. and Lopez Alzogaray S. (2015) Influence of autochthonous cultures on fatty acid composition, esterase activity and sensory profile of Argentinean goat cheeses. Article in Press, *Journal of Food Composition and Analysis*. 9P.

Tamime A-Y. (2005) Probiotic Dairy Products, Dairy Science and Technology Consultant Ayr, UK, Blackwell Publishing Ltd., 216 p.

Tamime A-Y. and McNulty D (1999) Kishk – a dried fermented milk / Cereal mixture. 3. Microbiological quality. *Le lait*, INRA Editions 79(4), pp 449-456.

Tamime A-Y. and O'Connor T. P. (1995) Kishk-A Dried Fermented Milk/Cereal Mixture. Elsevier Science Limited. *Int. Dairy Journal* 5. Printed in Ireland. Pp 109-128.

Tamime A-Y., Barclay M. N. I., McNulty D and O'Connor T.P. (1999) Kishk – a dried fermented milk / Cereal mixture. 3. Nutritional composition. *Le lait*, INRA Editions 79(4), pp 435-448.

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

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

Terzaghi B-E. and Sandine W-E. (1975) Improved medium for lactic streptococci and their bacteriophages. *Applied Microbiology*. 29 : 807-13, 1975.

Tressou J., Pasteau S., Darrigo Dartinet S., Simon N. and Le Guillou C. (2016) New data about dietary intake of fatty acids in the French population. Article In Press, *Cahiers de nutrition et de diététique*. 6 pages.

Trivedi P. C. (2009) Microbes' applications and effects, Aavishkar Publishers, Distributors India, 265 p.

V

Vignola C. L. (2002) Science et technologie du lait, transformation du lait, Presses internationales Polytechniques. Fondation de technologie laitière du Québec Inc. Canada : Montréal, 603p.

Vilain A-C. (2010) Qu'est-ce que le lait ? *Revue française d'allergologie* N° 50 (2010) pp 124-127.

Vieitez I., Irigaray B., Callejas N., González V., Gimenez S. and Arechavaleta A. (2016) Composition of fatty acids and triglycerides in goat cheeses and study of the triglyceride composition of goat milk and cow milk blends, *Journal of Food Composition and Analysis* 48, pp 95–101.

W

Wehr M.H. and Frank J.F. (2004) Standard methods for the examination of dairy products, 17th ed. American Public Health Association, EEUU, Washington, USA.

Wildman R-E-C. (2007) Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, USA, 541 p.

Y

Yabrir b. (2014) Etude de la qualité du lait de brebis collecté dans la région de Djelfa : effets des facteurs de production sur ses caractéristiques, évolution au cours de l'entreposage réfrigéré, aptitudes technologiques. Thèse de Doctorate en Biochimie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 130 P.

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

Z

Zeppa G., Giordano M., Gerbi V., and Arlorio M. (2003) Fatty acid composition of Piedmont "Ossolano" cheese. *Le Lait*, INRA Editions, 2003, 83 (2), pp.167-173.

Zhang G., Ding H., Chen H., Ye X., Li H., Lin X. and Ke Z. (2013) Thiamine Nutritional Status and Depressive Symptoms Are Inversely Associated among Older Chinese Adults. *The Journal of Nutrition*, 143(1), 53–58. <http://doi.org/10.3945/jn.112.167007>

Annexes

Annexe 01 : Productions scientifiques

I. Communications : Le présent travail fut présenté dans la manifestation scientifique suivante :

Séminaire international sur les sciences alimentaires (SISA)

Université de Constantine 1

Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires
(INATAA)

14-16 Octobre 2014



Communication Orale : « Klila : Un nouveau souffle pour une technologie ancienne ».

II. Publications : Le présent travail a fait l'objet des publications suivantes :

En 2014 :

Proceeding du SISA : Séminaire international sur les sciences alimentaires



« Klila : Un nouveau souffle pour une technologie ancienne ».

En 2015 :

[Livestock Research for Rural Development, Volume 27, Number 5, May 2015](#)

« Contribution à la caractérisation du Klila, un fromage traditionnel de l'Est de l'Algérie ».

Annexe 02 : Questionnaire sur le fromage traditionnel Klila



Ministère de l'enseignement supérieur et de la
recherche scientifique
Université 08 mai 1945 Guelma

*Caractérisation, fabrication et
consommation du dérivé laitier
traditionnel 'Klila' dans l'Est Algérien*



Thèse de doctorat préparée par : M^{elle} Choubaila LEKSIR
Encadré par : M^r CHEMMAM M.
Intitulé de la thèse : '*Caractérisation, fabrication et consommation
du dérivé laitier traditionnel 'Klila' dans l'est algérien*'.

Identification du répondant :

Sexe : Homme Femme

Age : <60 ≥60

Origine : Urbaine Rurale Ferme loin de la commune deKm

Année pédagogique 2013-2014.

