



UNIVERSITÉ FRÈRES MENTOURI CONSTANTINE 1
(U.F.M.C. 1)
INSTITUT DE LA NUTRITION, DE L'ALIMENTATION
ET DES TECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES
I.N.A.T.A.-A.



N° d'ordre :02/INAT/2021

N° de série :27/D3C/2021

Thèse de doctorat LMD

Filière: Sciences biologique

Spécialité: Biotechnologie

Produits carnés traditionnels : caractérisation physicochimique et microbiologique d'El-Guedid algérien issu de différents types de viandes et régions

Présentée par. **Roumeila BADER**

Soutenue le : 25 / 03 / 2020

Devant le Jury :

Président :	Pr. BOUDJELLAL A.	INATAA – UFMC 1 - Algérie
Directrice de thèse :	Pr. BECILA-HIOUAL S.	ATRBSA –DGRSDT - Algérie
Co-directrice de thèse :	Dr. LEROY S.	INRAE - UCA - France
Examineurs :	Pr. KHARROUB K.	INATAA – UFMC 1 - Algérie
	Pr. BOUDEMAGH A.	SNV – UFMC 1 -Algérie
	Pr. SIBOUKEUR O.	U. KASDI MERBAH OUARGLA - Algérie

Dédicaces

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

A la mémoire de mon grand-père 'Djedou MOHAMED'

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Tu as toujours voulu nous voir réussir et tes yeux pleins de joie à chaque réussite ne quittera jamais nos esprits. De là où tu es, j'espère te rendre fier et heureux encore une fois. Tu resteras à jamais dans nos cœurs....

A ma grand-mère L'Hadja FATIMA

*A la mémoire de la grande dame qui n'a cessé de prier pour moi depuis toujours,
et qui ne cessera jamais ses Duaa's...*

*A toi je dédie ce travail, en guise de mon amour, affection et reconnaissance pour
toi....*

À mes parents, mon espoir immortel « SALIM et ZAHO »

Affables, honorables, aimables : vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Vos prières et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez pas cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

Vous avez fait plus que des parents puissent faire pour que leurs enfants suivent le bon chemin dans leurs vies et leurs études.

Je vous dédie ce modeste travail en témoignage de mon profond amour, qu'il soit l'exaucement de vos vœux tant formulés et le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse dieu, le tout puissant, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

À ma chère sœur Achouak

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour toi. Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, dans les situations les plus difficiles. Tu as toujours été un exemple de persévérance pour moi.

Tu étais un fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse. Je te dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite. Que ce travail traduise ma gratitude, ma fraternité, mon amour et mon affection.

À mon beau-frère Adhlène

Je te dédie ce modeste travail en guise de ma fraternité, gratitude et estime pour toi. Tu es pour moi un grand frère sur lequel je peux compter, à tout moment... Je te souhaite bonheur, réussite et prospérité, ainsi que plein de succès dans ta vie professionnelle, et surtout une vie pleine de joie, de santé et d'amour

À mes futurs neveux

Je vous aime déjà avant de vous tenir dans mes bras et de toucher vos petits doigts... Je vous dédie ce modeste travail et sachez que je vous aime avant de voir vos petites têtes angéliques

À ma chère sœur Nouha

Ces quelques lignes, ne sauraient traduire le profond amour que je te porte. Ta bonté, ton précieux soutien, ton encouragement tout au long de mes années d'étude, ton amour et ton affection ont été pour moi l'exemple de persévérance. Je trouve en toi le conseil d'une sœur et le soutien d'une amie. Que ce travail soit l'expression de ma gratitude et mon estime pour toi et que Dieu te protège, t'accorde santé, succès et plein de bonheur dans ta vie professionnelle et avec ta petite famille.

A mon beau-frère Issam 'chriki'

Tu es le frère que je n'ai jamais eu, toi qui m'a toujours soutenu et encouragé depuis le premier jour. Tu étais là dans les bons et surtout les mauvais moments. Je n'oublierai jamais ton aide et ton soutien, et j'espère pouvoir te les rendre un jour. J'ai le plaisir de te dédier à ce modeste travail. Que Dieu t'apporte bonheur et satisfaction et un avenir encore plus brillant, tu mérites tout le bonheur.

À ma nièce, ma joie éternelle Bichou

Mon rayon de soleil dans les jours les plus 'down'. Tu m'as toujours redonné le sourire et rempli mon cœur de joie. A toi 'صديقتي حبيبتي' pour toujours. Love you, to the moon and back...

Remerciements

A l'issue de la rédaction de cette recherche, je suis convaincue que la thèse est loin d'être un travail solitaire. En effet, je n'aurais jamais pu réaliser ce travail doctoral sans le soutien des personnes dont la générosité, la bonne humeur et l'intérêt manifestés à l'égard de ma recherche m'ont permis de progresser dans cette phase délicate de « l'apprenti-chercheur ».

En premier lieu, je remercie Allah, le Tout Puissant et le Miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme ma thèse de doctorat.

*Je tiens à remercier mon chef d'équipe et président du jury, monsieur le professeur **ABD-EL-GHANI BOUDJELLAL**. J'ai eu le privilège de travailler parmi votre équipe et d'apprécier vos qualités et vos valeurs. Votre compétence et votre sens du devoir m'ont énormément marqué. Veuillez trouver ici l'expression de ma respectueuse considération et ma profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines. Ce travail est l'occasion de vous témoigner ma profonde gratitude.*

*Je remercie Madame **Karima KHARROUB**, Professeur à l'Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA-UFMC1), ainsi que Monsieur **Alla-eddine BOUDEMAGH**, Professeur au département des sciences naturelles et de la vie (SNV-UFMC1), et madame **Oumelkheir SIBOUKEUR**, professeur au sein de l'université Kasdi Merbah de Ouargla, d'avoir accepté la lourde charge d'examiner mon travail de thèse. Je leur exprime toute ma reconnaissance pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail et leur exprime ma profonde gratitude pour avoir accepté de juger ma thèse en tant qu'examineurs.*

*Je tiens à remercier particulièrement madame **SAMIRA BECILA-HIOUAL**, pour avoir encadré ce travail. Je tiens à le remercier pour son aide précieuse, son objectivité, sa disponibilité, et ses précieux conseils qui ont fait progresser ce travail. Il m'est aussi d'un agréable devoir de vous adresser un grand merci pour la sympathie, la confiance et la liberté d'action dont j'ai bénéficié tout au long de ce mémoire.*

*Un grand merci à ma co-directrice, madame **SABINE LEROY** pour la confiance qu'elle m'a accordé en acceptant de Co-encadrer ce travail doctoral et de m'accueillir dans son équipe. Pour ses multiples conseils et pour toutes les heures qu'elle a consacré à diriger cette recherche.*

*J'aimerais exprimer mon extrême gratitude pour mes directrices, mon appréciation de leur grande disponibilité ainsi que le respect sans faille des délais de lecture des documents que je leur avais adressés. J'ai été extrêmement sensible à leurs qualités humaines d'écoute et de compréhension tout au long de ce travail doctoral. **MERCI A VOUS...***

*Je souhaite exprimer ma gratitude à madame **REGINE TALON** de m'avoir prodigué maints conseils et orientations dans ce travail. Je lui suis particulièrement reconnaissante de l'intérêt qu'elle a manifesté à l'égard de cette recherche, et pour les conseils précieux qu'elle a pu et su me donner lors des réunions constructives que nous avons eues.*

*Mes remerciements vont à tous les membres de mon équipe **Maquav**, laboratoire **BIOQUAL**, **INATAA-UFMCI**, ainsi qu'à l'équipe **MEDIS** de l'**INRAE** du site de **THEIX – Clermont Ferrand**, France pour leur accueil chaleureux durant mes deux séjours au sein de leur institut.*

*Un grand remerciement au **ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique** qui m'a attribué une bourse d'étude dans le cadre de la*

coopération Algéro-Française « PROFAS B+ » qui m'a aidé à me déplacer en France et continuer mes analyses.

Je remercie mes amis de m'avoir écouté et soutenu pendant les périodes dures de la thèse, et particulièrement Fairouz et Ibtissem pour leurs aides dans les moments les plus difficiles.

Des personnes plus intimes méritent des remerciements plus profonds, à eux je dédie ce travail. Ceux qui ont fait de moi ce que je suis, ceux grâce à qui tant d'années d'études ont été possibles, ma mère et mon père. C'est à vous que je dois cette réussite, et j'ai le plaisir de vous l'offrir. Je remercie du fond de mon cœur mes sœurs et mes beaux-frères pour leur implication, soutien et encouragement tout au long de ces années de recherche.

Enfin, à la source de mes joies, ma petite nièce « Bichou ». Merci de m'avoir remonté le moral avec ton sourire et ton regard angélique, à toi « sadi9ati » ...

Merci à tous, avec tous mes respects,

Cordialement.

Roumeila BADER

Table des matières

Avant-propos	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des annexes	
Introduction	1

'Synthèse bibliographique'

I. Procédés de fabrication des produits carnés traditionnels

I.1. Salaison	4
I.1.1. Salaison à sec	5
I.1.2. Immersion en saumure	5
I.1.3. Incorporation des nitrites	6
I.1.3.1. Action du sel sur les produits carnés	7
I.1.3.2. Action sur le goût	7
I.1.3.3. Action sur les micro-organismes	7
I.1.3.4. Action sur la rétention d'eau de la viande	8
I.2. Fumaison	8
I.2.1. Fumage à chaud	8
I.2.2. Fumage à froid	8
I.3. Séchage	9
I.4. Fermentation	10
I.5. Marinade	12

II. Produits carnés traditionnels

II.1. Produits carnés	13
II.2. Produits carnés traditionnels et diversité	13
II.2.1. Viandes salées non séchées	14
II.2.1.1. <i>Balangu au Nigeria</i>	14
II.2.1.2. <i>Suya (Tsire) au Nigeria</i>	14
II.2.2. Viandes fumées	15
II.2.2.1. <i>Kundi / banda au Nigeria</i>	15
II.2.3. Viandes séchées non fermentées	16
II.2.3.1. <i>Biltong en Afrique du sud</i>	16
II.2.3.2. <i>Kilishi au Niger</i>	17
II.2.3.3. <i>Kitoza au Madagascar</i>	17
II.2.3.4. <i>Pastirma en Turquie</i>	17
II.2.3.5. <i>Khliaa ezir en Algérie</i>	18
II.2.3.6. <i>El-Guedid au pays du Maghreb</i>	18
II.2.4. Viandes fermentées demi- séchées / séchées	20
II.2.4.1. <i>Sucuk en Turquie</i>	20
II.2.4.2. <i>Mhom en Thaïlande</i>	21
II.2.4.3. <i>Nem chua au Vietnam</i>	21
II.2.4.4. <i>Lap cheong en chine</i>	21
II.2.4.5. <i>Sai ua au nord de la Thaïlande</i>	22
II.2.4.6. <i>Salchichón en Espagne</i>	22
II.2.5. Viandes cuites et/ou confites	23
II.2.5.1. <i>Ban shems en Lybie</i>	23

III. Processus d'affinage des produits carnés traditionnels

III.1. Biochimie de l'affinage	28
III.1.1. Lipolyse	28
III.1.2. Protéolyse	30

III.2. Microbiologie de l'affinage	33
III.2.1. Microflore de la viande	33
III.2.1.1. Flore endogène et contaminations	33
III.2.2. Microflore des produits carnés	36
III.2.2.1. Flore microbienne des produits carnés séchés	36
III.2.2.2. Flore microbienne des produits carnés salés	37
III.2.2.3. Flore microbienne des produits carnés fermentés	37
III.2.2.4. Flore microbienne pathogène	38
III.2.2.5. Flore microbienne technologique	39
✚ Bactéries lactiques	39
✚ Staphylocoques à coagulase négative	45

<i>'Méthodologie et expérimentations'</i>
--

I. Matériel	52
I.1. Matériel biologique	52
I.2. Choix et suivi des échantillons	55
II. Méthodologie	57
II.1. Caractérisation physico-chimique d'El-Guedid	58
II.1.1. Mesure du pH	58
II.1.2. Dosage du NaCl	58
II.1.3. Humidité	61
II.1.4. Activité d'eau (Aw)	61
II.1.5. Taux des lipides	62
II.1.6. Valeur des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (Tbars)	63
II.1.7. Taux des carbonyles	65
II.2. Caractérisation microbiologique d'El-Guedid	67
II.2.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales	67

II.2.2. Recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)	67
II.2.3. Recherche des coliformes totaux / fécaux	67
II.2.4. Recherche des entérobactéries	68
II.2.5. Recherche des salmonelles	68
II.2.6. Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs	68
II.2.7. Recherche de <i>Staphylococcus aureus</i>	68
II.2.8. Recherche des staphylocoques à coagulase négative	69
II.2.9. Recherche de <i>Listeria monocytogenes</i>	69
II.2.10. Recherche des bactéries lactiques	69
II.2.11. Recherche des levures et moisissures	70
II.3. Caractérisation moléculaire	70
II.3.1. Identification des staphylocoques	71
II.3.2. Identification des bactéries lactiques	72
II.4. Analyse statistique	76
II.4.1. Effet des paramètres physico-chimiques	76
II.4.2. Analyse de variance 'ANOVA' et modélisation	78
II.5. Les limites de l'étude	78

'Résultats et discussion'

I. Caractérisation physico-chimique	81
I.1. Mesure du pH	82
I.2. Concentration du chlorure de sodium (NaCl)	84
I.3. Humidité	86
I.4. Activité d'eau (Aw)	88
I.5. La teneur en lipides	90
I.6. Oxydation des lipides (TBARS)	93
I.7. Oxydation des protéines (Carbonyles)	95
II. Recherche des différences entre les paramètres physico-chimiques	98

II.1. Analyse de variance 'ANOVA'	99
II.2. Analyses discriminantes linéaires (LDA)	100
III. Caractérisation microbiologique	104
III.1. Flore indicatrice d'hygiène	105
III.2. Flore pathogène	106
III.3. Flore technologique	110
IV. Identification moléculaire	112
IV.1. Staphylocoque à coagulase négative	114
IV.2. Bactéries lactiques	117
Conclusion et perspectives	121
Références bibliographiques	126
Annexes	155

Publication scientifique

الملخص / Résumé / Abstract

« LISTE DES ABREVIATIONS »

‘ Les Genres bactériens ’

B.: *Bacillus*

Cl.: *Clostridium*

E.: *Escherichia*

En. : *Enterococcus.*

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

L. : *Lactococcus*

LAB : *bactéries lactiques*

Lb. : *Lactobacillus*

Le. : *Leuconostoc*

Li. : *Listeria*

P. : *Pediococcus*

Ps. : *Pseudomonas*

S. : *Staphylococcus*

SCN : *Staphylocoque à coagulase négative*

St. : *Streptococcus*

W. : *Weissella*

‘Unités de mesure’

°C : degré Celsius

Cm, µm, nm : centimètre, micromètre,
nanomètre

g, mg, kg : gramme, milligramme,
kilogramme

h, m : heure ,minute

L, mL, µL : litre, millilitre, microlitre

M, mM : mole, millimole

pb : paire de base

PPM : Partie Par Million

RPM : rotation par minute ou tour par
minute

UFC : Unité Formant Colonie

‘ Sigles ’

- **ACP** : Analyse Des Composantes Principales
- **ADN** : acide désoxyribonucléique
- **AFNOR** : Association française de Normalisation
- **ANOVA** : Analyse De La Variance
- **ARNr** : acide ribonucléique ribosomique
- **Aw** : activité de l'eau
- **BET** : bromure d'éthidium
- **BHI**: Brain Heart Infusion
- **CAC/RCP 68/2009** : code d'usages pour la réduction de la contamination des aliments par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) issus des processus de fumage et de séchage direct
- **D.D** : dilution décimale
- **DM** : dry matter (matière sèche)
- **DNPH**: Di nitro phényl hydrazine
- **DO**: Densité Optique
- **FAA**: acide aminé libre (free amino acid)
- **FAO**: Food and Agriculture Organization
- **FFA**: acide gras libre (free fatty acid)
- **ISO**: International Organization for Standardization
- **LDA** : Analyse Discriminante Linéaire
- **MDA** : malondialdéhyde
- **MRS**: Milieu Man Rogosa Sharpe agar
- **MSA** : Milieu Mannitol Salt Agar
- **NCBI** : National Center for Biotechnology Information
- **ND** : non déterminé
- **NS**: Non Significatives
- **PCA** : Milieu Plate Count Agar
- **PCR** : Réaction de polymérisation en chaîne (polymerase chain reaction)
- **pH** : Potentiel hydrogène.
- **RAPD** : Random Amplified Polymorphic DNA
- **SE** : Entérotoxine staphylococcale
- **SM** : solution mère
- **Subsp** : Sous-espèce
- **TBA** : Acide Thiobarbiturique
- **TBARS** : 2-thiobarbituric Acid- réactive substances
- **TBE** : Tampon de migration Tris, Borate, EDTA
- **TBX** : Tryptone Bile X Glucuronide
- **TS** : Milieu Tryptone Salt
- **VF** : Gélose Viande Foie
- **VRBG** : Milieu gélosé glucosée bilié au cristal violet, et au rouge neutre
- **VRBL** : Milieu gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre
- **YCG** : Milieu gélose glucosée à l'extrait de levure et au chloramphénicol

« LISTE DES FIGURES »

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Figure 1. Les transferts de l'eau et de NaCl au cours du salage sec	5
Figure 2. Les transferts de l'eau et de NaCl au cours de la saumre	6
Figure 3. Les transferts de matière dans le cas du séchage d'un produit salé	10
Figure 4. Classification des produits carnés selon les techniques de transformation	13
Figure 5. Quelques produits carnés traditionnels dans le monde	27
Figure 6. Description des étapes consécutives impliquées dans la lipolyse	29
Figure 7. Étapes consécutives des réactions parvenues lors de la protéolyse.....	31

METHODOLOGIE ET EXPERIMENTATIONS

Figure 8. Carte administrative de l'Algérie et situation géographique des régions de préparation des échantillons d'El-Guedid	54
Figure 9. Diagramme général de fabrication d'El-Guedid	55
Figure 10. Etape de préparation des productions d'El-Guedid	56
Figure 11. La chromatographie échangeuse de cations	59
Figure 12. Schéma du principe de la chromatographie échangeuse de cations	60
Figure 13. Formule de calcul du NaCl des échantillons	61
Figure 14. Appareil de mesure de l'activité d'eau	62
Figure 15. Montage du système Soxhlet	63
Figure 16. Rotavapor R-210	63
Figure 17. Schéma du protocole de mesure des des valeurs des Tbars	64
Figure 18. Protocole de mesure du taux de carbonyles	66
Figure 19. Jarres d'incubation des bactéries lactiques en anaérobiose (Anaerocult A).....	69

Figure 20. thermocyclers utilisés pour les amplifications	71
Figure 21. Système d'électrophorèse avec cuve RunOne	72
Figure 22. GEL doc 2000 system BIO-RAD	72
Figure 23. Protocole d'extraction d'ADN bactérien	73
Figure 24. Le Nanodrop One (mesure de la concentration d'ADN)	74
Figure 25. Protocole de purification d'ADN bactérien.	74
Figure 26. Colonne de purification d'ADN (QUIAquick: QUIAGEN)	75
Figure 27. Kit de séquençage Séq2mix	76

RESULTATS ET DISCUSSION

Figure 28. Processus de fabrication et cinétique de caractérisation des produits.....	81
Figure 29. Évolution du pH durant l'affinage	83
Figure 30. Evolution de la concentrations du chlorure de Sodium	85
Figure 31. Évolution du taux d'humidité et durant l'affinage.....	87
Figure 32. Évolution de l'activité d'eau durant l'affinage	90
Figure 33. Evolution des Taux des lipides au cours de l'affinage	92
Figure 34. Taux d'oxydation des lipides durant l'affinage	94
Figure 35. degré d'oxydation des lipides	95
Figure 36. Taux d'oxydation des protéines durant l'affinage	98
Figure 37 (a-e). Analyse discriminante linéaire de l'évolution et la corrélation des variables physico-chimiques par type de viande, à différents temps	100-104
Figure 38. Evolution de la population des bactéries lactique (LAB)	110
Figure 39. Evolution de la population des staphylocoques à coagulase négative	112
Figure 40. Exemples des gels d'électrophorèses de multiples PCR	113

« LISTE DES TABLEAUX »

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau 1. Principaux ferment utilisés dans la fermentation des produits carnés	11
Tableau 2. Principales enzymes microbiennes et leurs effets biochimiques pendant la fermentation et la maturation de la viande	11
Tableau 3. Produits carnés salés des pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée	15
Tableau 4. Produits carnés fumés des pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée	16
Tableau 5. Produits carné séchés non fermentés des pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée	20
Tableau 6. Produits carnés traditionnels fermentés demi séchés / séchés des pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée	22
Tableau 7. Produits carnés traditionnels fermentés cuits et/ou confits dans la graisse des pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée	24
Tableau 8. Récapitulatifs de travaux antérieurs réalisés sur El-Guedid	25
Tableau 9. Les principaux substrats et produits des protéases	32
Tableau 10. Genres bactériens les plus fréquents dans la viande	35
Tableau 11. Genres de moisissures et de levures les plus présentes dans les viandes	36
Tableau 12. Quelques caractéristiques de bactéries lactiques	41
Tableau 13. Les espèces dominantes des bactéries lactiques dans les produits carnés	43
Tableau 14. Classification phénotypique des espèces du genre Staphylococcus	45
Tableau 15. Espèces de staphylocoques à coagulase négative isolées des produits carnés.....	46

METHODOLOGIE ET EXPERIMENTATIONS

Tableau 16. Détails de préparation des productions d'El-Guedid	53
Tableau 17. Récapitulatif des différents points de prélèvements et analyses effectuées lors de la caractérisation physico-chimiques et microbiologiques d'El-Guedid	79

RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau 18. Évolution du pH durant l'affinage des échantillons	82
Tableau 19. Concentrations du chlorure de Sodium des échantillons	84
Tableau 20. Évolution du taux d'humidité durant l'affinage des échantillons	86
Tableau 21. Évolution de l'activité d'eau durant l'affinage des échantillons	89
Tableau 22. Taux des lipides des échantillons d'El-Guedid au cours de l'affinage	91
Tableau 23. Taux d'oxydation des lipides durant l'affinage des échantillons	93
Tableau 24. Taux d'oxydation des protéines durant l'affinage des échantillons	96
Tableau 25. Évaluation, par analyse de variance, de l'effet temps et type de viande sur les Paramètres physico-chimiques	99
Tableau 26. Profils microbiens des échantillons d'El-Guedid au cours de l'affinage	108

« LISTE DES ANNEXES »

ANNEXE 1. Planning de préparation des différentes productions d'El-Guedid	155
ANNEXE 2. Les différentes températures dans les quatre régions tout au long du processus d'affinage d'El-Guedid	156
ANNEXE 3. Solutions de dosage de l'oxydation lipidique et protéique	157
ANNEXE 4. Composition des milieux de culture	158
ANNEXE 5. Liste des oligonucléotides utilisées dans les différentes PCR	164
ANNEXE 6. PCR et électrophorèse	165
ANNEXE 7. Densités optiques obtenues pour l'oxydation lipidique (TBARS) et protéique (taux des carbonyles)	169



Avant-propos

- ***Publications internationales :***

- Bader, R., Becila, S., Ruiz, P., Djeghim, F., Sanah, I., Boudjellal, A., Gatellier P., Portanguen S., Talon S., Leroy, S. (2020). Physicochemical and microbiological characteristics of El-Guedid from meat of different animal species. *Meat Science*, 108277. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108277>.

- ***Communications à des congrès et colloques :***

- Participation avec une communication affichée au Congrès National de la Société Française de Microbiologie SFM, qui s'est déroulé à Paris du 1er au 3 octobre 2018, et s'intitulant, « Caractérisation du El-Guedid, un produit carné traditionnel algérien ».
- Participation à une communication orale au 1^{er} colloque international Bio-ressource et économies bleu et verte BEBV, tenu à HAMMAMET- Tunisie, du 26 au 29 avril 2018, qui s'intitule « Microbiological and Physicochemical characterization of an east Algerian meat-based product: El-Guedid, during ripening process ».
- Participation à une communication affichée à la 26^e conférence internationale de FoodMicro (ICFMH), qui s'est déroulé à Berlin, Allemagne, septembre 2018, et qui s'intitule « Characterization of El-Guedid, a traditional salted/dried meat product from Algeria ».
- Participation avec une communication affichée, au séminaire des Sciences Alimentaires SISA, qui s'est déroulé à Constantine (INATAA) le 15 et 16 octobre 2018, qui s'intitule : « Characterization of an East-Algerian traditional product : El-Guedid during ripening process ».
- Participation avec une communication affichée au séminaire national sur les biotechnologies en Algérie : Quelles biotechnologies pour un développement durable ? Il s'est déroulé à Constantine du 03 au 04 décembre 2019, et ayant pour thème, « Molecular identification of Lactic acid bacteria and coagulase negative Staphylococci of El-Guedid, an Algerian traditional meatbased product ».



INTRODUCTION

« CONTEXTES, ENJEUX, ET OBJECTIFS DE LA THÈSE »

Les produits traditionnels font partie du patrimoine culturel et gastronomique de chaque peuple, ils contribuent à garder son identité nationale. Nous rencontrons et utilisons des recettes entourées d'un savoir-faire ancestral transmis d'une génération à une autre (**Daoudi et al., 2006**).

Dans différents pays du monde, la caractérisation des produits carnés issus d'un terroir, constitue un point de départ d'une démarche dont l'objectif est la conservation et la protection de ces caractéristiques spécifiques (**Bennani et al., 2000 ; Drosinos et al., 2005 ; Petit et al., 2013**). C'est aussi le moyen de mieux comprendre les mécanismes qui déterminent sa typicité et de fournir les références indispensables à la mise en place d'une appellation d'origine contrôlée (**Igene et al., 2008**).

En Algérie, les produits carnés traditionnels sont peu nombreux et ne sont pas tous recensés, ils sont restés confinés à leurs niches géographiques d'origine tel que *El-Guedid*. Malheureusement, plusieurs d'entre eux sont menacés de disparition, pour diverses raisons, dont le changement dans les habitudes alimentaires. Donc, il convient de faire tout ce qui est possible pour les faire connaître, les revaloriser, maintenir leur existence et encourager leur fabrication à l'échelle industrielle. Ces produits présentent un bien culturel et authentique, avant d'être une ressource économique qui doit être bien caractérisée et protégée. Parmi ces produits on retrouve : El Gedid ; Khliaa Ezir ; El m'selli ; Kourdass ; Fregate, ...etc. (**Boudechicha et al., 2018**).

Un des produits traditionnels du terroir algérien est : *El-Guedid*, il appartient à une large diversité de produits carnés salés/séchés, et qui pourraient parfois être fumés, tels que le biltong en Afrique du Sud (**Petit et al., 2014**), kilishi au Nigéria (**Kalilou et al., 1998**), boucané à l'île de la Réunion (**Poligne et al., 2001**), kitoza à Madagascar (**Ratsimba et al., 2017; Ratsimba et al., 2019**), jerky aux États-Unis et charqui en Amérique du Sud (**Pinto et al., 2002**).

El-Guedid est préparé dans tout le territoire algérien à partir de viandes rouges : mouton et bœuf principalement, et dans les zones sub-arides, à partir de viande de chèvre et de chameau. El Guedid (viande séchée), appelée aussi « el khliaa », est préparé, en tous lieux, et particulièrement pendant la fête religieuse de "Aid Al Adha ». Chaque famille, en possession d'une grande quantité de viande, et ne pouvant la consommer en quelques jours, elle sera donc

transformée, et stockée, occasionnellement, à température ambiante pendant une longue période sans être altérée ou dangereuse pour la santé du consommateur (**Boudechicha et al., 2018, Benlacheheb et al., 2019**).

C'est une pratique traditionnelle de conservation de la viande très répandue, en particulier dans les zones montagneuses où l'on apprécie le goût caractéristique pris en quelques mois. Habituellement, la viande crue est coupée en lanières, salée abondamment (**Gagaoua & Boudechicha, 2018**). La viande est ensuite exposée à l'air libre et au soleil, dans un endroit propre, jusqu'à séchage complet (méthode peu coûteuse), pendant une période allant d'une à plusieurs semaines (**FAO, 1990 ; Essid et al., 2007 ; Benlacheheb et al., 2019**). La chair boucanée, ainsi obtenue est conservée dans des bocaux scellés, à l'abri de l'air et de l'humidité. Cette façon de conserver la viande donne son goût particulier : avec le temps, son goût s'affirme, significativement.

En Algérie, très peu d'études ont été menées sur les produits carnés traditionnels. Quelques travaux sur les produits carnés traditionnels ont été réalisés au sein de notre équipe de recherche : Marqueurs biologiques de la qualité des viandes (MAQUAV) : une thèse sur El-Guedid, incluant une enquête auprès des consommateurs, avec l'élaboration de son diagramme de fabrication traditionnelle, et une seconde thèse qui s'articule autour de la caractérisation physico-chimique et microbiologique du Khliia Ezir algérien.

Concernant nos recherches, elles ont porté sur la caractérisation et la préservation des produits carnés du terroir algérien, afin de promouvoir et favoriser leur production. Ces produits sont non seulement un bien culturel, mais aussi une ressource économique qui doit être protégée.

Ce travail de thèse s'insère dans le cadre de la préservation des produits du terroir algérien dont les produits carnés. Nos objectifs consistent à d'étudier l'évolution des caractéristiques physico-chimique et microbiologiques d'El-Guedid, issu de différents types de viandes au cours de sa préparation, son affinage et sa conservation ; étudier l'effet du temps et du type de viande sur les paramètres physico-chimiques (pH, l'activité de l'eau, l'humidité, l'oxydation des lipides et des protéines, la teneur en chlorure de sodium et en lipides) ; affirmer l'intervention des flores des différents écosystèmes, dans la qualité du produit fini.

Dans notre recherche, des échantillons d'*El-Guedid*, préparés de manière traditionnelle dans différents ménages, à partir de quatre types de viandes (ovin, bovin, caprin et camelin), dans 04 régions d'Algérie : Constantine, Alger, Oum El Bouaghi et Ouargla respectivement,

ont été caractérisés. Le choix des régions et des types de viandes s'est fait en fonction de la viande la plus consommée, et en prenant compte de la préférence des consommateurs, selon une enquête réalisée par **Benlecheheb et al., (2019)**.

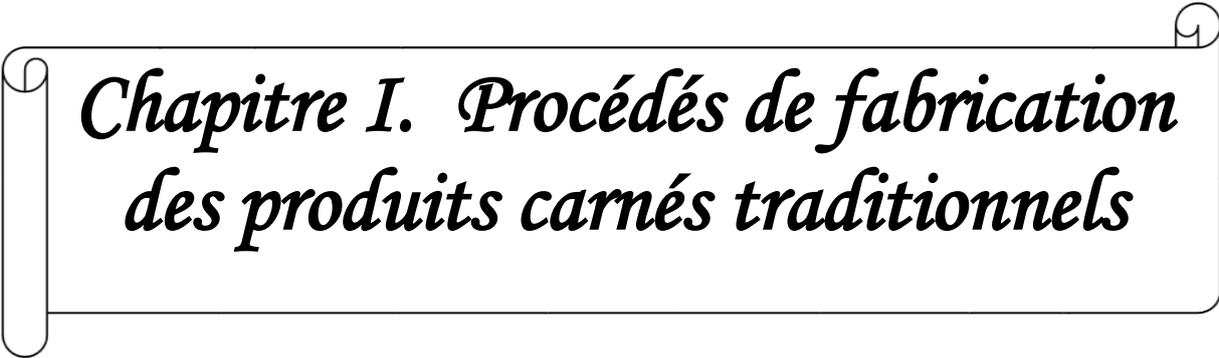
Les analyses ont été effectuées suivant une cinétique allant de T0 (viande fraîche) jusqu'à un an de conservation, en passant par toutes les étapes de préparation et d'affinage : T30, T90 et T180. Le choix de la cinétique s'est appuyé, sur la préférence de consommation d'El-Guedid algérien, et qui peut être consommé, un an après sa préparation.

Ce manuscrit de thèse comprend quatre volets :

- Une synthèse bibliographique faisant l'état de l'art sur **i)** les procédés de fabrication des produits carnés traditionnels, **ii)** les produits carnés traditionnels, et **iii)** le processus d'affinage des produits carnés traditionnels ;
- La démarche suivie, détaillant la méthodologie et les expérimentations réalisées ;
- La présentation de l'ensemble des résultats obtenus et leur discussion, tout au long de ce travail de recherche ;
- La conclusion générale, au cours de laquelle seront également présentées les perspectives de ce travail.



Synthèse bibliographique



*Chapitre I. Procédés de fabrication
des produits carnés traditionnels*

I. Procédés de fabrication des produits carnés traditionnels

La viande est considérée comme étant un aliment hautement périssable, en raison de sa forte teneur en eau et de l'abondance de nutriments qui favorisent la croissance et la multiplication des microorganismes. La présence de certains de ces organismes dans la viande peut la rendre très toxique et impropre à la consommation humaine. Comme la viande se détériore très rapidement, l'homme a, au fil des siècles, développé un certain nombre de techniques de transformation et de conservation qui peuvent maintenir sa stabilité et augmenter sa durée de vie, tout en gardant sa valeur nutritive et sa saveur (**Ogbonnaya *et al.*, 2009 ; Apata *et al.*, 2013**).

Le salage, le fumage et le séchage sont les méthodes traditionnelles de transformation les plus utilisées aujourd'hui. La viande peut aussi être hachée, assaisonnée, fermentée ou mélangée à d'autres ingrédients (**Farouk *et al.*, 1983 ; Honikel *et al.*, 2010**). Il se peut que le produit fini soit prêt à servir ou requiert une préparation supplémentaire avant la consommation. C'est pourquoi une large gamme de produits carnés est présentée sur les marchés mondiaux afin de satisfaire les demandes des consommateurs, tant, sur un point de vue hédonique ou nutritionnel (**Zegaye *et al.*, 1999 ; Puolanne *et al.*, 2010**).

I.1. Salaison

Le sel (chlorure de sodium) est le principal ingrédient technologique et le plus anciennement utilisé dans le salage des produits carnés transformés. Il joue un rôle primordial dans les produits de charcuterie, pour le goût salé (effet gustatif), mais essentiellement, pour son action sur les propriétés de la viande (effets technologiques) et sur les micro-organismes (effet bactériostatique) (**Martin *et al.*, 2003 ; Aymerich *et al.*, 2000 ; Knockaert *et al.*, 1990 ; Lozach *et al.*, 2001; Nganguem *et al.*, 2007**).

Le sel inhibe la croissance et la multiplication de la plupart des bactéries intervenant dans l'altération, mais favorise la croissance des halophiles. Il augmente le pouvoir de rétention d'eau, et agit sur les caractéristiques sensorielles en améliorant la couleur, la flaveur, la saveur et la texture de la viande par un raffermissement des tissus (**Hotchkiss *et al.*, 1988 ; Purriños *et al.*, 2011**).

En outre, le sel diminue l'activité de l'eau (A_w), ce qui affecte de manière significative la durée de vie de la viande (Girard *et al.*, 1988 ; Pearson *et al.*, 1996 ; Taormina *et al.*, 2010), et favorise l'oxydation et le rancissement des gras (Durand *et al.*, 1999).

Bien que le sel soit un ingrédient indispensable des produits de salage, les vrais agents de salage sont le nitrite (NO_2) ou le nitrate (NO_3) (Roux *et al.*, 1994 ; Youling *et al.*, 2001 ; Marco *et al.*, 2006). Le nitrite sous forme de sel de potassium (KNO_2) ou de sodium (NaNO_2) est utilisé pour développer la couleur de la viande salée. Il transmet une couleur vive rougeâtre ou rose qui est souhaitable dans un produit salé (Pearson *et al.*, 1996 ; González *et al.*, 2002 ; Sado *et al.*, 2007 ; Nguyen *et al.*, 2008 ; FAO, 2013).

I.1.1. Salaison à sec

Dans le salage à sec, les ingrédients ajoutés directement sur la viande y sont transportés par diffusion. Lorsque le sel est ajouté à la surface de la viande, il se dissout dans le jus superficiel et forme une saumure très concentrée qui pénètre rapidement vers les parties centrales (Figure 1). Ce mode de salage est mis en œuvre, dans le traitement direct de pièces entières (jambons) ou de muscles destinés généralement à être ensuite séchés. Le frottage des pièces de viande favorise la pénétration du sel, à l'intérieur de la masse à saler. La pénétration du sel est plus rapide et le taux d'humidité sera plus faible que le salage en saumure. Néanmoins, le produit final est plus salé et sa couleur est altérée.

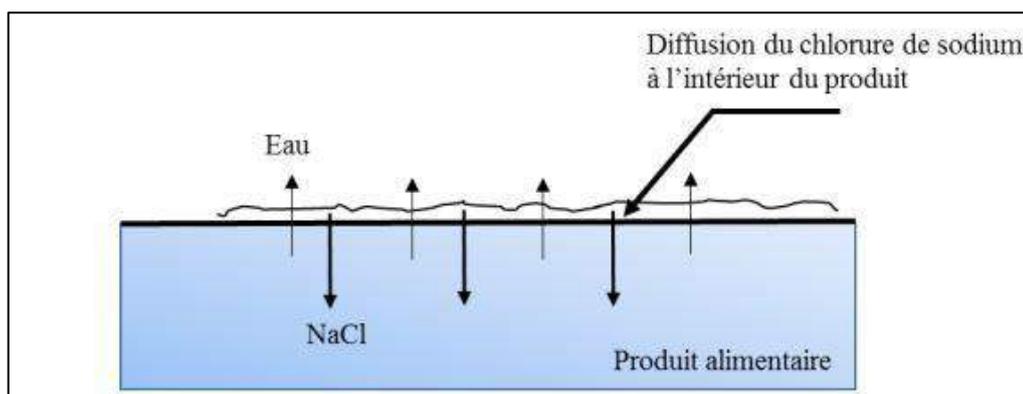


Figure 1. Les transferts de l'eau et de NaCl au cours du salage à sec

I.1.2. L'immersion en saumure

La saumure est un mélange d'eau, de sel et éventuellement d'autres composants dont l'utilisation est strictement réglementée (polyphosphates, conservateurs, arômes). Lors du

saumurage, la viande est immergée dans une solution aqueuse de sel ou de sel de nitrite à laquelle peuvent être ajoutés des épices et des condiments.

La saumure agit de la même manière que celle formée par le jus de viande et les ingrédients du salage à sec. La dose de sel incorporée dans la saumure est de l'ordre de 16 à 25% (p/v) (**Martin et al., 2003**). Elle assure une pénétration plus rapide des éléments qu'elle contient (en particulier le sel, sel de nitrite), à l'intérieur des pièces de viande traitées. Les viandes sont maintenues immergées dans une saumure (**Figure 2**). Le sel pénètre par diffusion et la régularité du salage dépend d'un certain nombre de paramètres, en particulier la durée du traitement. Ce principe nécessite une durée de plusieurs jours (jusqu'à une semaine, voire plus) (**Martin et al., 2003**).

Plusieurs substances peuvent être ajoutées en saumure tels que : Saccharose, sirop de glucose, vinaigre, arômes ou épices et herbes aromatiques. L'utilisation de basses concentrations en saumure augmente la capacité de rétention d'eau en raison d'un taux inférieur de dénaturation de protéines. Le muscle, dans ce cas, subit une hydratation (**Offer et al., 1983 ; Schmidt et al., 2008 ; Gallart-Jornet et al., 2007**).

Plusieurs chercheurs en sciences alimentaires ont utilisé les solutions analytiques de l'équation de diffusion de Fick pour géométrie classique et frontière bien définie et initiale des conditions de modelage, le transfert massif à l'intérieur d'une nourriture soumis à traitement osmotique (**Chiralt et al., 2001 ; Gou et al., 2003 ; Ruiz-Cabrera et al., 2004 ; Telis et al., 2004 ; Corzo et al., 2005 ; Bellagha et al., 2007 ; Volpato et al., 2007 ; Ruiz-López et al., 2008 ; Schmidt et al., 2009**).

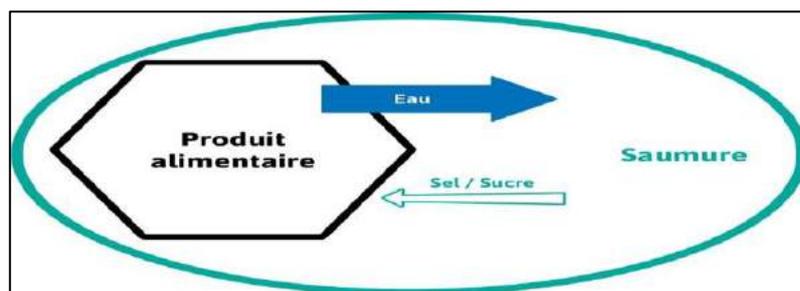


Figure 2. Les transferts de l'eau et de NaCl au cours de la saumure (**Martin et al., 2003**)

I.1.3. Incorporation des nitrites

En plus du sel, le nitrate et le nitrite qui en dérivent sont les ingrédients fondamentaux de la fabrication de produits de salaison. La réglementation autorise l'utilisation de nitrate et de nitrite de sodium ou de potassium. Ces deux additifs jouent un rôle indispensable dans la

stabilisation de la couleur et le développement de l'arôme des produits de salaison, ainsi que dans la stabilisation microbienne des produits secs et des conserves (effet anti botulique). Leurs conditions d'utilisation sont soumises à une réglementation stricte : en particulier, le nitrite ne peut être incorporé qu'en mélange avec du sel, sous forme de sel nitraté à dose maximale de 1% (p/v) de nitrite (**Martin et al., 2003**).

I.1.3.1. Action du sel sur les produits carnés en cours de transformation

Lors de la salaison, deux principaux flux simultanés sont produits : la perte d'eau et une assimilation de sel. De plus, le sel et le taux de diffusion d'eau dépendent de beaucoup de facteurs comme la température, la concentration de saumure, la taille de produit et le ratio de solution-à-matériel (**Telis et al., 2003 ; Gou et al., 2003 ; Corzo et al., 2005 ; Sahli et al., 2006 ; Bellagha et al., 2007 ; Volpato et al., 2007 ; Schmidt et al., 2008**).

I.1.3.2. Action sur le goût

Le goût salé est apporté par l'ion sodium (Na^+), lorsque celui-ci est libre, autrement dit, dissous dans la phase aqueuse de la viande ou du produit carné. Or, le sodium peut se fixer aux protéines de la viande de façon stable, à froid et plus instable à chaud ou en milieu acide. Ceci explique que pour une teneur en sel donnée, la saveur salée est plus élevée.

I.1.3.3. Action sur les micro-organismes

Le salage, est l'un des plus anciens moyens de conservation des produits carnés. Le rôle conservateur du sel n'est donc pas négligeable. Actuellement, il est prépondérant dans les produits séchés et maturés (jambons secs, saucissons secs), mais il est devenu un peu plus secondaire dans les produits crus non séchés ou les produits cuits (**Martin et al., 2003**).

Le sel n'a aucune action bactéricide, mais plus généralement dispose d'une action bactériostatique. Le développement, la survie et l'inactivation des micro-organismes qui gouvernent la durée de vie et la sécurité des produits, à base de viande sont gérés par la quantité de sel présente dans la phase aqueuse du produit.

I.1.3.4. Action sur le pouvoir de rétention d'eau de la viande

En général, une viande fraîche peut contenir jusqu'à 75 à 78% d'eau, naturellement. Le pouvoir de rétention d'eau est la faculté de la viande à conserver, sous l'effet d'une contrainte (traitement mécanique, chauffage, ...), cette eau qui lui est propre ou une partie de l'eau ajoutée au cours du traitement technologique.

I.2. Fumaison

L'utilisation de la fumée fut l'un des premiers moyens de conservation des viandes. L'apparition de nouvelles techniques de conservation (réfrigération, appertisation ...) n'ont pas fait disparaître le fumage traditionnel de la charcuterie. Cependant, son rôle conservateur se trouve, bien souvent, repoussé au second plan ; actuellement, le fumage est effectué pour donner au produit, une saveur et une présentation typique. C'est un procédé technologique traditionnel qui consiste en l'exposition de la viande, à la fumée de bois qui lui donne un effet sec, ainsi qu'un goût désirable et une odeur agréable. L'effet inhibiteur des microorganismes est imputable à différents composants volatils de la fumée.

Le fumage traditionnel est généralement direct (c'est-à-dire que la fumée est produite dans la même cellule que la viande), consistant généralement, en la dégradation directe du bois pour produire de la fumée (**Ahmad *et al.*, 2003 ; CAC/RCP 68/2009 ; Ledesma *et al.*, 2016a**). Il existe deux types de fumage :

I.2.1. Le fumage à chaud

Le fumage à chaud permet de conserver l'aliment grâce à la cuisson, la déshydratation et l'action protectrice des composants de la fumée. Les températures de la fumée varient entre 55 et 80°C, allant jusqu'à 130°C. Et les températures à cœur de la viande varient de 65 à 80°C, pendant 30 à 90 min (**Knockaert *et al.*, 1990 ; Ahmad *et al.*, 2003 ; Woods *et al.*, 2003**). Parmi les produits traités par ce type de fumage, on cite : les charcuteries échaudées et certains jambons cuits.

I.2.2. Le fumage à froid

Il consiste à exposer la viande, à l'action de la fumée dont la température est comprise entre 18 et 30°C, pendant quelques heures à plusieurs jours (**Rakansou *et al.*, 2008**).

Ce procédé ne permet qu'une réduction partielle du risque de contamination bactériologique car la viande fumée à froid restant crue, nécessite d'être réfrigérée et ne se conserve pas plus longtemps que la viande fraîche.

Pearson et Gillett (1996) ont décrit les principaux buts du fumage comme étant le développement de l'arôme et de la saveur fumés, la préservation, la création de nouveaux produits, le développement de la couleur et la protection contre l'oxydation.

La fumée exerce une action antioxydante, en retardant la dégradation oxydative des lipides, ainsi que des actions bactériostatique et bactéricide, due à certains composés comme, les phénols et les acides (**Ismail et al., 2000**), et ainsi la durée de vie des produits.

I.3. Séchage

Le séchage des produits carnés est un procédé de conservation traditionnel. Il est utilisé principalement, pour différents produits de salaison crue, comme la viande séchée et les charcuteries crues. C'est une opération unitaire qui a pour but d'éliminer par évaporation, l'eau de constitution d'un produit, afin d'allonger sa durée de vie, d'éviter la prolifération des microorganismes, de stopper les réactions enzymatiques et donc de conserver les produits carnés (**Figure 3**). Par ailleurs, le séchage a aussi pour effet la réduction de poids, l'augmentation de la teneur en protéines, ainsi que l'obtention de plus petits volumes (**Kleih et al., 1995 ; Kalilou et al., 1997 ; Yacouba et al., 2010**).

L'objectif du séchage est de retirer l'eau qui, selon le produit, s'élève de 30 à 55%. On vise donc une baisse de valeur de l' A_w , en dessous de 0,93 et ainsi qu'une teneur résiduelle en eau de 3 à 10%. Ceci inhibe la croissance des microorganismes (la microflore est stabilisée) et tout particulièrement, ceux nécessitant une grande teneur en eau. La durée d'entreposage des produits carnés séchés est de 2 à 4 mois (**Nguyet et al., 2008**).

Le séchage généralement utilisé dans les pays tropicaux est le séchage au soleil. Économique, car ne consommant pas d'énergie et ne nécessitant que peu d'équipement. Il est toujours utilisé, dans de nombreux pays pauvres où les coûts représentés par la lyophilisation ou l'appertisation dépassent les capacités financières des habitants.

Pendant le séchage, la viande est suspendue ou disposée sur des claies pour être exposée à l'air libre et sous le soleil. L'eau libre est d'abord évaporée dans la zone périphérique, puis il

s'ensuit une migration constante de l'eau des couches profondes vers la périphérie. Plus le séchage se poursuit, plus l'évaporation est lente car l'eau est de plus en plus liée. Les morceaux de viande sont plus petits, plus minces, plus durs, ridés et de couleur plus sombre (Heinz *et al.*, 2007). La saveur caractéristique de la viande fraîche disparaît au profit d'un arôme particulier à la viande séchée.

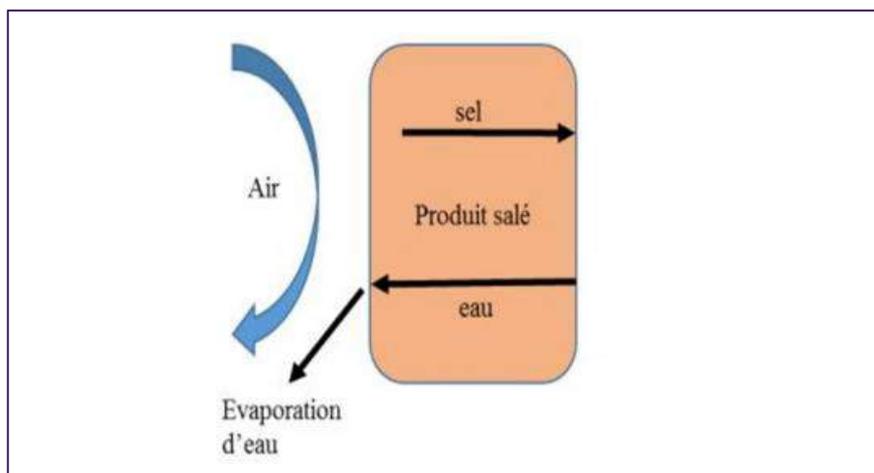


Figure 3. Les transferts de matière dans le cas du séchage d'un produit salé

I.4. Fermentation

La fermentation de la viande est un procédé utilisé, pendant des siècles sur le développement de flore indigène, mais la composition de cette flore a changé assez fréquemment, en raison de nombreuses variables impliquées (matières premières, manipulations etc.) (Pearson *et al.*, 1999 ; Öksüztepe *et al.*, 2006).

Le *back-slopping* est une technique consistant, en l'addition de petites quantités de viande préalablement fermentées, ayant de bonnes propriétés sensorielles. C'est une pratique courante bien que la qualité soit hétérogène (Toldra *et al.*, 2006a). Depuis les dernières décennies, les viandes fermentées sont généralement produites à l'aide de ferments (starters) microbiens.

Le microbiote des produits carnés a été identifié par des techniques basées sur la recherche d'ADN et les plus pertinentes sont *Lactobacillus sakei* et *Lactobacillus curvatus* chez les bactéries lactiques (LAB), *Staphylococcus xylosus* chez les staphylocoques à coagulase négative (SCN), et *Debaryomyces hansenii*, parmi les levures (Alessandria *et al.*, 2015). *Penicillium nalgiovense* et *Penicillium chrysogenum* peuvent pousser sur la surface extérieure de certaines saucisses caractéristiques (Toldra *et al.*, 2012).

Lors du processus de fermentation, des sucres présents naturellement dans le produit ou ajoutés à celui-ci sont transformés en d'autres substances (pour ex. CO₂, acide lactique, alcool, matières aromatiques...), sous l'effet de micro-organismes qui peuvent être présents naturellement dans la matière première ou y être ajoutés (**Tableau 1**).

Tableau 1. Principaux ferments (starters) utilisés dans la fermentation des produits carnés. (Hammes *et al.*, 1990, Hammes & Knauf, 1994, Demeyer *et al.*, 2014, Cocconcelli & Fontana, 2015).

Microorganismes	Genres	Espèces
Bactéries lactiques	<i>Lactobacillus</i>	<i>L. sakei</i> , <i>L. curvatus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. rhamnosus</i>
	<i>Pedococcus</i>	<i>P. pentosaceus</i> , <i>P. acidilactici</i>
Staphylocoques à coagulase négative	<i>Staphylococcus</i>	<i>S. xylosus</i> , <i>S. carnosus</i> , <i>S. equorioris</i>
Levures	<i>Debaryomices</i>	<i>D. hansenii</i>
	<i>Candida</i>	<i>C. fumata</i>
Moisissures	<i>Penicillium</i>	<i>P. nalgiovense</i> , <i>P. chrysogenum</i>

La fermentation peut être rapide (environ 18 h), à de hautes températures (32.5- 38.1 °C), avec un pH final, allant de 4.7 à 5.3 selon le type de produit (Girard *et al.*, 1990 ; Baracco *et al.*, 1999). D'autre part, la fermentation lente peut durer plusieurs jours à des températures élevées variant entre 37.8 °C et 43.3 °C (Getty *et al.*, 2000). Une représentation schématique des différentes voies biochimiques est présentée dans le **tableau 2**.

Tableau 2. Principales enzymes microbiennes et leurs effets biochimiques pendant la fermentation et la maturation de la viande

Enzymes	Microorganismes	Effets biochimiques
Glucohydrolases	LAB	génération d'acide lactique
Endopeptidases	LAB	Protéolyse, génération de peptides
Exopeptidases	LAB ET CNS	Génération d'A.A libres
Nitrate reductase	Levures et CNS	Réduction du nitrate au nitrite
Lipases	Levures et CNS	Génération d'A.G libres
Catalase	Levures et CNS	Antioxydant
Superoxide dismutase	Levures et moisissures	Antioxydant
Transaminase	Levures et moisissures	Transformation des A.A
Deaminase/ deamidase	Levures et moisissures	Consommation d'acide lactique et génération d'ammoniac

LAB : bactéries lactiques ; CNS : staphylocoque à coagulase négative ; A.A : acide aminé ; A.G : acide gras.

I.5. Marinade

Le marinage est un procédé de conservation traditionnel qu'utilisaient nos ancêtres pour conserver les viandes et les aromatiser, produisant des effets secondaires sur la tendreté et le goût. Cette technique peu utilisée actuellement, consiste à l'acidification de produits carnés jusqu'à un pH inférieur à 4,5 en mettant la viande en contact avec une solution appelée : la marinade.

Cette solution contient au moins un acide organique et un sel, mais la plupart du temps elle en contient plusieurs. Elle peut aussi contenir des matières grasses apportées sous forme d'huiles, des protéines animales ou végétales, de vinaigre (de cidre, balsamique, de malt), des épices (sel, coriandre, poivre noir, ail, ...etc.) et des aromates.

L'évolution du pH et de l'activité de l'eau, dans la viande provoque des changements physicochimiques qui induisent la prolongation de sa durée de vie, l'amélioration de la qualité sensorielle et l'augmentation du rendement massique (**Sharedeh et al., 2015**).

I.5.1. Effet sur l'amélioration de la tendreté et jutosité

De nombreuses études ont cherché à évaluer l'impact d'un marinage, avec ou sans sel, sur la tendreté en évaluant cette dernière. **Sheard et al., (2004)** et **Ke et al., (2009)** ont montré que l'acide citrique est plus efficace que l'acide acétique ou lactique.

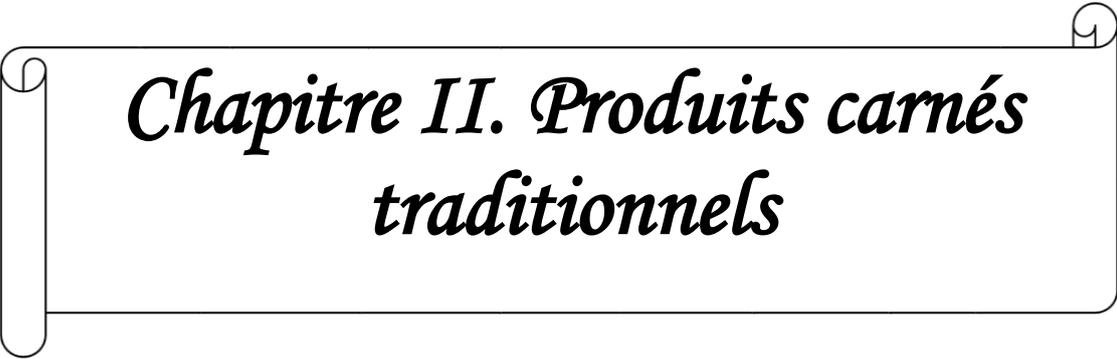
Pérez et al., (1998) ont observé une amélioration de la tendreté et de la jutosité, jugée par un jury de dégustation, après marinage d'échantillons de viandes de quatre espèces (bœuf, cheval, poulet et lapin), dans une solution de chlorure de calcium.

I.5.2. Effet sur l'amélioration de la flaveur et de la couleur

L'effet du marinage, sur la flaveur dépend principalement de la composition de la marinade, en particulier des aromates, plus que du pH et de la teneur en sel. Il n'est donc pas possible de dégager des règles générales, à partir des nombreuses études technologiques qui ont été réalisées, vu la grande diversité des ingrédients utilisés. (**Scanga et al., 2000**).

I.5.3. Effet sur la durée de conservation

La réduction du pH et l'ajout de sel contribuent à la stabilisation des produits carnés en réduisant la croissance et l'activité bactérienne. Le traitement acide agit sur les bactéries principalement par réduction du pH.



*Chapitre II. Produits carnés
traditionnels*

II. Produits carnés traditionnels

II.1. Produits carnés

Les produits carnés sont des produits composés principalement de viande, obtenus suite à la transformation de la viande (Broyage, pressage, séchage, salage, fermentation, cuisson...), puis l'augmentation de sa saveur par le salage, le fumage, et l'addition des épices ou le mélange avec d'autres aliments. Ces traitements de conservation et de transformation permettent de prolonger leur durée d'utilisation et de diversifier leur présentation.

II.2. Produits carnés traditionnels et diversité

Un aliment traditionnel est tout aliment d'un pays, endémique ou introduit, connu et utilisé, depuis plusieurs années par les populations locales et dont la production s'appuie sur les savoirs et les savoir-faire traditionnels, acquis de génération en génération (**Tabuna et al., 2002**). Les produits carnés traditionnels sont des produits principalement obtenus à partir de viande de bœuf, d'agneau, de chèvre, de buffle, de porc ou de viande de chameau.

Plusieurs d'entre eux sont connus depuis longtemps dans le monde entier et sont préparés pour la famille ou lors des fêtes religieuses. Ils ont également été préparés, en tant que moyen de conservation de la viande, quand elle était disponible à des quantités supérieures aux besoins immédiats, et surtout lorsque les moyens de stockage appropriés tels que la glace, les réfrigérateurs, et congélateurs faisaient défaut (**Tabuna et al., 2002**). **Heinz et Hautzinger, (2007)** ont procédé à la classification des produits carnés selon les techniques de transformation (salage, séchage, fumage et fermentation) en cinq catégories (**Figure 4**) et qui sont comme suit :

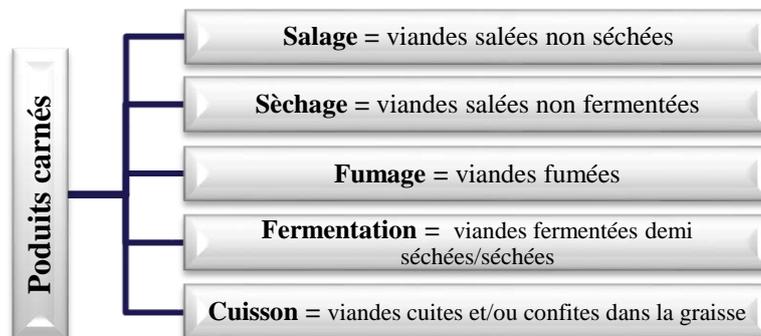


Figure 4. Classification des produits carnés selon les techniques de transformation

II.2.1. Viandes salées non séchées

Le salage est une technique primordiale dans le processus de transformation des produits carnés. Elle consiste à appliquer du sel (NaCl), des ingrédients de fixation de la couleur et d'assaisonnement, de manière à transmettre des propriétés uniques au produit final (Aymerich *et al.*, 2000 ; Lozach *et al.*, 2001; Nganguem *et al.*, 2007).

II.2.1.1. Balangu au Nigeria

C'est un produit carné traditionnel consommé au Nigeria, il se réfère à la viande qui est grillée sur le bois / charbon. Sa préparation implique l'utilisation de la chair désossée, des abats et des viscères de mouton ou de bœuf. La viande crue désossée recueillie est lavée puis découpée en tranches épaisses de 0.9 cm-1.5 cm. Elles vont être saupoudrées d'épices et de sel et ensuite placées sur une brochette de fer et rôties sur un feu sans fumée, pendant environ 40-60 minutes, avec rotation régulière et avec aspersion d'huile d'arachide pour augmenter la tendreté, lors du fumage (Moshood *et al.*, 2012).

II.2.1.2. Suya (tsire) au Nigeria

Le Suya est un produit carné traditionnel traité qui est populaire dans la région ouest-africaine (Igene *et al.*, 1984). Il existe trois formes principales de *suya*, à savoir : *tsire*, *kilishi* et *balangu* (Alonge *et al.*, 1981). Parmi les trois, le *tsire* est le plus couramment préféré, et par conséquent pour la plupart des consommateurs, le *tsire* est synonyme de *suya* (Igene *et al.*, 1984). Le *suya* est connu comme étant de la viande de bœuf, de chèvre ou de mouton rôti, désossée et cuite autour d'un incandescent feu de charbon. Les morceaux de viande sont déposés sur des bâtons de bois, et épicés avec une pâte d'arachide, d'épices, d'huile végétale, de sel ou d'autres arômes (Alonge *et al.*, 1981).

En Afrique du nord et dans les pays de la Méditerranée, on retrouve dans le *tableau 3*, les principaux produits carnés salés séchés (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

Tableau 3. Produits carnés traditionnels salés des pays d'Afrique du nord et de la Méditerranée, regroupés en fonction des méthodes de transformation traditionnelles (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

Produits carnés	Pays	Source animale	Principaux ingrédients	préparation	Utilisations Consommations
Melfouf (Boulfaf/ Zenan)	Algérie Maroc	Ovin Bovin	Sel, poivre, piment rouge piquant	Parage, Découpage, Assaisonnement, Grillade	-Prêt-à-manger préparé pendant la fête religieuse « <i>Aïd Al Adha</i> », consommé avec du pain.
Merguez	Algérie Tunisie Maroc	Ovin Bovin Volaille	Sel Epices	Hachage Malaxage Bourrage	-Frits ou grillés pour des sandwichs -Ajouté dans le "couscous" traditionnel.
Kofta , Kufta (Kabab), Kefta	Egypte Lybie Tunisie Algérie Maroc	Ovin Bovin Volaille	Sel, épices (coriandre, carvi, curcumin, poivre), oignon moulu, ail écrasé, persil haché, huile d'olive	Hachage, Assaisonnement Grillade Rôtissage	Servi immédiatement avec du pain <i>pita</i> , du <i>Tahini</i> (sauce) ou du riz.

II.2.2. Viandes fumées

Le fumage est le processus d'exposition de la viande à la fumée de bois, à certains points et, durant la fabrication, ce qui confère un effet sec à la viande, un goût et une odeur agréables et qui permettait de conserver la viande (Romans *et al.*, 1985; Kalilou *et al.*, 1999).

II.2.2.1. Kundi / banda au Nigeria

Le Kundi est un produit carné traditionnel à base de viande de bœuf, de chameau ou de cheval dans les régions du nord du Nigeria. La viande est préalablement découpée en morceaux, et peut être salée et/ou bouillie puis, fumée dans des fumoirs en fût (3-15jrs à 165-180°C) (Alonge *et al.*, 1987 ; Kleih *et al.*, 1995).

En Afrique du nord et dans les pays de la Méditerranée, on retrouve dans le *tableau 4*, les principaux produits carnés fumés (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

Tableau 4. Produits carnés traditionnels fumés des pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée, regroupés en fonction des méthodes de transformation traditionnelles (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

Produits carnés	Pays	Sources animales	Principaux ingrédients	Étapes de préparation	Utilisations Consommations
<i>Fregate</i>	Algérie	Camelin	Sel, épices et condiments (oignon, ail, coriandre, piment rouge)	Découpage, Salage, séchage au soleil, Fumage	Consommé avec du pain traditionnel <i>Mella</i>
<i>Bourdim/ Merdouma / Mandi</i>	Egypte Libye, Algérie	Ovin Bovin, Caprin Camelin Volaille	Sel Épices	Assaisonnement, Fumage	-Plat principal servi aux mariages et aux fêtes
<i>Tarfa-gara</i>	Algérie	Ovin Camelin	Sel Épices	Découpage, Assaisonnement, Fumage	Consommé après la chasse par les <i>Bédouins</i>
<i>Maynama</i>	Algérie	Ovin, Bovin Caprin Camelin	Sel Épices	Assaisonnement, Fumage	

II.2.3. Viandes séchées non fermentées

Le séchage est le procédé de transformation le plus répandu, il consiste à diminuer l'activité de l'eau de la viande (Gailani *et al.*, 1986 ; Blackmer *et al.*, 1997). Après séchage, l'activité de l'eau atteinte détermine les caractéristiques du produit fini (texture, couleur et flaveur) et sa durée de vie (stabilité chimique et microbiologique) (Farouk *et al.*, 1983 ; Igene *et al.*, 2008). La plupart des viandes séchées sont des produits prêts à être consommés ou bien ajoutés pour assaisonner certaines sauces et améliorer les qualités nutritionnelle et organoleptique de quelques plats traditionnels (Yetim *et al.*, 2001 ; Sloan *et al.*, 2009).

II.2.3.1. Biltong en Afrique du Sud

Le terme *biltong* est dérivé du hollandais : *bil* se référant à la cuisse postérieure d'un animal, et *tong* au filet, en forme de languette. C'est un produit carné traditionnel communément connu en Afrique du sud. Il est fabriqué à partir de la viande de boeuf crue par salage, fumage et séchage (Lewis *et al.*, 1957).

Il est traditionnellement séché au vent, à l'ombre, et pendant l'hiver, ou dans une boîte de séchage avec un ventilateur à une température ambiante ne dépassant pas les 22°C (**Burnham et al., 2008 ; Naidoo et al., 2010 ; Nortje et al., 2005 ; 2006**).

II.2.3.2. Kilishi au Niger

Le kilishi, est un produit carné traditionnel à base de viande de bœuf connu dans certains pays sahéliens, est très apprécié par les consommateurs. Tout d'abord, la viande maigre est découpée en morceaux d'environ 0,2 -0,4 cm d'épaisseur et de 15 cm de long. Les tranches de viande sont étendues pendant 2 à 3 heures sous le soleil. La viande séchée est ensuite immergée dans une suspension d'épices contenant : oignon, pâte d'arachide, gingembre et d'autres condiments aromatiques.

La viande assaisonnée est séchée au soleil à nouveau, pendant 4 à 6 heures et ensuite rôtie sur un treillis métallique placé sur un charbon de bois pendant 5-10 minutes à une température d'environ 100°C (**Igene et al., 1988**).

II.2.3.3. Kitoza à Madagascar

Le kitoza est un produit traditionnel de Madagascar obtenu à partir de lanières de viande de porc ou de boeuf, généralement salées puis séchées et/ou fumées. (**Andriamampianina et al., 2012**). Il est consommé avec du " vary sosoa " ou du " vary amin'anana " au petit déjeuner ou au dîner. Les enquêtes menées dans la province d'Antananarivo ont révélé l'existence d'un mode de production uniquement de kitoza salé/fumé, à l'échelle artisanale ou industrielle et de kitoza salé/séché et salé/fumé, à l'échelon familial (**Ratsimba et al., 2013**).

La viande à sécher est découpée en lanière d'une épaisseur d'environ 1 cm, salée (plus tard, richement assaisonnée), puis étendue ou suspendue, à l'air et au soleil pendant quelques jours. La viande ainsi séchée peut accompagner le *Vary sosoa* ou le *Vary amin'anana*. Le kitoza le plus courant est fait de zébu, mais on en confectionne aussi avec du porc et de l'anguille (**Ratsimba et al., 2013**).

II.2.3.4. Pastirma en Turquie

La *Pastirma*, qui est classé comme un produit à humidité intermédiaire est une viande salée, séchée qui est la plus populaire en Turquie (**Aksu et al., 2002 ; yagli et al., 1998**). Elle

est produite à partir de muscles tels que *Longissimus dorsi* et *Musculus semi membraneus* obtenu à partir de bœuf ou de buffle (Ahmed *et al.*, 2013 ; Aksu *et al.*, 2002).

Il existe différents types de *pastirma* obtenus à partir de différentes parties d'animal, à savoir : sekerpare, kusgomü, bohça, Kurek et SIRT. Dans sa fabrication, les muscles entiers sont purgés de la graisse extérieure et des tissus conjonctifs. Ils vont ensuite être salés, séchés, pressés et recouverts d'une pâte connue sous le nom çemen qui est composé d'ail, de poivron rouge, paprika et de fenugrec (Gok, *et al.*, 2008).

II.2.3.5. Khliaa ezir en Algérie

C'est un produit carné traditionnel typiquement algérien, préparé et consommé dans l'est algérien. Son nom dérive de l'ancien arabe : « *khliaa* » qui correspond à l'étape de stockage dans le mélange d'huile d'olive et de graisse, et « *ezir* » se référant à la jarre en terre cuite (l'ustensile où la viande est conservée) (Boudechicha *et al.*, 2017).

Khliaa ezir est préparé à partir de viandes rouges désossées (bovine, ovine caprine ou cameline). La viande est découpée en morceaux (5-8 cm de longueur, 4-6 cm d'épaisseur), ensuite salée et épicée (coriandre, ail, le carvi) et marinée pendant 7 jours. Après cuisson, les morceaux de viande sont immergés dans un mélange de graisse bovine fondue et d'huile d'olive. Le mélange est ensuite conservé dans une jarre en terre cuite, pendant de nombreux mois à température ambiante (Boudechicha *et al.*, 2015 ; 2017).

Différentes étapes impliquées dans sa préparation traditionnelle font que *Khliaa Ezir* un produit particulier avec des propriétés sensorielles typiques et une longue durée de conservation ; pouvant s'étendre jusqu'à une année à une température ambiante (Boudechicha *et al.*, 2014 ; Boudechicha *et al.*, 2016 ; 2017).

Khliaa Ezir est un produit carné prêt à la consommation, il est généralement consommé en l'état comme un apéritif avec du pain ou ajouté à des plats traditionnels tels que « *Chakhchoukha* » et « *Aiche* » à base du blé dur (Gagaoua *et al.*, 2018).

II.2.3.6. El-Guedid au pays du Maghreb

El-Guedid ou également appelé *Kaddid* ; *Khliaa* ; *Acedluh* ; *Cherrih* (selon les différentes régions) est un produit carné traditionnel consommé dans tous les pays du Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie) et particulièrement en Algérie.

Durant la fête religieuse "Al Adha," chaque famille musulmane doit abattre un agneau, et où, il y a habituellement plus de viande que l'on peut consommer en quelques jours. Le surplus de viande sera transformé en des produits plus stables qui pourraient être maintenus à température ambiante, aussi longtemps que possible, sans être endommagés ou bien devenir potentiellement dangereux pour la santé des consommateurs (conservés pendant plus d'un an).

C'est un produit carné traditionnel qui est principalement préparé à partir de viande d'agneau ou de bœuf, et dans les zones sub-arides de la région, de chameaux et de chèvres (la partie utilisée est majoritairement les entrecôtes) (**Bennani et al., 1995 ; Essid et al., 2007**). Cela diffère d'une région à une autre et dépend principalement des ingrédients utilisés, des techniques de salage et de séchage, ainsi que les utilisations finales du produit. En outre, l'aspect final et la couleur ne sont pas toujours les mêmes (**Bennani et al., 1995 ; Gagaoua et al., 2018**)

Traditionnellement, La viande est découpée en fines lanières ne dépassant pas les 03 cm (**Essid et al., 2007**). Elle est copieusement salée (salage sec ou en saumure), puis séchée au soleil, durant une période allant de quelques jours, jusqu'à plusieurs semaines. Les conditions climatiques de la région de préparation déterminent les aspects chimiques, microbiologiques et sensoriels d'El-Guedid. Il est généralement conservé dans des bocaux en verre pendant plusieurs mois jusqu'au moment de sa consommation. Il est gardé à une température ambiante dans un endroit sec pour éviter sa réhydratation (**Chabbouh et al., 2013 ; Gagaoua et al., 2018**). A la consommation, *El-Gueddid* est immergé dans de l'eau 24h pour le rendre tendre et moins salé, avant son utilisation comme ingrédient dans de nombreux plats traditionnels, tel que le couscous (**Benlecheheb et al., 2018**)

En Afrique du nord et dans les pays de la Méditerranée, on retrouve dans *le tableau 5*, les principaux produits carnés séchés non fermentés (**Gagaoua & Boudechicha, 2018**).

Tableau 5. Produits carnés traditionnels séchés non fermentés des pays d'Afrique du nord et de la Méditerranée, regroupés en fonction des méthodes de transformation traditionnelle (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

Produits carnés	Pays	Sources animales	Principaux ingrédients	Étapes de préparation	Utilisations Consommations
<i>Guedid</i>	Algérie	Ovin	Sel	Découpage	Ingrédient dans divers plats traditionnels
	Tunisie	Bovin Caprin		Salage	
	Maroc	Camelin		Séchage au soleil	
<i>Guedid épice</i>	Algérie	Ovin	Sel, épices (piment rouge, menthe, coriandre), ail frais	Découpage	Ingrédient dans divers plats traditionnels
	Tunisie	Bovin		Salage	
<i>El m'selli</i>	Algérie	Caprin,	Sel, Poivre, Ail frais, Piment rouge, Coriandre	Assaisonnement	Consommé avec un ragoût / sauce
		Camelin		Séchage au soleil	
<i>El m'selli</i>	Algérie	Ovin	Sel, Poivre, Ail frais, Piment rouge, Coriandre	Découpe	Consommé avec un ragoût / sauce
		Bovin		Assaisonnement, Séchage	
<i>Kourdass</i>	Algérie	Ovin	Sel, Cumin, Piment rouge piquant, Ail, Poivre	Immersion dans la graisse bovine fondue	Préparé durant <i>Moussems</i> (des célébrations religieuses annuelles) avec des plats traditionnels.
				Maroc	
<i>Kourdass</i>	Maroc	Ovin	Sel, Cumin, Piment rouge piquant, Ail, Poivre	Assaisonnement, Bourrage, Séchage au soleil	Préparé durant <i>Moussems</i> (des célébrations religieuses annuelles) avec des plats traditionnels.
				Algérie	
<i>Tidkit</i>	Maroc	Ovin	Sel Epices	Assaisonnement	Utilisé pour préparer des soupes et sauces
		Bovin		Séchage au soleil	
<i>Tidkit</i>	Maroc	Camelin	Sel Epices	Broyage	Utilisé pour préparer des soupes et sauces
		Ovin		Séchage au soleil	

II.2.4. Viandes fermentées demi- séchées / séchées

La fermentation est l'une des technologies les plus anciennes utilisées pour la conservation des aliments. Au cours des siècles, elle s'est affinée et diversifiée. Les viandes fermentées peuvent être classées en deux catégories selon leur degré de séchage et leur pH final : les viandes fermentées demi- séchées ou séchées (Vignolo *et al.*, 2010).

II.2.4.1. Sucuk en Turquie

Le *Sucuk* est un saucisson sec fermenté, produit de large consommation en Turquie. Il est fabriqué à base de viande de bœuf, buffle, et mouton. La graisse de bœuf et la queue de mouton sont aussi utilisées dans sa production. Les pâtes préparées sont farcies dans les petits intestins bovins et séchés à l'air. Les épices utilisées dans la production de *sucuk* sont généralement le poivre noir et rouge, le cumin, le piment et l'ail (Gökaltetal *et al.*, 1994).

II.2.4.2. Mhom en Thaïlande

Le Mhom est un saucisson fermenté sec traditionnel thaïlandais, à base de viande, y compris la viande de porc ou de bœuf comme composant principal ainsi que des organes internes à savoir le foie ou la rate, et d'autres ingrédients tels que le sel, riz cuit ou frit, l'ail et le poivre. La matière première et les ingrédients sont mélangés, farcies dans un boyau. Ils sont ensuite conservés à la température ambiante environ 2-3 jours pour la fermentation (**Samappito et al., 2011**).

II.2.4.3. Nem chua au Vietnam

Le Nem chua est un produit carné fermenté traditionnel du Vietnam à base de viande porcine. La pâte de viande est façonnée en cubes qui seront partiellement enveloppés dans une feuille « Oi » de la plante de Goyavier pour la décoration et la saveur. Ensuite, les cubes sont enveloppés dans des feuilles de bananier pour fournir l'environnement anaérobie pour le processus de fermentation et inhiber l'entrée des micro-organismes potentiellement pathogènes.

La fermentation a lieu sans addition d'une culture de départ ou de toute autre cuisson ou de chauffage et se produit pendant 2 à 4 jours à température ambiante (**Nguyen et al., 2013 ; Tran et al., 2011**).

II.2.4.4. Lap cheong en Chine

Le Lap cheong (lap : hiver et cheong : intestins) est le terme utilisé généralement pour les saucisses chinoises. Traditionnellement, ils sont préparés, durant les mois d'hiver, pour profiter des températures basses, réduisant leur altération pendant la cure, après que les saucisses soient farcies. Les ingrédients sont essentiellement la farce de porc et sa graisse, le sucre et le sel, en plus des ingrédients facultatifs comme la sauce de soja, des boissons alcoolisées, des épices et autres.

Traditionnellement, quand les boyaux sont farcis, au début de la saison hivernale, ils sont suspendus à une ficelle, dans une zone ventilée pour sécher progressivement les ingrédients et la surface, et pour produire le goût typique (odeur, couleur et texture). Avec la diminution de la teneur en a_w et en humidité, le produit durcit et peut être conservé après la cuisson, durant l'année à venir (**Hui et al., 2014**).

II.2.4.5. Sai ua au nord de Thaïlande

Le Sai ua est une saucisse séchée à base de viande de porc avec des pâtes de curry thaïlandaise (pâte d'oignon, de galanga, de citronnelle, de persil, de curcuma, de chili, de sel et de salade de crevette) dans un boyau de porc. Elle est séchée et rôtie avant consommation (Hui *et al.*, 2014).

II.2.4.6. Salchichón en Espagne

Le *Salchichón* est un saucisson sec fermenté typiquement espagnol. Il est fabriqué à partir d'un mélange de viande hachée (de porc ou de bœuf), de lard, de sel, des additifs (nitrate, nitrite, des antioxydants), des levains (facultatif) et d'épices (poivre noir moulu) (Beriain *et al.*, 2000).

En Afrique du nord et dans les pays de la Méditerranée, on retrouve dans *le tableau 6*, les principaux produits carnés fermentés demi séchés / séchés (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

Tableau 6. Produits carnés traditionnels fermentés demi séchés / séchés des pays d'Afrique du nord et de la Méditerranée, regroupés en fonction des méthodes de transformation traditionnelles (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

Produits carnés	Pays	Sources animales	Principaux ingrédients	Étapes de préparation	Utilisations Consommations
<i>Soudjouk, Sucuk, Nakanek</i>	Égypte	Ovin Bovin Camelin	Sel, Epices	Hachage, Malaxage, Bourrage, Fermentation et Affinage	-Consommé au petit-déjeuner en tranches -Garniture de sandwiches et pizzas.
<i>Kourdass</i>	Algérie Maroc	Ovin	Sel, Cumin, Piment rouge piquant, Ail, Poivre	Découpage Assaisonnement, Bourrage, Séchage au soleil	Préparé durant <i>Moussems</i> (des célébrations religieuses annuelles) avec des plats traditionnels.
<i>Pastirma (Basturma)</i>	Égypte	Ovin, Bovin Caprin Camelin	Sel, <i>Çemen</i> (ail fraîchement moulu, fenugrec, paprika, moutarde, eau, cumin et coriandre)	Parage, Découpage, Assaisonnement, Pression Séchage	-Consommé avec des œufs brouillés (coupé en tranches et frit/grillé) -Garniture de pizza.

II.2.5. Viandes cuites et/ou confites dans de la graisse

Ce sont des produits carnés constitués de deux sortes de matières premières : les denrées d'origine animale qui regroupent le maigre et le gras ainsi que les diverses épices et condiments (Kilic *et al.*, 2009).

II.2.5.1. Ban shems en Lybie

C'est un produit carné traditionnel très ancien, connu en Lybie, et n'est préparé qu'à partir de l'estomac et les abats du mouton de l'Aid Al Adha, en utilisant diverses épices ; la coriandre, le poivre, le piment rouge, le curcumin et le cumin. Les abats (poumons, foie, reins et la rate) sont découpés en petits morceaux, salés puis épicés.

L'estomac et les autres pièces d'abat sont séchés pendant plus d'une semaine. Une fois séchées, les pièces d'abats sont enroulées dans des morceaux d'estomac. L'estomac farci est ensuite cuit puis conditionné dans la graisse animale préalablement fondue, qui se solidifie par la suite (Daoudi *et al.*, 2006).

En Afrique du nord et dans les pays de la Méditerranée, on retrouve dans *le tableau 7*, les principaux produits carnés fermentés cuits et/ou confits dans de la graisse (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

Les épices et les herbes ajoutés à tous ces produits carnés traditionnels (*Figure 5*) sont considérés comme des agents aromatisants (l'ail, le curcuma, le cumin, le poivre, la coriandre). Mais de nos jours, ils contribuent également à l'amélioration de la sécurité alimentaire et la conservation de la qualité, en plus de leur effet antimicrobien (Al-Delaimy *et al.*, 1971 ; Akgül *et al.*, 1988 ; Ghalfi *et al.*, 2007 ; Kong *et al.*, 2007 ; Ivanova *et al.*, 2009 ; Rattanachaikunsopon *et al.*, 2009, 2010a, b). Aussi, les pré-traitements comme la cuisson ou le marinage en un acide, la préparation épicée appelé *sharmula* pour 1 ou 2 jours sont appliqués, à la viande crue, afin d'améliorer sa qualité microbiologique en plus de l'amélioration de la qualité gustative finale des produits carnés.

Tableau 7. Produits carnés traditionnels fermentés cuits et/ou confits dans de la graisse (des pays d'Afrique du nord et de la Méditerranée, regroupés en fonction des méthodes de transformation traditionnelles (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

Produits carnés	Pays	Sources animales	Principaux ingrédients	Étapes de préparation	Utilisations Consommations
<i>Laknaf</i>	Algérie	Ovin Bovin	Sel, Ail frais, Cumin, Coriandre	Parage Découpage Marinade Cuisson	-Consommé avec <i>Sfenj</i> (beignet frit), -Ajouté à diverses préparations culinaires
<i>Osmana (Osbane)</i>	Algérie Tunisie Lybie Maroc	Ovin	Sel, Epices (piment rouge, ail, coriandre, menthe, gingembre), Riz et Pois chiches	Découpage Assaisonnement Bourrage Cuisson	Servi avec du couscous ou en sauce
<i>Bnadek</i>	Tunisie	Ovin Bovin	Sel, Menthe sèche, Coriandre, <i>H'rissa</i> (sauce piquante), Curcuma, Poivre	Hachage Malaxage Cuisson	Consommé comme un apéritif ou ajouté dans un ragoût / sauce ou soupes
<i>Kobiba</i>	Égypte	Ovin Bovin	Sel, épices et condiments	Hachage, Malaxage, Friture	Comme entrée avec la salade ou de riz
<i>Mcharmla</i>	Algérie Maroc	Ovin Bovin Volaille	Sel, épices (piment rouge, poivre noir, cumin, coriandre), huile d'olive, tomate écrasée	Découpage Assaisonnement Cuisson	Servi pendant « <i>Aïd Al Adha</i> ».
<i>Boubnit / Membar</i>	Algérie Égypte	Ovin	Sel, épices	Découpage Assaisonnement Cuisson	Consommé comme apéritif ou en sauce
<i>Mkila</i>	Maroc	Ovin, Bovin Caprin Camelin	Sel, épices (coriandre, gingembre, écrasés, poivre, curcuma), ail frais	Découpage Assaisonnement Cuisson Friture	Servi avec Tajine

✚ Depuis plusieurs années, quelques études ont été menées sur le produit carné traditionnel *El-Guedid* au niveau du Maghreb (Algérie, Tunisie et Maroc) et qui sont synthétisés dans *le tableau 8*.

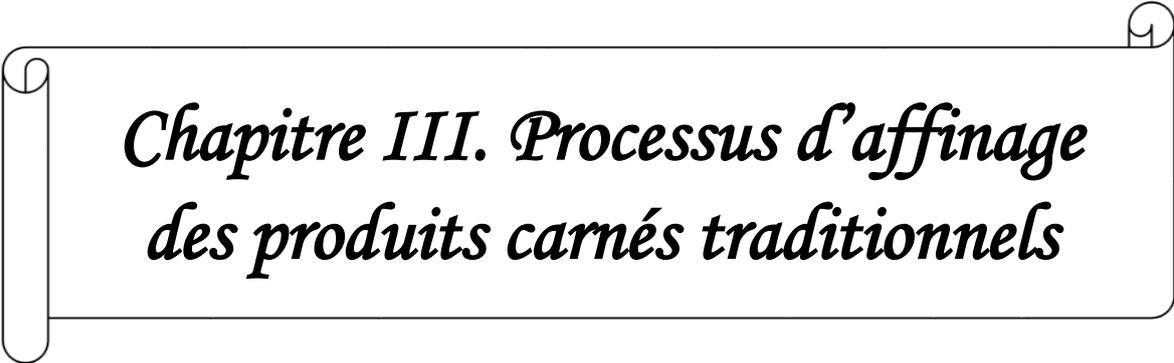
Tableau 8. Récapitulatif de travaux antérieurs réalisés sur El-Guedid

Auteurs /Pays	Intitulés	Paramètres physico-chimiques / technologiques	Paramètres microbiologiques
(Bennani <i>et al.</i> , 1995) Maroc	Physico-chemical and microbiological characteristics of a dried salted meat product (Kaddid) in Morocco	Humidité ;Taux des lipides ;Taux de NPN (non protein nitrogen) ;Taux de TVN (total volatile nitrogen)	FTAM ; Coliformes ; Entérobactéries ;Staphylocoques ; <i>Salmonella</i> ; <i>Bactéries sporulantes</i> ; Clostridium sulfito- réducteur
(Bennani <i>et al.</i> , 2000) Maroc	Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: control of the microorganisms	Humidité ; Taux de cendre. Taux des lipides ;Degrés des ADV ; NPN (non protein nitrogen)	Coliformes ; FTAM ; Staphylocoques ; Entérobactéries ; Salmonelles ; Bactéries sporulantes ; Microorganismes protéolytiques et lipolytiques
(Bennani <i>et al.</i> , 2003) Maroc	Qualité de certains produits carnés traditionnels marocains.	Humidité ; A _w ; Teneur en chlorures Taux d'Azote	FTAM ; Levures et moisissures ; Staphylocoques ; <i>Bacillus</i>
(Essid <i>et al.</i> , 2007 Tunisie)	Characterization and technological properties of <i>Staphylococcus xylosus</i> strains isolated from a Tunisian salted meat	Activité catalytique; Activité lipolytique et protéolytique, Activité nitrate réductase ; Activité enzymatique ; Activité anti microbienne	Isolement des souches de <i>Staphylococcus xylosus</i> ; Identification des souches par PCR ; Effet de la T, pH et [NaCl] sur la croissance microbienne
(Essid <i>et al.</i> , 2009) Tunisie	Technological and safety properties of <i>Lactobacillus plantarum</i> strains isolated from a Tunisian traditional salted meat	Activité acidifiante; Activité anti microbienne ; Activité lipolytique et protéolytique ; Activité enzymatique ; Sensibilité aux antibiotiques	Isolement et identification des bactéries lactiques
(Zaier <i>et al.</i> , 2011) Tunisie	Physico-chemical and microbial characteristics of traditional and industrial kaddid	pH; A _w	FTAM.; Coliformes totaux/ fécaux; Bactéries lactiques ; Bactéries sulfite-réductrices ; <i>Salmonella</i> spp ; <i>Staphylococcus aureus</i>

(Chabbouh <i>et al.</i>, 2012) Tunisie	Studies on the Salting Step of Tunisian Kaddid Meat: Experimental Kinetics, Modeling and Quality	Humidité; Taux de sel; Taux de protéines ; Cendres	FTAM; Coliformes totaux/fécaux; Bactéries lactiques ; Levures et moisissures ; Bactéries sulfite réductrices ; Salmonella spp ; taphylococcus aureus
(Chabbouh <i>et al.</i>, 2013) Tunisie	Does the spicing step affect the quality, and drying behavior of traditional kaddid, a Tunisian cured meat?	Humidité; [NaCl]; A _w ; pH	FTAM; Coliformes fécaux/totaux; Bactéries sulfite réductrices ; Staphylocoques ; Levures et moisissures ; Bactéries lactiques ; Clostridium perfringens ; Staphylococcus aureus ; Salmonella spp
(Bessam <i>et al.</i>, 2016) Algérie	Bacterial Ecology of the ‘‘Kaddid’’, Typical Dried Meat of the North Africa, During Its Traditional Fermentation	Sensibilité aux antibiotiques; Activités lipolytique / protéolytique – antimicrobienne	Isolement et purification des bactéries lactiques
(Benlecheheb <i>et al.</i>, 2018) Algérie	El-Guedid, a traditional Algerian dried salted meat : physico-chemical, microbiological characteristics and proteolysis intensity during its manufacturing process and ripening	Humidité; NaCl; A _w	FTAM ; coliformes ; Bactéries lactiques ; Staphylocoques ; Levures et moisissures

		
<p><u>Mhom</u></p>	<p><u>Nem chua</u></p>	<p><u>Pastirma</u></p>
		
<p><u>Sucuk</u></p>	<p><u>Salchichón</u></p>	<p><u>Kilishi</u></p>
		
<p><u>Biltong</u></p>	<p><u>Suya</u></p>	<p><u>Balangu</u></p>
		
<p><u>Merguez</u></p>	<p><u>El-Guedid</u></p>	<p><u>Kitoza</u></p>

Figure 5. Quelques produits carnés traditionnels dans le monde

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left side and a small circular element at the top right corner.

*Chapitre III. Processus d'affinage
des produits carnés traditionnels*

III. Processus d’affinage des produits carnés traditionnels

L’affinage des produits carnés, période de maturation de la viande, est considéré comme étant, l’étape primordiale pour le développement du goût et l’amélioration de ses qualités organoleptiques. Il leur permet de développer leurs saveurs typiques agréables et très appréciés par les consommateurs, ainsi que l’acquisition de leurs textures définitives.

Dans cette section, nous allons aborder la microbiologie de l’affinage ainsi que les réactions biochimiques qui ont lieu dans les produits carnés traditionnels.

III.1. Biochimie de l’affinage

L’apparition de différentes saveurs résulte des modifications biochimiques des constituants de la viande survenant dans le tissu musculaire et adipeux, et qui résultent de l’activité de ses enzymes natives ou de celles qui sont issues des microorganismes endogènes ou exogènes de la viande en vue de sa transformation en produit final. Ces réactions sont très lentes, car les enzymes responsables sont enfermées dans les cellules. Pour que leurs actions soient efficaces, il est important que le séchage et l’affinage soient des processus de long terme.

Il s’agit d’une réaction biochimique complexe qui transforme la viande de différentes origines (ovine, bovine, cameline, caprine ou porcine) en un produit carné traditionnel.

La viande et les produits carnés sont des matrices solides complexes riches en protéines, lipides et glucides. La valeur nutritionnelle et les attributs sensoriels des produits carnés dépendent fortement des réactions biochimiques telles que la lipolyse et la protéolyse principalement.

III.1.1. La lipolyse

Dans les produits carnés, la lipolyse est la dégradation des lipides de la viande, qui est très importante dans la formation d’un goût plus prononcé, ainsi que la formation de la saveur et de la texture qui dépendent fortement de la fraction lipidique et sa dégradation. Elle dépend en grande partie de la quantité et de la composition des gras intramusculaires présents dans la viande qui forment, ce qu’on appelle le persiller. Elle joue donc un rôle primordial dans le développement de la saveur des produits carnés (**Maillet *et al.*, 1960 ; Alford *et al.*, 1971 ; Nurmi *et al.*, 1964**).

Dans les produits carnés, les lipides sont ciblés par un ensemble d'enzymes spécifiques, y compris les lipases, les estérases et les phospholipases. Comme le montre la **figure 6**, ces enzymes connaissent le lien ester entre les acides gras et le noyau de glycérol des glycérides et des phospholipides (**Gandemer, 2002 ; Olivares et al., 2009**), conduisant à la formation d'acides gras libres.

Dans la viande, les enzymes lipolytiques peuvent être endogènes, mais principalement produites par des microorganismes (**Molly et al., 1996 ; Navarro et al., 1997**). Citons pour exemple, les microcoques qui sont considérés comme étant, les bactéries les plus actives dans le processus de la lipolyse se déroulant dans les produits carnés fermentés, en raison de leur capacité à hydrolyser les triglycérides, par lipases extracellulaires dont l’activité persiste sur une longue période (**Montel, 1999 ; Ordonez et al., 1999**).

En outre, d'autres microorganismes sont également impliqués dans la lipolyse, par exemple, les bactéries lactiques, les levures et les moisissures qui produisent des enzymes lipolytiques, ciblant principalement les mono et les di glycérides (**Montel et al., 1999 ; Bolumar et al., 2006 ; Casaburi et al., 2008**). Cependant, certains auteurs rapportent que dans les produits carnés, la contribution bactérienne, à la lipolyse est faible parce que les conditions sont loin d'être optimales (**Molly et al., 1997 ; Suzzi et al., 2001**).

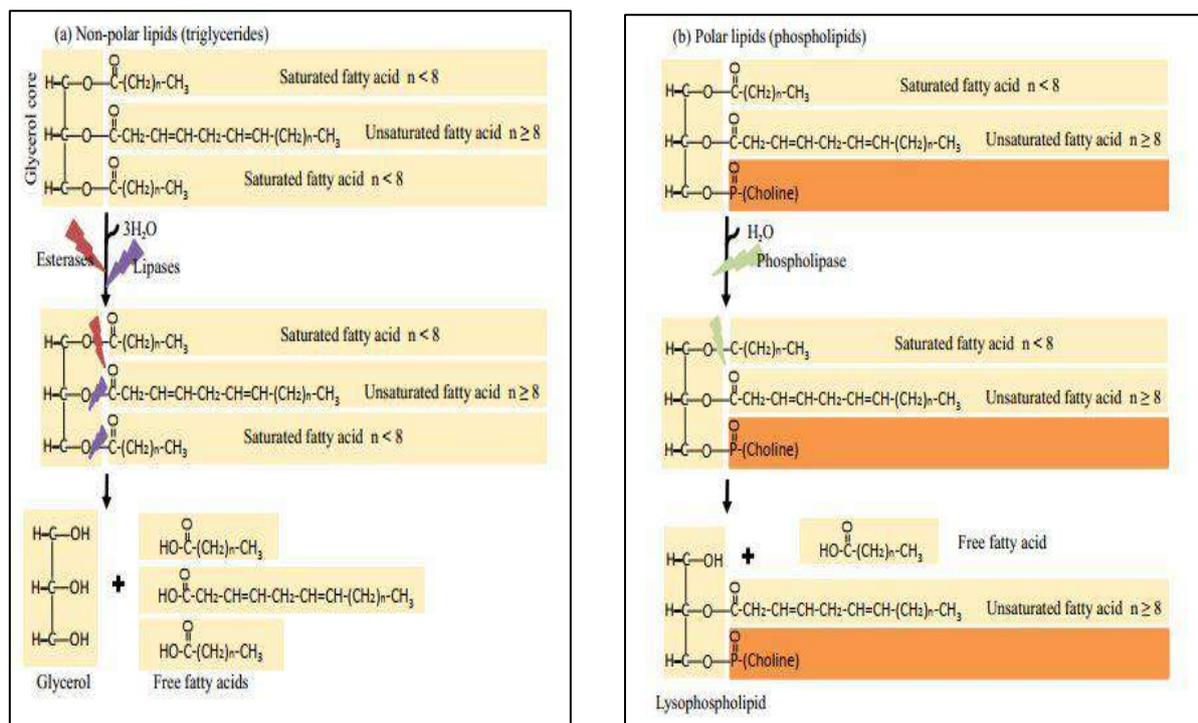


Figure 6. Description des étapes consécutives impliquées dans la lipolyse, non polaires (triglycérides) et polaires (phospholipides).