<p>Veillez-répondre aux questions suivantes S.V.P</p>
--

Section I : Place sociale de l'aliment

Q1- Connaissez-vous 'Klila' ?

R1- Oui Non

Q2- Si oui, d'où la connaissez-vous ?

R2- Votre famille Vos voisins Vos grands parents Autre (Citez SVP)

.....

Q3- Avez-vous déjà consommé 'Klila' ?

R3- Oui Non

Q4- Si oui, comment l'avez-vous consommé ?

R4- Fraiche Conservée

Q5- Pendant combien de temps peut-on conserver 'Klila' ?

R5-

Q6- Quels moyens utilisez-vous pour conserver 'Klila' ?

R6-

Q7- Combien de fois l'avez-vous consommé?

R7- fois.

Q8- Qui est-ce qui l'avait préparé pour vous ?

R8- Indiquer SVP

Q9- Est-ce que sa méthode de préparation diffère d'une famille à une autre ?

R9- Oui Non

Q10- Est-que qu'elle est disponible dans votre ville ?

R10- Veuillez précisez la wilaya et la région SVP

Q11- Comment appeler-vous 'Klila' dans votre région ?

R11- Klila Lacta Autre (Précisez SVP)

Q12- Selon vous le début de la fabrication de 'Klila' remonte a quelle histoire ?

R12-

Section II : Appréciation du produit

Q1- Aimer-vous le goût du 'Klila' ?

R1- Oui Non Un peu Pas du tout

Q2- Si oui, Vous aimez 'Klila' pour :

R2- Son goût Sa texture Ses vertus

Q3- Dans quelles formulations alimentaires intégrer-vous 'Klila' ?

R3- Galette M'laoui Berkoukes Autre Citez SVP

Q4- Est-ce que ça constitue une étape essentielle pour vous de mettre 'Klila' dans ces aliments ?

R4- Souvent Parfois Rarement Pas du tout (c'est optionnel)

Q5- Pour quelles raisons ajoutez-vous 'Klila' dans vos préparations alimentaires ?

R5- Pour obtenir un goût particulier prisé par les membres de la famille

Pour alléger vos préparations de certains ingrédients Si c'est le cas :

Qu'est ce qu'elle peut remplacer 'Klila' ? Citez SVP

Si vous ajoutez 'Klila' pour une autre finalité, veuillez la citer SVP

Q6- Pensez-vous que 'Klila' vous procure de l'énergie et vous aide à garder la bonne santé ? ou s'il y'a des bienfaits sanitaires attribués à sa consommation ?

Q6- Oui Un peu Non

Q7- Trouvez-vous 'Klila' en vente dans votre région?

R7- Oui Non Si oui, veuillez citer la région SVP

Q8- Achetez-vous 'Klila' ?

R8- Oui Non

Q9- Si oui, est-ce que ça vous coûte cher 'Klila' ?

R9- Oui Un peu Pas du tout

Q10- Si vous trouvez 'Klila' sur les rayons d'un super marché allez-vous l'acheter ?

R10- Surement Peut être Vous vous n'intéressez même pas

Merci pour votre contribution valeureuse

Annexe 03 : Composition des principaux milieux de culture et diluants

Eau physiologique

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

Gélose pour dénombrement (PCA).

Tryptone.....	5,0 g
Extrait de levure.....	2,5 g
Glucose.....	1,0 g
Agar agar bactériologique.....	12,0 g
Eau.....	1000ml
pH =7,0 ± 0,2.	

BLVBL (Bouillon lactosé bilié au vert brillant).

Peptone.....	10 g
Lactose.....	10 g
Bile de boeuf déshydratée.....	20 g
Vert brillant.....	0,0133 g
Eau distillée	1000 ml
pH 7,2 ± 0,1.	

Milieu Rothe (s/c) (bouillon glucose à l'azide de sodium)

Tryptone	20g
Glucose.....	5g
Chlorure de sodium.....	5g
Phosphate di potasique.....	2,7g
Phosphate monopotassique.....	2,7g
Azohydrate de sodium.....	0,2g
Eau distillé.....	1000ml
pH=7, 2± 0,2.	

Milieu EVA Litsky (bouillon glucosé à l'éthyle violet et azide de sodium)

Tryptone.....	20g
Glucose	5g
Chlorure de sodium.....	5g
Phosphate di potasique.....	5g
Phosphate mono potasique.....	2,7g
Azohydrate de sodium.....	0,3g
Eau distillé.....	1000ml
Solution à 0,01g d'éthyle violet dans 100ml d'H ₂ O.....	5ml
pH=7,2± 0,2.	

Milieu Chapman

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

pH = 7,4 ± 0,2.

Eau peptonée tamponnée.