Plusieurs travaux ont étudié l'impact de la teneur en sel, sur l'intensité de la lipolyse dans les produits carnés. **Andres *et al.* (2005)**, ont observé un effet du NaCl, sur la lipolyse dans les jambons séchés, en particulier la libération d'acide aminés libres, et des lipides polaires tels que les phospholipides.

En ce qui concerne l'effet de la teneur en matières grasses sur la lipolyse, **Olivares *et al.* (2011)** ont observé que la concentration était significativement plus élevée chez les saucisses à fermentation sèche riche en matières grasses (1257 mg/100 g de matière sèche (DM)), que dans les saucisses moyennes et faibles en gras (1081 et 977 mg/100 g DM, respectivement). Ces résultats étant conformes à ceux de **Soyer *et al.*, (2005)**, qui a observé que la lipolyse dans les saucisses fermentées, à faible teneur en gras, est moins élevée que celle retrouvée dans les produits à teneur normale, en matières grasses.

Il y a plusieurs lipases dans les muscles, particulièrement, dans les lysosomes, où se trouvent la lipase acide lysosomale et la *phospholipase A* (**Fowler *et al.*, 1984 ; Imanaka *et al.*, 1985 ; Alasnier *et al.*, 2000**), et les *estérasés* acides et neutres qui se trouvent, respectivement dans les lysosomes et le cytosol (**Motilva *et al.*, 1992**).

III.1.2. La protéolyse

La protéolyse est l'hydrolyse des protéines en peptides puis en acides aminés sous l'action des enzymes. Les protéines du muscle vont donc être fractionnées ce qui permettra d'attendrir la viande. Le goût va donc en être modifié mais c'est principalement la tendreté du muscle qui va être affectée par la protéolyse. Le muscle contient un grand nombre d'enzymes variées, responsables de la plupart des changements biochimiques observés pendant la transformation de viande et de produits carnés (**Toldrá *et al.*, 2012**).

Dans les produits carnés, la protéolyse peut être définie comme un groupe de réactions qui ciblent les protéines (**Figure 7**). Leur dégradation par des enzymes protéolytiques (protéases), telles que les *cathepsines* (*cathepsine B, L, H* et *D*) et les *calpains*, qui sont principalement des enzymes endogènes, mais susceptibles d'être produits par les microorganismes (**Toldra *et al.*, 1988 ; Parreno *et al.*, 1994 ; Toldra *et al.*, 1998, Toldra *et al.*, 2000 ; Luccia *et al.*, 2005 ; Casaburi *et al.*, 2008**).

Certaines des enzymes musculaires sont liées à la dégradation des protéines (endopeptidases, aussi appelées protéinases), à la génération de petits peptides ou d’acides aminés libres (aminopeptidases et carboxypeptidases) (Toldrá, 1992).

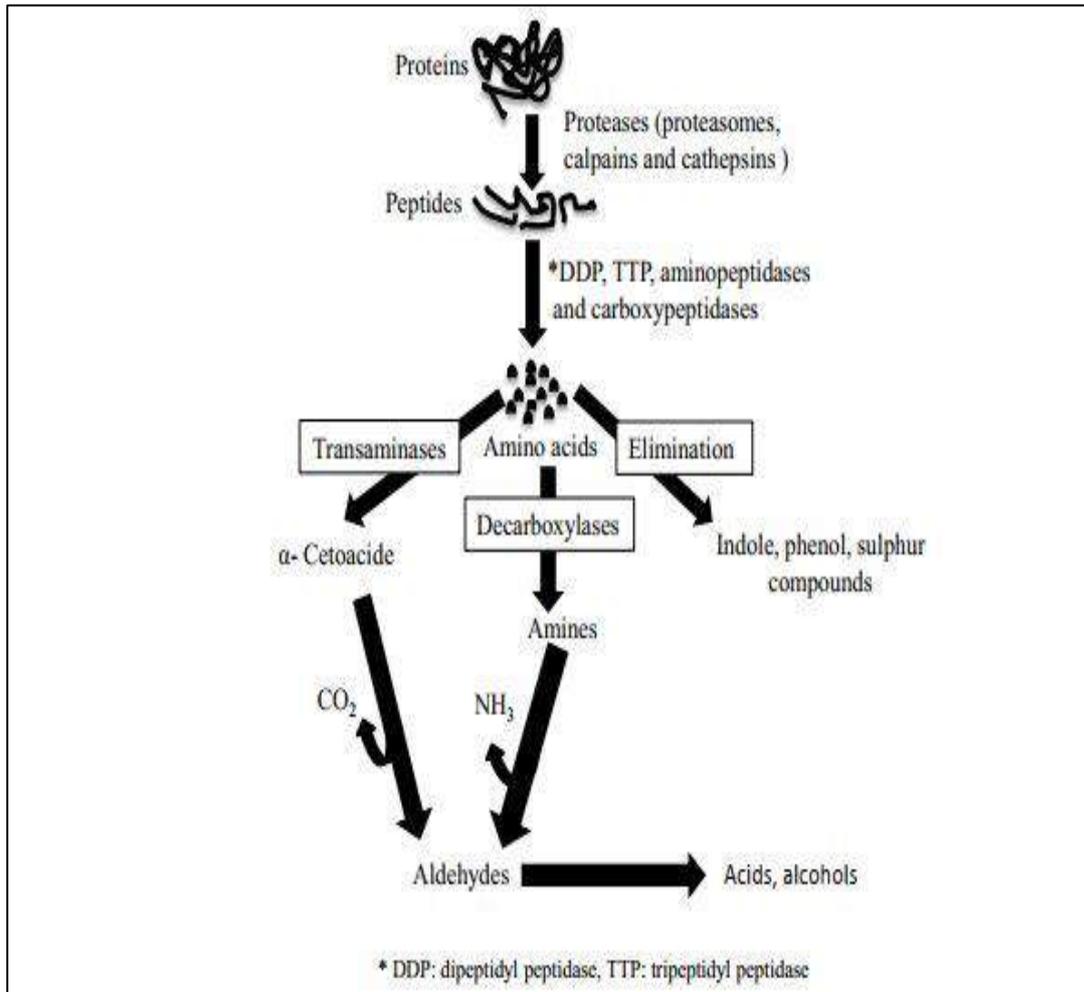


Figure 7. Étapes consécutives des réactions parvenues lors de la protéolyse.

Ces enzymes sont situées en divers endroits : dans lysosomes, tandis que d’autres restent libre dans le cytosol ou attachées aux membranes. Le **tableau 9** présente les principaux substrats et produits de ces enzymes.

Tableau 9. Les principaux substrats et produits des protéases

Enzymes	Substrats principaux	Produits principaux
Cathepsines	Myofibrillar proteins	Protein fragments
Calpains	Myofibrillar proteins	Protein fragments
20S proteasome	Myofibrillar proteins	Protein fragments
Tripeptidylpeptidases	Polypeptides	Tripeptides
dipeptidylpeptidases	Polypeptides	dipeptides
Dipeptidases	Dipeptides	FAAs
Aminopeptidases	Peptides (amino termini)	FAAs
Carboxypeptidases	Peptides (carboxytermini)	FAAs
Lysosomal acid lipase	Triacylglycerols	FAAs
Acid phospholipases	Phospholipids	FAAs
Esterases	Triacylglycerols	Short chains FAAs
Hormone-sensitive lipase	Triacylglycerols	FAAs
Monoacylglycerol lipase	Monoacylglycerols	FAAs

FAAs, free amino acid; FFA, free fatty acid.

La protéolyse dépend de nombreux facteurs physicochimiques tels que la température, le pH, l'*aw* et le contenu en sel (Toldré, 1998 ; Arnau *et al.*, 2003 ; Ruiz-Ramirez *et al.*, 2006). Dans ce contexte, Zhao *et al.*, (2005), qui ont étudié l'effet de ces facteurs sur *les cathépsines L et B* dans le jambon séché, ont démontré que la température avait une forte influence sur ces enzymes, mais n'a trouvé aucun effet apparent de pH sur l'activité de *la cathépsine B* à une température inférieure à 10°C. En ce qui concerne la teneur en sel, Parreno *et al.*, (1994) et Zhao *et al.*, (2005) ont souligné le rôle inhibiteur du sel en démontrant que, *les cathépsines B et L* ont perdu leur activité après l'étape de salage.

Dans la littérature, plusieurs études ont porté sur la quantification de la protéolyse dans les saucisses. Ikoniô *et al.* (2013) ont utilisé une méthode basée sur l'électrophorèse, pour étudier les changements protéolytiques des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires dans les saucisses serbes, accentuant une dégradation lente de la chaîne lourde de myosine, de la protéine sarcoplasmique et de l'actine. Ces études ont conclu que la protéolyse dans ce type de produits carnés n'était pas intense. Roseiro *et al.* (2008) ont également étudié l'effet des conditions environnementales alternatives de séchage, sur la protéolyse et ont constaté que les conditions de traitement de l'environnement affectaient la protéolyse et l'accumulation d'acides aminés dans les produits finis. Hughes *et al.* (2002), qui ont caractérisé la protéolyse pendant la maturation du salami, et, ont confirmé que les enzymes endogènes étaient principalement

responsables de la protéolyse initiale des protéines sarcoplasmiques et de la libération de peptides hydrophiles.

Ces auteurs ont également indiqué que les enzymes bactériennes ont contribué à la dégradation initiale de la protéine myofibrillaire, en particulier à la libération d'acides aminés libres de la myosine et de l'actine. Leurs résultats étaient en ligne avec ceux de **spaziani et al., (2009)**. **Dura et al. (2004)**, ont étudié la dégradation des protéines, dans les saucisses fabriquées avec *Debaryomyces spp.*, et ont constaté qu'au début du séchage, l'inoculation de *Debaryomyces spp.*, accélérât la dégradation des protéines myofibrillaires

Plusieurs études ont porté sur l'effet de la teneur en sel sur les enzymes protéolytiques, dans les saucisses fermentées à sec, démontrant que l'intensité de la protéolyse était affectée par la concentration de sel (**RuizCapillas et al., 2007 ; Armenteros et al., 2009; Zanardi et al., 2010; Armenteros et al., 2012**). En quantifiant le taux de protéolyse dans les saucisses sèches à teneur différente en NaCl (3 % et 6 % respectivement), **Roseiro et al. (2008)**, ont constaté que les saucisses à faible teneur en NaCl présentaient un taux de protéolyse plus élevé. **Corral et al. (2013)**, ont démontré que le profil aromatique des composés volatils de la dégradation des protéines et des acides aminés a été affecté par la teneur en sel.

III.2. Microbiologie de l’affinage

III.2.1. Microflore de la viande

La viande est considérée comme un aliment de choix, en raison de sa valeur nutritive. Sa richesse en protéines et la nature de celles-ci en font un aliment indispensable pour une ration alimentaire équilibrée. Cependant, en raison même de ces qualités nutritionnelles, la viande constitue un terrain très favorable à la prolifération microbienne, essentiellement des bactéries protéolytiques qui entraînent des modifications néfastes sur l'odeur, la couleur, la texture et la production de substances toxiques. C'est donc une matière première fragile qui doit être strictement surveillée, pour sa dangerosité, dû à ces altérations et à la présence éventuelle de germes pathogènes (**Larpen et al., 1997 ; Guiraud et al., 2003**).

III.2.1.1. Flore endogène et de contaminations

La flore contaminant la viande peut provenir de l'animal lui-même ou du personnel porteur sain, affecté à la découpe. Dans ce dernier cas, il s'agit de contaminations accidentelles

et elles ne font donc pas partie de la flore contaminante normale des viandes (*Salmonella*, *Staphylococcus aureus*). En ce qui concerne la source animale, les contaminations sont essentiellement bactériennes et peuvent provenir : (1) de la peau (microcoques, *Pseudomonas* dont *Ps. fluorescens*, *Ps. fragi*, *Ps. putida* et autres germes de la flore banale Gram (-), staphylocoques dont *St. aureus*, lactobacilles, streptomycètes, *Listeria*...) et (2) du tube digestif des animaux par mauvaise pratique d’éviscération (coliformes dont *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, streptocoques fécaux) (Jay *et al.*, 2000).

Globalement, il existe beaucoup de contaminations croisées dans les abattoirs. Des germes banaux et des germes néfastes, d’un point de vue sanitaire, sont souvent isolés des viandes. Parmi les germes provenant de l’air, du sol, des manipulateurs et éventuellement de l’eau de lavage, les *Pseudomonas* sont les plus importants, suivis des autres germes Gram (-), comme les coliformes et les entérobactéries. On retrouve également des bactéries à coloration Gram positive, sporulées ou non, comme les *Bacillus* (dont *B.cereus*), *Clostridium* (*C.perfringens* et éventuellement *C.botulinum*), *Staphylococcus*, *Lactobacillus*, *Listeria*, les bactéries corynéformes (*Brochothrix thermosphacta*), entre autres des microorganismes, comme les levures et spores de moisissures (*Cladosporium*, *Sporotrichum*, *Geotrichum*, *Thamnidium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Alternaria* et *Monilia*) sont également présents (Jay *et al.*, 2000).

Les principaux genres de bactéries, levures et moisissures de la viande sont listés dans les **tableaux 10** et **11**. Les animaux malades peuvent être sources de toxi-infections chez l’homme. Les maladies les plus fréquentes sont la salmonellose, la campylobactériose et la listériose. Parmi ces pathogènes, toutes les espèces d’un genre ne sont pas forcément pathogènes et à l’intérieur d’une espèce, toutes les souches ne sont pas également dangereuses pour l’homme. C’est le cas par exemple, pour *Campylobacter coli*, *Listeria monocytogenes*, *E. coli*..., *etc.* Actuellement, on rencontre de plus en plus de bactéries très pathogènes pour l’homme et émergentes comme les *E. coli* entérohémorragique (*E. coli* O157 : H7).

Malheureusement, les animaux porteurs de bactéries pathogènes sont souvent porteurs sains et ne peuvent pas être éliminés, de la filière d’abattage. D’autres bactéries qui sont pathogènes des animaux sont, très exceptionnellement, transmissibles à l’homme, comme *Brucella* (brucellose), *Erysipelothrix rhusiopathiae* (rouget), *Mycobacterium*

tuberculosis (tuberculose), *Bacillus anthracis* (charbon) et *Pasteurella tularensis* (tularémie) (Guiraud *et al.*, 2003).

L’altération de la viande peut être considérée comme un phénomène écologique qui comprend les changements au niveau des substrats disponibles (par exemple, les composés à faibles poids moléculaires...), durant la prolifération de la flore microbienne de la viande au cours de la conservation. Elle est essentiellement due aux activités des enzymes protéolytiques et lipolytiques d’origine microbienne (Nychas *et al.*, 2008).

Tableau 10. Genres bactériens les plus présents dans la viande (Jay *et al.*, 2000)

Genres	Gram (+)	Viande fraîche	Genres	Gram (-)	Viande fraîche
<i>Bacillus</i>	+	X	<i>Acinetobacter</i>	-	XX
<i>Brochothrix</i>	+	X	<i>Aeromonas</i>	-	XX
<i>Carnobacterium</i>	+	X	<i>Alcaligenes</i>	-	X
<i>Clostridium</i>	+	X	<i>Campylobacter</i>	-	X
<i>Corynebacterium</i>	+	X	<i>Citrobacter</i>	-	X
<i>Enterococcus</i>	+	XX	<i>Enterobacter</i>	-	X
<i>Erysipelothrix</i>	+	X	<i>Escherichia</i>	-	X
<i>Kocuria</i>	+	X	<i>Flavobacterium</i>	-	X
<i>Kurthia</i>	+	X	<i>Hafnia</i>	-	X
<i>Lactobacillus</i>	+	X	<i>Moraxella</i>	-	XX
<i>Lactococcus</i>	+	X	<i>Pantoea</i>	-	X
<i>Leuconostoc</i>	+	X	<i>Proteus</i>	-	X
<i>Listeria</i>	+	X	<i>Pseudomonas</i>	-	XX
<i>Microbacterium</i>	+	X	<i>Psychrobacter</i>	-	XX
<i>Micrococcus</i>	+	X	<i>Salmonella</i>	-	X
<i>Paenibacillus</i>	+	X	<i>Serratia</i>	-	X
<i>Pediococcus</i>	+	X	<i>Shewanella</i>	-	X
<i>Staphylococcus</i>	+	X	<i>Yersinia</i>	-	X
<i>Weissella</i>	+	X			

X = présent ; XX = fréquent.

En général, la flore microbienne d’altération de la viande se développe en fonction de la composition biochimique et de ses conditions de stockage (Guiraud *et al.*, 2003 ; Davies *et al.*, 1998 ; Larpent *et al.*, 1997).

Tableau 11. Genres de moisissures et de levures les plus présentes dans les viandes (Jay *et al.*, 2000).

Moisissures	Viande fraîche	Levures	Viande fraîche
<i>Alternaria</i>	X	<i>Candida</i>	XX
<i>Aspergillus</i>	X	<i>Cryptococcus</i>	X
<i>Aureobasidium</i>	X	<i>Debaryomyces</i>	X
<i>Cladosporium</i>	XX	<i>Hansenula</i>	X
<i>Eurotium</i>	X	<i>Pichia</i>	X
<i>Fusarium</i>	X	<i>Rhodotorula</i>	X
<i>Geotrichum</i>	XX	<i>Saccharomyces</i>	
<i>Monascus</i>	X	<i>Torulopsis</i>	XX
<i>Monilia</i>	X	<i>Trichosporon</i>	X
<i>Mucor</i>	XX	<i>Yarrowia</i>	
<i>Neurospora</i>	X		
<i>Penicillium</i>	X		
<i>Rhizopus</i>	XX		
<i>Sporotrichum</i>	XX		

X = présent ; XX = fréquent.

III.2.2. Microflore des produits carnés

III.2.2.1. Flore microbienne des produits carnés séchés

Le séchage de la viande provoque une forte diminution de l’activité de l’eau. La microflore est souvent stabilisée dans la viande séchée. La plupart des altérations de ce type de produit proviennent d’une augmentation de l’humidité, ce qui induit un sùrissement, dû au développement des bactéries lactiques ou des coliformes, ainsi que l’apparition de couleurs diverses sur le produit ou la formation de zones spongieuses, sous l’action des *Bacillus* (Guiraud *et al.*, 2003 ; Jay *et al.*, 2000).

L’utilisation des nitrates et des nitrites est très connue en alimentaire. Certaines études, s’intéressant aux effets des nitrites et des nitrates, sur les changements de la flore microbienne des saucisses sèches, et ont établi une stimulation de la croissance des bactéries lactiques durant l’étape de pré-maturation. Par contre, les nitrites empêcheraient le développement des psychrotrophes et des *Staphylococcus*, dans ces produits (Honikel *et al.*, 2008 ; Marco *et al.*, 2006 ; Sanz *et al.*, 1998).

III.2.2.2. Flore microbienne des produits carnés salés

Le sel a un effet bactériostatique sur de nombreuses bactéries, en particulier les bactéries à coloration de Gram négatif. En ce qui concerne les produits carnés, certaines viandes salées subissent des processus de maturations souhaitables. Ces maturations sont souvent l’œuvre de bactéries lactiques : les produits de leur métabolisme participent à l’amélioration des qualités organoleptiques et l’acidité produite empêche le développement des bactéries indésirables (**Guiraud et al., 2003**). Pour ce qui est de, El-Guedid algérien, on retrouve des entérobactéries, staphylocoques, et des bactéries lactiques.

Les dégradations de la viande salée sont dues à des germes halotolérants généralement introduits par un mauvais salage. Le sùrissement des viandes salées est dû aux lactobacilles, aux *Leuconostoc* et aux *Micrococcus* (**Bjorkroth et al., 2005**). Les moisissures peuvent provoquer une viscosité, un aspect et des colorations indésirables. La présence des *Enterococcus faecalis* est généralement remarquée (**Omar et al., 2004**). Dans un jambon salé cru, par exemple, ces fermentations sont l’œuvre des lactobacilles, microcoques, entérocoques, et leuconostoc.

Les viandes salées et séchées peuvent héberger des pathogènes, pour l’homme (*Clostridium botulinum* et *Staphylococcus aureus*). Une concentration suffisante en sel nitraté ainsi qu’en sel nitrité permet d’inhiber leur développement (**Marco et al., 2006 ; González et al., 2002**).

III.2.2.3. Flore microbienne des produits carnés fermentés

La fermentation est l'une des technologies les plus anciennes utilisées pour la conservation des aliments. Au cours des siècles, elle s’est affinée et diversifiée. Il existe de nombreux types de produits carnés fermentés. Parmi les principaux, nous citerons, les saucissons secs et les saucisses fermentées.

Les saucissons en Europe, par exemple, comme le saucisson français, subissent un affinage très long, au cours duquel, se succèdent des flores microbiennes différentes. Ce sont essentiellement des *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Lactobacillus*, sans oublier des levures et des moisissures (**Larpen et al., 1997**). Les bactéries à gram négatif disparaissent rapidement et laissent place aux bactéries lactiques.

Les lactobacilles se développent d’abord et provoquent une acidification du milieu. Les microcoques, streptocoques et pediocoques contribuent ensuite, à l’amélioration de la qualité organoleptique du produit (**Dalmiř et al., 2008 ; Antara et al., 2004 ; Tjener et al., 2004 a**).

Plusieurs études concernant les saucisses fermentées montrent la prédominance des lactobacilles au cours de la fermentation. Les *Lactobacillus sakei* et *Lb. curvatus* sont les espèces prédominantes, dans la flore microbienne des produits carnés (**Bonomo et al., 2008 ; Di Cagno et al., 2008 ; Cocolin et al., 2007 ; García Fontán et al., 2007 ; Ferreira et al., 2007 ; Rantsiou et al., 2004, 2005, 2006**). Les autres lactobacilles (*Lb. plantarum*, *Lb. brevis*, *Lb. alimentarius*, *Lb. paracasei*) ont été notés dans certains produits (**Benito et al., 2008 ; García Fontán et al., 2007 ; Rantsiou et al., 2005**).

Dans la plupart des études, les microcoques sont présents, mais en quantité plus faible, par rapport aux lactobacilles (**Aquilanti et al., 2007 ; Drosinos et al., 2005 ; Ferreira et al., 2006**). Par contre, **Benito et al. (2008)** ont remarqué la prédominance des *Pe. Acidilactici*, dans la flore lactique des saucisses séchées d’Espagne, fermentées naturellement.

La diversité de la communauté des staphylocoques, dans les saucisses séchées fermentées a été montrée par **Morot-Bizot et al. (2006)**. Les *Staphylococcus equorum* et *S. succinus* étaient les plus dominants. Les *S. saprophyticus*, *S. xylosus*, *S. carnosus*, *S. simulans* et *S. warneri* existaient, en pourcentage plus faible. La présence de bactéries pathogènes est très limitée dans ces produits. On peut y rencontrer parfois des *Bacillus (B. cereus)*, des *Clostridium (C. perfringens)* et des staphylocoques entérotoxiques (**Ferreira et al., 2006 ; Guiraud et al., 2003 ; Bourgeois et al., 1996**).

III.2.2.4. Flore microbienne pathogène

Le staphylocoque doré se trouve dans la pâte, mais n’est pas détecté dans la plupart des produits finaux. Cependant, des cas sporadiques de contamination sont enregistrés chez certains chercheurs français (**Chevallier et al., 2006 ; Lebert et al., 2007**), italiens (**Blaiotta et al., 2004**), grecs (**Samelis et al., 1998**) et portugais (**Ferreira et al., 2006**). En général, la salmonelle n’est pas détectée dans les produits carnés traditionnels (**Ferreira et al., 2007**).

La *Listeria monocytogenes* est parfois présente dans les échantillons initiaux de certaines saucisses grecques, mais elle diminue ou n’est pas détectée, en fin de fermentation (**Drosinos**

et al., 2005 ; *Samelis et al.*, 1998). Il a été détecté chez trois producteurs sur les sept étudiés (*Gounadaki et al.*, 2008). *L. monocytogenes* a été dénombrée chez trois producteurs traditionnels français sur les neuf produits étudiés (*Lebert et al.*, 2007).

Dans les produits espagnols, des cas sporadiques de contamination par *L. monocytogenes* sont mentionnés (*Aymerich et al.*, 2003), 60% des échantillons étaient contaminés par *L. monocytogenes* à des concentrations supérieures à 2,0 log UFC/g (*Ferreira et al.*, 2007). L’Alheira est normalement cuite avant la consommation, mais les auteurs suggèrent que les températures de cuisson peuvent, ne pas être suffisantes, pour éliminer tous les pathogènes, de sorte que l’alheira peut être incluse, dans la catégorie des aliments prêts-à-manger (*Ferreira et al.*, 2007).

III.2.2.5. Flore microbienne technologique

Au cours de la dernière décennie, il a été démontré que les techniques microbiologiques classiques ne donnent pas une vision réelle de la diversité microbienne. Ainsi, l’écologie des produits fermentés a été caractérisée par la combinaison de méthodes dépendantes de la culture et indépendantes (*Cocolin et al.*, 2011).

Parallèlement, de nombreuses méthodes moléculaires ont été mises au point pour identifier les espèces de bactéries lactiques et des staphylocoques à coagulase négative qui sont des flores d’intérêt potentiellement technologique et pour mettre en évidence la diversité au sein d’une espèce (*Albano et al.*, 2008 ; *Cocolin et al.*, 2011 ; *Giammarinaro et al.*, 2005 ; *Leroy et al.*, 2010 ; *Silvestri et al.*, 2007).

Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont des microorganismes anciennement découvertes et sont apparues, avant les cyanobactéries, il y a près de trois milliards d’années (*Tailliez et al.*, 2001). Les bactéries lactiques représentent le deuxième plus grand marché de production de biomasse, après les levures. Principalement utilisées lors d’application, dans l’industrie alimentaire, comme la fabrication des fromages, des laits fermentés, de certains légumes et produits carnés fermentés et de certains vins. Elles interviennent, aussi dans l’industrie chimique pour la production d’acide lactique et de bio polymères et acquièrent, depuis quelques années, un rôle croissant en santé animale et humaine (*Streit et al.*, 2008).

Les bactéries lactiques sont définies comme un groupe omniprésent et hétérogène, mais une caractéristique commune permet cependant, de les unifier en un seul et vaste groupe : leur capacité à fermenter les hydrates de carbone en acide lactique (**Delleglio et al., 1994**). Elles partagent en outre, un certain nombre de caractéristiques communes, qui forment la base de leur classification (**tableau 12**). Ce sont des bactéries vivantes, coques ou bâtonnets, hétérotrophes, à Gram positif, asporulées, anaérobies mais aérotolérantes, apigmentées, immobiles, oxydase et catalase négatives. Il existe d'autres bactéries produisant de l'acide lactique mais qui ne sont pas considérées, comme faisant partie du groupe des bactéries lactiques. C'est le cas, par exemple, de *Bacillus* et *Sporolactobacillus* qui sont des bactéries à Gram positifs sporulées (**Axelsson et al., 2004**). Les principaux genres de bactéries lactiques sont : *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Aerococcus*, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Carnobacterium*, *Tetragenococcus*, *Oenococcus*, *Vagococcus* et *Weissella* (**Horvath et al., 2009**).

Sur la base des caractéristiques de fermentation, les bactéries lactiques sont homos ou hétéros fermentaires (**Dortu et al., 2008**), et tolèrent des pH acides. Cette dernière propriété est utilisée, en agroalimentaire pour acidifier le milieu et empêcher le développement des bactéries pathogènes et d'altérations (**Nielsen et al., 2008**). Elles ont des exigences nutritionnelles complexes pour les acides aminés, les peptides, les vitamines, les sels, les acides gras et les sucres fermentescibles (**Dellaglio et al., 1994**).

Elles constituent l'un des groupes incontournables de la microbiologie alimentaire. Connues depuis longtemps pour leur capacité de fermentation lactique, associée à de nombreux aliments fermentés (yaourts, saucissons, choucroute ...etc.), leur participation à l'acquisition des propriétés nutritionnelles ou de la qualité sanitaire de l'aliment est plus récemment utilisée. Elles sont à ce titre généralement classées, dans les flores technologiques, ce qui ne doit cependant pas, occulter leur implication dans les phénomènes d'altérations, de certaines catégories de denrées alimentaires (**Federighi et al., 2005**).

La production d'acide lactique par les bactéries lactiques conduisant à un abaissement important du pH du milieu est largement utilisée en industrie agro-alimentaire. Chez certains industriels, le suivi de l'acidification est une garantie, quand la cinétique est correcte, d'un produit bien fait et sans développement de pathogènes. La croissance excessive des bactéries lactiques pourrait, par contre, être néfaste dans certains cas, en entraînant par exemple, un sûrissement du goût du vin, de la bière, des viandes, du jus de fruit...) (**Guiraud et al., 2003**).

Tableau 12. Quelques caractéristiques de bactéries lactiques (Axelsson *et al.*, 2004).

Caractéristiques	Bacilles				Coques					
	<i>Cornobacterium</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Aerococcus</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Lactococcus vagococcus</i>	<i>Leuconostoc oenococcus</i>	<i>Pediococcus</i>	<i>Streptococcus</i>	<i>tetragenococcus</i>	<i>Weissella</i>
Formation des tétrades	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
Production de gaz	-	+/-	-	-	-	+	-	-	-	+
Croissance à 10°C	+	+/-	+	+	+	+	+/-	-	+	+
Croissance à 45°C	-	+/-	-	+	-	-	+/-	+/-	-	-
Croissance dans 6.5%de NaCl	ND	+/-	+	+	-	+/-	+/-	-	+	+/-
Croissance dans 18%de NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Croissance à pH 4.4	ND	+/-	-	+	+/-	+/-	+	-	-	+/-
Croissance à pH 9.6	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-
Acide lactique	L	D .L.DL	L	L	L	D	L .DL	L	L	D.DL

(+) : présence ; (-) : absence ; **ND** : non déterminé ; +/- : varie selon l’espèce ; **L** : production d’acide lactique L ; **D** : production d’acide lactique D ; DL : acide variable selon les espèces.

✚ Rôles de bactéries lactiques dans les produits carnés

Parmi ces espèces bactériennes, certaines bactéries lactiques jouent un rôle important, dans la conservation des produits carnés, en inhibant le développement d’espèces pathogènes ou d’altération (Zagorec *et al.*, 2004). Elles interviennent comme agent de fermentation dans les préparations des viandes salées, épicées et ne subissant aucun traitement thermique d’assainissement, comme les saucissons (Federighi *et al.*, 2005).

Les espèces : *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentoses*, *Pediococcus pentosaceus* sont utilisées comme des ferments en salaison. Le rôle de ces bactéries est de fermenter les glucides, afin d’acidifier le milieu. Elles assurent une longue durée de conservation du produit, (restant stable, longtemps après la fin du processus du séchage). Elles participent, ainsi amplement aux qualités floreiéniques (Drider *et al.*, 2009), et à la production des composés organoleptiques : les acides organiques issues du métabolisme

des sucres, les aldéhydes issus de la dégradation des acides aminés (**Federighi et al., 2005**). Elles ont la fonction de développer la texture, la couleur et la flaveur du produit carné fermenté. (**Druider et al., 2009**).

Certaines bactéries lactiques participent à l’altération des produits, en produisant principalement du limon, mais également des odeurs et/ou une coloration désagréable. Peu de recherches ont été conduites sur les bactéries qui produisent une décoloration, dans le cas des viandes cuites. Plusieurs études ont montré que le verdissement est dû à différentes bactéries lactiques : *Lactobacilli*, *Leuconostoc*, *Pediococci* et *Streptococci*, *Weissella viridens* et non pas à l’*Enterococcus faecalis* ou d’autres souches, dans le cas de viande cuite salée (**Pierson et al., 2003**), et *Aerococcus viridens* et *Carnobacterium viridens*, dans le cas des viandes fraîches. Elles peuvent être naturellement isolées d’une diversité de milieux carnés (viandes fraîches ou fermentées, tels que les saucissons) (**tableau 13**)

Les souches naturellement présentes dans les viandes et les produits carnés sont principalement (**Montel et al., 1991 ; Hugas et al., 1998**) :

- *Lactobacillus casei subsp. casei*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum* ;
- *Carnobacterium piscicola*, *Carnobacterium divergens* ;
- *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides*, *Leuconostoc gelidum* et *Leuconostoc carnosum* ;
- *Pediococcus pentosaceus*.

Ces espèces sont caractérisées par un large spectre de fermentation. Les domaines de connaissances, sur les bactéries lactiques se sont considérablement développés, en partie grâce au progrès des techniques analytiques, en génétique et en physiologie. La compréhension des mécanismes d’action de ces micro-organismes permet d’améliorer leur sélection et d’optimiser leur maîtrise technologique, et contribue ainsi, à la progression de la qualité des produits fermentés (**Montel et al., 1991 ; Hugas et al., 1998**).

Tableau 13. Les espèces dominantes des bactéries lactiques dans les produits carnés secs / fermentés

Pays/produits	Lb.sakei (%)	Lb.curvatus (%)	L.plantarum groupe (%)	Autres LABS (%)	Références
France/saucisse	95			<i>Enterococcus</i> (5)	Ammor <i>et al.</i> ,(2005)
Grèce/saucisse	19	48	20	<i>L.casei/ paracasei</i> (5) <i>L.alimentarius</i> (≤5)	Rantsiou <i>et al.</i> ,(2005)
Hongrie /saucisse	71	7	≤5	<i>Weissella</i> (13)	Rantsiou <i>et al.</i> ,(2005)
Italie/saucisse	49	30	12	<i>Weissella</i> (≤5)	Rantsiou <i>et al.</i> ,(2005)
Italie/saucisse nord/est	43	36	13	<i>Weissella</i> <i>Le.mesenteroides</i>	Comi <i>et al.</i> ,(2005)
Italie/salami cremonise,bergamasco,mantovano	60	36	≤5	<i>Leuconostoc</i> (≤5) <i>Weissella</i> (≤5)	Cocolin <i>et al.</i> ,(2009)
Italie/clauscolo		22	78		Aquilanti <i>et al.</i> ,(2007)
Portugal/alheira	2		59	<i>Pediococcus</i> (8) <i>Weissella</i> (8)	Albano <i>et al.</i> ,(2009)
Espagne/fuet	76			<i>Le.mesnteroides</i>	Aymerich <i>et al.</i> ,(2006)
Espagne/chorizo	89			<i>Le.mesenteroides</i>	Aymerich <i>et al.</i> ,(2006)
Espagne/salchichon		59			Aymerich <i>et al.</i> ,(2006)
Argentine/saucisse	55	5	40		Fontana <i>et al.</i> ,(2005)

LAB, bactéries lactiques ; Lb, Lactobacillus ; Le, Leuconostoc ; L. plantarum groupe, L. plantarum, L. paraplantarum, L. pentosus ;(%), pourcentage d’isolats identifiés au niveau des espèces.

✚ Spécificité métabolique des bactéries lactiques

Pour expliquer l’adaptation des bactéries lactiques dans le milieu de la viande et des produits carnés, différents travaux ont étudié leur croissance dans des environnements qui sont souvent effectués, en milieu modèle. Les principales propriétés fondamentales physiologiques des bactéries lactiques, ayant une incidence sur la qualité des produits carnés reposent, sur les différents métabolismes protéiques, lipidiques. Cette incidence a trait aux qualités organoleptiques et aux aspects sanitaires des produits. Elles participent à l’élaboration de la texture, de la couleur et de la flaveur (goût, odeur et arôme) des produits carnés.

Dans les produits carnés, l'ensemble des micro-organismes, dont les bactéries lactiques, ont une action à la fois, sur le tissu musculaire et sur le tissu adipeux. La protéolyse et la lipolyse des tissus sont prépondérantes. Toutefois, durant la maturation des saucissons, ces activités sont faibles aux valeurs de pH de ces produits (**Montel et al., 1998**).

Le métabolisme lipidique. La lipolyse est importante ; elle se produit pendant la maturation et se traduit par une augmentation constante des di-glycérides, des mono-glycérides et des acides gras libres. Les enzymes tissulaires interviennent également dans ces dégradations. Les lactobacilles auraient un rôle mineur dans l’activité lipolytique, contrairement aux microcoques, ayant des activités lipolytiques importantes.

Des travaux menés par l’équipe de **Moléna en 1991** ont mis en évidence un très net effet lipolytique des staphylocoques “utiles” et des bactéries lactiques sur des milieux modèles. Durant la même année, les mêmes auteurs ont montré qu’avec le pH des viandes et la composition du tissu adipeux, en acides gras à longues chaînes, l’activité lipolytique des bactéries lactiques semblait négligeable dans les produits carnés. De même, la dégradation des lipides par les lactobacilles est faible dans les produits carnés fermentés (**Desmazeaud et al., 1996**).

Le métabolisme protéique. En plus de l’activité lipolytique, on recherche aussi une certaine protéolyse, les peptides et les acides aminés étant des précurseurs d’arômes dans ces produits (**Desmazeaud et al., 1996**). La dégradation des protéines, en oligopeptides serait essentiellement due aux enzymes tissulaires, les enzymes microbiennes n’interviendraient que très faiblement. Toutefois, le potentiel enzymatique des bactéries constitue un avantage notable pour le développement rapide des caractéristiques de la flaveur et peut occasionner une plus grande diversification (**Montel et al., 1998**).

Durant la maturation des produits carnés fermentés, les teneurs en composés azotés solubles (peptides, acides aminés) augmentent progressivement, sous l'action d'enzymes endogènes combinées ou non, à celle d'enzymes exogènes. Ces dernières peuvent être apportées par les micro-organismes, contaminant naturellement les produits ou par les ferments microbiens (bactéries lactiques, *Staphylococcus* non pathogène) volontairement inoculés lors de la préparation de départ. Dans différents genres de bactéries lactiques (*Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*), c’est une protéase liée aux enveloppes cellulaires qui, grâce aux

ions calcium, qui réalise la première étape du processus de dégradation des protéines (Beliard *et al.*, 1991).

D’un point de vue technologique et dans le cas du saucisson, par exemple, l’activité protéolytique des bactéries lactiques est faible, malgré l’aspect qualitatif dominant de celle-ci dans le produit. Néanmoins, l’activité des bactéries lactiques interviendrait indirectement dans la protéolyse, par un abaissement du pH qui entraîne une diminution de la solubilité des protéines et augmente l’activité des protéinases acides (Desmazeaud *et al.*, 1996).

✚ Staphylocoques à coagulase négative

Au niveau des caractères phénotypiques, les staphylocoques sont à Gram positif, à catalase positive, non mobiles, asporulés, habituellement non capsulés et halo-tolérants. La plupart des espèces sont aéro-anaérobies facultatives, à l’exception de *S. saccharolyticus* et *S. aureus* subsp. *anaerobius* qui sont anaérobies strictes.

Le critère de base de la classification des espèces de staphylocoques reste la production de coagulase libre, enzyme responsable de la coagulation des sérums humain et cunicole. On distingue ainsi sept espèces et sous-espèces à coagulase positive dont *S. aureus* (SCP) et quarante à coagulase négative (Tableau 14) (Bascomb *et al.*, 1998). Les SCN sont divisés en trois groupes, conformément à leur sensibilité à la novobiocine et à leur activité oxydasique.

Tableau 14. Classification phénotypique des espèces et sous-espèces du genre *Staphylococcus* (Euzéby *et al.*, 1997).

Espèces et sous-espèces à coagulase positive	Espèces et sous-espèces à coagulase négative		
	Novobiocine sensibles et à oxydase négative	Novobiocine résistantes et à oxydase négative	Novobiocine sensibles et à oxydase positive
<i>S.aureus</i> sub. <i>anaerobiuz</i> , <i>S. aureus</i> sub. <i>aureus</i> , <i>S. delphini</i> , <i>S.hyicuz</i> , <i>S.intermedius</i> , <i>S.lutrae</i> , <i>S.schleiferi</i> sub. <i>Coagulans</i>	<i>S. auricularis</i> , <i>S. capitis</i> subsp. <i>Ureolyticus</i> , <i>S. caprae</i> , <i>S.carnosus</i> subsp. <i>Carnosus</i> , <i>S.carnosus</i> subsp. <i>utilis</i> , <i>S.chromogenes</i> , <i>S.condimenti</i> , <i>S.epidrmidis</i> , <i>S.felis</i> , <i>S.haemolyticus</i> , <i>S.hominis</i> supsp. <i>hominis</i> , <i>S.lugdunensis</i> , <i>S.muscae</i> , <i>S. pasteurii</i> , <i>S.piscifermentans</i> , <i>S.saccharolyticus</i> , <i>S. schleiferi</i> subsp. <i>Schleiferi</i> , <i>S.simulans</i>	<i>S.arlettae</i> , <i>S.cohnii</i> , <i>S.equorum</i> subsp. <i>equorum</i> , <i>S.equorum</i> sub. <i>linens</i> , <i>S.gallinorum</i> , <i>S.hominis</i> sub. <i>novobiosepticus</i> , <i>S.kloosii</i> , <i>S.nepalensis</i> , <i>S.saprophyticus</i> sub. <i>bovis</i> , <i>S.succinus</i> sub. <i>casei</i> , <i>S.succinus</i> subsp. <i>succnus</i> ; <i>S.xylosus</i>	<i>S. fleurettii</i> , <i>S. lentus</i> , <i>S.sciuri</i> sub. <i>carnaticus</i> <i>S.sciuri</i> sub. <i>rodenium</i> , <i>S. sciuri</i> subsp. <i>sciuri</i> , <i>S.vitudinu</i>

✚ Les staphylocoques à coagulase négatives dans les produits carnés

Les staphylocoques présents dans les viandes constituent la flore naturelle des produits carnés fermentés (**Tableau 15**). Des études menées sur des échantillons de viande de bœuf récupérés, en sortie d’abattoir révèlent une flore variée, dépendant en grande partie des conditions d’abattage et de manutention.

Tableau 15. Espèces de staphylocoques à coagulase négative isolées des produits carnés

Origine	Espèces	Références
Peau de poulet	<i>S. epidermidis, S. saprophyticus, S. sciuri</i>	Kawano <i>et al.</i> , (1996)
Viande de bœuf	<i>S. auricularis, S. captais, S. chromogenes, S. cohnii, S. epidermidis, S. haemolyticus, S. hominis, S. lentus, S. saprophyticus, S. sciuri, S. warneri, S. xylosus</i>	Shale <i>et al.</i> , (2005)
Viande de porc	<i>S. epidermidis, S. succinus</i>	Olsson <i>et al.</i> , (2003)
Saucisse fraîche de porc	<i>S. equorum, S. haemolyticus, S. pasteurii, S. saprophyticus, S. succinus, S. warneri, S. xylosus</i>	Rantsiou <i>et al.</i> , (2005) a; Cocolin <i>et al.</i> , (2004)
Chorizo et Fuet	<i>S. carnosus, S. epidermidis, S. hominis, S. saprophyticus, S. xylosus.</i>	Garcia-varona <i>et al.</i> , (2000); Aymerich <i>et al.</i> , (2003)
Lacón	<i>S. cohnii, S. epidermidis, S. equorum, S. saprophyticus, S. sciuri, S. simulans, S. warneri, S. xylosus</i>	Vilar <i>et al.</i> , (2000)
Jambon cru	<i>S. equorum, S. capitis, S. gallinarum, S. kloosii, S. saprophyticus, S. sciuri, S. xylosus</i>	Cordero <i>et al.</i> , (2000)
Jambon cru ibérique	<i>S. equorum, S. xylosus</i>	Rodriguez <i>et al.</i> , (1994)
Salami grec	<i>S. cohnii, S. gallinarum, S. saprophyticus, S. xylosus</i>	Samelis <i>et al.</i> , (1998) ; Garcia-varona <i>et al.</i> , (2000)
Salami italien	<i>S. capitis, S. chromogenes, S. cohnii, S. epidermidis, S. hominis, S. lentus, S. lugdunensis, S. saprophyticus, S. simulans, S. succinus, S. warneri, S. xylosus</i>	Coppola <i>et al.</i> , (2000) ; Mauriello <i>et al.</i> , (2004)
Saucisson sec italien	<i>S. capitis, S. carnosus, S. cohnii, S. epidermidis, S. warneri, S. xylosus, S. vitulinus, S. equorum, S. haemolyticus, S. kloosii, S. lentus, S. pasteurii, S. saprophyticus, S. sciuri, S. simulans, S. succinus,</i>	Rebecchi <i>et al.</i> , (1998); Cocolin <i>et al.</i> , (2001); Rossi <i>et al.</i> , (2001); Blaiotta <i>et al.</i> , (2004); Mauriello <i>et al.</i> , (2004); Rantsiou <i>et al.</i> , (2005)b
Saucisson sec français	<i>S. carnosus, S. epidermidis, S. saprophyticus, S. warneri, S. xylosus.</i>	Montel <i>et al.</i> , (1992)
Saucisson sec argentin	<i>S. saprophyticus</i>	Fontana <i>et al.</i> , (2005)
Saucisson sec grec	<i>S. auricularis, S. capitis, S. carnosus, S. cohnii, S. epidermidis, S. haemolyticus, S. hominis, S. lentus, S. saprophyticus, S. xylosus, S. sciuri, S. simulans, S. warneri</i>	Papamanoli <i>et al.</i> , (2002) Drosinos <i>et al.</i> , (2004)

✚ Effet des staphylocoques sur la qualité sensorielle

Les staphylocoques à coagulase négative (SCN), avec les bactéries lactiques appartiennent aux flores d’intérêt technologique. Les SCN contribuent au développement de la flaveur et de la couleur des produits carnés fermentés et/ou séchés et limitent l’oxydation lipidique (Talon *et al.*, 1999 ; Garcia-Varona *et al.*, 2000 ; Barrière *et al.*, 2001). En outre, ils libèrent des bactériocines qui exercent leur activité contre des bactéries pathogènes comme *Escherichia coli* et *Salmonella* (Papamanoli *et al.*, 2002).

La couleur : Lors du processus de la salaison, les nitrites ou indirectement les nitrates sont largement utilisés pour leurs propriétés conservatrices et leur participation au développement des qualités organoleptiques (Talon *et al.*, 2002). En effet, les SCN, essentiellement *S.carnosus* et *S.xylosus*, grâce à leur activité nitrate réductase jouent un rôle clé dans la formation de la couleur en réduisant ces nitrates en nitrites (Talon *et al.*, 1999). Les nitrites sont ensuite réduits en oxyde d’azote, qui réagit avec les pigments de la viande (essentiellement de la myoglobine), pour former de la nitrosomyoglobine de couleur rouge. De plus, les SCN, du fait de leur activité catalase, contribuent à la stabilité de la couleur. En effet, ils détruisent le peroxyde d’hydrogène produit, en aérobiose, par certaines bactéries lactiques qui, en se combinant à la nitrosomyoglobine, forme de la cholémyoglobine de couleur verte responsable de défauts de coloration, dans le produit (Barrière *et al.*, 2001a ; Barrière *et al.*, 2001b).

La flaveur : La flaveur est une caractéristique organoleptique très recherchée dans les produits carnés et elle englobe les notions de goût, d’arôme et d’odeur. Sa perception dépend de la texture du produit. La flaveur résulte d’un équilibre entre la fraction volatile (les molécules odorantes : alcools, esters, aldéhydes, cétones, terpènes, composés soufrés, acides...) et la fraction non volatile (les molécules sapides : acides aminés, acides gras, acides) qui interagissent entre elles, ainsi qu’avec les protéines et les lipides.

Les molécules sapides et odorantes proviennent de la matière première, des ingrédients rajoutés et du catabolisme des glucides, des protéines et des lipides par des réactions chimiques et enzymatiques. Actuellement, il demeure difficile de faire la part entre l’action des enzymes tissulaires et des enzymes microbiennes et de connaître l’origine de certains composés. Néanmoins, l’utilisation de ferments staphylococaux et surtout le choix des espèces semblent

influencer la flaveur du produit fini (Sondergaard *et al.*, 2002), du fait de la diversité de composés aromatiques produits par les SCN (Berdagué *et al.*, 1993 ; Montel *et al.*, 1996).

Le métabolisme protéique : Dans les produits carnés, la matière première est composée d’environ 70% de tissu musculaire, constitué essentiellement par les protéines myofibrillaires, sarcoplasmiques et du tissu conjonctif, et c’est la principale source de composés azotés.

La protéolyse est due essentiellement aux enzymes tissulaires endogènes, elle se traduit par une augmentation des teneurs en azote total non protéique et en acides aminés libres. Les souches de *S. xylosus*, isolées de produits carnés crus fermentés ont une faible activité protéolytique, sur les protéines myofibrillaires. Tandis que certaines souches sont impliquées dans l’hydrolyse des protéines sarcoplasmiques, durant la maturation du saucisson (Miralles *et al.*, 1996). Par contre, la dégradation des peptides en acides aminés est due en partie aux micro-organismes (40%) et le restant est attribué aux enzymes endogènes (Molly *et al.*, 1997). Il a été noté que l’activité peptidasique des SCN est plus faible que celle des bactéries lactiques (Montel *et al.*, 1996).

Le métabolisme lipidique : Dans les produits carnés, les lipides proviennent principalement du tissu adipeux (1/3 de la matière première) et dans une faible proportion du tissu musculaire. Les lipides du tissu adipeux sont surtout représentés par des triglycérides (62 à 80%) et des phospholipides (16 à 34%), qui sont dégradés via des réactions de lipolyse et d’oxydation. La lipolyse se traduit par une augmentation des concentrations en acides gras libres et diglycérides, dès l’étuvage et tout au long de la maturation des produits carnés (Demeyer *et al.*, 1974). Les lipides sont majoritairement hydrolysés par les lipases tissulaires (Molly *et al.*, 1996). Les micro-organismes lipolytiques tels que les staphylocoques pourraient participer à cette dégradation. Des gènes codant des lipases ont été identifiés chez *S.epidermidis*, *S.haemolyticus*, *S. warneri* et *S. xylosus* (Götz *et al.*, 1998 ; Longshaw *et al.*, 2000 ; Rosenstein *et al.*, 2000 ; Mosbah *et al.*, 2005).

Des études ont montré que seuls 20 à 30% de la dégradation totale des lipides serait due à l’action des micro-organismes (Hierro *et al.*, 1997). De plus, l’impact des acides gras libérés, sur la flaveur n’a pas été jusqu’à ce jour, démontré dans le cas des salaisons. Les acides gras seraient, en réalité, essentiellement des précurseurs de molécules aromatiques (Talon *et al.*, 2002).

Oxydation des acides gras : Cette oxydation peut être chimique (peroxydation) ou enzymatique (β -oxydation). La peroxydation est un processus radicalaire qui génère, en bout de processus, des produits d’oxydation secondaires comme, des aldéhydes et des alcools. Certains produits sont très volatils et ont un seuil de perception très faible, de l’ordre de quelques ppm. Par conséquent, ils jouent un rôle déterminant dans le développement de la saveur du produit final.

Les micro-organismes sont fortement impliqués dans la régulation des phénomènes oxydatifs. Dans le cas des saucissons, ceuxensemencés avec *S. carnosus* et *S. xylosum* présentent de plus faibles concentrations en alcanes et en aldéhydes, que ceuxensemencés avec *S. warneri* et *S. saprophyticus* (Berdagué *et al.*, 1993; Montel *et al.*, 1996). Ces derniers sont caractérisés, par un arôme de rance (Montel *et al.*, 1996). In vitro, *S. saprophyticus*, *S. warneri* mais surtout *S. xylosum* et *S. carnosus* limitent l’oxydation des acides gras insaturés linoléique et linoléique (Talon *et al.*, 2000).

✚ Effet des staphylocoques sur la qualité hygiénique

Production de toxine : La production d’entérotoxine staphylococcale (SE), par les SCN a fait l’objet de plusieurs études. La présence des gènes codant les entérotoxines SEC et/ou SED a été établie chez des souches de *S. cohnii*, *S. epidermidis* et *S. xylosum* isolées du jambon cru (Marin *et al.*, 1992 ; Rodriguez *et al.*, 1996). Cependant, il s’avère que les souches de SCN isolées des produits carnés sont rarement porteuses de gènes codant les SE (Rosec *et al.*, 1997 ; Blaiotta *et al.*, 2004b).

Cependant, à ce jour, la présence de gènes codant des SE, chez des souches de SCN reste très rare, d’autant plus que, lorsque celles-ci sont isolées de produits alimentaires (Rosec *et al.*, 1997 ; Blaiotta *et al.*, 2004b). C’est sans doute, la raison pour laquelle aucune souche de SCN productrice de SE n’a été décrite, jusqu’à présent, comme impliquée dans des toxi-infections alimentaires.

Résistance aux antibiotiques : Des études ont montré qu’au sein de certaines espèces de SCN des gènes de résistance aux antibiotiques étaient portés par des plasmides (Schwartz *et al.*, 1994 ; Hauschild *et al.*, 2003). Ainsi ceux-ci deviennent des réservoirs de gènes de résistance qui peuvent être transférés entre espèces, et générer alors des souches multi-résistantes (Neu *et al.*, 1992).

La littérature scientifique, très complète sur les souches cliniques, fait aussi état de la résistance aux antibiotiques des SCN isolés des environnements alimentaires. **Mauriello et al. (2000)** ont isolé du salami italien, de type Naples des souches de *S. xylosus* résistantes aux β -lactamines (amoxicilline) pour 80% des souches, aux macrolides (érythromycine) pour 50% des souches, aux lincosamides (lincomycine) pour 95% des souches, à la novobiocine et à l’acide fusidique pour 75% des isolats. **Gardini et al. (2003)** ont isolé des souches de *S. xylosus* et *S. saprophyticus*, de trois saucissons italiens différents, résistantes, elles aussi, à plusieurs classes d’antibiotiques, telles que les sulfonamides, les quinolones, les polymyxines (colistine) et les tétracyclines.

En conclusion, il apparaît que certaines espèces de SCN sont d’un grand intérêt pour l’industrie alimentaire, notamment celle de la salaison. Elles sont utilisées comme ferments ou naturellement présentes dans les produits et participent aux qualités hygiéniques et sensorielles des produits carnés. Ces espèces contribuent à la formation de la couleur et à sa stabilité, ainsi qu’au développement de la flaveur, via le catabolisme des glucides, des acides aminés et via la formation d’esters. Néanmoins, il faut également considérer le risque que peuvent représenter les SCN, pour cause, leur capacité à produire des amines biogènes ou des entérotoxines et des résistances aux antibiotiques qu’ils peuvent porter.



*Méthodologies et
expérimentations*

Préambule

En Algérie, très peu d'études ont été menées sur les produits carnés traditionnels. Notre travail de thèse va porter sur la caractérisation et la préservation des produits du terroir algérien dont les produits carnés, et précisément *El-Guedid*.

Nos **objectifs** consistent à effectuer une caractérisation physico-chimique et microbiologique d'*El-Guedid*, à étudier l'intervention des flores des différents écosystèmes dans la qualité du produit fini et à déterminer l'impact de la durée de conservation et du type de viande sur la qualité sensorielle du produit fini.

Afin d'aboutir à cet objectif, la démarche adoptée s'articule autour des points suivants :

- Réaliser des fabrications d'El-Guedid et une caractérisation des échantillons en partant de la viande ovine, bovine, caprine et cameline au niveau de plusieurs régions en Algérie ;
- Effectuer une caractérisation physico-chimique des échantillons à différentes périodes de conservation d'*El-Guedid* : mesure de pH ; humidité ; activité d'eau ; teneur en sel ; évaluation du taux d'oxydation des lipides et des protéines des productions ;
- Étudier l'effet du temps/ type de viande sur l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des produits ;
- Prendre connaissance de l'écosystème microbien d'El-Guedid par une caractérisation microbiologique (flore d'hygiène, flore technologique) et une identification par Polymerase Chain Reaction (PCR) des différentes souches microbiennes potentiellement d'intérêt technologique ;

Une première partie des analyses physico-chimiques (pH, humidité et taux des lipides) et microbiologiques (les échantillons des premiers mois) ont été réalisées en Algérie, au sein de l'Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires (BioQual , I.N.A.T.A-A). Les analyses physico-chimiques restantes (A_w , TBAR, carbonyles, NaCl) ; microbiologiques (les échantillons des derniers mois), ainsi que les identifications moléculaires ont été réalisées à l'Institut National de la Recherche Agronomique INRAE, Theix, Clermont-Ferrand, France.

Les analyses physico-chimiques (pH, NaCl, Humidité, A_w , taux des lipides et oxydation protéique et lipidique) ont été effectuées, dans le but de suivre et de bien tracer l'évolution et la persistance des microorganismes, tout au long de la période d'affinage d'El-Guedid, ainsi que

la détermination des souches les plus résistantes aux changements des conditions de leurs croissances.

I. Matériel

I.1. Matériel biologique

Nous avons travaillé sur un produit carné algérien : *El-Guedid*. Douze produits ont été préparés, de façon traditionnelle dans 04 régions différentes, 03 ménages par région (*Annexe I*) et à partir de différents types de viande (partie du flanc), à savoir : la viande ovine à Constantine (Est), la viande bovine à Alger (Centre), la viande caprine à Oum El Bouaghi (Est) et la viande cameline à Ouargla (Sud) (*Figure 8*).

L'attribution du type de viandes s'est basée sur l'espèce la plus répandue et consommée dans chaque région. Les échantillons ont été préparés, à partir de matière première (04 Kg pour chaque production), la viande achetée auprès d'un boucher partenaire de l'INATAA, et distribuée par la suite aux ménages, dans les 04 régions.

Pour les caractérisations physico-chimique, microbiologique et moléculaire, toutes les analyses ont été réalisées à partir des échantillons prélevés, à différents temps d'affinage à savoir : viande fraîche (Jour 0), 01 mois, 03mois, 06 mois et 01 an. Ces temps de prélèvements ont été fixés, selon les préférences de consommation d'El-Guedid (la meilleure période de consommation est comprise généralement entre 03-06 mois). Au total 60 échantillons ont été collectés au cours de la conservation : 15 échantillons de chaque ménage. Les échantillons sont restés conservés chez les ménages, et une quantité de viande est récupérée à chaque point de prélèvement pour subir les différentes analyses.

La durée de chaque étape a été notée et les quantités de sels utilisés ont été inventoriées (*Tableau 16*).

Tableau 16. Détails de préparation des productions d'El-Guedid

Ménage	Région / viande	Quantité de viande (kg)	Quantité de sel (g)	Durée de séchage(Jours)
<i>POC1</i>		04	210	07
<i>POC2</i>	Constantine V.ovine	04	200	08
<i>POC3</i>		04	200	07
<i>PBA1</i>		04	220	09
<i>PBA2</i>	Alger / V.bovine	04	200	07
<i>PBA3</i>		04	200	06
<i>PCOB1</i>	Oum el	04	250	05
<i>PCOB2</i>	bouaghi/ V.caprine	04	220	05
<i>PCOB3</i>		04	230	08
<i>PCO1</i>		04	200	07
<i>PCO2</i>	Ouargla/ V.Cameline	04	200	05
<i>PCO3</i>		04	220	07

Concernant les échantillons analysés à l'INRAE-France, une première partie a été apportée, lors d'un premier stage, que j'ai analysé jusqu'au point de 06 mois. Une deuxième partie a été envoyée par courrier quand le point de prélèvement a été atteint. Et une troisième partie a été analysée, lors de mon déplacement à l'INRAE, dans le cadre de la bourse PROFAS B+.

Les échantillons de viande ont été conservés à -20°C, et transportés dans des boîtes en polystyrène. Les suspensions bactériennes ont été conservées dans du Glycérol à -20°C.

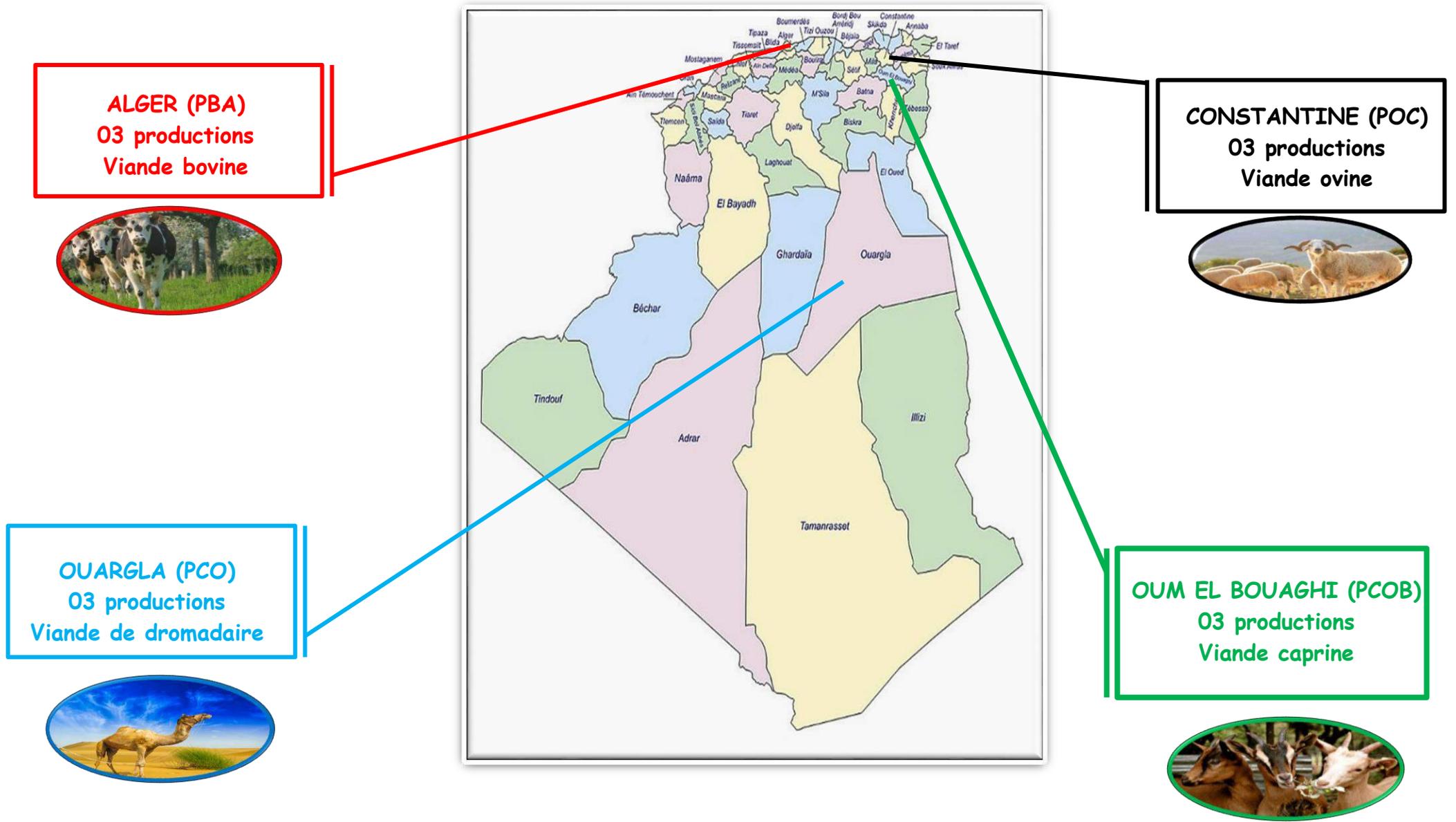


Figure 8. Carte administrative de l'Algérie et situation géographique des régions de préparation des échantillons d'El-Guedid.

I.2. Choix et suivi des échantillons

Trois lots de 4 kg chacun étaient utilisés pour l'élaboration des échantillons d'El-Guedid à partir de viande rouge fraîche : bœuf, mouton, chèvre et chameau dans la région de Constantine, Alger, Oum El Bouaghi et Ouargla (Algérie) respectivement. Les lots ont été échantillonnés, à différents stades du processus de maturation : viande fraîche, après 01 mois, 03 mois, 06 mois et un an de stockage (période de maturation). Le choix de la période d'échantillonnage a été effectué, en fonction de la moyenne de consommation, comprise entre 6 mois et 1 an environ, en fonction des goûts et des habitudes alimentaires du consommateur.

Les échantillons ont été préparés selon le procédé de préparation traditionnel de chaque famille (03 ménages/ région). En général, la viande est découpée en petits morceaux (3 cm sur 7 cm), abondamment salée (200 g de NaCl), puis séchée au soleil à l'extérieur à température ambiante (*Annexe 2*) sur des cordes (fils) ou des plateformes. Le séchage a duré de 5 à 9 jours, en fonction de la température extérieure. Ensuite, El-Guedid a été conservé, à l'abri du soleil et de l'humidité jusqu'à sa consommation (*Figures 9; 10*).

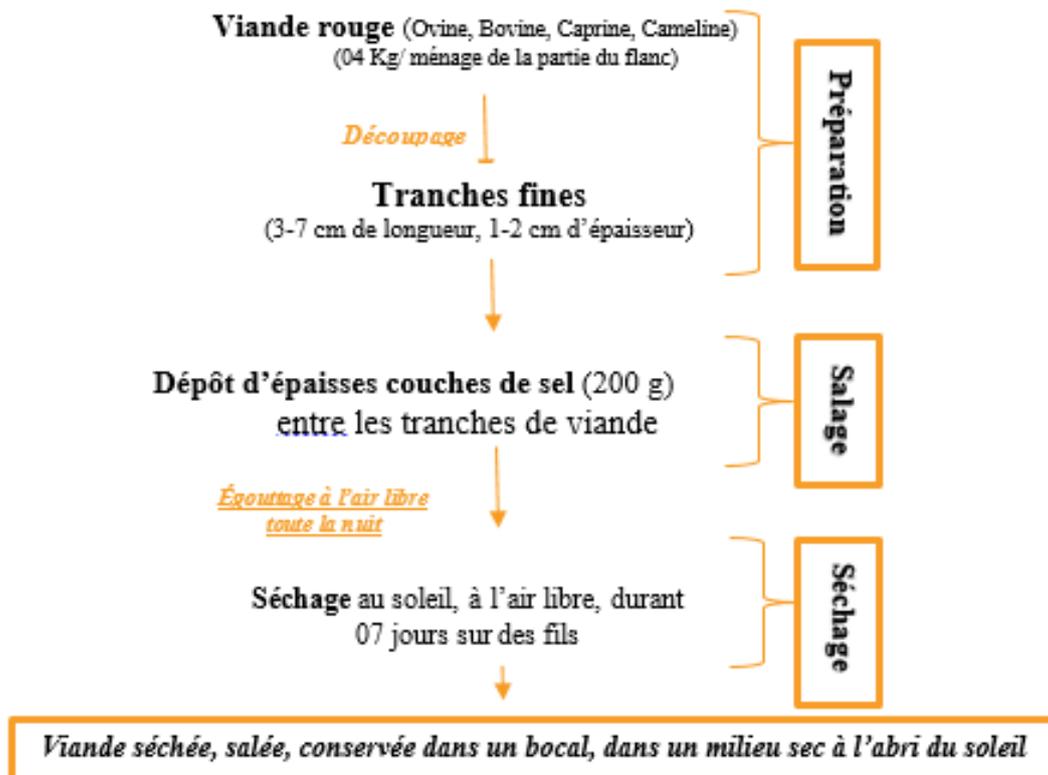


Figure 9. Diagramme de fabrication d'El-Guedid

<p><u>Matière fraîche</u></p> <p><i>04 kg de viande (FLANC) / ménage , découpés en fines tranches (3-7 cm de longueur , 1-2 cm)</i></p>	<p><u>Étape de salage</u></p> <p><i>Salage à sec (environ 200g de sel / préparation)</i></p>
	
<p><u>Étape de séchage</u></p> <p><i>A l'air libre, pendant plusieurs jours (07-10 jours selon les régions)</i></p>	<p><u>El Guedid (product final séché)</u></p>
	

Figure 10. Étape de préparation des productions d'El-Guedid

Pour chaque ménage, plusieurs visites ont eu lieu pour le suivi des productions, des diagrammes de fabrications et des prélèvements, en différents temps (Viande fraîche, après 01, 03,06 mois et 01 an de conservation). La première visite a consisté, en la description des étapes de fabrication (chaque ménage prépare El-Guedid, selon sa propre méthode). La matière première a été distribuée lors de la deuxième visite (après avoir prélevé la quantité nécessaire pour les analyses à T0). Un deuxième, troisième, quatrième et cinquième échantillonnage a été effectué après 01, 03,06 mois et 01 an de conservation, respectivement. Soixante échantillons ont été prélevés, nous donnant un total de 180 échantillons analysés dans ce travail (avec des triplicatas).

❖ Codification des échantillons

Afin de simplifier les appellations, les productions seront nommées comme suit :

- **POC** : produits ovins de Constantine ;
- **PBA** : produits bovins d'Alger ;
- **PCOB** : produits caprins d'Oum el Bouaghi ;
- **PCO** : produits camelins de Ouargla ;

II. Méthodologie

Une première partie de cette recherche a été réalisée au sein de l'Institut de la Nutrition, de l'Alimentation, et des Technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A-A), Université Constantine 1, 25000. Algérie. Les manipulations ont été faites au niveau du laboratoire BioQuAI, équipe MaQuaV.

Une deuxième partie a été réalisée à l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRAE) Université Clermont Auvergne, unité mixte de recherche UMR-MEDIS (Microbiologie, Environnement Digestif et Santé), Clermont-Ferrand, 63000, France. La mesure de l'activité d'eau A_w , du dosage du NaCl et de l'oxydation des lipides et protéines a été réalisée au sein de l'équipe de Qualité des Produits Animaux (QuaPA)- INRAE, France.

Le travail a été mené dans quatre régions différentes : Constantine, Alger, Oum El Bouaghi et Ouargla, auprès de 12 ménages (03 ménages/région), en utilisant différents types de viande : Viande ovine, bovine, caprine et cameline respectivement, d'où l'originalité de ce travail. Au départ, les ménages étaient réticents pour conserver les productions jusqu'aux

périodes de prélèvement (05 temps de prélèvement : T0, 30, 90, 180, 365 jours de conservation).

II.1. Caractérisation physico-chimique

Dans un premier temps, les premières analyses physico-chimiques (pH, humidité et taux des lipides) et microbiologiques (les échantillons des premiers mois) ont été réalisées, immédiatement au temps de prélèvement en Algérie, au sein de l'Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires I.N.A.T.A-A). Le restant des analyses physico-chimiques (Aw, TBAR, carbonyles, NaCl), microbiologiques (les échantillons des derniers mois), ainsi que les identifications moléculaires ont été réalisés à l'Institut National de la Recherche Agronomique INRAE, Theix, Clermont-Ferrand, France. Concernant les échantillons de viandes, ils ont été conservés et transportés à -20°C. Concernant les souches microbiennes, elles ont été conservées et transportées dans du glycérol à -20°C). Toutes les analyses effectuées ont été produites en triplicatas.

II.1.1. Mesure du pH

Le pH est le nombre d'ions hydrogène (H⁺) se trouvant dans la solution à mesurer. Il indique le degré d'acidité dans une solution aqueuse.

La valeur du pH a été déterminée selon **Lorenzo *et al.*, (2008)**, en broyant 10 grammes d'échantillons dans 90 ml d'eau distillée. Le pH du mélange a été déterminé en triplicata, à l'aide d'un pH mètre (*HI 9321, Hanna Instruments*). L'amplitude (pH drop) a été calculée afin d'estimer la chute de pH, pendant la période de conservation (**Boudjellal *et al.*, 2008**), selon la formule :

$$\text{pH drop} = \text{pH}_{\text{final}} - \text{pH}_{\text{initial}} / \text{temps de prélèvement}$$

II.1.2. Dosage du NaCl

Le dosage du sel a été réalisé par la méthode de la chromatographie ionique – Dosage des ions Na⁺. Cette technique permet de séparer les différents ions d'une solution en fonction de leur charge et de leur taille, ce qui permet de déterminer leurs concentrations dans la solution à analyser.

La chromatographie ionique consiste à faire migrer les ions à séparer sur une phase stationnaire (colonne Metrosep C4 composée de gel de silice $\text{\O} 5\mu\text{m}$ avec groupes carboxyliques), à l'aide d'une phase mobile (éluant) (850 professional IC, METROHM) - **Figure 11**). La colonne est une résine chargée négativement pour le dosage des cations, ou une résine chargée positivement pour le dosage des anions. En fonction de la charge des ions recherchés, divers types d'éluants sont utilisés : l'acide nitrique (70% - 1,7 mM) et l'acide dipicolinique (99% - 0,7 mM) pour les cations et du carbonate de sodium (100,05% - 200 mM) pour les anions. Lors de l'injection, l'éluant emporte la solution à doser sur la colonne et, seuls les ions ayant une charge opposée à celle de la colonne, s'y fixent.



Figure 11. La chromatographie échangeuse de cations (850 professional IC Metrohm) utilisée dans l'étude

Dans cette étude, seuls les ions sodium, Na^+ , ont été dosés dans les divers échantillons. Lors d'un dosage, une étape de stabilisation est lancée au minimum 30 min, avant le début du dosage pour une stabilité des paramètres : la conductivité (environ $670 \mu\text{S}/\text{cm}$), la température (30°C environ) et la pression dans le circuit (70-80 bar) (**Figure 12a**). A la fin de cette étape, l'appareil injecte l'échantillon à analyser dans le circuit (**Figure 12b**). Les anions sont directement élués avec toutes les autres impuretés pouvant être présentes. En effet, les cations

de la solution à doser se fixent sur la colonne chargée négativement, en entrant en compétition, avec les protons déjà fixés sur les charges négatives de la colonne (*Figure 12c*).

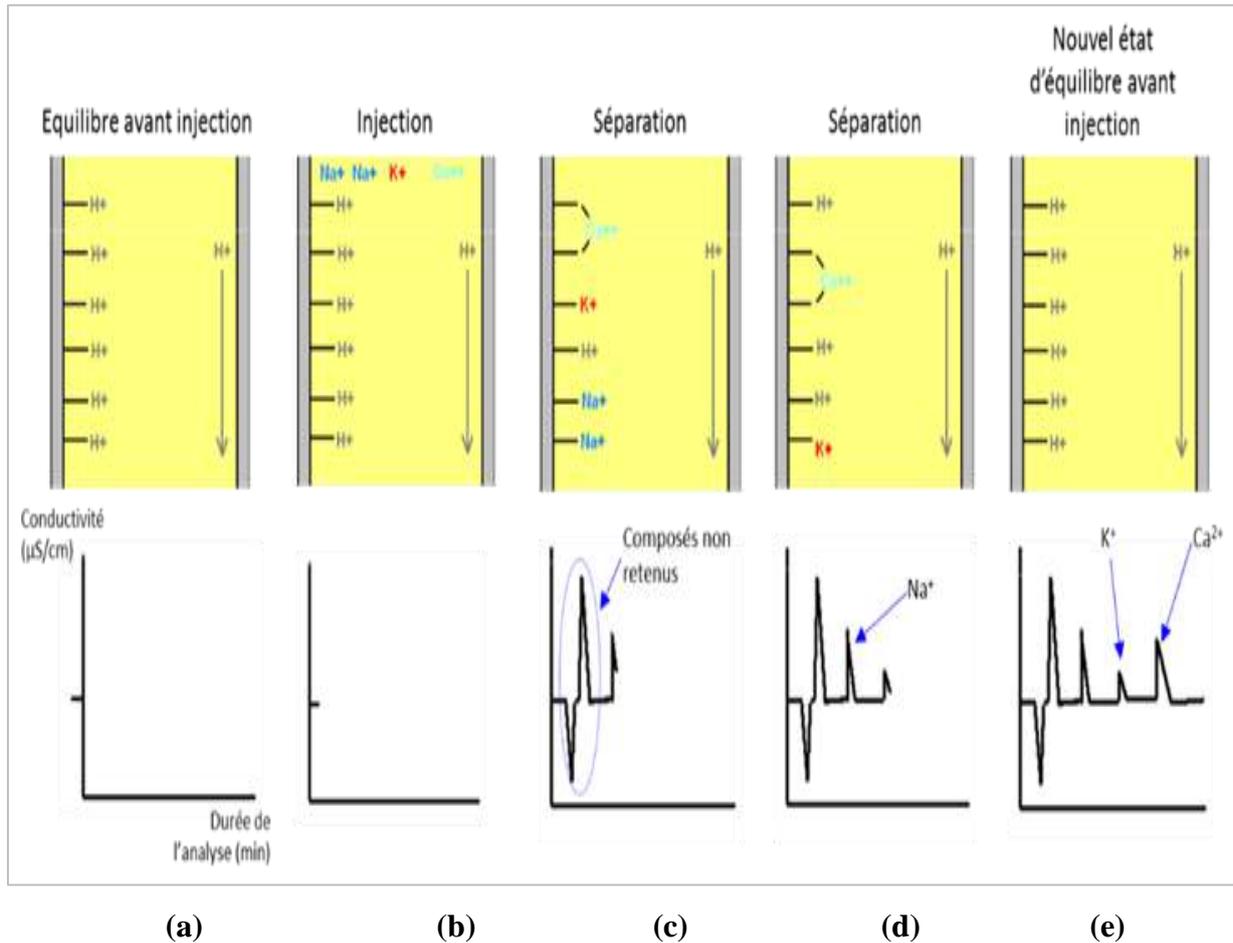


Figure 12. Représentation schématique du principe de la chromatographie échangeuse de cations

L'éluant circule en permanence dans la colonne (à 0,9 mL/min), conduisant les cations à être progressivement décrochés de la colonne selon leur taille et leur charge et remplacés par des protons. Tous les ions sont détectés à la sortie de la colonne par un conductimètre (*Figure 12d et e*) et un nouvel état d'équilibre suit la fin du dosage. Pour cette technique, les teneurs en ions dans la solution à analyser doivent se situer entre 1 et 25 ppm (minimum et maximum de la gamme d'étalonnage du sodium). Au-dessus, la quantité d'ions Na^+ détectée sort de la gamme étalon et l'appareil effectue automatiquement une dilution de l'échantillon en le réinjectant pour un nouveau dosage pour pouvoir déterminer la quantité précise d'ions. L'appareil est relié à un logiciel permettant de programmer les analyses, le logiciel MagIC.net 3.0 qui va calculer la quantité d'ions, en comparant l'aire sous la courbe du pic du sodium issu

de l'échantillon à analyser à celles des pics de la gamme étalon (1 – 2,5 – 5 – 12,5 – 25 ppm). La précision de la mesure est de l'ordre de 0,5 ppm (sur la gamme linéaire de 1 à 25 ppm). Pour en déduire la teneur en sel, il faut utiliser le calcul de *la figure 13*.

Formule de calcul :

$$[NaCl] = [ion]_{chromato} \times \frac{V_{ech} + V_{eau2}}{V_{ech}} \times \frac{m_{ech} + V_{eau1}}{m_{ech} \times \rho_{viande}} \times \frac{M_{NaCl}}{M_{ion}} \times 10^{-4}$$

Figure 13. Formule de calcul du NaCl des échantillons de muscle à partir de la concentration en sodium donnée lors du dosage

Avec : $[NaCl]$ en %, $[ion]_{chromato}$ en ppm, $V_{ech} = 0,2$ ml (surnageant final contenant les ions), $V_{eau1} = 10$ mL (broyage), $V_{eau2} = 10$ mL (ajouté dans le surnageant final), m_{ech} en g (masse échantillon pesé), $M_{NaCl} = 58,44$ g/mol (masse molaire du sel), $M_{Na^+} = 22,99$ g/mol (masse molaire du sodium), $\rho_{viande} = 1.06$ kg/dm³ (masse volumique de la viande).

II.1.3. Taux de l'humidité

La teneur en eau a été déterminée par la méthode de séchage à l'étuve, selon **petit et al., (2013)**, qui consiste à étuver l'échantillon ($P1 = 05$ g) à 105 ° C, pendant 24 heures, puis à le refroidir pendant une heure au dessiccateur pour éviter toute reprise d'humidité, lors du refroidissement, puis peser ($P2$). La teneur en eau (humidité) est obtenue par différence de pesée entre la matière fraîche et la matière sèche, et exprimée en pourcentage selon la formule suivante :

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = ((P1 - P2) / P1) * 100$$

P1: 05 g de l'échantillon

P2: poids après dessiccation

II.1.4. Activité d'eau (A_w)

L'activité d'eau estime la part d'eau libre (disponible), dans le produit qui permet des réactions chimiques, biochimiques, un changement d'état ou un développement de microorganismes (plus l' A_w est élevé, plus il y a d'eau disponible pour leur développement). Elle est directement assimilée à la sensibilité d'un aliment à la dégradation ou à la conservation.

L'Aw d'un produit constitue une limite critique fixée dans le processus de fabrication d'un produit de viande. L'Aw d'un corps est le rapport entre la pression de vapeur d'eau P, au-dessus de la surface de celui-ci et la pression de vapeur d'eau Po de l'eau pure soit : $Aw = P/Po$. Le taux d'Aw est compris entre 0 et 1. Il a été mesuré à l'aide du dispositif Novasina TH500 (PRECISA) (*Figure 14*).

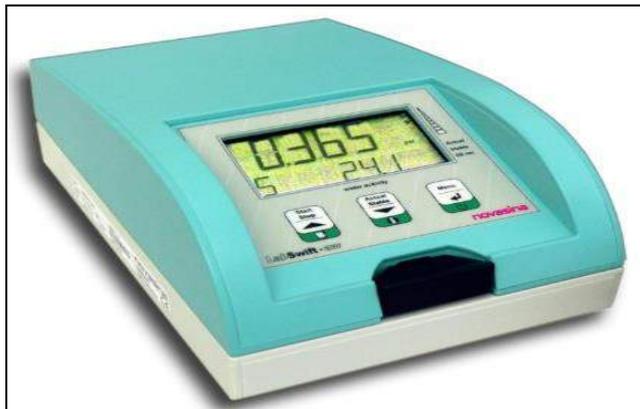


Figure 14. Appareil de mesure de l'activité d'eau
(Aw mètre Novasina TH500, precisa)

II.1.5. Taux des lipides

Le taux de matière grasse a été déterminé selon la méthode de référence Soxhlet (ISO, 1996) adaptée à la viande par **Komprda et al., (2012)**, en utilisant de l'hexane comme solvant, par percolation à 104 ° C, pendant une heure, suivie d'une évaporation puis d'une dessiccation

L'extracteur Soxhlet permet le traitement de solides (Viande) en plus grande quantité, avec des solvants en phase liquide ou partiellement vaporisés (dans notre étude : l'Hexane). Le corps de l'extracteur, contient une cartouche poreuse remplie de 03 g des échantillons. Cette cartouche est fixée sur un réservoir de solvant contenant 300 ml d'Hexane et est surmonté d'un réfrigérant. Le solvant est vaporisé puis condensé tout en restant en contact avec l'échantillon. La solution collectée dans le ballon s'enrichit, de plus en plus en soluté, à chaque cycle d'extraction et l'échantillon est toujours en contact avec du solvant (*Figure 15*).

Les filtrats issus de l'extracteur Soxhlet sont évaporés à sec, à l'aide d'un rotavapor (*Figure 16*).



Figure 15. Montage du système Soxhlet
(Behrotest ET 2 control unit).



Figure 16. Rotavapor R-210
(B.U.CHI Switzerland)

La valeur du degré d'acide (ADV) a été déterminée par la méthode de **Deeth et al., (1975)**. La teneur en matière grasse était exprimée selon la formule:

$$\text{Teneur en matière grasse (\%)} = \frac{P1 - P0}{Pe} * 100$$

Pe: 03 g de l'échantillon (g)

P0: poids des flacons vides (g)

P1: poids des flacons + lipides (g)

II.1.6. Valeur des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (Tbars)

L'oxydation lipidique est l'une des causes principales de la détérioration de la qualité de la viande. L'ampleur de cette oxydation est évaluée avec la mesure de l'indice TBARS (2-thiobarbituric acid-reactive substances). Les composés carbonylés à l'instar du malondialdéhyde (MDA) réagissent, avec l'acide thiobarbiturique (TBA), pour donner des chromophores de couleur rose absorbant à 532 nm.

L'oxydation des lipides a été évaluée en mesurant les substances réactives thiobarbituriques (TBARS), formées en tant que sous-produit de la peroxydation lipidique, selon la méthode de **Lynch et al., (1993)** et de **Mercier et al., (1998)**. Elles sont détectées en utilisant de l'acide thiobarbiturique réactif (*figure 17*). Vingt grammes des échantillons ont été

réduits en poudre avec de l'azote liquide. Un gramme du mélange homogène a été utilisé dans l'analyse. La préparation des solutions de dosage sont détaillées en *annexe 3*.

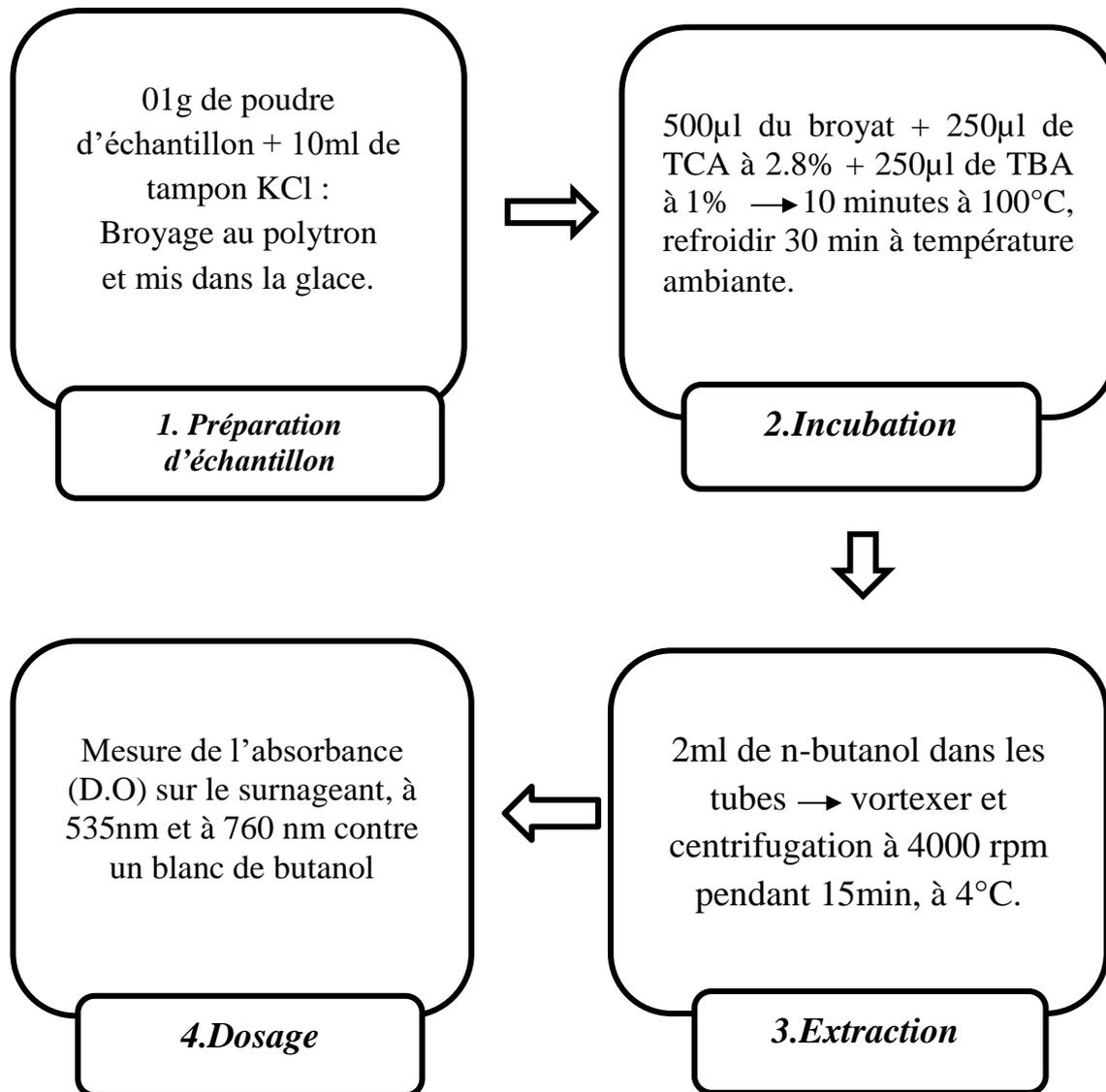


Figure 17. Schéma du protocole de mesure des des valeurs des Tbars

Les résultats sont calculés à partir d'une courbe de calibration réalisée avec du tétraéthoxypropane (de 0 à 0.012 µmol/ml). Les résultats sont exprimés en unités de TBA (soit en mg de MDA/ Kg de viande). Cette technique peut être adoptée pour évaluer la quantité de

produits aldéhydes non volatils au cours de l'oxydation. Les densités optiques obtenues pour l'oxydation lipidique sont répertoriées en *annexe 7*.

Les indices TBARS des échantillons sont calculés en utilisant la formule :

$$\text{TBARS} = \frac{\frac{DO-b}{a} \times MM_{MDA}}{100 \times PE}$$

TBARS : *Indice TBARS (en mg MDA/kg de viande) ;*

DO : *Densité optique des échantillons (moy à 760nm, moy à 535nm) ;*

a, b : *Pente et ordonnée à l'origine de la droite d'étalonnage ;*

MM_{MDA} : *Masse molaire du malondialdéhyde 'MDA' (72 g/mol).*

II.1.7. Taux des carbonyles

L'oxydation de la protéine a été déterminée par la protéine carbonyle, avec la dinitrophénylhydrazine (DNPH) conformément à **Oliver *et al.*, (1987)** telle, la modification des produits carnés par **Mercier *et al.*, (1998)**. La production de protéines carbonyles correspond à l'oxydation d'acides aminés basiques (lysine, histidine, arginine) et à l'oxydation de la thréonine.

Vingt grammes des échantillons ont été réduits en poudre avec de l'azote liquide. Un gramme du mélange homogène a été utilisé dans l'analyse (*figure 18*). La préparation des solutions de dosage sont détaillées en *annexe 3*.

01g de poudre d'échantillon + 10ml de tampon KCl + BHT à 0.15M → Broyage au polytron → La glace

Préparation des échantillons



300µl des broyats (en triple) + 135µl de TCA à 50%

Vortex + centrifugation 15min, 400rpm, à 4°C

Élimination du surnageant + 500µl de DNPH 0.2% (P/V) dans du HCl 10N

Vortex + Agitation des tubes pendant 1h à température ambiante

Centrifugation 15min, 4000rpm, 4°C + Élimination du surnageant

03 lavages avec 1ml de solvant éthanol-Acétate (1/1) sous hotte + vortexer

Centrifugation 15min, 4000rpm, à 4°C + élimination du surnageant

Laisser sécher le culot (30min à 1h) + Solubilisation des culots dans 2ml de Guanidine à 6M

Agitation des tubes : 30min + centrifugation 5min, 4000rpm, à 4°C

Récupérer le surnageant + déposer 200µl par puits sur une microplaque UV

Mesure de l'absorbance (D.O) à 370nm et à 280 nm contre un blanc de Guanidine

Dosage

Figure 18. Protocole de mesure du taux de carbonyles

Formule de calcul : La moyenne des triplicats de chaque échantillon est utilisée dans les calculs de la D.O, dont la valeur du blanc est à soustraite. Pour chaque échantillon, il faut calculer la D.O à 280 corrigée (moyenne des D.O à 280 - 0.29 * moyenne des D.O à 370). Les résultats ont été exprimés en nmoles de carbonyles / mg de protéines. Les densités optiques obtenues pour l'oxydation protéique sont répertoriées en *annexe 7*.

$$\text{Le taux des carbonyles} = (\text{moyenne D.O à 370} * 0.65) / (\text{D.O à 280 corrigée} * 0.021)$$

II.2. Caractérisation microbiologique

Les milieux de culture utilisés dans les cultures microbiennes proviennent de chez Bio-Rad (France) (*Annexe 4*). Les micropipettes utilisées proviennent de chez Eppendorf.

II.2.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

Une portion de 25 g de chaque type d'échantillon a été aseptiquement découpée puis soigneusement broyée dans 225 ml de milieu Tryptone Salt (TS, DifcoTM, Becton, Dickinson and Company, Le Pont de Claix, France) à l'aide d'un broyeur homogénéisateur (Stomacher, Bagmixer 400, Interscience, Saint-Nom la Bretèche, France) pendant 4min, avec des sacs filtres. Des dilutions décimales en duplicatas ont été réalisées (jusqu'à 10⁻⁵), en posant 1ml de la solution initiale dans 9 ml de TS (*Atlas, 1995*).

II.2.2. La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

Il s'agit des microorganismes formant des colonies dénombrables suite à leur multiplication dans des conditions de laboratoire définies. Le dénombrement de cette microflore est réalisé, selon la norme Française « NF V 08-011N et NF V 08-51 », par la méthode d'ensemencement en profondeur de la solution mère (M) et des dilutions décimales (d.d) sur une gélose pour numération plate count agar (PCA, Fisher Scientific Bioblock, Illkirch, France) : dépôt de 1 ml de l'inoculum dans une boîte de pétri, et on ajoute 15 ml du milieu de culture en surfusion à 45° C. L'incubation est conduite à 30°C pendant 72 h.

II.2.3. La recherche des coliformes totaux / fécaux

Le dénombrement de coliformes totaux est réalisé sur un milieu gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL, Fisher Scientific Bioblock). Un ensemencement en profondeur de 1 ml de solution mère et des dilutions décimales est effectué. L'incubation est de

30° C pendant 24h. La même procédure est suivie pour les coliformes fécaux, en maintenant l'incubation pendant 24h à 44° C (Guiraud, 2003).