Peptone	10,0 g
Chlorure de sodium	5,0 g
Hydrogène-orthophosphate disodique Dodécahydraté (Na ₂ HPO ₄ ,12H ₂ O).....	9,0 g
Dihydrogène-orthophosphate de potassium (KH ₂ PO ₄).....	1,5 g
Eau distillée.....	1000ml

pH=7,0 ± 0,1.

Bouillon SFB

Peptone	5,0 g
Mannitol	4,0 g
Di-sodium hydrogen phosphate	9,5 g
Sodium di-hydrogen phosphate.....	10,0g
Sodium selenite (NaHSeO ₃).....	4,0g
Eau distillée.....	1000ml

pH=7,1 ± 0,1.

Gélose Hektoen

Protéose-peptone	12 g
Extrait de levure	5,0 g
Chlorure de sodium.....	5 g
Thiosulfate de sodium.....	5 g
Sels biliaires.....	9g
Citrate de fer ammoniacal.....	1,5g
Salicine.....	2g
Lactose.....	12g
Saccharose.....	12g
Fuschine acide.....	0,1g
Bleu de bromothymol.....	65mg
Gélose.....	13mg

pH=7,6± 0,2.

Gélose SS (*Salmonella-Shigella*).

Peptone.....	10g
Extrait de viande.....	5g
Lactose.....	10g
Sels biliaires.....	6g
Citrate de sodium.....	8,5g
Citrate de fer ammoniacal.....	1g
Thiosulfate de sodium.....	8,5g
Rouge neutre.....	25mg
Vert brillant.....	0,33mg
Gélose.....	13g
pH=7± 0,1.	

Gélose de Sabouraud au chloramphénicol.

Peptone pepsique de viande	10,0 g
Glucose	20,0 g
Chloramphénicol	0,5 g
Agar agar bactériologique	15,0 g
pH =5,7 ± 0,2.	

Gélose MRS

Peptone	10,0 g
Extrait de viande.....	8,0 g
Extrait de levure	4,0 g
Glucose	20,0 g
Acétate de sodium trihydraté	5,0 g
Citrate d'ammonium	2,0 g
Tween 80	1,0 ml
Hydrogénophosphate de potassium	2,0 g
Sulfate de magnésium heptahydraté.....	0,2 g
Sulfate de manganèse tétrahydraté	0,05 g
Agar	10,0 g
pH = 6,2 ± 0,2	

Gélose M17

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

Thème : « **Caractérisation, fabrication et consommation du dérivé laitier traditionnel 'Klila' dans l'Est algérien** ».

Nature du diplôme : **Doctorat en Sciences**

Option : **Sciences biologiques**

Résumé

De nombreux fromages artisanaux sont fabriqués en Algérie, parmi eux le fromage traditionnel dénommé Klila. Afin de situer ce fromage dans la société, une enquête a été menée en milieux urbains, péri-urbains et ruraux de la région Est de l'Algérie. Les résultats ont montré que le produit est connu, fabriqué, conservé et consommé, aussi bien dans le milieu rural qu'urbain. Le fromage Klila occupe une place socio-économique bien établie dans le milieu rural et péri-urbain. Il est fabriqué à partir de lait de vache surtout, mais aussi de lait de chèvre et de brebis. Il peut être utilisé à l'état frais ou après séchage et conservation.

Des analyses physicochimiques (humidité, acidité titrable et cendres, dosage du calcium, phosphore et potassium) et des analyses nutritionnelles (dosage des matières azotées, dosage de thiamine 'Vitamines B1' et riboflavine 'Vitamine B2', détermination du taux butyreux et composition en acides gras) ont été réalisées sur divers échantillons pris dans le milieu rural dans diverses localités. Les résultats ont montré que Klila est un fromage qui se conserve bien après séchage, il est très riche en potassium et calcium. Il constitue une excellente source de vitamines B et contient des quantités importantes d'acides gras insaturés.

Dans une série d'essais nous l'avons intégré, en substitution aux œufs et à la farine, sous les deux formes : frais et séché, dans 3 types de produits de la viennoiserie traditionnelle : Petit pain, Chrik et Mini cake. Pour chaque produit, en plus du témoin, 4 variantes ont été retenues : 2 à bases de Klila frais et 2 à base de Klila séché. Les résultats de classements préférentiels des 3 produits sur les descripteurs «odeur, couleur, texture et goût», montrent que les 3 panels de dégustateurs ont classé dans les 3 premières places les 2 produits avec incorporation de «Klila frais» avec le témoin. En revanche les 2 produits avec incorporation de poudre de «Klila séché» occupent les dernières places. Le fromage Klila peut remplacer partiellement ou totalement les œufs et la farine dans la viennoiserie traditionnelle. La substitution aux œufs préserve la valeur protéique en quantité et qualité.

Mots clés : Klila, fromage traditionnel, incorporation, viennoiserie, vitamines, valorisation nutritionnelle.