II.2.4. La recherche des entérobactéries

Les entérobactéries sont isolées et dénombrées sur un milieu gélosé sélectif gélose glucosée bilié au cristal violet, et au rouge neutre (VRBG, Fisher Scientific Bioblock), après un ensemencement en profondeur de 1 ml de solution lère et des dilutions décimales dans 15 ml du milieu (Brian *et al.*, 1995). Après incubation à 37°C pendant 24h, les colonies ont subi des tests de catalase.

II.2.5. La recherche des salmonelles

La recherche de *Salmonella* nécessite quatre étapes successives : *Le pré-enrichissement* qui était effectué dans 225 ml d'eau peptonée tamponnée (Oxoid), incubée à 37°C pendant 24h (25 g d'échantillon), *L'enrichissement* dans les bouillons au tétrathionate (Oxoid) additionné d'une solution d'iodure de potassium (KI) à 2%, et un milieu au sélénite-cystine incubés à 37°C pendant 24h, l'isolement qui était réalisé sur la gélose Hektoen (Merck) incubée à 37°C pendant 24h (ISO 6579 ; 2002).

II.2.6. La recherche des anaérobies sulfito-réducteurs

Dans des tubes stériles, 1ml de la solution mère et des dilutions décimales est introduit. Ces tubes sont placés dans un bain marie pendant 10 mn à 80°C, afin de détruire toutes les formes végétatives éventuellement présentes et activer les formes sporulées (Brian *et al.*, 1995). Immédiatement à la sortie du bain marie, ces tubes sont refroidis, sous l'eau du robinet. Par la suite, 18 à 20 ml de gélose Viande Foie (VF, Merck), fondue puis refroidie à 45°C ±1, additionnés de 0.2 ml d'Alun de fer et de 0.5ml de Sulfite de sodium à 5%, sont ajoutés à chaque tube à essai. Le milieu préparé mélangé à l'inoculum sont doucement agités pour éviter la formation de bulles d'air. Après solidification sur paillasse, les tubes sont incubés à 37°C, de 24 à 48h.

II.2.7. La recherche de *staphylococcus aureus*

Le dénombrement des staphylocoques est réalisé par un ensemencement de 0.1 ml de M et d.d en surface, sur le milieu Baird Parker additionné d'émulsion de jaune d'œuf et de tellurite de potassium. L'incubation est maintenue de 24h à 48 h à 37°C (Colonies noires).

II.2.8. La recherche des staphylocoques à coagulase négatif (SCN)

Ils sont recherchés sur milieu Mannitol Salt Agar (MSA, Fisher Scientific Bioblock) en étalant 0.1 ml de M et de d.d, en surface. L'incubation est conduite à 30° C de 24-48h (ISO 6888-1). Les isolats sont ensuite identifiés par techniques moléculaires (*Polymérase Chain Reaction : PCR*).

II.2.9. La recherche de *Listeria monocytogenes*

Deux enrichissement successifs, à partir du prélèvement de 25g d'échantillon: d'abord en bouillon de Fraser un demi incubé (Oxoid, Basingstoke, UK) 24h à 30°C puis en bouillon de Fraser (Oxoid), incubé 48h à 37°C.

Isolements sur milieux sélectifs : il s'opère sur le milieu Palcam (Oxoid,). L'incubation est conduite pendant 24 à 48h à 37°C (La norme AFNOR V 08-055).

II.2.10. La recherche des bactéries lactiques

L'ensemencement se fait par étalement en surface de 0.1ml de solution mère et des dilutions décimales sur milieu Man Rogosa Sharp agar (MRS, Merck, Darmstadt, Germany), additionné à de l'acide nalidixique (40 mg/l) (Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany), pour inhiber les bactéries Gram-négatif, et du Delvocid (200 mg/l) (Gist-Brocades, Netherlands), pour inhiber les levures et les moisissures (*Annexe 4*). L'incubation est maintenue pendant 2-3 jours à 30° C, en jarre sous atmosphère modifiée (Anaerocult A®, Merk) afin d'assurer les conditions d'anaérobiose (*Figure 19*) (NF V 04-503 : 1988).



Figure 19. Jarres d'incubation des bactéries lactiques en anaérobiose (Anaerocult A)

II.2.11. La recherche des levures et moisissures

L'ensemencement en profondeur de 1 ml de M et d.d est réalisé sur milieu utilisé qui est le Yeast Extract Glucose Chloramphenicol agar (gélose glucosée à l'extrait de levure et au chloramphénicol YCG, Sigma-Aldrich). L'incubation se tient à 25° C pendant 3-5 jours.

• **Calcul et interprétation des résultats :**

Chaque boîte retenue devait contenir 30 et 300 colonies. Le comptage est effectué à l'aide d'un compteur de colonies. Après la période d'incubation, Le nombre de microorganismes, par gramme de produit est calculé à partir des boîtes retenues, au niveau de deux dilutions successives à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{\Sigma a}{V(n_1 + 0,1n_2)d}$$

Σa : somme des ufc (unités formant colonie) de toutes les boîtes retenues de 2 dilutions successives

V : volume inoculum ensemencé

n_1 : nb de boîtes à la 1^{re} dilution

n_2 : nb de boites à la 2^e dilution

d : facteur de dilution de la 1^{re} dilution retenue

Résultats :

Le résultat de germes dénombrés par g de produit est retenu par un nombre compris entre 1 et 9.9 multiplié par 10ⁿ où, n est la puissance appropriée de 10. Les résultats sont arrondis à deux chiffres significatifs après la virgule. Ils sont donnés en logarithme décimal d'unité formant colonies (Larpent *et al.*, 1997).

II.3. Caractérisation moléculaire

La caractérisation moléculaire a été réalisée pour tous les échantillons, aux différents points d'analyse, à savoir: viande fraîche (J₀) ; 01 mois; 03 mois; 06 mois et 01 an de conservation d'*El-Guedid*, sur les espèces potentiellement d'intérêt technologique : les bactéries lactiques (LAB) et les staphylocoques à coagulase négatives (SCN). Les amorces utilisées, dans toutes les PCR (polymerase chain reaction) de notre étude ont été synthétisées

par *eurofins Genomics* et sont des oligonucléotides propres au genre et à l'espèce, et sont toutes citées en *annexe 5*. Le mélange réactionnel (le mix) et les conditions de déroulement des PCR, ainsi que les marqueurs de taille utilisés dans les gels d'électrophorèse (*Promega 100bp DNA Ladder*) sont cités dans *l'annexe 6*.

II.3.1. Identification des staphylocoques

- **Culture bactérienne.** Huit colonies staphylocoques d'aspect différents, ont été ensemencées sur une gélose Brain Heart Infusion (BHI, Difco™, Becton, Dickinson and Company) pendant 24h à 30°C. Les isolats ont subi un test catalase.
- **PCR Multiplex.** Les isolats ont été soumis à une PCR Multiplex afin d'identifier les isolats. Une multitude d'amorces spécifiques au genre et à l'espèce de *Staphylococcus* a été employée dans la PCR (*eurofins Genomics*): Se705-1, Se705-2 pour *S. epidermidis*; Sa442-1, Sa442-2 pour *S. aureus*; Sap1, Sap2 pour *S. saprophyticus*; Xyl F et Xyl R pour *S. xylosus*; Tstag765 et TstaG422 pour le genre *Staphylococcus* (*Annexe 5 ; 6*).

Les amplifications d'ADN (PCR) ont été réalisées, à l'aide de 02 thermocyclers : le Bio-Rad C1000 gradient, et le GenAmp PCR system 9700 PE (Perkin-Elmer, Courtaboeuf, France) (*Figure 20*). Pour les électrophorèses horizontales, le système d'électrophorèse avec cuve RunOne a été utilisé pour l'obtention des différents gels des électrophorèses (*Figure 21*). Les gels ont été visualisés à l'aide du GEL doc 2000 system BIO-RAD (*Figure 22*).



Figure 20. Thermocyclers utilisés pour les amplifications. : (1) *Bio-Rad C1000 gradient* ; (2) *GenAmp PCR system 9700 PE (Perkin-Elmer, Courtaboeuf, France)*



Figure 21. Système d'électrophorèse avec cuve RunOne



Figure 22. GEL doc 2000 system BIO-RAD

II.3.2. Identification des bactéries lactiques

- **Culture bactérienne.** Huit colonies de bactéries lactiques d'aspects différents ont été ensemencées sur un bouillon MRS, à 30°C pendant 48h.
- **Extraction d'ADN.** Les isolats ont subi une extraction d'ADN, suivant le protocole d'extraction en *figure 23* selon les recommandations du fabricant, et qui a été effectué avec le kit *Wizard genomic DNA purification* (Promega, Charbonnières-les-Bains, France *ref: A1120*).

Protocole d'extraction d'ADN

Centrifugation de 1.5ml de la culture bactérienne à 13000rts pendant 2min
Élimination du surnageant et reprise du culot dans 480µl d'EDTA à 50Mm, et vortexer
Ajout d'enzyme de lyse : 60µl de lysozyme à 10µg/ml + mélanger
Incubation à 37°C pendant 30min maximum + centrifugation 2min, à 13000rts + enlever le surnageant
Ajout de 600µl de « nuclei lysis solution » + incubation pendant 5min à 80°C au bain marie sec
Ajout de 3µl de solution de Rnase aux cellules lysées + incubation à 37°C, 15-60 min.
Ajout de 200µl de solution pour « précipitation des prot » + vortexer + incubation dans la glace pendant 5min + centrifugation à 13000rts ,5min
Récupération du surnageant + 600µl d'isopropanol + incubation pendant 10min dans la glace + centrifugation à 13000rts pendant 5min, à 4°C
Élimination du surnageant + 600µl d'éthanol à 70% +centrifugation à 13000 rts pendant 5min
Séchage des tubes à l'air libre pendant 10-15 min +100 µl de « DNA réhydratation solution »
Incubation au bain marie sec à 65°C pendant 1heure + mélanger

Figure 23. Protocole d'extraction d'ADN bactérien

- Une fois l'extraction terminée, le dosage de la concentration d'ADN est effectué à l'aide du nanodrop one (*Figure 24*).

- **Purification d'ADN.** Une purification d'ADN sur colonne a été réalisée, selon le protocole en *figure 25*.

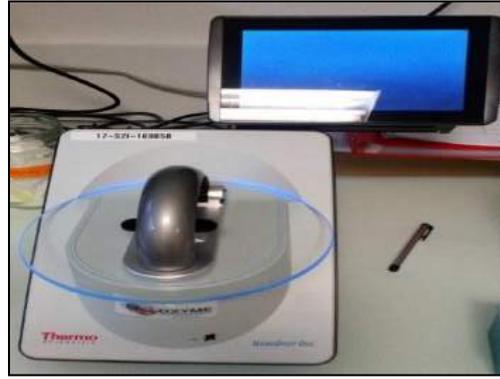


Figure 24. Le Nanodrop One (Thermo scientific) utilisée pour mesurer la concentration d'ADN

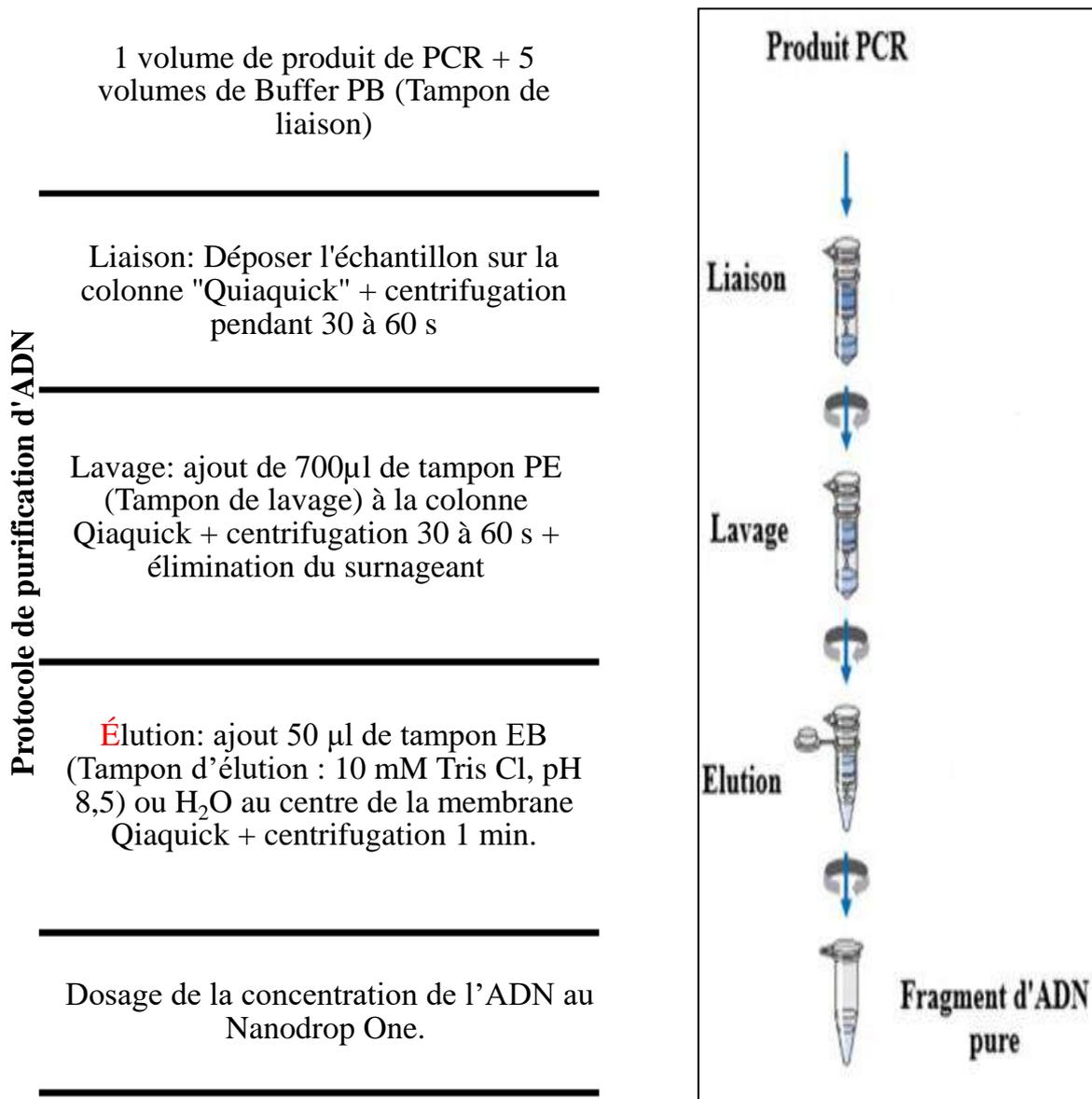


Figure 25. Protocole de purification d'ADN bactérien.
(Procédure de purification d'ADN par colonne (QIAquick spin kit))

- Pour la purification d'ADN sur colonne, elle a été effectuée en utilisant le kit (*column QUIAquick: QUIAGEN, Courtaboeuf, France*) (**Figure 26**).



Figure 26. Colonne de purification d'ADN (QUIAquick: QUIAGEN)

- **PCR RAPD M13.** L'ADN purifié précédemment (50ng/μl) est ensuite amplifié par la PCR RAPD M13 (Random Amplified Polymorphic DNA), en utilisant l'amorce PM13 afin de présélectionner les différents profils bactériens à séquencer, par la suite (**Annexe 5**).
- **PCR 16S.** Les profils présélectionnés ont subi des amplifications des fragments d'ADN par PCR 16S, par des amorces spécifiques : 27 FC and 967 R (**Annexe 5**).
- **Séquençage.** Afin d'identifier les espèces des bactéries lactiques présentes dans les échantillons d'*El-Guedid*, la purification des fragments d'ADN a été suivie par un séquençage par *Eurofins Genomics (Ebersberg, Germany)*. La préparation des fragments d'ADN à séquencer, s'est fait, par l'emploi d'un kit « Mix2Seq Kit » (eurofins Genomics) (**Figure 27**), selon le protocole qui suit :

1. Chaque puit contient 15μl d'ADN (produit de PCR) d'une concentration de 10ng/μl;
2. Ajout de 2μl d'amorce (27FC+967R) à 10pmol/μl ;
3. Fermeture des cupules (17μl de volume total dans chaque ?) ;
4. Envoi des échantillons au séquençage.



Figure 27. Kit de séquençage Séq2mix

L'identification a été proposée à partir des recherches alignements avec la collection des nucléotides de NCBI (NR), avec un programme BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>), et avec EzBioCloud 16S database (<http://eztaxon-e.ezbiocloud.net>).

II.4. Analyse statistique

Afin de traiter nos données, plusieurs analyses statistiques ont été employées. Les résultats ont été analysés, tout d'abord avec le logiciel **R 3.6.1** (R Core Team, 2014), pour vérifier la distribution normale et l'homogénéité des variances avant l'analyse globale par ANOVA One-Way (statistiques descriptives).

Les résultats ont été présentés sous la forme de moyennes \pm écarts-types. En second lieu, des comparaisons par paire à l'aide du *test t* de *student* ont été pratiquées entre chaque temps et chaque type de viande. En plus, de l'analyse discriminante linéaire (LDA), l'analyse des composantes principales (ACP) (*Dray et Dufour, 2007*) a été réalisée afin d'étudier l'évolution et la corrélation des variables physico-chimiques par type de viande et par temps.

II.4.1. Effet des paramètres physico-chimiques

Afin de mettre en évidence les différences physico-chimiques entre les types de viande au fil du temps, des analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de l'embalage R *ade4A*

(Dray *et al.*, 2007 ; Siberchicot *et al.*, 2017). La valeur moyenne et l'écart-type ont été calculés à partir des données obtenues, de trois paquets individuels du même produit.

L'analyse de variance ANOVA One-Way a servi à tester l'importance des différences entre les moyennes des différents réplicas (ovins, bovins, caprins, et camelins). Ces analyses ont été réalisées, afin d'évaluer l'influence des facteurs de variation (variable dépendante), sur les variables continues quantitatives issues de la caractérisation physico-chimique. Les valeurs de $P < 0,05$ (*) ; $P < 0,001$ (**) ; et $P < 0,0001$ (***) sont considérées comme significatives, et les valeurs $P > 0,05$ comme non significatives (NS).

Les méthodes les plus classiques de la statistique descriptive multidimensionnelle sont les méthodes factorielles. Elles consistent à rechercher des facteurs en nombre restreint et en résumant le mieux possible les données considérées. Parmi ces analyses multidimensionnelles, on retrouve l'analyse en composantes principales ou ACP. L'ACP, qui est une technique d'analyse de données utilisée pour réduire la dimension de l'espace de représentation des données. Contrairement à d'autres méthodes de sélection, celle-ci porte uniquement sur les variables, indépendamment des grandeurs que l'on cherche à modéliser. Les variables initiales sont remplacées par de nouvelles variables, appelées composantes principales ou axes principaux, non corrélées deux à deux, et telles que les projections des données sur ces composantes (axes) qui soient de variance maximale.

Les principaux axes de l'ACP (généralement deux dans toutes les ACPs de cette thèse) sont ceux qui maximisent l'inertie du nuage projeté, c'est-à-dire la moyenne pondérée des carrés des distances des points projetés à leur centre de gravité. Cette maximisation de l'inertie utilisée comme critère dans toutes nos analyses, nous a permis de préserver au mieux la répartition des points. Dès lors, les (n) composantes principales peuvent être représentées dans l'espace sous-tendu par ces axes, par une projection orthogonale des (n) vecteurs d'observations sur les (k) axes principaux.

Une analyse factorielle discriminante a été effectuée afin d'étudier l'évolution et la corrélation entre les paramètres, en plus de l'analyse des composantes principales (ACP). Étant donné que les paramètres évoluent fortement, au cours du temps, toutes les données ont été analysées, temps par temps. L'analyse a été faite pour chaque temps, indépendamment. Il s'agit d'une ACP (analyse en composantes principales) sur laquelle, on a fait une analyse discriminante, pour mettre en évidence des groupes connus (types de viandes).

L'influence des paramètres physico-chimiques entre chaque mesure (temps), pour chaque type de viande indépendamment a été également accomplie sur tous les échantillons. Une ACP et une analyse discriminante ont été réalisés en prenant comme variable temps, pour créer des groupes.

II.4.2. Analyse de variance 'ANOVA' et modélisation de l'évolution des paramètres physico-chimiques au cours du temps

La réponse de chaque paramètre physico-chimique en fonction du temps a été testée afin de démontrer l'effet de temps ou du type de viande sur la valeur mesurée du paramètre. Cette analyse a pour but de s'assurer si les types de viandes répondent différemment, au cours du temps. Les paramètres physico-chimiques sont toujours étudiés indépendamment.

II.5. Les limites de l'étude

Le choix des ménages et l'obtention de leur acceptation de préparer les échantillons d'El Guedid s'est avéré difficile. En effet, les familles se méfiaient du fait que les échantillons devaient conserver chez eux et tout en nous procurant, une petite quantité, à chaque point de prélèvement. Plusieurs familles ont refusé catégoriquement l'idée d'être responsable de ces échantillons, notamment devant servir à des recherches.

Un manque de réactifs/milieus de culture a été un problème majeur lors de cette étude. Et pour parer à cette pénurie, nous avons été dans l'obligation d'annuler quelques points de la cinétique, à savoir : analyses d'échantillons, juste après l'étape du salage et du séchage.

Une pénurie de la viande caprine et surtout cameline a été un problème majeur dans notre étude, d'où une perte de temps considérable, en plus du fait de, la récupération des échantillons à chaque point d'analyse, de tous les ménages, et dans les différentes régions. Par conséquent, les échantillons ont été élaborés dans des conditions difficiles.

Les données disponibles dans la littérature consacrée aux produits carnés traditionnels en Algérie sont insuffisantes, de surcroît, dans le cas d'*El-Guedid*. Très peu d'informations sont publiées dans ce domaine. Par conséquent, peu de publications sont disponibles pour confronter nos résultats obtenus, sur le terrain, après le traitement des données.

Les points de prélèvement des échantillons et les différentes analyses effectuées sont résumés dans *le tableau 17*.

Tableau 17. Récapitulatif des différents points de prélèvements et analyses effectuées lors de la caractérisation physico-chimiques et microbiologiques d'El-Guedid

Analyses		Étapes d'échantillonnage				
		T ₀	T ₃₀	T ₉₀	T ₁₈₀	T ₃₆₅
Analyses physico-chimiques	<i>pH</i>	X	X	X	X	X
	<i>Humidité</i>	X	X	X	X	X
	<i>Lipides</i>	X	X	X	X	X
	<i>NaCl</i>	ND	X	ND	X	ND
	<i>Aw</i>	X	X	X	X	X
	<i>TBARS</i>	X	X	X	X	X
	<i>carbonyles</i>	X	ND	ND	ND	X
Analyses microbiologiques	<i>Flore totale aérobie mésophile (FTAM)</i>	X	X	X	X	X
	<i>Coliformes fécaux/totaux</i>	X	X	X	X	X
	<i>Staphylococcus aureus</i>	X	X	X	X	X
	<i>Anaérobies sulfite-réducteurs</i>	X	X	X	X	X
	<i>Staphylococques à coagulase négative (SCN)</i>	X	X	X	X	X
	<i>Entérobactéries</i>	X	X	X	X	X
	<i>Levures et moisissures</i>	X	X	X	X	X
	<i>Bactéries lactiques</i>	X	X	X	X	X
	<i>Listeria monocytogènes</i>	X	X	X	X	X
	<i>Salmonella</i>	X	X	X	X	X

X: point analysé ; **ND:** point non-analysé.

A decorative horizontal scroll graphic with a black outline and rounded ends, containing the text 'Résultats et discussion'.

Résultats et discussion

Avant de procéder à la présentation des résultats, rappelons dans ce travail, le processus de fabrication des échantillons et les analyses effectuées. Douze productions ont été préparées de façon traditionnelle, dans 04 régions différentes, 03 ménages par région et issues de différents types de viande (partie du flanc), à savoir : la viande ovine à Constantine (Est), la viande bovine à Alger (Nord), la viande caprine à Oum El Bouaghi (Nord) et la viande cameline à Ouargla (Sud).

Les échantillons ont été préparés, selon le procédé de préparation traditionnel, relatif à chaque famille. En général, la viande est découpée en petits morceaux (3 cm sur 7 cm), abondamment salée (environ 200 g de NaCl), puis séchée au soleil, en extérieur, à température ambiante (*Annexe 2*), sur des cordes (fils). Le séchage a duré de 7 jours à plusieurs semaines, en fonction de la température extérieure. Ensuite, El-Guedid a été conservé, à l'abri du soleil et de l'humidité, jusqu'à sa consommation.

La cinétique de caractérisation physico-chimique, microbiologique et moléculaire d'El-Guedid a été réalisée, à partir des échantillons prélevés, à différents temps d'affinage et de conservation, à savoir : viande fraîche (T0), 01 mois, 03mois, 06 mois et 01 an. Ces temps de prélèvements ont été fixés selon les préférences de consommation d'El-Guedid (*figure 28*). Un total de 60 échantillons a été collecté, au cours de la conservation : 15 échantillons pour chaque ménage.

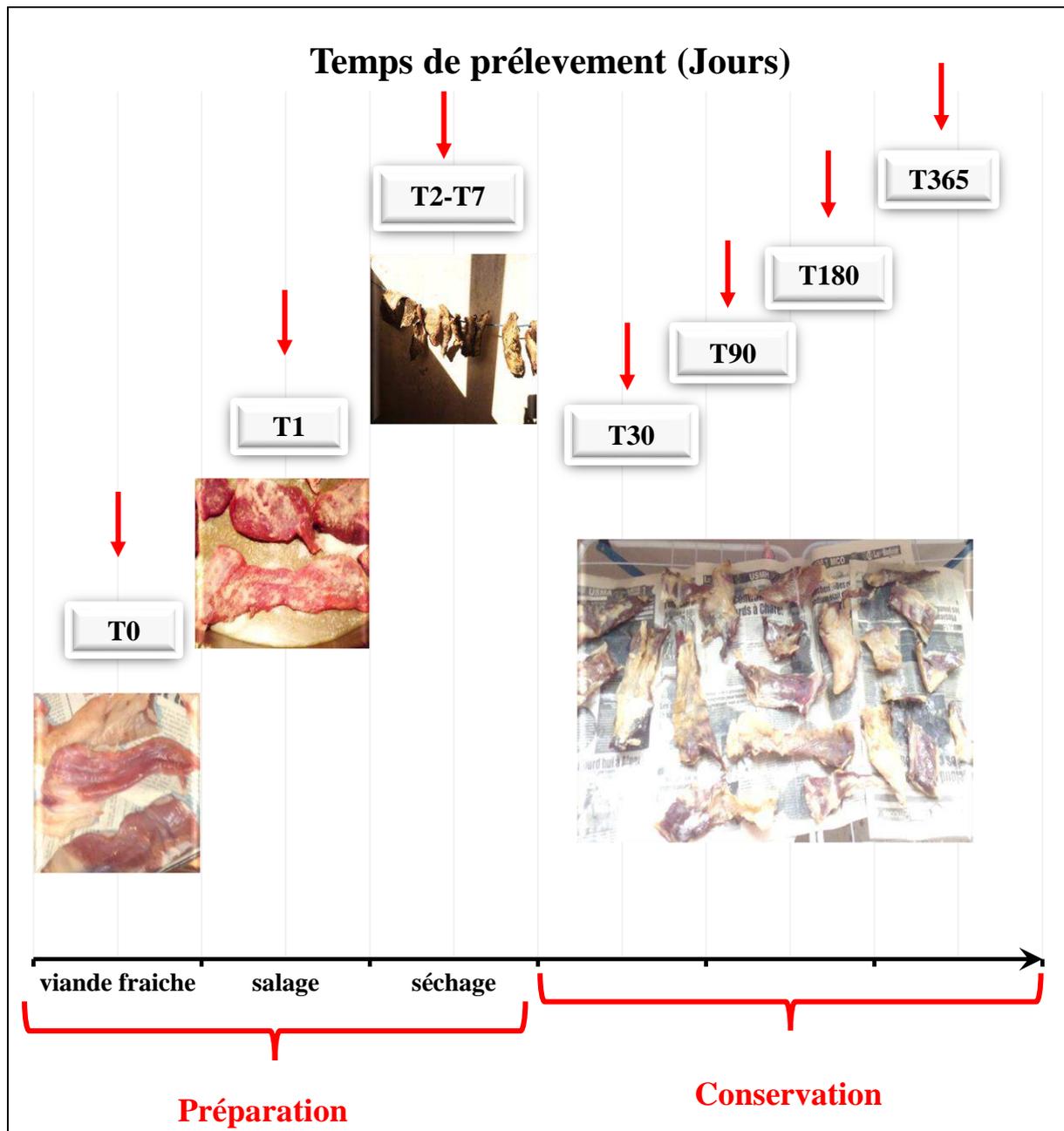


Figure 28. Processus de fabrication et cinétique de caractérisation des produits d'El Guedid

I. Caractérisation physico-chimique

Les analyses physico-chimiques (pH, NaCl, Humidité, Aw, taux des lipides et oxydation protéique et lipidique) ont été effectuées, tout au long de la période d'affinage et de conservation d'El-Guedid. Les résultats sont présentés dans les tableaux : 18 à 26, et illustrés dans les figures : 28 à 40.

I.1. Cinétique d'évolution du pH

Une diminution du pH a été observée, tout au long du processus d'affinage, pour tous les échantillons, et les différents types de viande (*Tableau 18*).

La valeur du pH de la viande fraîche, a légèrement diminué, jusqu'à 90 jours de conservation. Le pH initial (T0) oscillait de 6.4 ± 0.2 pour les échantillons ovins ; 6.4 ± 0.1 pour les échantillons bovins ; 6.3 ± 0.1 pour les échantillons caprins et 6.3 ± 0.1 pour les échantillons camelins, jusqu'à des valeurs de : 6.1 ± 0.1 ; 6.2 ± 0.1 ; 6.0 ± 0.1 à T90 pour les échantillons ovins, bovins, caprins et camelins, respectivement, à 90 jours de conservation.

Une chute plus importante des valeurs du pH a été observée en fin de conservation, pour atteindre une valeur variant de 5.2 ± 0.2 ; 5.5 ± 0.3 ; 5.4 ± 0.0 ; 5.5 ± 0.1 à T365 pour les échantillons ovins ; bovins ; caprin et camelins respectivement. L'amplitude du pH variait de 0.8 à 1.2 unité de pH, avec la plus faible amplitude, pour les échantillons camelins et la plus élevée, pour les échantillons ovins.

Tableau 18. Cinétique d'évolution du pH, durant l'affinage des échantillons d'El-Guedid à partir de différents types de viande

Viande	T0	T30	T90	T180	T365
Poc 1	6,56	6,43	6,19	5,59	5,13
Poc 2	6,27	6,18	6,10	5,69	5,15
Poc 3	6,42	6,16	6,11	5,90	5,45
Moy+ ect	6.4 ± 0.2^a	6.3 ± 0.2^a	6.1 ± 0.1^a	5.7 ± 0.1^b	5.2 ± 0.2^c
Pba 1	6,36	6,17	6,11	5,61	5,29
Pba 2	6,40	6,29	6,26	6,11	5,61
Pba 3	6,47	6,17	6,12	5,83	5,62
Moy+ ect	6.4 ± 0.1^a	$6.2 \pm 0.1^{a,b}$	$6.2 \pm 0.1^{a,b}$	$5.9 \pm 0.2^{b,c}$	5.5 ± 0.3^c
Pcob 1	6,21	6,12	6,12	5,73	5,44
Pcob 2	6,30	6,22	5,87	5,82	5,46
Pcob 3	6,42	6,17	6,11	5,82	5,41
Moy+ ect	6.3 ± 0.1	6.2 ± 0.1^a	6.0 ± 0.1^b	5.8 ± 0.1^c	5.4 ± 0.0^d
Pco1	6,43	6,25	6,22	5,84	5,43
Pco 2	6,31	6,19	6,02	5,81	5,33
Pco 3	6,28	6,04	5,90	5,89	5,62
Moy+ ect	6.3 ± 0.1	$6.2 \pm 0.1^{a,b}$	$6.0 \pm 0.1^{b,c}$	5.8 ± 0.1^c	5.5 ± 0.1^d

Poc 1,2,3: échantillons ovins de Constantine (triplicatas) ; Pba1,2,3: échantillons bovins de Alger ; Pcob1,2,3: échantillons caprins de Oum El Bouaghi ; Pco1,2,3: échantillons camelins de Ouargla. T0, viande fraîche ; T30, T90, T180, T365: 30, 90, 180, 365 jours d'affinage respectivement. Moy + ect: Valeurs moyennes \pm écarts types. Les différentes lettres (a,b,c) dans la même ligne indique une différence statistique significative ($p < 0.05$).

Au cours de son affinage et quel que soit le type de viande, *El-Guedid* connaît une baisse de son pH, tout au long du processus. Ces résultats peuvent s'expliquer, par l'accumulation de l'acide lactique produit par les bactéries lactiques au cours de l'affinage.

La **figure 29** illustre l'évolution du pH des différents échantillons, tout au long du processus d'affinage.

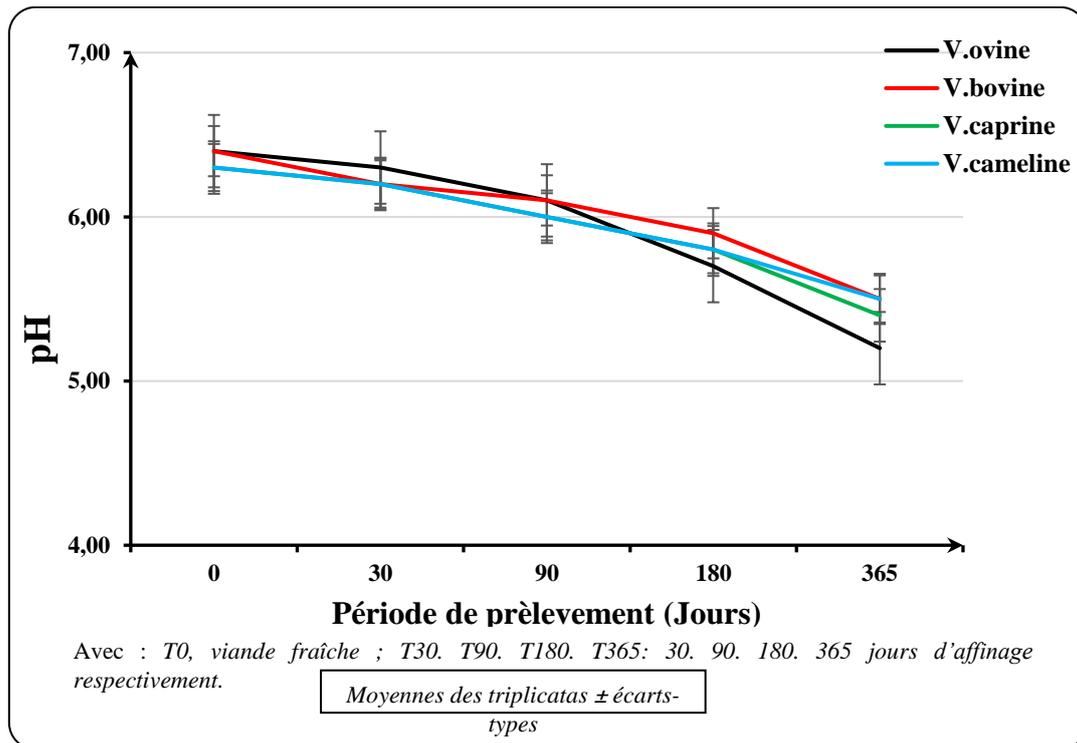


Figure 29. Cinétique d'évolution du pH durant l'affinage des échantillons d'El-Guedid, à partir de différents types de viande

Nos valeurs initiales de pH (T0) étaient proches de celles trouvées par **Benlacheheb et al., (2019)** dans la viande ovine fraîche. Ces valeurs ont diminué au cours de l'affinage, quelle que soit la viande utilisée. Une plage de pH similaire a été retrouvée pour le biltong sec (viande salée/séchée d'Afrique du sud) (4.8 - 5.8), dans le kaddid tunisien (5.5 - 5.8), ou le kaddid marocain (5.2 - 5.4) (**Attwell et al., 2003 ; Dzimba et al., 2007 ; Nortjé et al., 2005 ; Van den Heever et al., 1970 ; Van der Riet et al., 1982 ; Petit et al., 2014 ; Zaier et al., 2011 ; Bennani et al., 1995**). Pour le biltong humide, certains produits kitoza (viande porcine/bovine salée/séchée et/ou fumée de Madagascar), viande de chèvre salée sèche et le lãcon porcine « jambon séché espagnol », des plages de pH (5.7 - 6.2) à (5.0 - 6.2) ont été mesurés (**Petit et al., 2014 ; Ratsimba et al., 2017 ; Rahman et al., 2005 ; Marra et al., 1999 ; Lorenzo et al.,**

2015 ; Yang *et al.*, 2009). Mais nos valeurs se sont avérées différentes, de celles trouvées par Bennani *et al.*, (2000) pour le kaddid marocain (pH = 4.5).

I.2. Concentration du chlorure de sodium (NaCl)

Des concentrations variables du chlorure de sodium ont été enregistrées à un mois (T30) et 06 mois (T180) entre des échantillons d’El-Guedid préparés à partir de viande de différentes espèces animales, mais aussi au sein d’échantillons de la même viande, comme le montrent les écarts-types élevés (**Tableau 19**). Elles oscillent entre 6.8 ± 3.0 et 8.8 ± 4.9 , pour les échantillons ovins, entre 7.9 ± 2.7 et 13.1 ± 3.6 pour les échantillons bovins, et entre 5.2 ± 0.7 et 10.3 ± 4.8 pour les échantillons camelins et ce, à 01 mois et 06 mois respectivement.

Les échantillons caprins sont plus salés que les autres échantillons provenant des autres types de viande. En effet, la quantité de sel initiale ajouté par les ménages à Oum El Bouaghi (Viande caprine) est la plus élevée. Les valeurs enregistrées étaient relativement élevées, elles oscillaient de 15.9 ± 5.9 jusqu’à 19.3 ± 2.3 à T30 et T90 respectivement. La variabilité observée, dans la même viande s’explique par la fabrication de lots, provenant de différents ménages.

Tableau 19. Concentrations du chlorure de Sodium (%) des échantillons d’El-Guedid à partir de différents types de viande

Viande	T30	T180
Poc 1	4.24	4.40
Poc 2	10.10	8.04
Poc 3	6.03	14.02
Moy+ ect	$6.8 \pm 3.0^{a,b}$	$8.8 \pm 4.9^{a,c}$
Pba 1	9.85	12.42
Pba 2	4.74	17.06
Pba 3	8.97	9.90
Moy+ ect	$7.9 \pm 2.7^{a,b}$	$13.1 \pm 3.6^{a,b}$
Pcob 1	17.21	17.15
Pcob 2	20.99	19.19
Pcob 3	9.43	21.68
Moy+ ect	15.9 ± 5.9^a	19.3 ± 2.3^b
Pco1	5.96	15.50
Pco 2	4.61	6.12
Pco 3	4.95	9.14
Moy+ ect	5.2 ± 0.7^b	$10.3 \pm 4.8^{a,c}$

Poc 1.2.3: échantillons ovins de Constantine (triplicatas) ; **Pba1.2.3:** échantillons bovins d’Alger ; **Pcob1.2.3:** échantillons caprins de Oum El Bouaghi ; **Pco1.2.3:** échantillons camelins de Ouargla. **T30. T180:** 30. 180 jours d’affinage respectivement. **Moy+ect:** Valeurs moyennes \pm écarts types. Les différentes lettres (a,b,c) dans la même ligne indique une différence statistique significative ($p < 0.05$).

Le salage à sec a conduit à une déshydratation de la viande plus conséquente que la saumure (Bellagha *et al.*, 2007 ; Gallart-Jornet *et al.*, 2007). Il peut entraîner un degré élevé de variation, entre les échantillons, vu le sel absorbé par la viande, pendant le processus de maturation. Ce qui peut expliquer les grandes variations des concentrations en sel, observées. Il convient de souligner, que ces variations ne sont pas fortuites et, qu'elles peuvent également être liées à certaines variations des valeurs A_w .

Les résultats représentés par la *figure 30* font ressortir une variation des teneurs en NaCl, des différents types de viandes, à un mois et six mois d'affinage

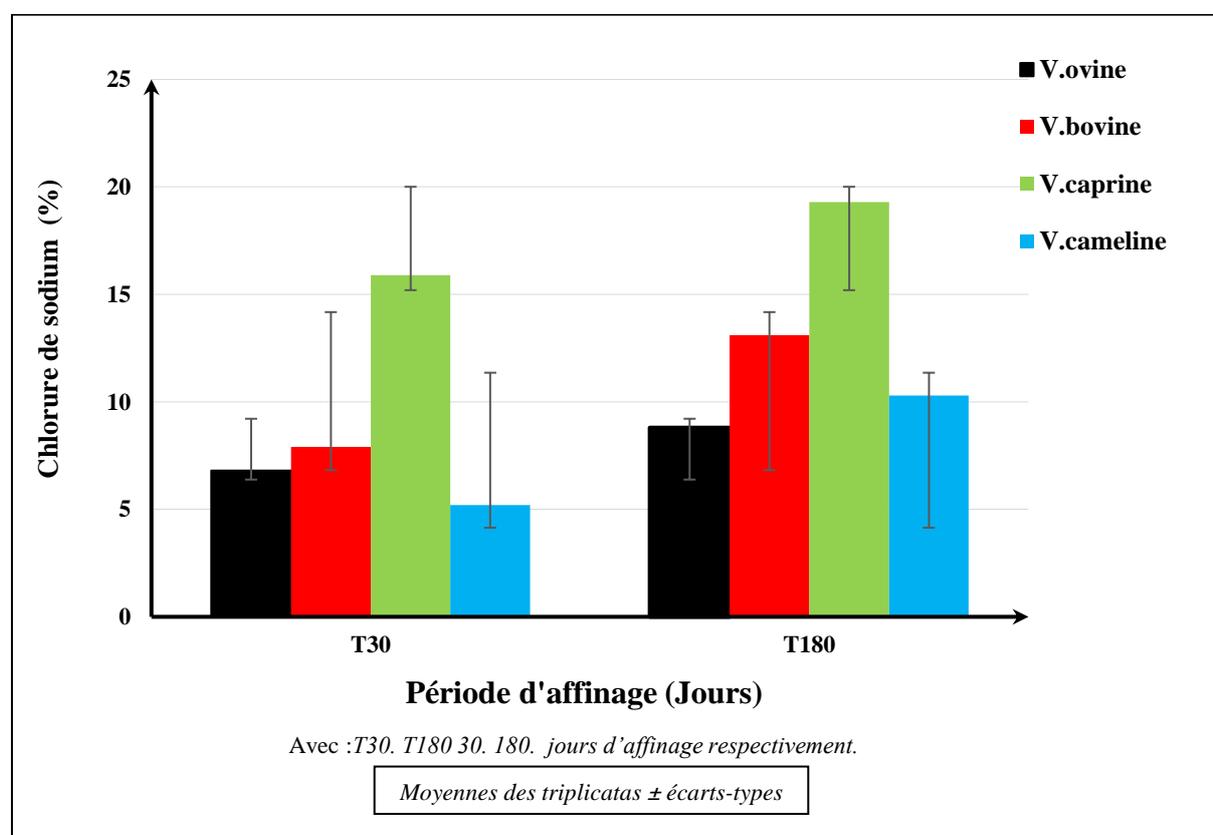


Figure 30. Concentrations du chlorure de Sodium des échantillons d'El-Guedid, à partir de différents types de viande

Les valeurs de la concentration du NaCl ont démontré que nos échantillons d'El-Guedid sont conformes aux données publiées précédemment où la teneur en sel se situait entre 7.4% et 12.4% pour le kaddid marocain (Bennani *et al.*, 1995) ; entre 12.8 % et 17.9% pour le Guedid algérien (Benlecheheb *et al.*, 2018), et du lacon et le charqui (dans le cas des échantillons caprins) avec des concentrations de 16.2 % et 15.5 % respectivement.

Nos produits sont plus salés que plusieurs autres produits carnés similaires, à savoir : le kitoza (2.6 – 4.1%); le kundi « viande salée et épicée, partiellement séchée » (0.5 %) ; le biltong sec et humide avec 6.8 % et 4.8% respectivement ; le boucané « viande de porc salée/fumée de la Réunion » avec 5.6 % (Ratsimba *et al.*, 2017 ; Van der Riet *et al.*, 1976 ; Alonge *et al.*, 1987 ; Marra *et al.*, 1999 ; Poligné *et al.*, 2001 ; Lara *et al.*, 2003).

I.3. Humidité

Le taux d’humidité de nos produits a diminué au fil du temps pour tous les échantillons, et tous les types de viande (*tableau 20*). Une diminution moyenne de la teneur en eau comprise entre 15.6% et 16.3% a été mesurée pour tous les échantillons au cours de l’affinage. Une importante perte d’eau a été mesurée après 30 jours de conservation pour les viandes ovines et bovines avec 11.7% et 9.1%, respectivement. Concernant, les échantillons camelins et caprins, une diminution significative de la teneur en eau n’a été observée, qu’après 90 jours d’affinage avec une perte d’eau de 11.4% et 11.0% respectivement. Une légère diminution de la teneur en eau a été notée, à la fin de la période de conservation avec des taux d’humidité (pourcentage) relativement stable, à savoir : 11.8 ± 1.0 ; 12.3 ± 1.1 ; 11.3 ± 1.1 ; 14.1 ± 1.6 pour les échantillons ovins ; bovins ; caprins et camelin respectivement.

Tableau 20. Évolution du taux d’humidité (%) durant l’affinage des échantillons d’El-Guedid, à partir de différents types de viande

Viande	T0	T30	T90	T180	T365
Poc 1	24,3	16,0	16,0	11,7	11,3
Poc 2	28,7	13,3	14,0	12,7	11,7
Poc 3	30,7	19,3	16,3	12,7	12,3
Moy+ ect	27.9 ± 2.9^a	16.2 ± 2.9^b	15.4 ± 2.3^b	12.3 ± 1.1^b	11.8 ± 1.0^b
Pba 1	27,7	18,7	15,7	11,7	12,3
Pba 2	25,3	16,3	17,3	16,3	13,3
Pba 3	29,3	21,3	17,0	14,3	11,3
Moy+ ect	27.9 ± 2.2^a	18.8 ± 2.4^b	16.7 ± 1.4^{b,c}	14.1 ± 2.2^{b,c}	12.3 ± 1.1^c
Pcob 1	29,7	25,7	19,7	17,0	12,0
Pcob 2	25,7	19,3	13,3	13,0	11,7
Pcob 3	27,3	17,3	15,7	10,7	10,3
Moy+ ect	27.6 ± 2.2^a	20.8 ± 4.0^{a,b}	16.2 ± 3.2^{b,c}	13.6 ± 3.0^{b,c}	11.3 ± 1.1^c
Pco1	27,7	20,0	14,7	12,3	12,3
Pco 2	31,3	29,3	19,7	15,3	15,0
Pco 3	30,3	27,3	22,0	16,7	15,3
Moy+ ect	29.8 ± 1.9^a	25.6 ± 4.4^{a,b}	18.8 ± 3.5^{b,c}	14.8 ± 2.2^c	14.1 ± 1.6^c

Poc 1.2.3 : échantillons ovins de Constantine (triplicatas) ; *Pba1.2.3* : échantillons bovins d’Alger ; *Pcob1.2.3* : échantillons caprins de Oum El Bouaghi ; *Pco1.2.3* : échantillons camelins de Ouargla. **T0**. Viande fraîche ; **T30. T90. T180. T365**: 30. 90. 180. 365 jours d’affinage respectivement. **Moy+ect**: Valeurs moyennes ± écarts types. Les différentes lettres (a,b,c) dans la même ligne indique une différence statistique significative (p < 0.05). Les différentes lettres (a,b,c) dans la même ligne indique une différence statistique significative (p < 0.05).

La teneur en eau de tous les échantillons est largement réduite, sous l'action du NaCl. L'étape de salage et séchage visent principalement la déshydratation de la viande. Selon **Cassens *et al.*, (1994)**, si l'eau de surface ne s'évapore pas assez rapidement, la viande la récupérera, ce qui permettra à des microorganismes indésirables de se développer.

Les fluctuations observées dans l'humidité, pendant l'affinage et la conservation peuvent s'expliquer par les conditions de température et d'humidité relative. Dans la phase de séchage, la teneur en humidité des couches externes a diminué, tandis que les couches internes ont perdu de l'eau, au cours des périodes ultérieures (**Zukal *et al.*, 2010**). Tel que rapporté par **Toldra *et al.*, (2002)**, le taux de séchage (teneur en eau) de certains produits carnés, comme la saucisse ou le jambon est affecté par plusieurs facteurs. Certains d'entre eux sont intrinsèques au produit tels que le pH (lorsque le pH baisse, la viande sèche plus rapidement) et la quantité de graisse intramusculaire qui peut constituer une barrière, à la diffusion de l'eau. La baisse de la teneur en eau est un facteur important pour l'inactivation de la croissance des microorganismes, ainsi que pour le prolongement de la durée de conservation du produit (**Chabbouh *et al.*, 2013**).

Les résultats représentés par **la figure 31**, font ressortir une variation des teneurs en eau, des échantillons d'El-Guedid des différents types de viandes

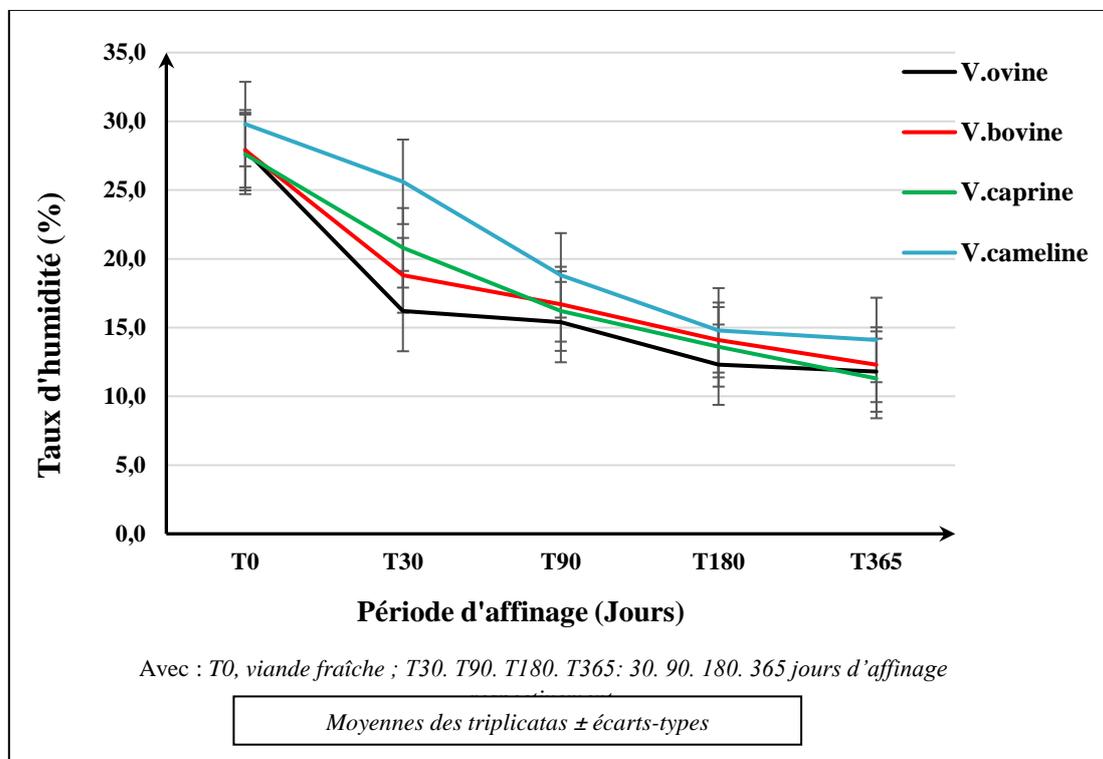


Figure 31. Évolution du taux d'humidité et durant l'affinage des échantillons d'El-Guedid, à partir de différents types de viande

Le taux d'humidité final de nos échantillons (11 – 14 %) est proche de la moyenne du Kaddid traditionnel, en général d'environ 10.3 % (**Bennani et al., 1995**), ces valeurs sont en accord avec celles trouvées dans le Kadid marocain avec des taux qui varient considérablement entre 7.5 % et 14.2 % (**Bennani et al., 1995**).

La teneur en eau de nos échantillons, à un mois d'affinage sont proches de celles du biltong sec (21.5 - 25.3 %) (**Van den Heever et al., 1970**), et sont inférieurs à celles du biltong humide (35.1 – 42.8 %) (**Petit et al., 2014**) ; de celles de la carne de sol (viande salée séchée du Brésil) et de la cecina « viande salée/séchée du Mexique » avec (64 – 70 %) et (61 – 65 %) respectivement (**Norman et al., 1985 ; Reyes-Cano et al., 1994**).

I.4. Activité d'eau (A_w)

L'activité d'eau de tous les échantillons a fortement diminué, au fil du temps, essentiellement, pendant les 30 premiers jours d'affinage (**Tableau 21**). Les activités d'eau de très faible niveau ont été mesurées, durant ce laps de temps. Et des valeurs rapprochées ont été notées, à savoir : 0.675 ± 0.022 , 0.670 ± 0.014 ; 0.718 ± 0.018 ; 0.625 ± 0.049 , pour les échantillons : ovins ; bovins ; caprins et camelins successivement.

Une légère diminution de l'activité d'eau et une stabilité des valeurs a été observée à partir de 30 jours de conservation, pour tous les échantillons d'El-Guedid atteignant des valeurs de 0.669 ± 0.003 ; 0.655 ± 0.017 ; 0.687 ± 0.012 et 0.675 ± 0.029 pour les échantillons ovins ; bovins, caprins et camelins successivement.

Le sel est considéré comme étant un agent dépresseur dans l'agro-alimentaire, il a comme principal rôle : la conservation des aliments, en diminuant l'activité d'eau libre du produit (A_w), ce procédé permet de freiner ou de bloquer le développement microbien.

Tableau 21. Évolution de l'activité d'eau (Aw), durant l'affinage des échantillons d'El-Guedid, à partir de différents types de viande

Viande	T0	T30	T90	T180	T365
Poc 1	0.983	0.650	0.669	0.721	0.665
Poc 2	0.986	0.693	0.674	0.573	0.671
Poc 3	0.987	0.682	0.671	0.685	0.670
Moy+ ect	0.985 ± 0.002^a	0.675 ± 0.022^{b,A,B}	0.671 ± 0.003^{b,A,B}	0.660 ± 0.077^b	0.669 ± 0.003^b
Pba 1	0.985	0.673	0.663	0.679	0.663
Pba 2	0.987	0.655	0.648	0.711	0.635
Pba 3	0.984	0.682	0.672	0.654	0.667
Moy+ ect	0.985 ± 0.002^a	0.670 ± 0.014^{b,A,B}	0.661 ± 0.012^{b,A,C}	0.681 ± 0.029^b	0.655 ± 0.017^b
Pcob 1	0.985	0.726	0.710	0.714	0.699
Pcob 2	0.987	0.697	0.693	0.698	0.675
Pcob 3	0.988	0.730	0.712	0.649	0.688
Moy+ ect	0.987 ± 0.002^a	0.718 ± 0.018^{b,A}	0.705 ± 0.010^{b,B}	0.687 ± 0.034^b	0.687 ± 0.012^b
Pco1	0.988	0.659	0.657	0.608	0.642
Pco 2	0.985	0.569	0.613	0.606	0.690
Pco 3	0.983	0.646	0.621	0.654	0.694
Moy+ ect	0.985 ± 0.003^a	0.625 ± 0.049^{b,B}	0.630 ± 0.023^{b,C}	0.623 ± 0.027^b	0.675 ± 0.029^b

Poc 1,2,3 : échantillons ovins de Constantine (triplicatas) ; **Pba1,2,3** : échantillons bovins d'Alger ; **Pcob1,2,3** : échantillons caprins de Oum El Bouaghi ; **Pco1,2,3** : échantillons camélins de Ouargla. **T0**, viande fraîche ; **T30**, **T90**, **T180**, **T365**: 30. 90. 180. 365 jour d'affinage respectivement. **Moy+ect**: Valeurs moyennes ± écarts types. Les différentes lettres (a,b,c, A,B,C) dans la même ligne indique une différence statistique significative ($p < 0.05$).

La faible valeur d'Aw trouvée peut être expliquée par le procédé combiné de séchage / salage, sachant que le salage à sec a entraîné une perte considérable d'eau constitutive, en raison de la forte absorption du sel (Martínez-Alvarez *et al.*, 2006). Les valeurs d'Aw ont considérablement diminué pour atteindre une valeur correspondante, au niveau duquel aucune croissance microbienne, en ce qui concerne les agents pathogènes et les micro-organismes toxigènes, ne peut se produire (Leistner *et al.*, 1976). Cependant, Williams *et al.* (1976) ont signalé que certaines réactions biochimiques peuvent avoir lieu, en particulier des réactions lipolytiques et / ou protéolytiques, ainsi que l'oxydation des graisses.

El-Guedid, avec une activité d'eau allant de 0.665 à 0.687 et une teneur en sel de 8.8 à 19.3% peut être classé comme produit sec, alors que le kitoza et làcon, deux autres produits de viande séchée salée, présentant une activité d'eau élevée (0.83 à 0.90) et une faible teneur en sel (2.4 à 4.0%) peuvent être considérés comme des produits humides (Ratsimba *et al.*, 2019 ; Lorenzo *et al.*, 2015). Enfin, une troisième catégorie de produits humides intermédiaires peut être définie pour le jambon charqui (Aw : 0.70 à 0.83) (Pinto *et al.*, 2002 ; Marušić *et al.*, 2014 ; Yang *et al.*, 2009), et le kaddid marroccain (Bennani *et al.*, 1995).

Les résultats représentés par *la figure 32*, font ressortir une variation de l'activité d'eau des différents échantillons d'El-Guedid.

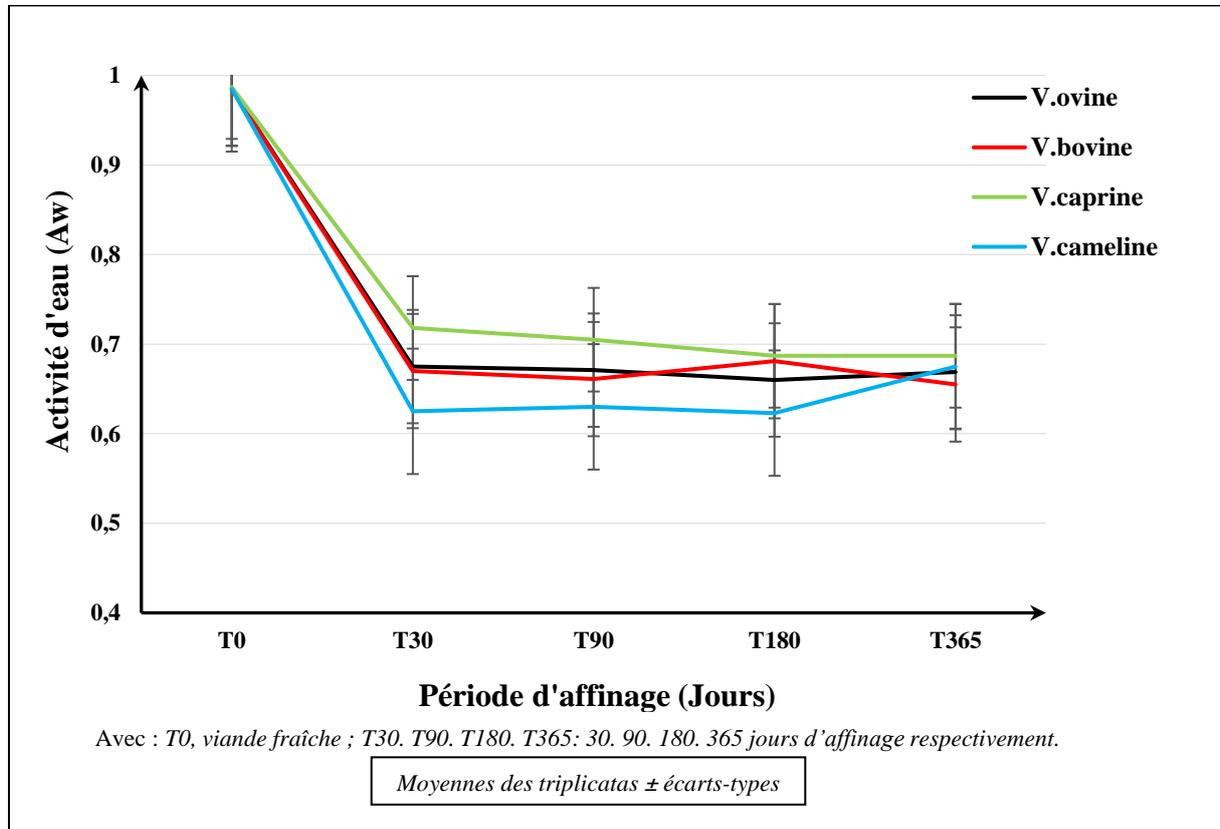


Figure 32. Évolution de l'activité d'eau, durant l'affinage des échantillons d'El-Guedid, à partir de différents types de viande

Les valeurs d'activité d'eau (A_w) d'El-Guedid sont en accord, avec celles trouvées dans le biltong sec (0.65 – 0.68) (Petit *et al.*, 2014), et dans El-Guedid algérien (0.72) (Benlecheheb *et al.*, 2018). Elles sont légèrement plus élevées que celles observées dans le kaddid marocain avec une moyenne de 0.54 (Bennani *et al.*, 1995), et moins élevées que celles enregistrées dans le biltong humide (0.85 – 0.89) (Petit *et al.*, 2014), de viandes de bœuf et de porc séchées (0.79 – 0.83) (Lorenzo *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2009).

I.5. La teneur en lipides

La teneur en lipides était faible pour toutes les viandes fraîches (T0), des différentes espèces animales. Les teneurs (exprimées par g/100 de base sèche) variaient, selon l'origine de

la viande, avec 3.7 ± 0.4 g pour la viande ovine, 3.2 ± 0.4 g pour la viande bovine, 4.1 ± 0.4 g pour les échantillons caprins et 4.8 ± 1.0 pour les échantillons camelins. (**Tableau 22**).

Une augmentation significative des taux des lipides à partir de 90 jours de conservation a été testée pour les viandes ovines (jusqu'à 7.1 ± 0.5 g/100 g de matière sèche) et bovines (jusqu'à 4.9 ± 0.6 g/100 g de matière sèche), et jusqu'à la fin de la conservation (T365), avec 10.0 ± 0.7 g/100 g de matière sèche et 7.2 ± 1.0 g/100 g de matière sèche respectivement.

Quant aux viandes caprines et camelines, elles ont enregistré une légère augmentation des taux de lipides, et ceci durant tout le processus d'affinage et de conservation. Ces taux variaient de 4.2 ± 0.4 % à T30 jusqu'à $5.1 \pm 0.9\%$ à T365, pour les échantillons caprins, et de $4.9 \pm 0.4\%$ à T30 jusqu'à $5.4 \pm 1.0\%$ à T365, pour les échantillons camelins. Certains écarts entre les teneurs en lipides de la même espèce animale pourraient être dû à la présence d'une hétérogénéité des échantillons prélevés.

Tableau 22. Taux des lipides des échantillons d'El-Guedid, au cours de l'affinage, à partir de différents types de viande

Taux des lipides (% matière sèche)					
Viande	T0	T30	T90	T180	T365
Poc 1	3.77	4.04	7.40	7.21	9.33
Poc 2	4.12	3.51	6.50	7.53	10.78
Poc 3	3.23	4.73	7.29	7.87	9.92
Moy+ ect	3.7 ± 0.4^a	4.1 ± 0.6^a	$7.1 \pm 0.5^{b,A}$	$7.5 \pm 0.3^{b,A}$	$10.0 \pm 0.7^{c,A}$
Pba 1	3.17	5.12	4.30	6.19	6.10
Pba 2	3.67	3.79	5.60	6.58	7.56
Pba 3	2.77	4.57	4.94	6.88	8.05
Moy+ ect	3.2 ± 0.4^a	$4.5 \pm 0.7^{a,b}$	$4.9 \pm 0.6^{b,c,B}$	$6.6 \pm 0.3^{c,d,A}$	$7.2 \pm 1.0^{d,B}$
Pcob 1	4.49	4.59	3.93	5.63	5.96
Pcob 2	3.67	4.12	5.53	4.22	4.14
Pcob 3	4.16	3.76	4.76	5.04	5.34
Moy+ ect	4.1 ± 0.4	4.2 ± 0.4	4.7 ± 0.8^B	5.0 ± 0.7^B	5.1 ± 0.9^B
Pco1	3.80	5.26	5.64	5.47	6.19
Pco 2	5.76	4.43	4.49	5.00	5.76
Pco 3	4.70	4.89	5.22	4.96	4.24
Moy+ ect	4.8 ± 1.0	4.9 ± 0.4	5.1 ± 0.6^B	5.1 ± 0.3^B	5.4 ± 1.0^B

Poc 1,2,3 : échantillons ovins de Constantine (triplicatas) ; **Pba1,2,3** : échantillons bovins d'Alger ; **Pcob1,2,3** : échantillons caprins de Oum El Bouaghi ; **Pco1,2,3** : échantillons camelins de Ouargla. **T0**, viande fraîche ; **T30, T90, T180, T365**: 30, 90, 180, 365 jours d'affinage respectivement. **Moy+ect**: Valeurs moyennes \pm écarts types. Les différentes lettres (a,b,c,d,A,B) dans la même ligne indique une différence statistique significative ($p < 0.05$).

Cette augmentation de la teneur en lipide est due au phénomène de la lipolyse qui se produit dans la viande, par les lipases musculaires et/ou microbiennes, entraînant l'accumulation d'acides gras libres au cours du processus. Ce qui résulte aussi en une diminution consistante

de l'Aw après le salage. La lipolyse joue un rôle dans la qualité organoleptique d'El-Guedid et également dans l'effet conservateur partiel des acides gras libres, vis-à-vis des micro-organismes indésirables (qui sont dangereux et provoquent une détérioration). Les caractéristiques gustatives typiques d'El-Guedid sont également dû à la lipolyse et / ou à l'oxydation des acides gras libres, en composés mono carbonylés.

Les résultats représentés par la *figure 33*, font ressortir une variation des teneurs en lipides des différents types de viandes.

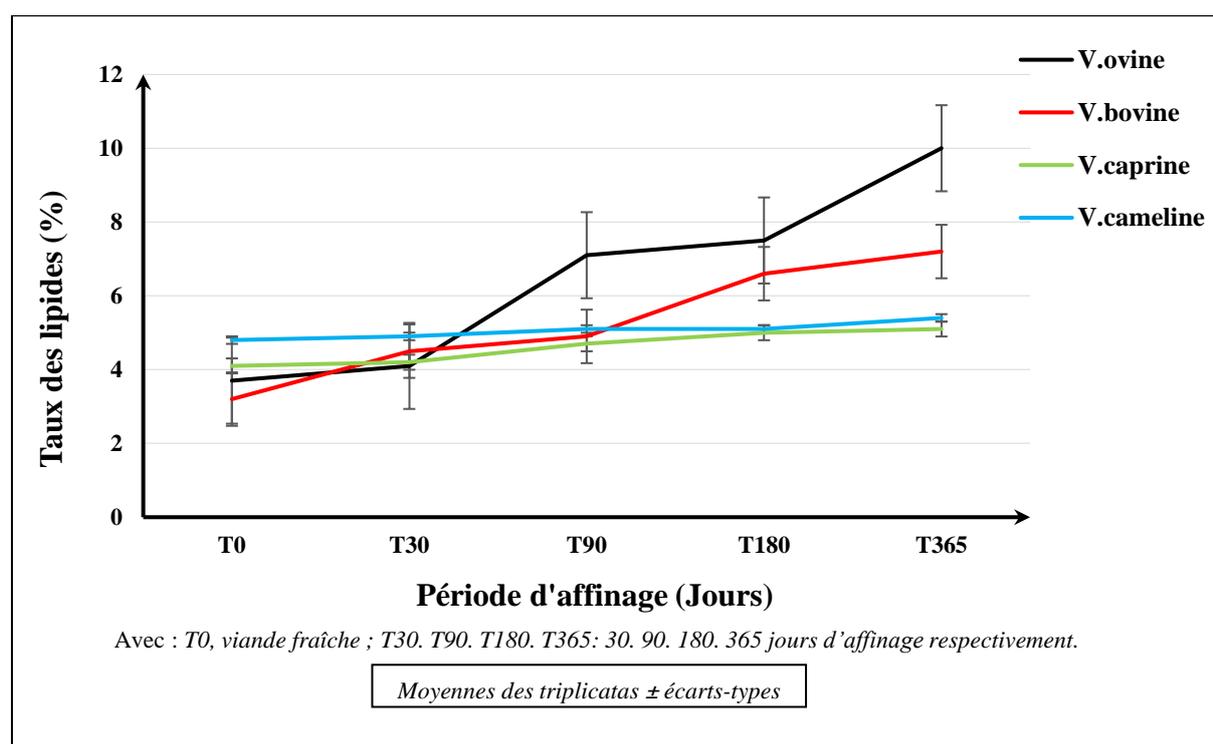


Figure 33. Taux des lipides des échantillons d'El-Guedid au cours de l'affinage à partir de différents types de viande

Les résultats des taux de lipides trouvés dans nos échantillons (ovins et bovins en particulier) se rapprochent de celles enregistrées dans le Kundi, qui vont de 9.7 à 12.2 % (Alonge *et al.*, 1987 ; Kleih *et al.*, 1995), du Kitoza avec 7.1 % (Ratsimba *et al.*, 2019), et celles des viandes de chèvre séchées salées : 3.5 à 4.4 % (Rahman *et al.*, 2005). Les teneurs en lipides enregistrées sont inférieures à celles trouvées dans le Kilishi « viande séchée du Niger » avec 25.3 % (Shamsuddeen *et al.*, 2009), dans le boucané avec 38% (Poligné *et al.*, 2001), dans le lacon et l'androlla « des saucissons espagnols » avec 19.7% et 15.4% respectivement (Marra *et al.*, 1999 ; Fanco *et al.*, 2002).

I.6. Oxydation des lipides (TBARS)

L'oxydation des lipides a été mesurée pour tous les échantillons El-Guedid, au cours du processus d'affinage et de la conservation, et quelle que soit l'origine de la viande. Les valeurs des TBARS oscillaient de 2.2 à 5.2 mg MDA / kg. Une augmentation significative de l'oxydation des lipides a été observée pour les échantillons bovins (*tableau 23*).

Dans notre étude, une tendance mixte (augmentation des valeurs de TBARS suivie d'une diminution) de l'oxydation des lipides a été notée entre le premier jour (T0) et jusqu'à T365 de stockage. En effet, un pic a été enregistré pour les échantillon ovins, bovins et caprins à 90 jours d'affinage avec des valeurs de : 3.7 ± 2.2 ; 8.6 ± 3.1 ; 7.3 ± 2.2 mg/MDA/Kg respectivement, et un pic à 30 jours (6.2 ± 5.0 mg/MDA/Kg) pour les échantillons camelins, suivi par une chute notable de ces valeurs, atteignant 2.4 ± 1.3 ; 2.2 ± 0.3 ; 5.2 ± 2.2 et 3.5 ± 1.2 pour les échantillons ovins ; bovins ; caprins et camelins successivement, après 365 jours de conservation. Le niveau d'oxydation lipidique peut renseigner sur le développement aromatique qui s'opère durant la fabrication des produits carnés. Il n'existe pas dans la littérature, de valeurs seuils d'indice TBARS. Toutefois, un produit contenant moins de 1.0 mg MDA/kg est généralement admis comme étant non oxydé.

Tableau 23. Taux d'oxydation des lipides, durant l'affinage des échantillons d'El-Guedid, à partir de différents types de viande.

TBARS (mg/MDA/Kg)					
Viande	T0	T30	T90	T180	T365
Poc 1	0.76	0.81	1.09	1.47	3.23
Poc 2	0.71	4.63	6.21	3.68	3.35
Poc 3	1.74	2.23	3.65	3.77	0.68
Moy+ ect	1.1 ± 0.5	2.6 ± 1.7	3.7 ± 2.2	3.0 ± 1.1	2.4 ± 1.3
Pba 1	1.09	1.31	10.61	3.96	2.54
Pba 2	1.20	4.06	4.54	2.69	2.23
Pba 3	1.94	2.06	10.67	2.74	1.83
Moy+ ect	1.4 ± 0.4	2.5 ± 1.2	8.6 ± 3.1	3.1 ± 0.6	2.2 ± 0.3
Pcob 1	1.79	12.84	10.02	6.88	7.42
Pcob 2	1.73	6.12	6.92	4.69	5.70
Pcob 3	4.53	6.63	4.92	1.31	2.34
Moy+ ect	2.7 ± 1.4	8.5 ± 3.2	7.3 ± 2.2	4.3 ± 2.4	5.2 ± 2.2
Pco1	1.40	2.94	3.05	2.91	1.94
Pco 2	1.16	2.77	2.81	0.82	4.67
Pco 3	1.36	12.89	2.99	2.75	3.78
Moy+ ect	1.3 ± 0.1	6.2 ± 5.0	3.0 ± 0.1	2.2 ± 1.0	3.5 ± 1.2

Poc 1.2.3 : échantillons ovins de Constantine (triplicatas) ; **Pba1.2.3** : échantillons bovins d'Alger ; **Pcob1.2.3** : échantillons caprins de Oum El Bouaghi ; **Pco1.2.3** : échantillons camelins de Ouargla. **T0**: viande fraîche ; **T30**, **T90**, **T180**, **T365**: 30. 90. 180. 365 jours d'affinage respectivement. **Moy+ect** : Valeurs moyennes ± écarts types.

Au cours de l'oxydation des lipides, des aldéhydes non volatils se forment (essentiellement le malondialdéhyde (MDA)) et vont réagir avec l'acide thiobarbiturique pour former un complexe rose (d'où la couleur rose des réactions, au cours du dosage comme le montre la *figure 33*, et qui absorbe à 535 nm). L'addition de ces aldéhydes, sur les fonctions amines des protéines (bases de schiff) peut entrer en compétition et entraîner la diminution systématique du taux des TBARS détectés. Ces modifications oxydatives vont toucher, préférentiellement des acides gras polyinsaturés et ainsi conduire à une baisse de la qualité nutritionnelle des produits carnés.

Concernant l'oxydation lipidique, elle est peu satisfaisante. Les indices TBARS sont supérieurs aux valeurs limites trouvées, dans la littérature. La valeur relativement élevée de l'indice TBARS des échantillons semble indiquer un degré élevé d'oxydation pour le produit final. Ceci peut être nuisible pour la santé du consommateur, car des défauts de qualité à partir d'un indice de 2.0 à 3.0 sont perceptibles, au niveau olfactif. La viande devient impropre à la consommation pour des niveaux de TBARS, de l'ordre de 5.0 (Gigaud *et al.*, 2006). Des valeurs de TBARS, autour de 2.0 mg/MDA/kg ont été trouvées comme valeurs limites pour l'acceptabilité d'une saveur rance pour le bœuf (Greene *et al.*, 1982 ; Campo *et al.*, 2006 ; Gigaud *et al.*, 2006).

Les changements de taux d'oxydation des lipides (TBARS) sont illustrés dans la *figure 34*.

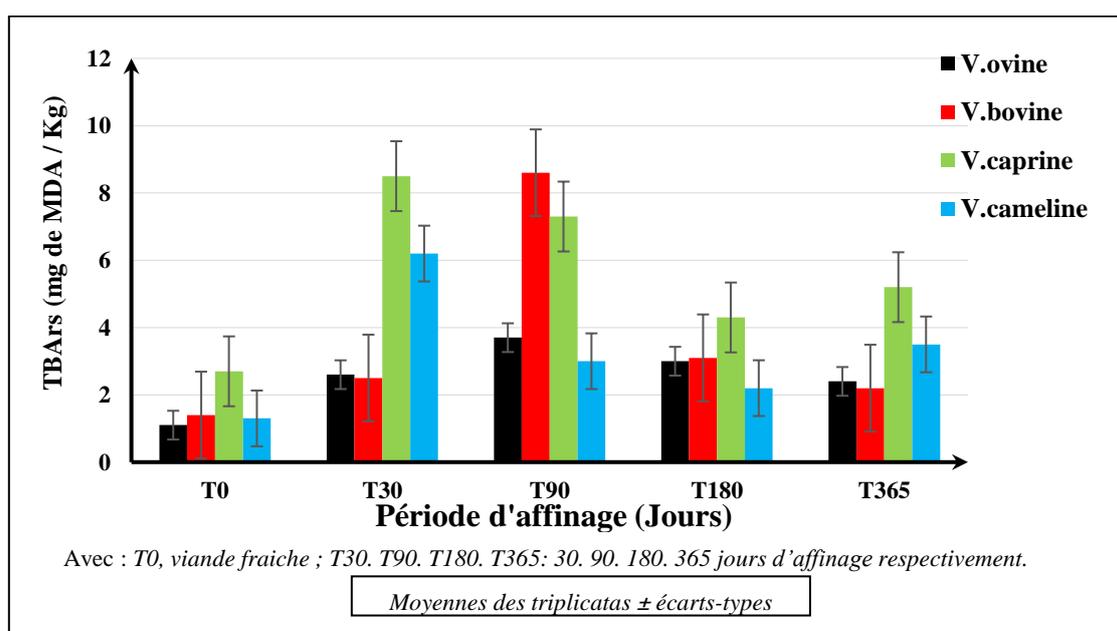


Figure 34. Taux d'oxydation des lipides durant l'affinage des échantillons d'El-Guedid à partir de différents types de viande.

Comme le montre la **figure 35**, les composés carbonylés à l'instar du malondialdéhyde (MDA) réagissent avec l'acide thiobarbiturique (TBA) pour donner des chromophores de couleur rose absorbant à 532 nm.

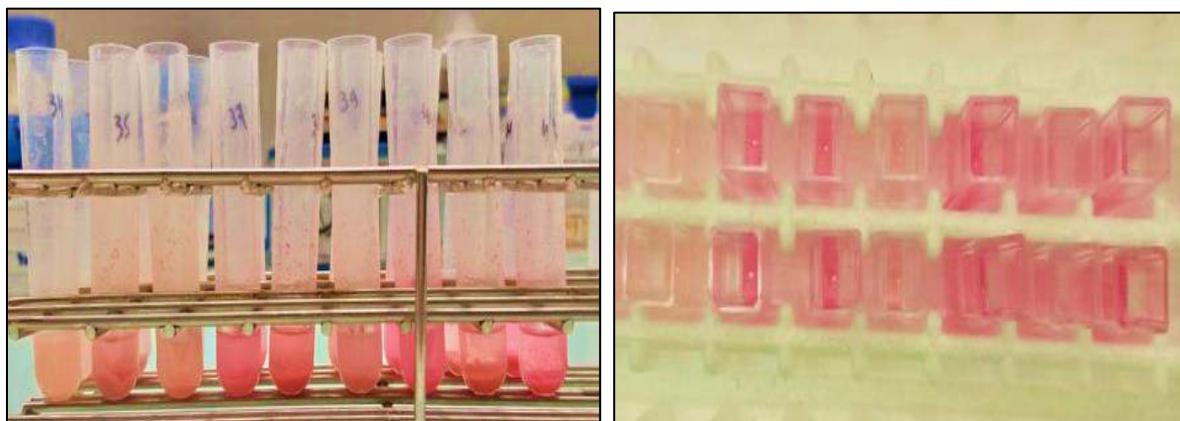


Figure 35. Taux d'oxydation des lipides (*Plus la couleur est rose, plus l'oxydation des lipides est intense*)

Tous les résultats sont exprimés en 'mg / MDA / Kg'. À la fin du stockage, nos résultats étaient proches de celles du kitoza de porc et de bœuf (3.5 - 3.7) (**Ratsimba et al., 2019**). Des valeurs TBARS plus élevées (entre 6.0 et 7.0) ont été enregistrées pour les échantillons de viande de porc séchés, par rapport à ceux de bœuf (3.5) (**Yang et al., 2009**).

Nos échantillons sont plus oxydés que ceux obtenus dans le biltong (0.8) (**Nortjé et al., 2005**), l'androlla (0.1 - 0.4) (**Fanco et al., 2002**), et dans le kilishi allant jusqu'à 2.0 (**Igene et al., 1987**).

I.7. Oxydation des protéines (Carbonyles)

Les valeurs des carbonyles de nos échantillons sont corrélées, à l'oxydation des protéines (**Tableau 24**). Ces valeurs ont été mesurées à T0 et T365 et ont été exprimées en nmole/mg de protéines. Elles oscillent respectivement entre 6.1 ± 1.3 et 9.9 ± 1.1 , pour les échantillons ovins, entre 5.7 ± 0.9 et 8.5 ± 0.7 , pour les échantillons bovins, entre 4.0 ± 1.2 et 7.3 ± 2.0 , pour les échantillons caprins et entre 5.7 ± 1.6 et 8.2 ± 0.8 , pour les échantillons camelins.

L'augmentation significative la plus élevée de l'oxydation des protéines a été enregistrée pour les échantillons ovins.

Tableau 24. Taux d'oxydation des protéines, durant l'affinage des échantillons d'El-Guedid, à partir de différents types de viande

Viande	T0	T365
Poc 1	6,4	10,4
Poc 2	5,6	10,6
Poc 3	6,3	8,7
Moy+ ect	6.1 ± 1.3	9.9 ± 1.1
Pba 1	4,9	8,4
Pba 2	6,0	9,3
Pba 3	6,1	7,8
Moy+ ect	5.7 ± 0.9	8.5 ± 0.7
Pcob 1	4,1	7,4
Pcob 2	5,3	9,4
Pcob 3	2,6	5,2
Moy+ ect	4.0 ± 1.2	7.3 ± 2.0
Pco1	7,7	7,3
Pco 2	5,2	8,8
Pco 3	4,3	8,5
Moy+ ect	5.7 ± 1.6	8.2 ± 0.8

Poc 1.2.3 : échantillons ovins de Constantine (triplicatas) ; **Pba1.2.3 :** échantillons bovins d'Alger ; **Pcob1.2.3 :** échantillons capins de Oum El Bouaghi ; **Pco1.2.3 :** échantillons camelins de Ouargla. **T0,** viande fraîche ; **T365:** 365 jours d'affinage respectivement. **Moy+ect:** Valeurs moyennes ± écarts types.

Contrairement à l'oxydation des lipides, qui a été étudiée minutieusement, dans les produits carnés, l'oxydation des protéines est mal comprise et décrite en raison d'un manque de méthodologies.

Pendant la maturation, le stockage et le traitement des produits carnés, la quantité de carbonyles est augmentée. Par exemple, **Estévez et al., (2011)** rapportent qu'après l'abattage, les compartiments cellulaires de la viande sont modifiés, le fer libre et des enzymes oxydantes ont été libérées pour contribuer au mécanisme d'oxydation. **Estévez et al., (2011).** **Bombrun et al., (2014)** rapportent, aussi que le salage et le séchage peuvent avoir un effet marqué sur l'oxydation des protéines, dans les produits carnés.

Peu de recherches ont étudié l'effet du sel sur l'oxydation des protéines. Les protéines sont oxydées pendant la conservation et l'affinage de la viande. Ce processus est initié par les produits d'oxydation lipidique primaire et secondaire et catalysée par les espèces d'oxygène réactif, et par des cations métalliques, tels que le fer et le cuivre (**Butterfield et al., 1997**). Cependant, il est clair que l'ajout du NaCl affecte la force ionique et donc les réactions

biochimiques, telle que l'oxydation des protéines. Selon **Montero *et al.*, (2005)**, le NaCl affecte le degré d'assemblage des protéines myofibrillaires et leur sensibilité à la carbonylation.

Perez-Cacho *et al.*, (2005) ont également démontré, que le NaCl (Cl⁻) a stimulé l'activité peroxydant du fer. La baisse du pH s'est révélé affecter, par l'oxydation des protéines de la viande (étant mesuré par la méthode DNP) (**Srinivasan *et al.*, 1996**). Tandis que **Fuentes *et al.*, (2014)** ont rapporté que le taux de carbonyles est aussi affecté par le taux et le type des lipides présents dans la viande.

L'oxydation des protéines de la viande conduit à une perte de biodisponibilité des acides aminés, soit par dénaturation chimique de ces composés, soit par diminution de la digestibilité des protéines (**Santé-Lhoutellier *et al.*, 2008**). Ce phénomène, surtout lorsqu'il touche les acides aminés essentiels, va impacter, de manière négative la valeur nutritionnelle des viandes. La diminution de la vitesse de digestibilité des protéines, due à leur oxydation et à leur agrégation, peut aussi avoir des conséquences négatives, en termes de santé humaine. Il a été démontré, dans plusieurs études, que l'accumulation et la fermentation de protéines, dans le colon, et non digérées dans l'intestin grêle pouvaient conduire à la formation de produits potentiellement mutagènes comme les crésols et les phénols formés, à partir de la tyrosine (**Evenepoel *et al.*, 1998**).

Ces produits sont fortement soupçonnés d'être impliqués dans le cancer de l'intestin. Pour assurer une qualité finale optimale des viandes et des produits carnés, il est donc indispensable de disposer d'outils permettant de maîtriser, au mieux, ces oxydations.

La figure 36 illustre le niveau d'oxydation des protéines (carbonyles), tout au long du processus d'affinage.

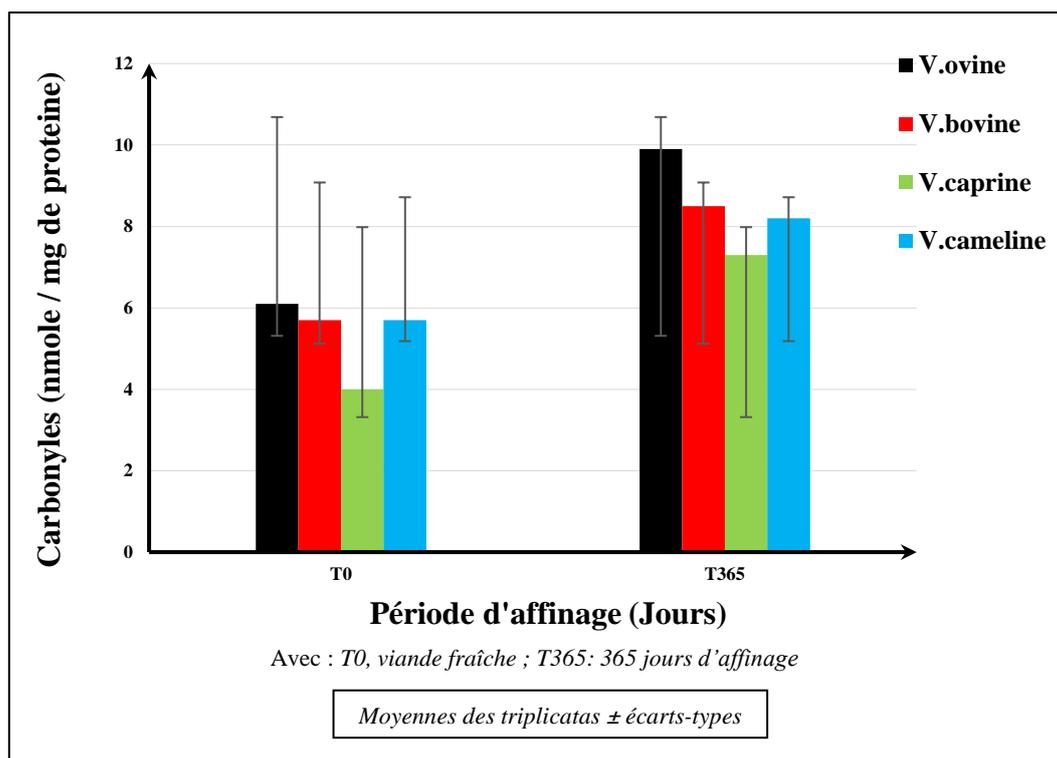


Figure 36. Taux d'oxydation des protéines durant l'affinage des échantillons d'El-Guedid à partir de différents types de viande.

Toutes les valeurs sont exprimées en nmole/mg de protéine. Nos résultats enregistrés à T0 sont plus élevés que celle trouvées dans la viande fraîche porcine (1.0 – 2.0), les saucisses cantonaises (1.4 - 3.3) (**sun et al., 2011a**), et celle notées par **Lund et al., (2008)**, dans la viande de porc hachée (0.7 - 0.9). Nos valeurs sont en accord avec celles trouvées par **Estevez et al., (2007)**, dans les saucisses de Francfort (5.5 - 6.5). **Armenteros et al., (2009)** ont rapporté des taux de carbonyles, de différents produits carnés du marché qui se rapprochent de nos résultats, à savoir : jambon sec ; longe séchée ; saucisse sèche ; viande hachée ; saucisse cuite et pâté de foie, avec : 8.0 ; 8.0 ; 9.0 ; 3.0 ; 13.0 et 7.0 nmol/mg de protéines, respectivement.

II. Recherche des différences entre les paramètres physico-chimiques étudiés

Rappelons que notre objectif était de tester la réponse de chaque paramètre physico-chimique, en fonction du temps et du type de viande, afin de démontrer l'effet de ces derniers, sur la valeur mesurée du paramètre. Cette étude a pour but d'observer, si les types de viandes répondent différemment, au cours du temps. Les paramètres physico-chimiques ont été étudiés indépendamment.

II.1. Analyse de variance ‘ANOVA’ et modélisation de l’évolution des paramètres physico-chimiques au cours du temps

Une étude statistique des paramètres physico-chimiques a été menée sur tous les échantillons d’El-Guedid à partir de quatre types de viande, et cela durant leur affinage et leur conservation, allant de T0 à T365. Ces traitements ont été effectués, dans le but d’étudier l’effet du type de viande, et le temps d’affinage, sur leur évolution (**Tableau 25**). Concernant l’évolution de la teneur en sel, les résultats ont montré une dynamique d’évolution classique et indépendante du type de viande et du temps d’affinage des produits, n’ayant aucun effet significatif sur ces paramètres ($P > 0.05$), et cela, dans tous les cas étudiés. En revanche, le traitement statistique a montré que les évolutions des taux du pH, lipides, humidité et de l’Aw ont été gouvernés principalement par le temps d’affinage et affecté par le type de viande.

Tableau 25. Évaluation, par analyse de variance, de l’effet temps et type de viande sur les paramètres physico-chimiques.

Paramètres mesurés	Source de variation	Degrés de liberté	Test F	Probabilités
pH	<i>Temps</i>	1	912.630	$< 2.2e^{-16}$ ***
	<i>Type de viande</i>	3	4.664	0.003 **
NaCl	<i>Temps</i>	1	0.687	0.419 ^{NS}
	<i>Type de viande</i>	3	1.746	0.197 ^{NS}
Teneur en lipides	<i>Temps</i>	4	149,713	<0,0001
	<i>Type de viande</i>	9	4.352	3.852e-05 ***
Humidité	<i>Temps</i>	4	157.169	<0,0001
	<i>Type de viande</i>	9	5.317	1.999e-06 ***
Activité d’eau	<i>Temps</i>	4	715,957	<0,0001
	<i>Type de viande</i>	6	7.779	3.547e-07 ***
Oxydation des lipides	<i>Temps</i>	1	0.289	0.592 ^{NS}
	<i>Type de viande</i>	3	1.598	0.192 ^{NS}
Oxydation des protéines	<i>Temps</i>	1	84.329	2.125e-11 ***
	<i>Type de viande</i>	3	0.700	0.5574

Les valeurs de $P < 0,05$ (*) ; $P < 0,001$ (**) ; et $P < 0,0001$ (***) sont considérées comme significatives, et les valeurs $P > 0,05$ comme non significatives (^{NS})

Des effets significatifs ($P < 0.05$) du temps ont été observés, sur l'évolution de l'oxydation protéique, alors que le type de viande ne présente aucune influence sur ce dernier. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés dans les saucissons sec ($p < 0.01$) (Safa *et al.*, 2015). Tandis qu'aucun effet significatif n'a été noté sur l'évolution de l'oxydation lipidique. Ce qui confirme, que le type de viande/temps n'influe pas le taux des TBARS, contrairement, aux résultats de Safa *et al.*, (2015), dans les saucissons secs dont l'oxydation lipidique dépendait du temps ($p < 0.001$).

II.2. Analyses discriminantes linéaires (LDA)

Cinq analyses discriminantes linéaires (LDA) ont été effectuées pour illustrer l'effet de l'origine de la viande (ovine, bovine, caprine et cameline) et du temps d'affinage (T0, T30, T90, T180, T365), sur l'évolution et la corrélation des variables physico-chimiques d'El-Guedid. À T0, les deux premières composantes expliquaient 98.7 % de l'écart total, soit 56.9 % pour la première et 41.8 % pour la deuxième (Figure 37a). Les quatre viandes ont été distinguées. Le premier composant séparait la viande caprine des trois autres, en raison de son taux d'oxydation lipidique plus élevé, de sa teneur en eau et de son pH plus faibles. La deuxième composante séparait les trois autres viandes essentiellement sur leur teneur en lipides, la viande cameline ayant la teneur la plus élevée, la viande bovine la plus faible et la viande ovine, de niveau intermédiaire.

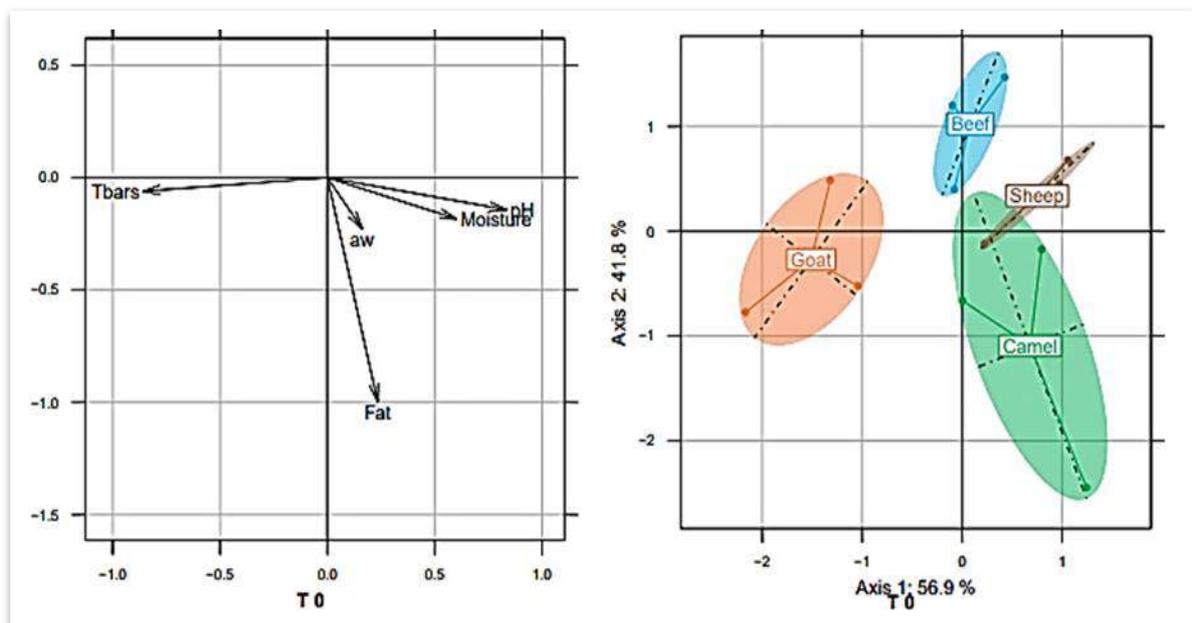


Figure 37a. Analyse discriminante linéaire montrant l'évolution et la corrélation des variables physico-chimiques, par type de viande (ovine, bovine, caprine et cameline) à T0 : viande fraîche

À T30, les deux premières composantes expliquaient 94.7 %, de l'écart total, soit 57.7 % pour la première et 37 % pour la deuxième (**Figure 37b**). Les quatre viandes ont été distinguées. Le premier composant séparait la viande caprine des trois autres en raison de son activité en eau (A_w) la plus élevée. La deuxième composante séparait les trois autres viandes essentiellement, sur leur teneur en lipides, la viande cameline ayant la teneur la plus élevée, la viande ovine la plus faible et la viande bovine, de niveau intermédiaire.

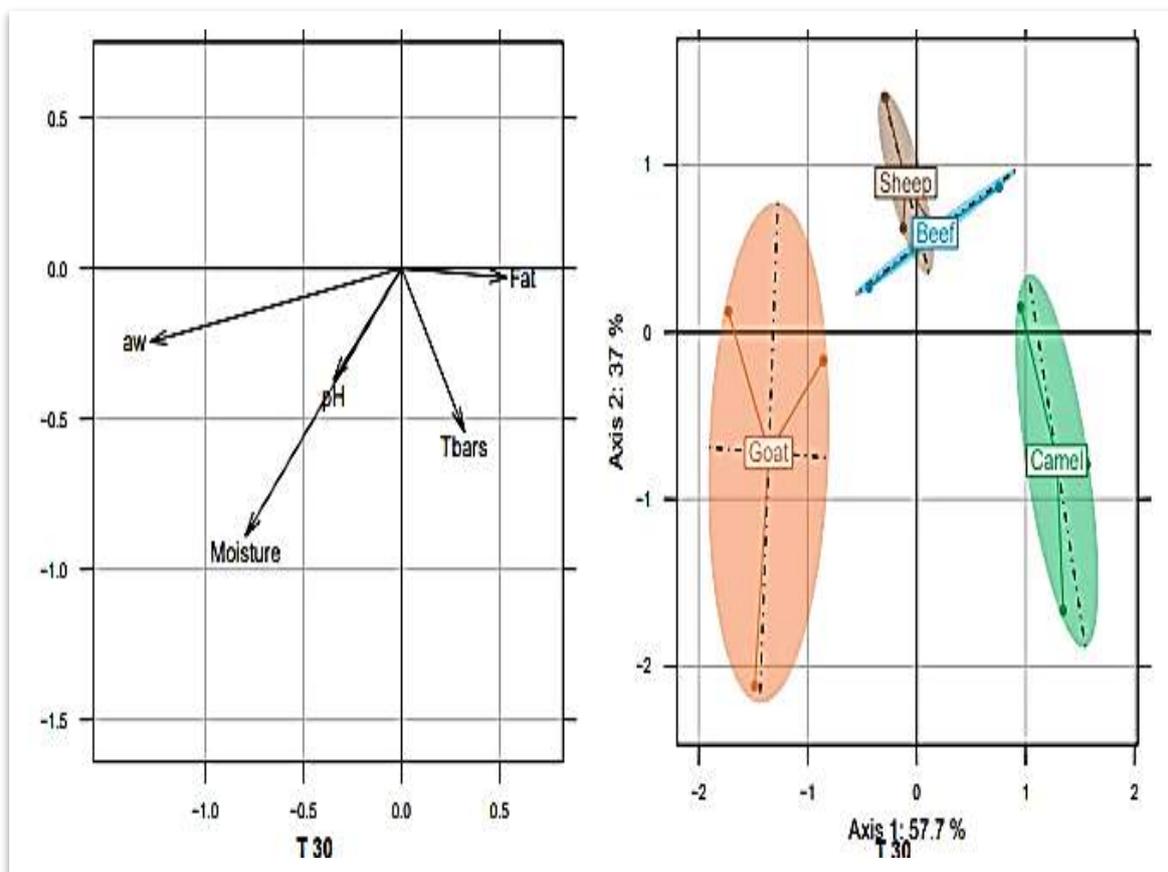


Figure 37b. Analyse discriminante linéaire montrant l'évolution et la corrélation des variables physico-chimiques, par type de viande (ovine, bovine, caprine et cameline) à T30

Après 90 jours de maturation, l'analyse LDA a établi, que les quatre viandes étaient également discriminées, les deux premières composantes représentant 74.2 % de la variance, soit 39.8 % pour la première composante et 34.4 % pour la deuxième (*Figure 37c*). Le premier axe distingue les viandes caprines des autres viandes en ayant le taux d'activité d'eau le plus élevée. Le second axe séparait les viandes selon leur teneur en lipides. La viande ovine se distingue de par sa teneur la plus élevée, la viande cameline la plus faible et la viande bovine de niveau intermédiaire.

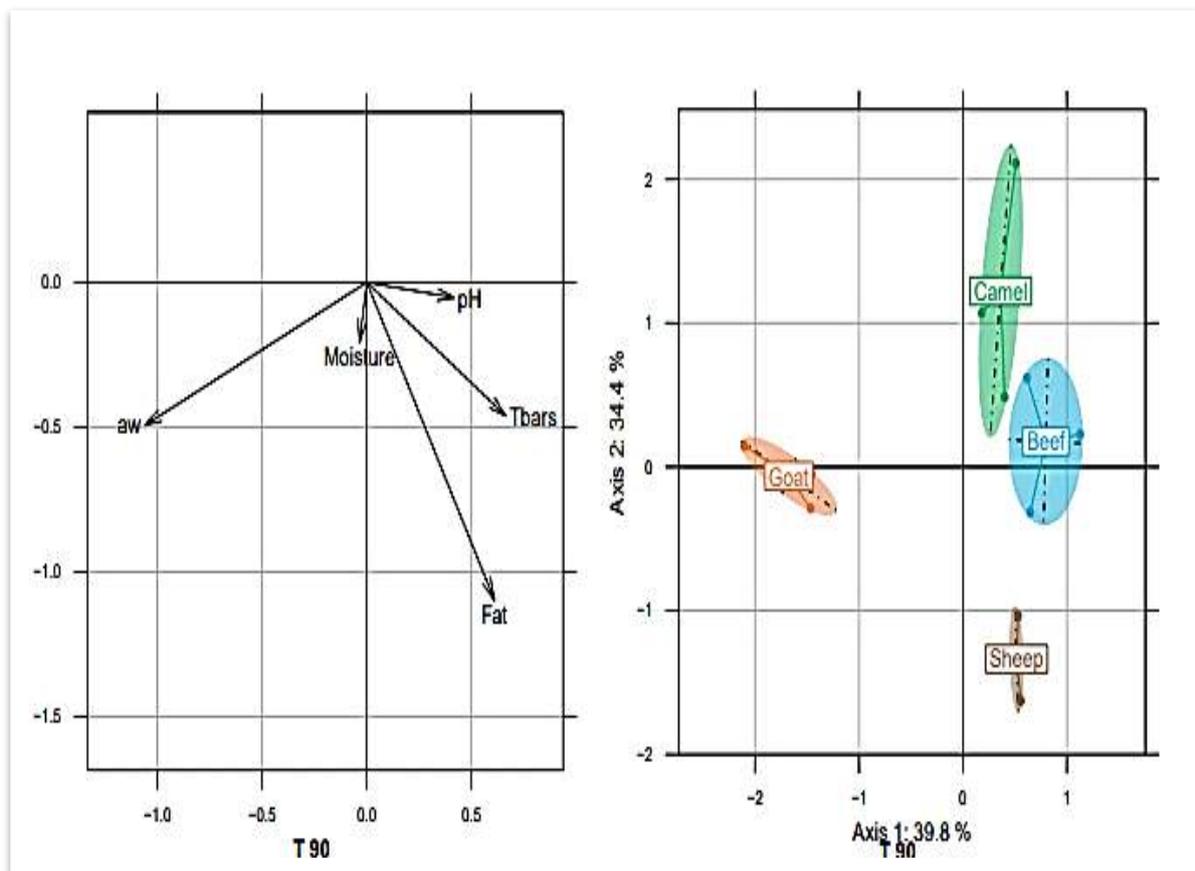


Figure 37c. Analyse discriminante linéaire montrant l'évolution et la corrélation des variables physico-chimiques, par type de viande (ovine, bovine, caprine et cameline) à T90.

Après 180 jours de maturation, l'analyse LDA a montré que les quatre viandes étaient également discriminées, les deux premières composantes représentant 88.3 % de la variance (**Figure 37d**). Le premier axe distingue les viandes caprine et cameline, des viandes bovine et ovine, en termes de teneur en lipides, la viande bovine ayant un niveau intermédiaire et la viande ovine, le niveau le plus élevé. Le second axe séparait les viandes, selon leur humidité et leur oxydation lipidique. La viande cameline se distingue de la viande caprine par sa teneur en eau plus élevée et son taux d'oxydation lipidique plus faible.

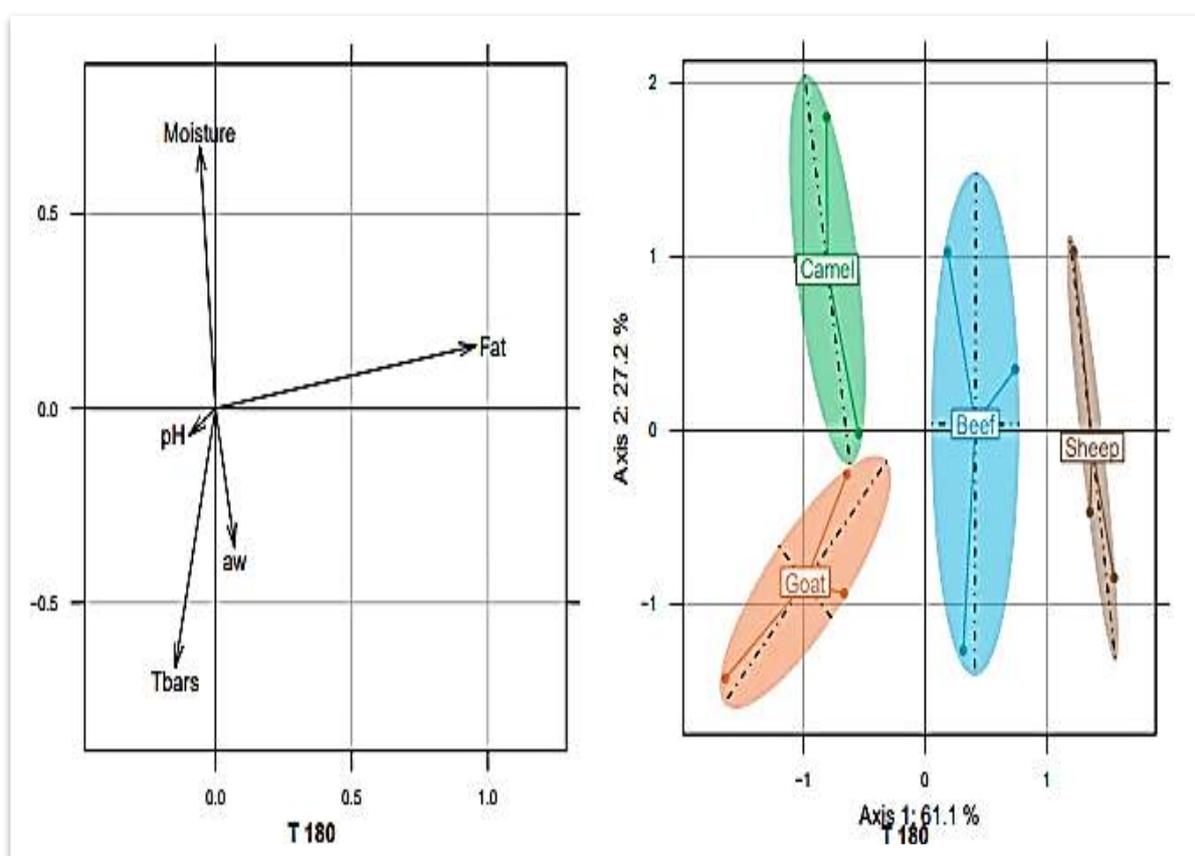


Figure 37d. Analyse discriminante linéaire montrant l'évolution et la corrélation des variables physico-chimiques, par type de viande (ovine, bovine, caprine et cameline) à T180.

À la fin de la conservation (T365), l'analyse LDA a distingué les quatre viandes, les deux premières composantes représentant 83.3 % de la variance (**Figure 37e**). Dans l'axe 1, les viandes étaient à nouveau séparées, selon leur teneur en lipides, la viande ovine ayant la teneur la plus élevée et la viande caprine, la teneur la plus faible. Elles étaient également séparées par leur humidité, la viande cameline étant la plus humide, suivie de la bovine. La viande caprine était caractérisée par l'oxydation lipidique la plus élevée.

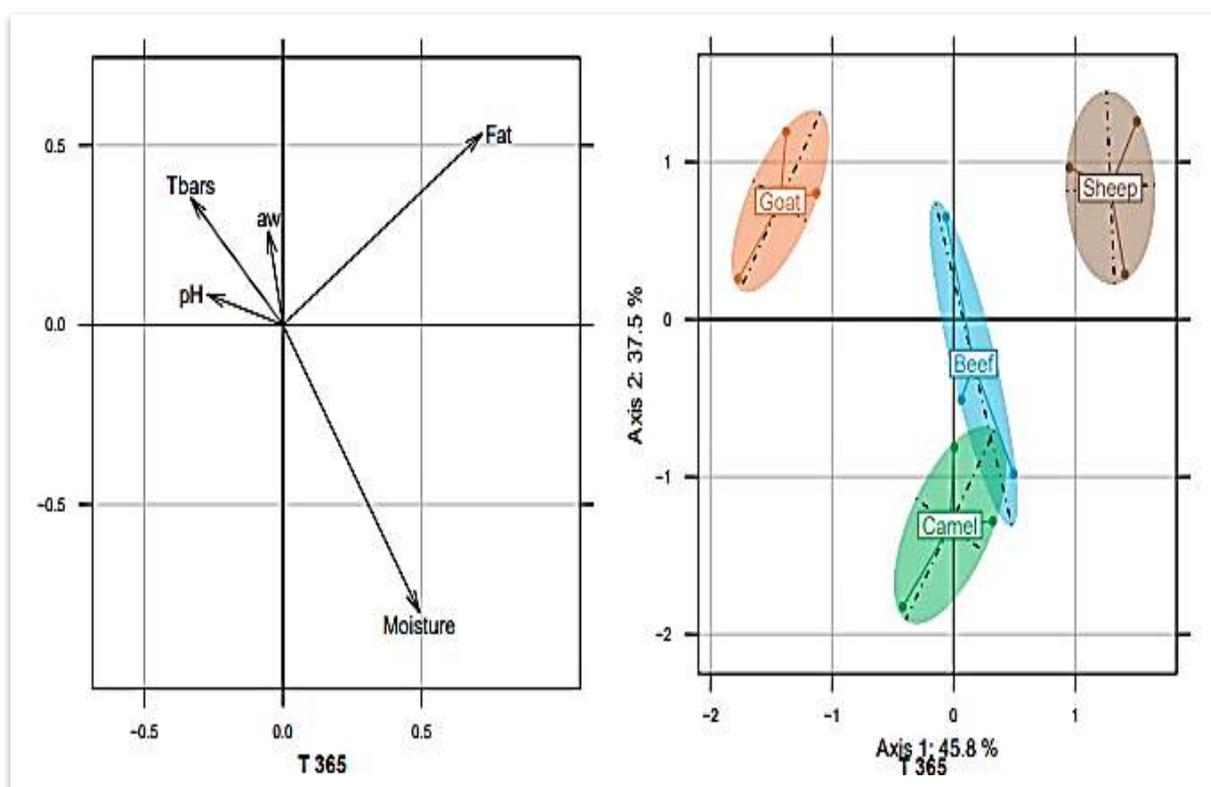


Figure 37e. Analyse discriminante linéaire montrant l'évolution et la corrélation des variables physico-chimiques, par type de viande (ovine, bovine, caprine et cameline) à T365.

III. Caractérisation microbiologique

Des analyses microbiennes en cinétique ont été réalisées sur les 60 échantillons, allant de la viande fraîche (T0), à un an de conservation (T₃₆₅). Les principaux profils bactériens sont présentés dans le **tableau 26**.

III.1 Flore indicatrice d'hygiène

Les entérobactéries. Elles peuvent être considérées comme des indicateurs de contamination environnementale et / ou fécale. Elles ont été dénombrées, dans tous les échantillons de viande fraîche (12/12), quelle que soit l'espèce animale d'origine. Leurs comptes moyens étaient de 2.0 ± 1.0 log CFU / g. De 30 jours jusqu'à la fin du stockage, tous les échantillons (sauf deux de viande ovine à 30 jours : 1.5 et 3.0 log CFU / g. respectivement), étaient inférieurs au seuil de détection (<1 log CFU / g), comparé au biltong avec 3.0 à 4.0 log CFU / g (Naidoo *et al.*, 2010a, b).

Selon Fernandez-Lopez *et al.*, (2008), cette réduction est due, au fait que ces espèces sont connues pour être sensibles à l'environnement acide et à une faible activité de l'eau (A_w inférieure à 0.9), et au salage comme mentionné par Loncin *et al.*, (1968).

Les coliformes : Leurs comptes étaient inférieurs au seuil de détection (< 1.0 log UFC / g), pour tous les échantillons, même ceux de viande fraîche. Ils ont été maintenues, sous le seuil de détection pendant tout le processus, ce qui peut assurer un bon degré de conservation contre les micro-organismes indésirables et / ou dangereux. Ce faible niveau nous renseigne sur les conditions sanitaires et hygiéniques de l'élaboration des produits El-Guedid. Ces résultats corroborent, avec ceux de Boudechicha *et al.*, (2017), dans la préparation de Khliaa Ezir « un produit carné traditionnel algérien ». Le salage est considéré comme étant l'étape cruciale pour minimiser le développement des coliformes selon Lorenzo *et al.*, (2015).

Les levures et les moisissures : Elles sont présentes dans tous les échantillons de viande fraîche : à un niveau moyen de 3.0 ± 0.7 log UFC/g. Ce niveau est resté constant à T30, pour les échantillons de viande ovine et bovine (2.7 ± 0.7 log CFU / g), puis était inférieur au seuil de détection (<10 log CFU / g). Pour les échantillons de viande caprines et camelines, les levures et les moisissures étaient inférieures, au seuil de détection, à partir de T30. Ces taux sont inférieurs, à ceux détectés, dans le biltong (2.0 à 7.0 CFU / g) (Naidoo *et al.*, 2010a, b).

Selon Bennnai *et al.*, (1995), certaines moisissures pourraient être des agents lipolytiques / protéolytiques et contribuer au processus biochimique d'El-Guedid, par la libération de lipases et / ou de protéases dans le produit pendant la période de maturation. Cette activité lipolytique / protéolytique peut fournir la saveur caractéristique intense des produits d'El-Guedid (Toldra *et al.*, 2002).

Flores totales aérobies mésophiles (FTAM). Leurs dénombrements étaient en moyenne de 4.7 ± 1.4 log UFC / g, pour tous les échantillons de T0 à T90. Ces taux sont inférieurs à ceux notés dans le kitoza bovin et porcin avec 6.7 et 6.8 log CFU/g respectivement (**Ratsimba et al., 2019**). Ils ont considérablement diminué à T180 pour atteindre le seuil de détection (1-1.2 log CFU / g). Ce niveau correspondait à celui déjà trouvé pour la viande ovine fraîche (**Benlacheheb et al., 2019**) et pour le bœuf frais (**Pinto et al., 2002**).

A T365, les FTAMs étaient inférieurs, au seuil de détection. Ce faible niveau obtenu à la fin du procédé peut confirmer que les échantillons d'El-Guedid finis ne sont pas de mauvaise qualité microbiologique, et que leur conservation a été effectuée correctement, s'accordant avec le résultat trouvé par **Bennani et al., (2000)** dans le kaddid marocain.

Ce constat est en opposition, aux résultats trouvés par **petit et al., (2014)** dans des échantillons de biltong et du laçon espagnol, qui variaient de 6.2 à 9.7 log CFU / g, et par **Boudechicha et al., (2017)** dans Khliia Ezir avec une moyenne de 4.0 log CFU / g. Nos résultats étaient notamment inférieurs d'un log à celui trouvé dans la viande de porc crue (**Lorenzo et al., 2015**) et la viande de chèvre (**Rahman et al., 2005**), ainsi de ceux observés chez le biltong (6.0 à 7.0 log CFU / g) (**Naidoo et al., 2010a. b**).

Les micro-organismes indicateurs d'hygiène ont été éliminés, dans les échantillons d'El-Guedid. Cela peut être dû aux actions de salage et de séchage. Ces espèces sont sensibles au salage et au séchage, comme l'ont rapporté **Loncin et al., (1968)**, qui ont déclaré que la croissance bactérienne est généralement impossible, lorsque l'aw est ramené en dessous de 0.9.

III.2 Flore pathogène

Les bactéries pathogènes susceptibles de présenter un risque potentiel pour les consommateurs peuvent également parfois, être détectées dans les produits carnés séchés salés. Dans notre étude, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* et *clostridium* anaérobie sulfite-réducteur n'ont pas été détectés, durant toute la période d'affinage et de conservation (T0-T365), à l'inverse de *S. aureus*, détecté épisodiquement.

En effet, il était présent dans la viande fraîche d'un lot ovin et d'un lot bovin (2.6 ± 0.3 log UFC / g). Il a persisté jusqu'à un mois de maturation dans ces deux lots et devenu par la suite inférieur au seuil de détection (< 10.0 log UFC / g).

En effet, la plupart des produits carnés séchés présentaient un profil similaire avec l'absence de *Salmonella*, avec très peu d'échantillons contaminés par *Listeria* et des échantillons, et souvent contaminés par *S. aureus*, avec des taux variables allant de 2.0 à 4.5 log CFU / g (Ratsimba *et al.*, 2017; 2019; Menéndez *et al.*, 2018; Naidoo *et al.*, 2010a. b).

L'absence de *salmonella* de la matière première (viande fraîche) et du produit fini n'était pas une donnée pertinente concernant son inactivation par le séchage / salage. L'absence des populations de *Clostridium* est due aux conditions défavorables, pour sa croissance dans les produits, qui combinent la déshydratation et le salage (inhibé à des valeurs aw inférieures que 0.6) (Guthertz *et al.*, 1976).

De nombreuses publications font état de production des bactériocines par les bactéries lactiques. Ces composés inhibent, in vivo la croissance des germes pathogènes rencontrés dans les industries agro-alimentaires, telles que la leucocine (de *Leuconostoc*), la pediocine (de *Pediococcus*) ou la nisine (des *Lactococcus*) qui ont démontré leur efficacité vis-à-vis des différentes flores pathogène (Albano *et al.*, 2007 ; Todorov *et al.*, 2007 ; Drosinos *et al.*, 2006b ; Dicks *et al.*, 2004 ; Työppönen *et al.*, 2003 ; Nieto-Lozano *et al.*, 2002 ; Scannel *et al.*, 2001 ; Aymerich *et al.*, 2000).

Selon Girard *et al.*, (1988), la diminution de l'Aw peut prolonger la phase de retard de croissance, réduire la phase logarithmique et par conséquent abaisser le nombre de micro-organismes, en phase stationnaire.

Tableau 26. Profils microbiens des différents échantillons d'El-Guedid au cours de l'affinage

	(LOG CFU/g)	FTAM	LAB	SCN	Entérobactérie	S.aureus	Fungis
POC 1	V. fraîche	5.34	4.98	5.36	1.78	3.00	3.34
	30 jours	4.30	3.26	5.93	n	3.54	2.00
	90 jours	2.00	2.45	2.00	n	n*	N
	180 jours	n	n*	n*	n	n*	N
	365 jours	n	n*	n*	n	n*	N
PCO 2	V. fraîche	4.99	4.93	5.94	2.78	n*	3.76
	30 jours	7.04	6.15	7.18	1.46	n*	3.00
	90 jours	5.68	5.46	5.04	n	n*	N
	180 jours	n	4.42	3.12	n	n*	N
	365 jours	n	3.40	1.85	n	n*	N
POC 3	V. fraîche	7.04	7.08	5.52	4.62	n*	3.62
	30 jours	7.15	5.94	6.63	2.95	n*	3.48
	90 jours	5.94	5.00	5.28	n	n*	N
	180 jours	n	4.12	5.59	n	n*	N
	365 jours	n	3.36	3.62	n	n*	N
PBA 1	V. fraîche	5.32	6.52	5.32	1.23	2.51	3.62
	30 jours	5.12	4.06	6.20	n	2.00	2.32
	90 jours	4.92	2.50	4.12	n	n*	N
	180 jours	n	1.90	2.03	n	n*	N
	365 jours	n	n*	n*	n	n*	N
PBA 2	V. fraîche	4.21	5.23	3.80	2.53	n*	3.60
	30 jours	4.03	4.80	5.32	n	n*	2.80
	90 jours	3.82	4.02	2.40	n	n*	N
	180 jours	n	3.52	1.85	n	n*	N
	365 jours	n	n*	n*	n	n*	N
PBA 3	V. fraîche	5.13	6.23	2.85	1.10	n*	2.60
	30 jours	3.25	5.74	4.45	n	n*	N
	90 jours	1.31	5.08	2.30	n	n*	N
	180 jours	n	4.90	n*	n	n*	n
	365 jours	n	n*	n*	n	n*	n

(LOG CFU/g)		FTAM	LAB	SCN	Entérobactérie	S.aureus	Fungis
PCOB 1	V. fraîche	5.56	6.12	3.25	1.70	n*	1.81
	30 jours	5.10	5.23	4.55	n	n*	n
	90 jours	4.32	4.74	6.22	n	n*	n
	180 jours	n	4.52	5.95	n	n*	n
	365 jours	n	3.80	4.16	n	n*	n
PCOB 2	V. fraîche	4.23	6.24	3.45	2.30	n*	1.62
	30 jours	3.98	5.32	6.48	n	n*	n
	90 jours	3.52	3.75	4.53	n	n*	n
	180 jours	n	n*	n*	n	n*	n
	365 jours	n	n*	n*	n	n*	n
PCOB 3	V. fraîche	5.32	5.54	5.93	1.40	n*	3.25
	30 jours	4.62	4.76	6.30	n	n*	n
	90 jours	4.30	4.78	4.58	n	n*	n
	180 jours	n	n*	n*	n	n*	n
	365 jours	n	n*	n*	n	n*	n
PCO 1	V. fraîche	5.34	6.13	2.26	1.78	n*	3.80
	30 jours	4.80	4.04	4.61	n	n*	n
	90 jours	2.70	n*	n*	n	n*	n
	180 jours	n	n*	n*	n	n*	n
	365 jours	n	n*	n*	n	n*	n
PCO 2	V. fraîche	4.21	7.52	2.59	1.60	n*	2.90
	30 jours	4.01	5.08	3.74	n	n*	n
	90 jours	3.50	4.75	5.53	n	n*	n
	180 jours	n	n*	5.04	n	n*	n
	365 jours	n	n*	n*	n	n*	n
PCO 3	V. fraîche	6.85	5.49	5.00	1.30	n*	2.62
	30 jours	6.15	4.24	5.66	n	n*	n
	90 jours	5.94	n*	3.71	n	n*	n
	180 jours	n	n*	n*	n	n*	n
	365 jours	n	n*	n*	n	n*	n

POC 1. 2. 3: échantillons ovins à Constantine; **PBA 1. 2. 3:** échantillons bovins à Alger ; **PCOB 1. 2. 3:** échantillons caprins à Oum El Bouaghi ; **PCO 1. 2. 3:** échantillons camelins à Ouargla / n: <10 n*: <10²

III.3 Flore technologique

Les staphylocoques à coagulase négative (SCN), avec les bactéries lactiques (LAB) appartiennent aux flores potentielles, d'intérêt technologique. Étant, les populations dominantes, elles étaient présentes dans tous les échantillons, tout au long du processus d'affinage et ont persisté jusqu'à la fin de la conservation (T0 à 365).

Bactéries lactiques : Les dénombrements de LAB ont révélé un microbiote résiduel élevé. Ils ont montré un profil initial élevé dans la matière première (T0), avec des comptes moyens de 6.0 ± 0.8 log CFU / g, comme le montre *la figure 38*, et ce qui est en accord avec les taux enregistrés dans le kitoza bovin et porcin avec 6.0 et 6.2 log CFU/g respectivement (**Ratsimba et al., 2019**). Elles ont diminué progressivement, pendant la maturation pour atteindre 2.4 ± 0.7 log CFU / g, quel que soit le type de viande, ce qui reste toujours en accord avec **Ratsimba et al., (2019)**, dans le kitoza bovin et porcin avec 2.2 et 1.9 log CFU /g respectivement. Cette baisse peut être due à leur inhibition par la présence de chlorure de sodium dans le produit, qui affecte le pH et les valeurs d'activité de l'eau (**Molinero et al., 2008**).

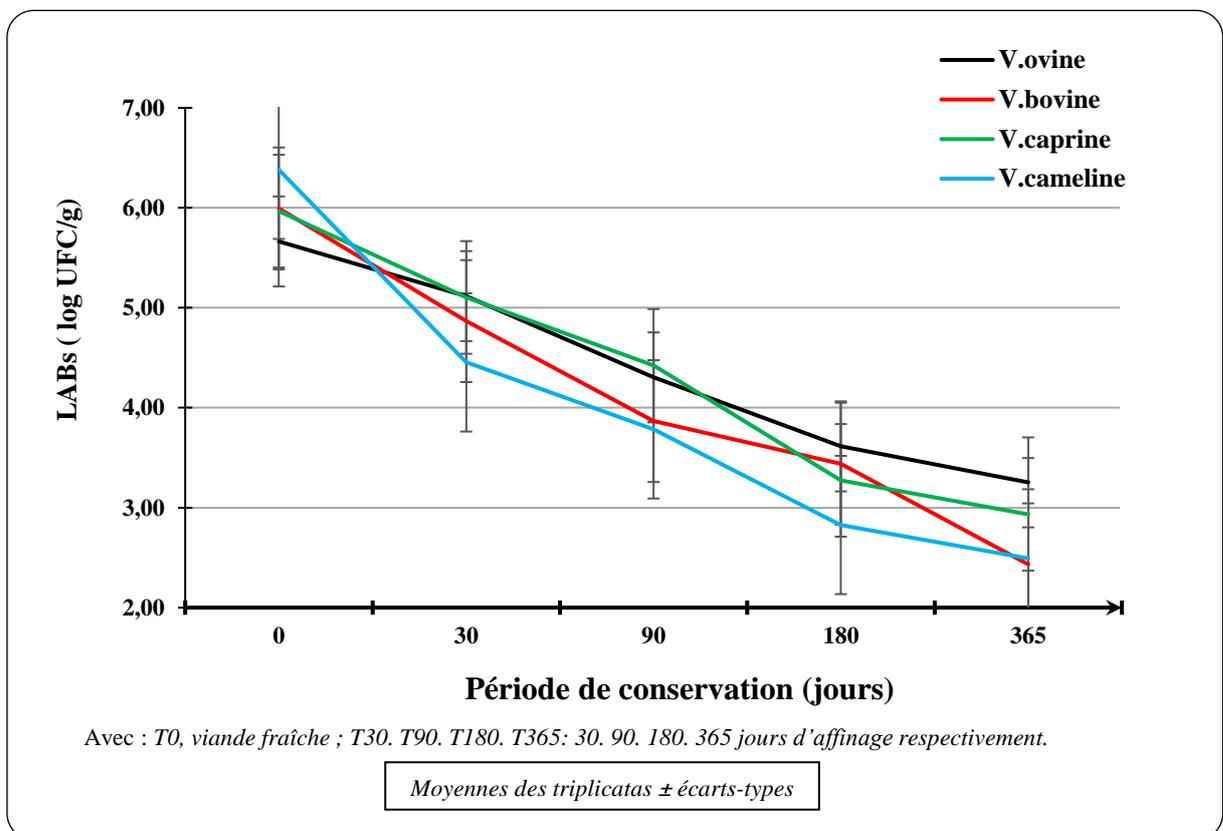


Figure 38. Évolution de la population des bactéries lactiques (LAB), dans les différents échantillons de viandes, au cours de l'affinage d'El-Guedid

Les résultats de notre étude sont supérieurs, à ceux trouvés dans le kaddid tunisien, montrant que le nombre de LAB, après 12 semaines de stockage atteignait 1.3 log CFU / g, pour les échantillons séchés au soleil (**Zaeir et al., 2011**), mais inférieurs à ceux notés dans le biltong, avec des taux de 8.0 log UFC / g (**Naidoo et al., 2010a. b**).

Les staphylocoques à coagulase négative : Les SCN sont les micro-organismes les plus significativement liés à la sécurité des produits. Ils sont halotolérants et peuvent survivre à des concentrations élevées de sel (**Casaburi et al., 2005**) et donc l'un des microbiotes dominants des produits carnés salés / séchés / fermentés (**Leroy et al., 2015 ; Lorenzo et al., 2015 ; Pinto et al., 2002**). Ils sont largement impliqués dans la sécurité des produits.

Ils contribuent au développement de la flaveur et de la couleur des produits carnés fermentés et/ou séchés et limitent l'oxydation lipidique (**Talon et al., 1999 ; Garcia-Varona et al., 2000 ; Barrière et al., 2001 ; Comi et al., 2005 ; Simanovà et al., 2006**). En outre, ils libèrent des bactériocines qui exercent leur activité contre les agents pathogènes de la viande, en particulier : *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Clostridium botulinum* et *Staphylococcus aureus* (**Papamanoli et al., 2002 ; Sanchez Mainar et al., 2016**). De ce fait, les SCN peuvent contribuer, à la fois aux qualités sensorielles et à la bioprotection des produits carnés (**Talon et al., 2006**).

Les comptes moyens de SCN étaient de 4.3 ± 1.4 log CFU / g. Les échantillons à T0 ont par la suite augmenté pour atteindre 5.6 ± 1.1 log CFU / g, à T30, en accord avec **Naidoo et al., (2010a. b)**, qui a enregistré un taux de staphylocoques allant de 4.0 à 8.5 log UFC/g dans le biltong. Cette augmentation peut être liée au processus de salage et de séchage, qui présente plus de risques de contamination, conformément à l'étude précédente dans le kaddid marocain avec 5.7 log CFU/g (**Bennani et al., 2000**).

Par la suite, ces taux ont diminué progressivement pendant le stockage, pour atteindre un taux de 2.3 ± 0.8 log CFU / g, quelle que soit l'espèce animale et l'origine de la viande (**Figure 39**), se rapprochant de ceux trouvés dans le kaddid tunisien avec 2.0 log UFC/g (**Zaier et al., 2011**), et inférieurs à ceux trouvés dans les saucissons fermentés secs avec 3.0 log UFC/g (**Nychas et al., 1990 ; Blaiotta et al., 2004a ; Rantsiou et al., 2005a**).

Cette phase de déclin des niveaux de staphylocoques confirme qu'El-Guedid est considéré, comme étant un produit sûr selon les normes algériennes qui sont de 3.6 log UFC / g (Journal Officiel de la République Algérienne N39. 2017).

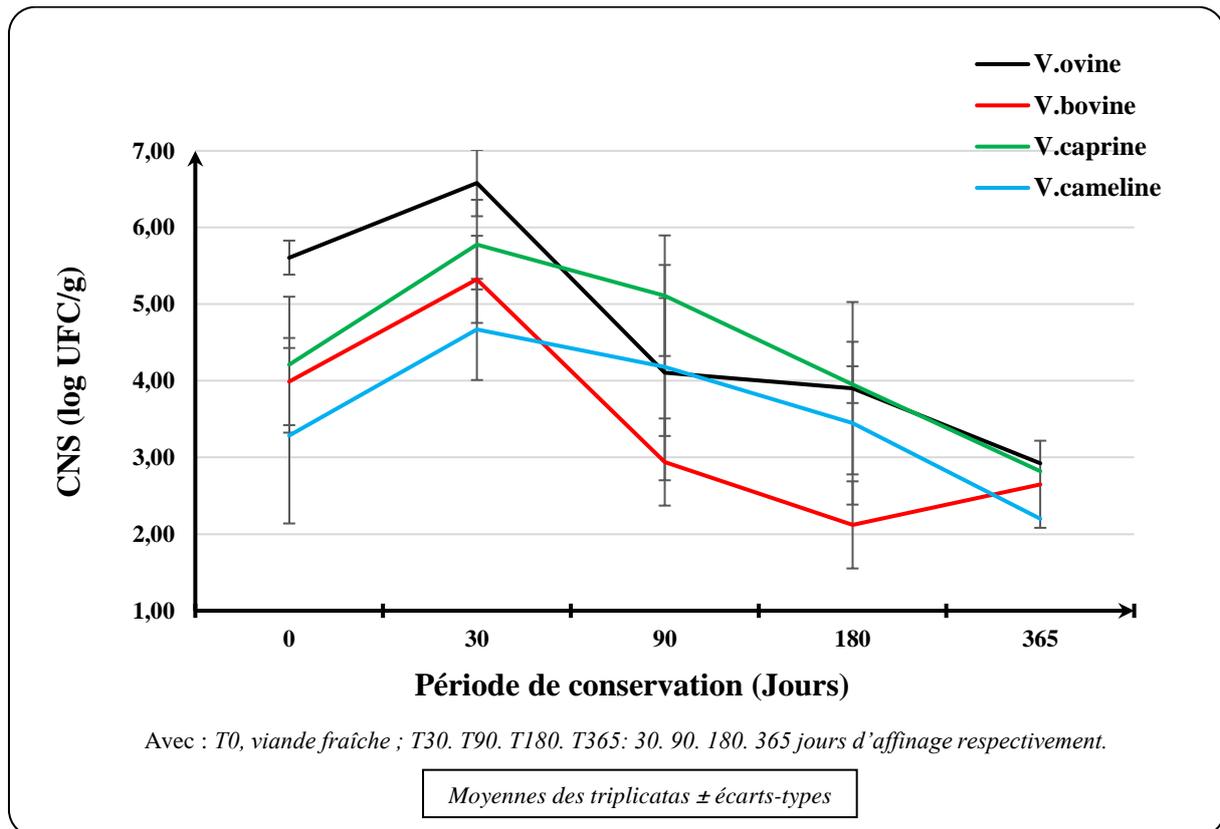


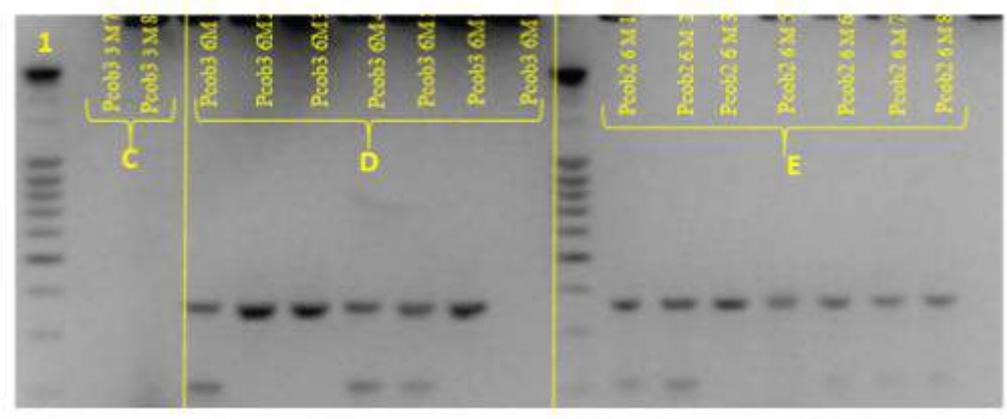
Figure 39. Évolution de la population des staphylocoques à coagulase négative (SCN), des différents échantillons de viandes, au cours de l'affinage d'El-Guedid.

Compte tenu de la caractérisation microbiologique des échantillons d'El-Guedid, issus des différents types de viandes, on peut en déduire que c'est un produit carné traditionnel sûr, et qui répond aux critères d'hygiène et de durabilité.

IV. Identification moléculaire

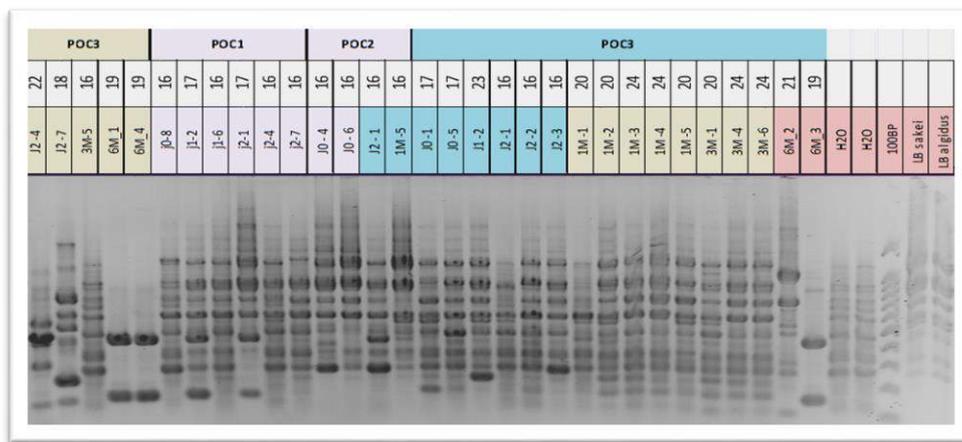
Au cours de l'affinage, les deux populations dominantes, dans tous les échantillons d'El-Guedid étudiés étaient les Staphylocoques à coagulase négatives (SCN) et les bactéries lactiques (LAB), considérés comme étant des microorganismes potentiels, d'intérêt technologique. Ces flores ont été analysées suivant des méthodes moléculaires, afin d'identifier les différentes espèces présentes, dans les échantillons de différents types de viandes, et ainsi d'affirmer ou pas, leurs rôles dans la qualité sensorielle du produit fini. Un exemple de quelques gels d'électrophorèses, issus des différentes PCR effectués sont représentés dans *la figure 40*.

EXEMPLE DE GEL DE PCR MULTIPLEX
(Identification des espèces de staphylocoques)



1 : Marqueur de taille ; C,D,E : codification des échantillons

EXEMPLE DE GEL DE PCR RAPD M13
(Pré- sélection des profils des souches de bactéries lactiques à séquencer)



Lb.sakei, *Lb.algidus* : des souches témoins

EXEMPLE DE GEL DE PCR 16S
(Amplificats des fragments d'ADN purifiés de bactéries lactiques à séquencer)

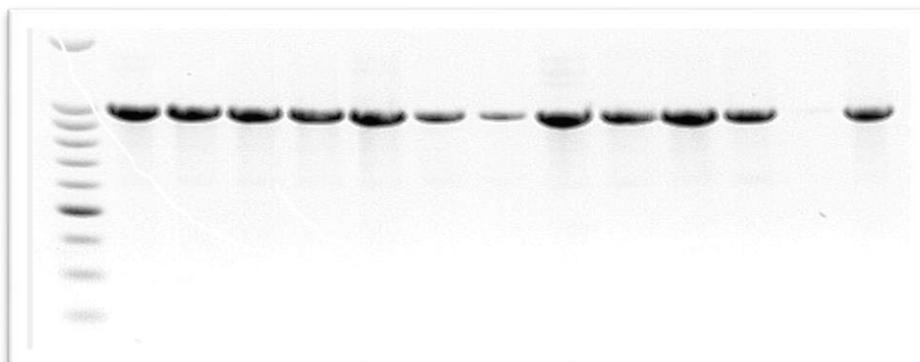


Figure 40. Exemples des gels d'électrophorèses de multiples PCR.

IV.1 Staphylocoque à coagulase négative

Seize isolats de nos échantillons de MRS ont été identifiés, comme appartenant aux espèces de *Staphylococcus* : *S. saprophyticus* (10). *S. epidermidis* (02). *S. pasteurii* (01). *S. hominis* (02) et *S. capitis* (01). De plus, 144 isolats de mannitol salt agar (MSA) ont été soumis à une PCR multiplex spécifique aux staphylocoques. Tous les isolats ont été identifiés, comme se rattachant, au genre *Staphylococcus*, montrant que la population dénombrée sur du MSA était largement dominée par les staphylocoques. Parmi eux, 124 isolats appartenaient à *S. saprophyticus* ; 04 à *S. epidermidis* et 02 à *S. xylosus*. Les 14 isolats restants ont été identifiés, après séquençage du gène de l'ADNr 16S et appartenaient à *S. pasteurii* (05) ; *S. hominis* (04) ; *S. capitis* (03) et *S. cohnii* (02).

De tous les échantillons, un total de 160 isolats de staphylocoques a été identifié. Sept espèces de staphylocoques ont été identifiées, avec *S. saprophyticus* largement dominant (84%). Il était présent dans tous les échantillons, de viande fraîche au T365, quel que soit le type de viande. Les autres espèces identifiées n'ont été isolées que sporadiquement.

Quand à *S. epidermidis*, il n'était présent que dans les échantillons de viande fraîche et n'a pas été détecté par la suite. Cette espèce a également été isolée, dans les saucisses espagnoles tels que le chorizo, le fuet et le salchichon (**Martín et al., 2006**). Les souches de *S. epidermidis* étaient les staphylocoques prédominants trouvés sur la peau humaine (**Nagase et al., 2001**) et pouvaient être inoculés, à la viande pendant le traitement, mais ont été éliminées au cours de l'affinage.

La diversité des SCN d'El-Guedid a déjà été observée dans les saucissons secs fermentés français et dans les ateliers de fabrication : à partir de 08 espèces dans une collection de 204 isolats, dans l'étude de **Coton et al., (2010)**, jusqu'à 15 espèces dans une collection de 676 isolats, dans l'étude de **Leroy et al., (2010)**. Sept espèces de SCN ont été identifiées dans le botillo et 05 dans l'androlla, deux saucisses de porc fumées traditionnelles espagnoles (**García Fontán et al., 2007 a, b**). Dans le kaddid bovin tunisien, 09 espèces ont été identifiées (**Essid et al., 2007**). Ces espèces de SCN pourraient provenir des animaux, faisant partie de la flore microbienne de leur peau et de leurs muqueuses (**Nagase et al., 2001**).

Il est à noter que les principales espèces présentes dans les échantillons d'El-Guedid, de différents types de viandes constituaient les espèces dominantes de SCN, dans les aliments d'origine animale, en dépit, de proportions différentes. Nous avons constaté que l'espèce *S.*

Saprophyticus était dominante, dans toutes les étapes de fabrication, de tous les échantillons. En effet, cette dominance a déjà été remarquée dans le kitoza (**Ratsimba et al., 2017**). C'était également l'une des principales espèces isolées tout au long de la fabrication de l'acon séché à sec (**Vilar et al., 2000**) et dans les saucisses fermentées traditionnelles (**Mauriello et al., 2004**; **Coton et al., 2010**; **Garcia Fontan et al., 2007**; **Talon et al., 2011**).

Une dominance des souches de *S. saprophyticus* a été aussi notée dans l'étude de la flore staphylococcale de trois salamis grecs, qui a montré que *S. saprophyticus* était l'espèce majoritaire, représentant respectivement 72%, 22% et 45% des isolats (**Samelis et al., 1998** ; **Papamanoli et al., 2002** ; **Drosinos et al., 2005**), ainsi que dans des saucissons secs argentins (**Fontana et al., 2005**). **Taylor et al., (1976)** avaient aussi noté, cette dominance dans le biltong bovin. Une codominance de *S. saprophyticus* ; *S. xylosus* et *S. equorum* a été signalée dans divers types de saucisses italiennes (**Aquilanti et al., 2007** ; **Coppola et al., 2000** ; **Mauriello et al., 2004**). Quant aux saucissons secs français, **Montel et al., (1992)** identifiaient, majoritairement les espèces *S. saprophyticus* et *S. xylosus*. Par contre, dans le kadid tunisien, *S. saprophyticus* et *S. xylosus* ont été trouvées, de manière égale de l'ordre de 22 et 26% (**Essid et al., 2007**).

Dans les aliments fermentés (saucissons), *S. xylosus* représentaient 28.3%, et *S. saprophyticus* 12.5% (**Coton et al., 2010**). Dans les saucissons français traditionnels, les ratios suivants ont été retrouvés : *S. saprophyticus* (11.9%) ; *S. xylosus* (11.3%) (**Leroy et al., 2010**). Ces espèces étaient dominantes, dans deux saucissons traditionnels italiens, les sopressata de Ricigliano et de Gioi (**Mauriello et al., 2004**) et dans le salami (**Polka et al., 2015**). Ces espèces ont également été identifiées dans différents biltong (**Mhlambi et al., 2010**). Ils constituaient une part importante du microbiote des SCN dans le l'acon espagnol (**Vilar et al., 2000**), le botillo (**García Fontán et al., 2007a**), et le sucuk bovin turc avec 41.5% et 28.5% respectivement (**Kaban et al., 2008**).

Les espèces de *S. xylosus* sont à même d'améliorer la saveur de la viande. **Berdague et al., (1993)** ont suggéré que le SCN, plutôt que les bactéries lactiques, pourrait avoir l'effet prédominant sur l'arôme de la saucisse sèche.

Plusieurs espèces des staphylococques retrouvées communément dans les produits carnés ont été absentes dans nos échantillons. En effet, **Shale et al. (2005)** identifiaient une flore composée des espèces *S. lentus* ; *S. sciuri*, contaminant la viande lors de l'abattage, et une autre, composée des espèces *S. auricularis* ; *S. capitis* et *S. warneri* probablement véhiculées

par le personnel. Dans le cas de la viande fraîche de porc, la flore staphylococcale isolée d'échantillons prélevés au niveau des abattoirs, s'est avérée essentiellement composée des espèces *S. epidermidis* et *S. succinus* (Olsson *et al.*, 2003).

L'analyse de la flore staphylococcale de saucisses fraîches, nonensemencées, conservées à 4°C a montré que la population était initialement composée des espèces *S. xylosus* (48%) ; *S. equorum* (24%) ; *S. pasteurii* (13%) ; *S. warneri* (10%) ; *S. haemolyticus* (3%) ; *S. succinus* (3%) et *S. saprophyticus* (1%) (Rantsiou *et al.*, 2005b). L'analyse de la flore staphylococcale, durant le stockage de ces saucisses a révélé que les espèces *S. pasteurii* et *S. warneri* étaient présents majoritairement, les premiers jours, puis qu'au bout de trois jours *S. xylosus* devenait l'espèce prépondérante, et après 10 jours à 4°C. *S. equorum* était la seule espèce présente (Cocolin *et al.*, 2004 ; Rantsiou *et al.*, 2005b). Dans des saucisses de type « chorizo », la flore est dominée par *S. carnosus*. *S. epidermidis* et *S. xylosus* (Garcia-Varona *et al.*, 2000; Aymerich *et al.*, 2003).

Autres espèces, tels que : *S. carnosus* ; *S. succinus* ; *S. warneri* ; *S. lentus* ; *S. vitulus* ; *S. pasteurii* ; *S. epidermidis* ; *S. haemolyticus* ; *S. intermedius* ; *S. pulverei* ; *S. sciuri* ; *S. cohnii* ; *S. hyicus* ; *Kocuria varians* ; *K. kristinia* ; *Micrococcus luteus* et *Macrococcus caseolyticus*, ont été décrites (Aymerich *et al.*, 2003 ; Cocolin *et al.*, 2001; Fischer *et al.*, 1980; Martín *et al.*, 2006b; Rantsiou *et al.*, 2005b; Seager *et al.*, 1986). Ainsi qu'une dominance de *S. equorum* qui a été signalée dans le chorizo galicien (Fonseca *et al.*, 2013a).

Les SCN jouent un rôle prépondérant, dans le développement de l'arôme, de la saveur et de la couleur des produits carnés (Jessen *et al.*, 1995). Ils participent au développement et à la stabilité d'une couleur rouge souhaitable, en raison de leur activité de nitrate réductase qui conduit à la formation de nitrosomyoglobine. De plus, la réduction des nitrates produit des nitrites qui limitent l'oxydation des lipides en (i), liant l'hème et empêchant la libération de fer catalytique. (ii), liant le fer non hémique inhibant ainsi la catalyse. (iii) et / ou stabilisant les lipides oléfiniques contre l'oxydation (Talon *et al.*, 1999).

De même, les activités catalase et superoxyde dismutase du SNC sont importantes pour décomposer le peroxyde d'hydrogène et ainsi prévenir l'oxydation des lipides (Barrière *et al.*, 2001). Diverses substances aromatiques et acides organiques sont libérés par l'activité protéase et lipase des SNC qui jouent un rôle considérable dans le développement de la saveur des produits carnés de par la formation de composés de faible poids moléculaire, notamment des peptides, des acides aminés, des aldéhydes, des amines et des acides gras (Simonova *et al.*,

2006). Les bactériocines libérées par le SNC ont également une certaine activité contre les bactéries pathogènes, telles que *Escherichia coli* enterohémorragique, et *Salmonella* (Papamaloni *et al.*, 2002).

IV.2 Bactéries lactiques

Un total de 160 isolats de MRS a été soumis à une PCR RAPD-M13. Ces analyses ont révélé une grande diversité avec 110 profils différents. Un total de 148 isolats, un isolat représentatif de chaque profil et 02 à 03 isolats pour les profils dominants, ont été identifiés, après séquençage du gène de l'ADNr 16S. Parmi eux, 132 isolats appartenaient au groupe LAB et ont été identifiés comme appartenant à 07 genres : *Leuconostoc* (40) ; *Lactobacillus* (35) ; *Enterococcus* (20) ; *Weissella* (23) ; *Lactococcus* (11) ; *Pediococcus* (02 *P. pentosaceus*) et *Streptococcus* (01 *St. parauberis*). Sur 40 *Leuconostoc*, 39 ont été identifiés comme *Le. mesenteroides* et 01 comme *Le. citreum*. Sur 35 lactobacilles, 29 ont été identifiés comme *Lb. sakei* et 6 comme *Lb. curvatus*.

Dans tous les échantillons, et quelle que soit l'espèce animale d'origine, deux espèces étaient concomitamment présentes : *Le. mesenteroides* et *Lb. sakei*, de la viande fraîche à T365. Les autres genres identifiés ont été isolés sporadiquement. Sur 20 entérocoques, 15 ont été identifiés comme *En. Hiraе* ; 03 comme *En. faecalis* et 02 comme *En. thailandicus*. Ils étaient présents dans quelques échantillons de viande ovine, bovine et caprine à T90 et T365. Une grande diversité d'espèces a été trouvée dans le genre *Weissella*, avec 06 espèces identifiées : *W. viridescens* (12) ; *W. cibaria* (03) ; *W. thailandensis* (03) ; *W. hellenica* (02) ; *W. paramesenteroides* (02) et *W. confusa* (01). Ils étaient présents dans certains échantillons, à différents moments et quelle que soit l'espèce animale d'origine. Sur 11 lactocoques, 09 ont été identifiés comme *L. garvieae* et 02 comme *L. formosensis*. *L. garvieae* n'a été détecté que dans les échantillons frais de viandes ovine et bovine.

Dix-sept espèces de bactéries lactiques ont été identifiées mettant en évidence une grande diversité, dans les échantillons d'*El-Guedid* étudiées des différents types de viandes. Elles appartenaient aux principaux genres LAB identifiés, à partir de saucisses sèches fermentées. *Lactobacillus* ; *Pediococcus* ; *Leuconostoc* ; *Weissella* et *Enterococcus* (Albano *et al.*, 2009; Ammor *et al.*, 2007). Parmi ces LAB, *Le. mesenteroides* (30%) et *Lb. sakei* (22%) ont constitué le microbiote dominant tout au long du processus d'affinage, dans tous les produits d'*El-Guedid*.

Lb. sakei est l'espèce bactérienne typique du milieu carné. C'est l'espèce la plus répandue dans le microbiote des produits carnés frais emballés et des viandes fermentées traditionnellement (Najjari *et al.*, 2008; Bonomo *et al.*, 2008; Di cagno *et al.*, 2008; Cocolin *et al.*, 2007; García Fontán *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2007; Leroy *et al.*, 2015). C'est un bacille naturellement présent sur la viande fraîche. Il se développe spontanément lors de la fabrication des produits carnés séchés, et il devient aussi la flore dominante lors de la conservation de la viande, grâce à sa résistance au sel, à une faible teneur en eau et aux basses températures, conditions souvent utilisées pour la conservation, et à son effet inhibiteur sur le développement d'autres bactéries. D'où sa capacité à être utilisé, comme un agent bioconservateur.

Il est aussi utilisé industriellement, en qualité de ferment lactique pour la fabrication de certains produits de charcuterie (Zagorec *et al.*, 2006). D'après les données bibliographiques, ses activités lipolytiques sont généralement faibles quand elles sont présentes (Montel *et al.*, 1998). En effet, Papamanoli *et al.*, (2003) ont observé des activités lipolytiques chez 21 souches de *Lb. Sakei*, sur les 49 souches testées. Tandis que Ammor *et al.*, (2005a) n'ont retrouvé de lipase (C14), que chez une souche parmi les 36 étudiées. Enfin, d'après Demeyer *et al.*, (2000), dans les produits carnés, la lipolyse est surtout réalisée par les lipases de la viande, et non par les lipases bactériennes, aux activités trop faibles.

En général, les bactéries lactiques ont une faible propriété protéolytique, sur les protéines myofibrillaires. Toutefois, certaines souches de *Lb. sakei* participent à l'hydrolyse des protéines sarcoplasmiques et par conséquent, contribuent à la décomposition des peptides en acides aminés (Drosinos *et al.*, 2007. Dalmiş *et al.*, 2008 ; Scannell *et al.*, 2004 ; Larrouture *et al.*, 2000). Des peptidases issues de ces bactéries lactiques hydrolysent des oligopeptides et de ce fait, produisent les substances responsables de la flaveur et de la texture des produits carnés (Ammor *et al.*, 2005 ; Papamanoli *et al.*, 2003 ; Hughes *et al.*, 2002).

De plus, il a récemment été montré que cette bactérie était retrouvée dans le tractus digestif de l'homme en bonne santé. Il est vraisemblable, que dans ce cas, son origine soit alimentaire et que cette bactérie soit donc, une vieille compagne de l'homme.

Quant à *Le. mesenteroides*, elle est souvent identifiée dans les viandes fraîches emballées et peut être responsables de la pourriture (Pothakos *et al.*, 2015), mais elle est moins fréquemment isolée dans les produits carnés fermentés (Leroy *et al.*, 2015). *Lb. sakei* et *Le.*

mesenteroides peuvent produire des bactériocines qui peuvent contribuer, dans la sécurité des produits (Leroy *et al.*, 2005; Benmechernene *et al.*, 2014).

Weissella (17%) avec *W. viridescens* (9%) et *Enterococcus* (15%) avec *En. hirae* (11%) étaient les deux populations sous-dominantes d'El-Guedid. Les bactéries du genre *Weissella* habitent une variété de niches écologiques, y compris les plantes et les légumes et une variété d'aliments fermentés avec *W. viridescens*, principalement associés à la viande et aux produits carnés (Fusco *et al.*, 2015).

Les entérocoques sont présents, dans plusieurs produits carnés. Ce genre est le plus controversé des bactéries lactiques, en tant qu'agent d'altération, ou élément contribuant positivement à la maturation et au développement de la flaveur des produits (Ruiz Moyano *et al.*, 2008 ; Gracia Fontán *et al.*, 2007 ; Foulque-Moreno *et al.*, 2006 ; Ammor *et al.*, 2005). *E. hirae* représentait 10% des isolats d'entérocoques, provenant de viande rouge fraîche tunisienne d'origines ovine et bovine a été détecté dans des saucisses, du jambon et de la viande hachée, dans des points de vente au détail en Allemagne (Klibi *et al.*, 2013; Peters *et al.*, 2003). Toutes ces bactéries lactiques dominantes partagent la propriété de croître, en présence de sel (halotolérantes) (Marceau *et al.*, 2003 ; Franz *et al.*, 2003; Fusco *et al.*, 2015).

Des caractérisations microbiologiques, de différents produits carnés finis ont montré la prédominance des bactéries lactiques. La croissance de ces microorganismes est souvent corrélée à une diminution du pH de la viande et implique une diminution ou voire, une disparition des bactéries d'altération et/ou pathogènes dans le produit (Rantsiou *et al.*, 2004 ; Cocolin *et al.*, 2001). De plus, de nombreuses publications font état de production des bactériocines par les bactéries lactiques. Ces composés inhibent, in vivo la croissance des germes pathogènes rencontrés, dans les industries agro-alimentaires. Les bactériocines, telles la leucocine (des *Leuconostoc*), la pediocine (des *Pediococcus*) ou la nisine (des *Lactococcus*) par exemple, ont démontré leur efficacité, vis-à-vis de différentes flores pathogènes, tel que : *Clostridium sp.* (Albano *et al.*, 2007 ; Todorov *et al.*, 2007 ; Drosinos *et al.*, 2006b ; Dicks *et al.*, 2004 ; Työppönen *et al.*, 2003 ; Nieto-Lozano *et al.*, 2002 ; Scannel *et al.*, 2001 ; Aymerich *et al.*, 2000). C'est une propriété intéressante, notamment pour la qualité sanitaire des produits carnés.

De nos jours, l'utilisation des bactéries lactiques est envisageable, dans la conservation des produits carnés, non plus pour fermenter les produits, mais pour préserver leur qualité microbiologique. Dans ce cas, ces bactéries doivent être présentes, sans se développer, en trop

grande quantité, pour ne pas altérer les qualités organoleptiques du produit (couleur. flaveur. texture).

La concentration et la diversité de la flore, d'intérêt technologique qualifient El-Guedid algérien, comme étant, un produit très intéressant du point de vue technologique. Cette étude est bien la première, où El-Guedid a été caractérisé, en prenant en compte, des produits de différentes origines animales, tout au long du processus d'affinage et de conservation, et ce jusqu'à 365 jours. Selon cette caractérisation, on peut déduire qu'El-Guedid est un produit carné traditionnel sûr, répondant aux critères d'hygiène, et de durabilité.



Conclusion et perspectives

Les données recueillies, ainsi que les résultats obtenus tout au long de cette étude nous ont permis de mieux connaître la qualité microbiologique, physico-chimique d'El-Guedid ; un produit carné traditionnel, et cela par le suivi du procédé d'affinage et les différentes étapes s'y afférents. Cette étude est novatrice, en effet, El-Guedid a été caractérisé en considérant des produits de différentes origines animales, de différentes régions et cela durant tout le temps de conservation, s'étalant jusqu'à 365 jours. L'objectif initial de ce travail, ambitieux, de thèse est la réalisation d'une caractérisation physico-chimique et microbiologique des différents produits d'El-Guedid élaborés, ainsi que l'étude de l'effet du type de viande et le temps d'affinage sur les évolutions de ces derniers, tout au long de la période de fabrication et de conservation.

El-Guedid est un produit traditionnel à base de viande séchée, salée qui est très populaire dans les pays du Maghreb, et en particulier, en Algérie, dont les propriétés sensorielles (arôme, goût, couleur et texture) découlent de nombreux phénomènes physiques, microbiologiques et physicochimiques.

Le suivi des paramètres physico-chimiques tout au long de la période de maturation a démontré une baisse du pH, ainsi qu'une faible activité hydrique (A_w), de tous les échantillons. À l'interface air/produit, le développement et l'activité de la flore microbienne, et donc une partie de la flaveur du produit, sont conditionnés par l' A_w , dont la valeur dépend des phénomènes physiques de transferts (le séchage). Dans le produit, et à cause du séchage en surface, l' A_w diminue, et entraîne une baisse du pH. Cela peut confirmer qu'il existe une relation entre les phénomènes physiques de transferts et certaines réactions biochimiques (telles que : l'acidification, la protéolyse, la lipolyse et les oxydations protéique et lipidique également), ce qui conduit, par la suite à l'apparition de la flaveur et de l'arôme typique des produits d'El-Guedid.

La faible activité d'eau (A_w), notamment enregistrée dans tous les types de viande assure l'inhibition de la croissance microbienne, et en particulier les agents pathogènes, et est également, considérée comme une bonne méthode de conservation contre les micro-organismes d'altération.

Les analyses ont démontré que le séchage des produits, a entraîné une réduction du taux d'humidité. Il a diminué dans tous les échantillons en raison de l'évaporation de l'eau à la surface du produit pour atteindre un taux d'humidité relatif (pourcentage), et d'une valeur moyenne de : 11.8 ± 1.0 ; 12.3 ± 1.1 ; 11.3 ± 1.1 ; 14.1 ± 1.6 , pour les échantillons (ovins, bovins, caprins et

camelin), respectivement, et cela après 365 jours de conservation. Cette baisse a conduit à une augmentation des teneurs en lipides, ainsi que des concentrations en sel.

Cependant, et en raison de la façon dont il est fabriqué, El-Guedid contient des taux élevés de chlorure de sodium ($\geq 10\%$). Malgré ces taux élevés, El-Guedid n'est pas considéré comme étant, un produit néfaste à la santé humaine et ce, suite aux modalités de pré-consommation qui consiste à le laver et à le dessaler, par son immersion dans l'eau pendant 24h avant sa consommation, ce qui réduit considérablement le taux de sel initial.

Concernant les oxydations lipidique et protéique, les valeurs ont été peu satisfaisantes. En effet, une forte oxydation lipidique a été observée, avec des indices TBARS supérieurs aux valeurs limites, citées dans la littérature. Un pic à T90 pour tous les échantillons, hormis les camelins (pic à T30) a été enregistré, suivi d'une diminution progressive jusqu'à la fin du processus (T365). La valeur relativement élevée de l'indice TBARS des échantillons indique un degré élevé d'oxydation pour le produit final. Ceci peut être perceptible, au niveau olfactif et la viande risque de devenir désagréable au consommateur. Une forte oxydation des protéines a été également constatée dans tous les types de viande durant toute la phase d'affinage, pouvant être causée par l'étape de salage et de séchage. Ces modifications oxydatives peuvent impacter, de manière négative, sur la valeur nutritionnelle des produits carnés. La diminution de la vitesse de digestibilité des protéines, due à leur oxydation et à leur agrégation, peut aussi avoir des conséquences malsaines, en termes de santé humaine. Pour assurer une qualité finale optimale de ces produits carnés, il est donc indispensable de disposer d'outils permettant de maîtriser, au mieux ces oxydations.

L'analyse statistique nous a permis de mettre en évidence l'effet du type de viande, ainsi que le temps sur l'évolution des paramètres mesurés. Concernant l'évolution du pH, la teneur en sel, et l'oxydation lipidique/protéique, les résultats ont démontré une dynamique d'évolution classique et indépendante du type de viande et du temps, et qui n'avaient aucun effet significatif ($P > 0.05$), et cela dans tous les cas étudiés. Par contre, nos résultats ont démontré que les évolutions des taux d'humidité et de l' A_w à partir de 30 et 90 jours ont été influencés principalement par le temps et le type de viande ($P < 0,0001$). Quant au taux des lipides, une différence significative ($P < 0,0001$), entre les échantillons, a été observée après 90 jours d'affinage, avec les produits ovins ayant le taux le plus élevé.

Concernant l'évolution microbiologique, les produits d'El-Guedid des différents types de viande ne présentaient pas de problème d'hygiène et de contamination, avec l'absence totale

de coliformes, et de pathogènes potentiels recherchés (*Listeria monocytogenes*, *Clostridium*), en raison du taux de sel élevés et de la basse activité d'eau qui peuvent inhiber leur croissance, en plus de la production des bactériocines par les bactéries lactiques et les Staphylocoques à coagulase négative, et de l'acide lactique.

Au cours de l'affinage, les deux populations dominantes dans les produits d'El-Guedid étudiés étaient : les staphylocoques à coagulase négatives (SCN) et les bactéries lactiques (LAB), qui sont considérés comme étant des microorganismes potentiellement d'intérêt technologique. Ces flores sont halotolérantes, ce qui leur avait permis de persister dans les produits salés/séchés, jusqu'à 365 jours de conservation. Elles ont été analysées, suivant des méthodes moléculaires, afin d'identifier les différentes espèces présentes, dans les échantillons des différents types de viandes, et d'affirmer ou pas leurs rôles dans la qualité sensorielle du produit fini.

Les espèces de SCN concomitamment présentes et dominantes dans tous nos échantillons étaient les *Staphylococcus saprophyticus*, suivies par *S. epidermidis* ; *S. pasteurii* ; *S. hominis* ; *S. capitis* ; *S. xylosum* et *S. cohnii*. En effet, cette dominance des *S. saprophyticus* a déjà été remarquée dans différents produits carnés, tel que le Kitoza ; le lãcon séché ; les saucisses fermentées traditionnelles, et dans les salamis grecs. Les SCN sont les microorganismes les plus, significativement liés, à la sécurité des produits carnés. Ils jouent un rôle important, dans le développement de l'arôme ainsi que de la saveur et de la couleur des produits carnés. En outre, ils libèrent des bactériocines qui inhibent les agents pathogènes de la viande, en particulier : *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Clostridium botulinum* et *Staphylococcus aureus*. Donc, les SNC contribuent à la fois aux qualités sensorielles et à la bioprotection des produits carnés.

Les caractérisations microbiologiques ont également montré la prédominance des bactéries lactiques. Dans tous nos échantillons, et quelle que soit l'espèce animale ou l'origine de la viande, deux espèces de LAB ont été concomitamment présentes : *Leuconostoc mesenteroides* et *Lactobacillus sakei*, de la viande fraîche à T365. D'autres genres ont été identifiés et isolés sporadiquement, à savoir : *Enterococcus* (*En. Hira* ; *En. Faecalis* ; *En. Thailandicus*), *Weissella* (*W. viridescens* ; *W. cibaria* ; *W. thailandensis* ; *W. hellenica* ; *W. paramesenteroides* et *W. confusa*), *Lactococcus* ; *Pediococcus* et *Streptococcus*. Les bactéries lactiques sont responsables d'une fermentation rapide des glucides, conduisant à une diminution du pH, et sont connus pour affecter la saveur, la texture et l'apparence des produits carnés. Leur

utilisation est envisageable dans la conservation des produits carnés, en préservant leur qualité microbiologique. Leur présence est souhaitable, mais en moindre quantité, afin d'éviter l'altération de la qualité organoleptique du produit (couleur, flaveur, texture).

Les résultats, sur les nombreux essais montrent une certaine stabilité, dans l'évolution des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques dans les quatre types de viandes. Concernant les évolutions biochimiques, des taux élevés d'oxydations lipidiques et protéiques ont été constatés, tout au long du procédé de fabrication, avec les différents types de viandes. Pour y remédier, il est nécessaire d'étudier, l'effet, dans l'ajout d'antioxydants, ainsi que de vitamine E, dans l'alimentation de l'animal, avant son abattage afin de contrôler le taux d'oxydation trop élevé des produits finis.

Selon la qualité microbiologique des produits, on peut estimer qu'El-Guedid est un produit carné traditionnel sûr, et qui répond aux critères d'hygiène et, de durabilité. L'étude moléculaire des souches persistantes a démontré qu'El-Guedid était riche, en flore d'intérêt technologique. La diversité des espèces peut être liée au terroir, à la matière première, ainsi que le procédé (salage et séchage). La concentration et la diversité de cette flore font d'El-Guedid algérien, un produit très intéressant d'un point de vue technologique.

Les conditions de transformation de la viande dans les produits d'El-Guedid nécessitent une surveillance rigoureuse, pendant le traitement pour l'amélioration de la qualité organoleptique du produit final. Cette étude donne un premier aperçu des différents paramètres à contrôler, pendant le processus de salage et séchage, par laquelle la procédure traditionnelle pourrait être étendue à une production contrôlée, à grande échelle, selon des normes définies. Elle ouvre la porte à d'autres travaux complémentaires permettant d'initier une étude ultérieure, visant une industrialisation d'El-Guedid, tout le territoire algérien, et par la suite élargir le marché local.

Le but à long terme du projet est de faire exporter le produit, sur le marché international et faire connaître ce bien culturel, à travers le monde, et élargir l'éventail aux consommateurs. Afin d'y arriver, El-Guedid doit répondre à certains critères notamment, la sécurité et la bonne hygiène, dans l'obtention d'un produit final sain (absence de pathogènes et taux d'oxydation lipidiques et protéiques conforme aux normes).

L'étude de la diversité des souches de la flore d'intérêt technologique, à savoir les bactéries lactiques et les staphylocoques à coagulase négative, ainsi que leur évolution au cours

du processus d'affinage sont un point de départ, permettant par la suite de contribuer dans la formulation de mélanges de cultures starters indigènes, susceptibles d'être appliqués à la bio-préservation du produit et pourraient aider à contrôler certains agents pathogènes.

L'utilisation des starters, durant la fabrication d'un produit carné, permet d'orienter le processus d'affinage et de ce fait, de prévenir les accidents liés à la croissance de microflores indésirables et de maîtriser la qualité organoleptique et hygiénique des produits finis. Ceci est impératif, dans le cadre d'une production industrielle que nous souhaitons réaliser. Les résultats de notre recherche permettent d'ouvrir de nouvelles perspectives de production industrielle dont la qualité microbiologique, physico-chimique et organoleptique, maîtrisés à l'aide de souches starters identifiées et caractérisées.

L'étude de l'effet du temps, ainsi que le type de viande sur l'évolution des différents paramètres physico-chimique était primordiale, en vue de pouvoir déceler le type de viande adéquat, ainsi que la meilleure période de consommation d'El-Guedid traditionnel. Pour y parvenir, une analyse sensorielle ultérieure est nécessaire afin de pouvoir développer des formulations, qui soient stables sur le plan microbiologique, physico-chimique, et acceptées par les consommateurs.

Enfin, il serait également intéressant d'adapter la flore microbiologique (flore de surface, ferments), lors des phases de salage et de séchage de ces produits, avec des teneurs réduites en sel et en matière grasse, de manière à faciliter la conduite du procédé et de rehausser l'arôme final des produits. Les souches des flores d'intérêt technologique, à savoir : les bactéries lactiques et staphylocoques à coagulase négative devraient faire l'objet d'investigations ultérieures, plus poussées pour connaître leur importance dans l'élaboration des produits finaux.

Afin de promouvoir les traditions et biens culturels en Algérie, tel que les produits carnés traditionnels, une fabrication traditionnelle contrôlée doit être réalisée et poussée vers une production semi-industrielle ou industrielle plus productive. Pour cela, l'amélioration des qualités hygiéniques, sensorielles et nutritionnelles est fondamentale, dans l'objectif d'élargir l'accès à ces produits du terroir, en voie de disparition et tant prisés depuis fort longtemps. Avec les améliorations apportées dans cette recherche et les études envisagées postérieurement, ces produits traditionnels auront une place de choix, et leur valeur sera ainsi accrue.



Références bibliographiques

'A'

Ahhmed, A. M., Kaneko, G., Ushio, H., Inomata, T., Yetim, H., Karaman, S. & Sakata, R. (2013). Changes in physicochemical properties of proteins in Kayserian Pastirma made from the M. semimembranosus muscle of cows during traditional processing. *Food Science and Human Wellness*, 2(1), 46-55.

Ahmad, J. I. (2003). Smoked Foods, Applications of Smoking. In B. Caballero, L. Trugo & P. Flings (Eds.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. (Second ed., 5309-5316). Cambridge, Mass.: Academic Press.

Akgül, A., & Kivanc, M. (1988). Inhibitory effects of selected Turkish spices and oregano components on some foodborne fungi. *International Journal of Food Microbiology*, 6(3), 263-268.

Aksu, M. I., & Kaya, M. (2002). Effect of commercial starter cultures on the fatty acid composition of pastirma (Turkish dry meat product). *Journal of food science*, 67(6), 2342-2345.

Aksu, M. I., Aktas, N., & Kaya, M. (2002). Effect of commercial starter cultures on the myofibrillar proteins of pastirma, a Turkish dry meat product. *Journal of food science*, 67(7), 2548-2551.

Alasnier C., Gandemer G. (2000). Activities of phospholipase A and lysophospholipases in glycolytic and oxidative skeletal muscles in the rabbit. *Journal of the Science of Food and agriculture*, 80, 698-704.

Albano H., Henriques I., Correia A., Hogg T, Teixeira P. (2008). Characterization of microbial population of Alheira (a traditional Portuguese fermented sausage) by PCR-DGGE and traditional cultural microbiological methods. *Journal of Applied Microbiology*, 105, 2187-2194.

Albano H., Todorov S.D., Van Reenen C.A., Hogg T., Dicks L.M.T., Teixeira P. (2007). Characterization of two bacteriocins produced by *pediococcus acidilactici* isolated from "alheira", a fermented sausage traditionally produced in Portugal. *International journal of food microbiology*. vol. 116, 239-247.

Al-Delaimy, K. H., & Barakat, M. M. F. (1971). Antimicrobial and preservative activity of garlic on fresh ground camel meat: effect of fresh ground garlic segments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 22(2), 96-98.

Alessandria, V., Rantsiou, K., Dolci, P., Cocolin, L., (2015). Methodologies for the study of microbial ecology in fermented sausages. In: Toldra, F., Hui, Y.H., Astiasara'n, I., Sebranek, J.G., Talon, R. (Eds.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry*, second ed. Blackwell Pub, Ames, Iowa, USA, pp. 177e188.

Alford, J.A., Smith J.L., Lilly H.D. (1971). Relationship of microbial activity to changes in lipids of foods. *J. Appl. Bacteriol.*, 34: 133.

Alonge, D. O. (1987). Factors affecting the quality of smoke-dried meats in Nigeria. *Acta Alimentaria*, 16(3), 263-270.

Alonge, D. O., & Hiko, A. A. (1981). Traditional methods of meat preservation and preparation in Nigeria. *West African Farming*, 19-22.

Andres, A. I., Cava, R., Martin, D., Ventanas, J. and Ruiz, J. (2005). Lipolysis in dry-cured ham: Influence of salt content and processing conditions. *Food Chem.* 90(4): 523-533.

Andriamampianina, H. L. (2012). Production, vente et consommation du kitoza dans la province d'Antananarivo, qualité du kitoza de porc.

Antara N.S., Sujaya, I.N., Yokota A., Asano K., Tomita F. (2004). Effects of indigenous starter cultures on the microbial and physicochemical characteristics of Urutan, a Balinese fermented sausage. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, vol. 98, 92-98.

Apata, E. S., Osidibo, O. O., Apata, O. C. & Okubanjo, A. O. (2013). Effects of different solar drying methods on quality attributes of dried meat production (kilishi). *Journal of Food Research*, 2(1), 80-86.

Aquilanti L., Santarelli S., Silvestri G., Osimani A., Petruzzelli A., Clementi F. The microbial ecology of a typical Italian salami during its natural fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 20th International ICFMH Symposium on Food Micro. **2006. 2007**, vol. 120, 136-145.

Armenteros, M., Aristoy, M. C., Barat, J. M. and Toldrá, F. (2009). Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl. *Food Chem.* 117(4): 627-633.

Armenteros, M., Aristoy, M. C., Barat, J. M., & Toldrá, F. (2012). Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts. *Meat Sci.* 90(2): 361-367.

Arnau, J., Gou, P., & Comaposada, J. (2003). Effect of the relative humidity of drying air during the resting period on the composition and appearance of dry-cured ham surface. *Meat Sci.* 65(4): 1275-1280.

Atlas R.M., (1995). Hand book of microbiological media of examination of food. CRC Press, Inc.310p.

Attwell, E. (2003). Biltong wakes up. *South African Food Review*, 30, 11-13.

Axelsson L. (2004). Lactic acid bacteria; microbiological and functional aspect. Third Rev and Exp. New York: Marcel Dekker, p. 1-66.

Aymerich T., Garriga M., Monford J.M., Nes I.F. & Hugas M., (2000). Bacteriocin producing lactobacilli in Spanish - style fermented sausages: Characterization of bacteriocins. *Food Microbiology* 17: 33 – 45.

Aymerich, T., Martín, B., Garriga, M. & Hugas, M. (2003). Microbial quality and direct PCR identification of lactic acid bacteria and nonpathogenic staphylococci from artisanal low-acid sausages. *Appl. Environ. Microbiol.* Vol 69, 4583-4594.

Aymerich, T., Picouet, P. A., & Monfort, J. M. (2008). Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*, 78(1), 114-129.

'B'

Bachmann H., Starrenburg M. J., Molenaar D., Kleerebezem M., Van Hylckamav J. E. (2012). Microbial domestication signature of *Lactococcus lactis* can be reproduced by experimental evolution. *Genome Research*, vol. 22, p. 115-24.

Baracco, G. J., & Bisno, A. L. (1999). Therapeutic approaches to streptococcal toxic shock syndrome. *Current infectious disease reports*, 1(3), 230-237.

Barbieri, G., Bolzoni, L., Parolari, G., Virgili, R., Buttini, R., Careri, M. & Mangia, A. (1992). Flavor compounds of dry-cured ham. *J Agric Food Chem.* 40, 2389-2394.

Barrière, C., Bruckner, R., & Talon, R. (2001b). Characterization of the single superoxide dismutase of *Staphylococcus xylosum*. *Appl Environ Microbiol.* 67, 4096-4104.

Barrière, C., Centeno, D., Lebert, A., Leroy-Sétrin, S., Berdagué, J. L., & Talon, R. (2001). Roles of superoxide dismutase and catalase of *Staphylococcus xylosum* in the inhibition of linoleic acid oxidation. *FEMS Microbiology Letters*, 201, 181-185.

Barrière, C., Leroy-Sétrin, S., & Talon, R. (2001). Characterization of catalase and superoxide dismutase in *Staphylococcus carnosus* 833 strain. *J Appl Microbiol* 91, 514– 519.

Bascomb, S., Manafi, M., (1998). Use of enzyme tests in characterization and identification of aerobic and facultative anaerobic Gram-positive cocci. *Clin. Microbiol. Rev.* 11, 318– 340.

Bellagha, S., Sahli, A., Farhat, A., Kechaou, N., & Glenza, A. (2007). Studies on salting and drying of sardine (*Sardinella aurita*): Experimental kinetics and modeling. *Journal of Food Engineering*, 78, 947–952.

Benito, M.J., Serradilla M.J., Ruiz-moyano S., Martín A., Perez-nevado F., Cordoba, M.G. (2008). Rapid differentiation of lactic acid bacteria from autochthonous fermentation of Iberian dry-fermented sausages. *Meat Science*. In Press, Corrected Proof.

Benlacheheb, R., Becila, S., Sentandreu, M. A., Hafid, K., Boudechicha, H. R., & Boudjellal, A. (2019). El Gueddid, a traditional Algerian dried salted meat: Physicochemical, microbiological characteristics and proteolysis intensity during its manufacturing process and ripening. *Food Science and Technology International*, 25(4), 347-355.

Benmechernene, Z., Fernández-No, I., Quintela-Baluja, M., Böhme, K., Kihal, M., Calo-Mata, P., & Barros-Velázquez, J. (2014). Genomic and proteomic characterization of bacteriocin-producing *Leuconostoc mesenteroides* strains isolated from raw camel milk in two southwest Algerian arid zones. *Biomed research international*, 2014.

Bennani, L., Zenati, Y., Faid, M., & Ettayebi, M. (1995). *Z. Lebensm Unters Forsch* 201:528 532.

Bennani, L., (2003). Qualité de certains produits carnés traditionnels marocains.

Bennani, L., Faid, M., & Bouseta, A. (2000). Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: control of the microorganisms. *European Food Research and Technology*, 211(3), 153-157.

Berdagué, J. L., Montel, P., Montel, M. C., & Talon, R. (1993). Effects of starter cultures on the formation of flavour compounds in dry sausage. *Meat Science*, 35(3), 275-287.

Bessam, H. M., Missouri, M., & Kridech, S. (2016). Bacterial Ecology of the “Kaddid”, Typical Dried Meat of the North Africa, during Its Traditional Fermentation. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 4(3), 70-77.

Bjorkroth, J., Ristiniemi, M., Vandamme, P., Korkeala, H.J. (2005). Enterococcus species dominating in fresh modified-atmosphere-packaged, marinated broiler legs are overgrown by *Carnobacterium* and *Lactobacillus* species during storage at 6 °C. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 97, 267-276.

Bjorkroth, J., (2005). Microbiological ecology of marinated meat products. *Meat Science*, 70(3), 477-480.

Blackmer, D.S., Mandigo, R.W., Eilert, S.J., Calkins, C.R., & Osburn, W.N. (1997). Effect of spray dried beef broth on the sensory, textural and cooking characteristics of grilled or broiled low fat ground beef patties. *Journal of Muscle Foods* 8, 465–479.

Blaiotta, G., Pennachia, C., Parente E., Villani, F. (2003). Design and evaluation of specific PCR primers for rapid reliable identification of *Staphylococcus xylosus* strains isolated from dry fermented sausages. *Applied Microbiology*, 26, 601–610.

Blaiotta, G., Pennacchia, C., Villani, F., Ricciardi, A., Tofalo, R., Parente, E. (2004). Diversity and dynamics of communities of coagulase-negative staphylococci in traditional fermented sausages. *Journal of Applied Microbiology*, 97, 271–284.

Bolumar, T., Sanz, Y., Flores, M., Aristoy, M. C., Toldrá, F., & Flores, J. (2006). Sensory improvement of dry-fermented sausages by the addition of cell-free extracts from *Debaryomyces hansenii* and *Lactobacillus sakei*. *Meat Sci.* 72(3): 457-466.

Bombrun, L., Gatellier, P., Carlier, M., & Kondjoyan, A. (2014). The effects of low salt concentrations on the mechanism of adhesion between two pieces of pork semimembranosus muscle following tumbling and cooking. *Meat Sci.* 96(1): 5-13.

Bond, J.S., Butler, P.E. (1987). Intracellular proteases. *Annual Review of Biochemistry*, 56, 333–364.

Bonomo, M.G., Ricciardi, A., Zotta, T., Parente, E., Salzano, G. (2008). Molecular and technological characterization of lactic acid bacteria from traditional fermented sausages of Basilicata region (Southern Italy). *Meat Science*, vol. 80, 1238-1248.

Boudechicha, H.R. (2014). Khliaa Ezir, un produit carné traditionnel Algérien. Mémoire de magistère. INATAA. Université Frères Mentouri Constantine p. 140.

Boudechicha, H.R., Nasri I., Bennaceur Z., Sellama M., Hafid K., Boudjellal A., Gagaoua M. (2017). Microbiological changes during the preparation steps of Khliaa Ezir: a traditional cured meat product of Algeria. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*, 4(6), 1.

Boudechicha, H.R., Sellama, M., Hafid, K., Boudjellal, A., Gagaoua, M. (2016). Adoption of proteomics in traditional meat products: the case of Khliaa Ezir. In *Food futures: ethics, science and culture* (pp. 612-619). Wageningen Academic Publishers.

Boudechicha, H. R., Gagaoua, M., Hafid, K., Becila, S., Boudjellal, A., & Astruc, T. (2015). Khliaa Ezir, a traditional cured meat product of Algeria: preparation and characterization. In *Proceedings of the 61th International Congress of meat science and meat technology*.

Boudechicha, H.R., Sellama, M., Lamri, M., Boudjellal, A., Gagaoua, M. (2018). Produits carnés traditionnels des pays d’Afrique du Nord. *La revue française de la recherche en viandes et produits carnés, ab corp international*. Vol 34 (3-8), pp.1-19.

Boudjellal, A., Becila, S., Coulis, G., Herrera-Mendez, C. H., Aubry, L., Lepetit, J., Ouali, A. (2008). Is the pH drop profile curvilinear and either monophasic or polyphasic? Consequences on the ultimate bovine meat texture. *African Journal of Agricultural Research*, 3(3), 195-204.

Bourgeois, C.M., Larpent, J.-P. (1996). Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1. 2e Ed. Tec & Doc, 704p

- Brian, M.C., (1995).** Qualité et sécurité des produits. Tome II, p 2-10, 12-23, 24-30, 32-41, 64-79.
- Brun, Y. & Bes, M. (2000).** *Staphylococcus*. In *Précis de bactériologie clinique*, Eds Freney J., Renaud F., Hansen W., Bollet C., ESKA. pp.783-830.
- Burke, R.M., Monahan, F.J., (2003).** The tenderisation of shin beef using a citrus juice marinade. *Meat Science*, 63(2), 161-168.
- Burnham, G. M., Hanson, D. J., Koshick, C. M., & Ingham, S. C. (2008).** Death of Salmonella serovars, Escherichia coli O157: H7, Staphylococcus aureus and Listeria monocytogenes during the drying of meat: a case study using biltong and droëwors. *Journal of food safety*, 28(2), 198-209.
- Butterfield, D. A., Howard, B. J., Yatin, S., Allen, K. L., & Carney, J. M. (1997).** Free radical oxidation of brain proteins in accelerated senescence and its modulation by N-tert-butyl- α -phenylnitron. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(2), 674-678.
- Byrne, D. V., Bredie, W. L. P., Bak, L. S., Bertelsen, G., Martens, H., & Martens, M. (2001).** Sensory and chemical analysis of cooked porcine meat patties in relation to warmed-over flavour and pre-slaughter stress. *Meat Science*, 59, 229–249.
- ‘C’**
- CAC (Codex Alimentarius Commission). (2009).** Code of practice for the reduction of contamination of food with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from smoking and direct drying processes (CAC/RCP 68/2009).
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006).** Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72, 303-311.
- Carr, F.J., Chili, D., Maida, N., (2002).** The Lactic Acid Bacteria: A Literature Survey. *Critical Rev. Microbiol*, vol. 28, n°4, p. 281-370.
- Casaburi, A., Di Monaco, R., Cavella, S., Toldrà, F., Ercolini, D. and Villani, F. (2008).** Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits. *Food Microbiol.* 25(2): 335-347.
- Cassens, RG. (1994).** Meat Preservation. Preventing Losses and Assuring Safety. Trumbull, CT: Food & Nutrition Press.
- Chabbouh, M., Ahmed, S. B. H., Farhat, A., Sahli, A., & Bellagha, S. (2012).** Studies on the salting step of Tunisian kaddid meat: experimental kinetics, modeling and quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1882-1895.
- Chabbouh, M., Sahli, A., & Bellagha, S. (2013).** Does the spicing step affect the quality and drying behaviour of traditional kaddid, a Tunisian cured meat? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(14), 3634-3641.
- Chevallier, I., Ammor, S., Laguet, A., Labayle, S., Castanet, V., Dufour, E., & Talon, R. (2006).** Microbial ecology of a small-scale facility producing traditional dry sausage. *Food Control*, 17,446–453.
- Chiralt, A., Fito, P., Barat, J. M., Andrés, A., Gonzalez-Martinez, C., Escriche, I. (2001).** Use of vacuum impregnation in food salting process. *Journal of Food Engineering*, 49, 141–151.

Cocconcelli, P.S., Fontana, C., (2015). Bacteria. In: Toldra', F., Hui, Y.H., Astiasara'n, I., Sebranek, J.G., Talon, R. (Eds.), Handbook of Fermented Meat and Poultry, second ed. Blackwell Pub., Ames, Iowa, USA, pp. 117e128.

Cocolin L, Dolci P, Rantsiou K. (2011). Biodiversity and dynamics of meat fermentations: the contribution of molecular methods for a better comprehension of a complex ecosystem. *Meat Science*, 89, 296–302.

Cocolin L., Diez A., Urso R. (2006. 2007). Optimization of conditions for profiling bacterial populations in food by culture-independent methods. *International Journal of Food Microbiology*. 20 th International ICFMH Symposium on Food Micro, vol. 120, 100-109.

Comi, G., Urso, R., Iacumin, L., Rantsiou, K., Cattaneo, P., Cantoni, C., & Cocolin, L. (2005). Characterisation of naturally fermented sausages produced in the North East of Italy. *Meat Science*, 69(3), 381-392.

Coppola, R., Iorizzo, M., Saotta, R., Sorrentino, E. & Grazia, L. (1997). Characterization of micrococci and staphylococci isolated from soppressata molisana, a Southern Italy fermented sausage. *Food Microbiol*, vol 14, 47-53.

Cordero, M.R. & Zumalacarregui, J.M. (2000). Characterization of *Micrococcaceae* isolated from salt used for Spanish dry-cured ham. *Lett Appl Microbiol*. Vol 31, 303-306.

Corral, S., Salvador, A., & Flores, M. (2013). Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. *Meat Sci*. 93(3): 776-785.

Corzo, O., & Bracho, N. (2005). Osmotic dehydration kinetics of sardine sheets using Zugarramurdi and Lupin model. *Journal of food engineering*, 66(11), 51–56.

Coton, E., Desmots, M. H., Leroy, S., Coton, M., Jamet, E., Christieans, S., Donnio, P. Y., Lebert, I., & Talon, R. (2010). Biodiversity of coagulase-negative staphylococci in French cheeses, dry fermented sausages, processing environments and clinical samples. *International Journal of Food Microbiology*, 137(2), 221-229.

Coux, O., Tanaka, K., Goldberg, A. (1995). Structure and function of the 20S and 26S proteasomes. *Annual Reviews in Biochemistry*, 65, 801–847.

'D'

Dalgaard, P. (2003). Identification of lactic acid bacteria from spoilage associations of cooked and brined shrimps stored under modified atmosphere between 0°C and 25°C. *J Appl Microbiol*, vol. 94, p. 30-89.

Dalmis, Ü., Soyer A. (2008). Effect of processing methods and starter culture (*Staphylococcus xylosum* and *Pediococcus pentosaceus*) on proteolytic changes in Turkish sausages (sucuk) during ripening and storage. *Meat Science*, vol. 80, 345-354.

Daoudi, A., Frentz, J.C., Martin, J.L., & Mekhtiche L. (2006). Les produits charcuteries halal: Charcuterie et préparations bouchères. Conflandey: MAE-ERTI. p 492.

Daun, C., Johansson, M., Onning, G., Akesson, B. (2001). Glutathione peroxidase activity, tissue and soluble selenium content in beef and pork in relation to meat ageing and pig RN phenotype. *Food Chemistry*, 73, 313–319.

Davies, A., Board, R. (1998). The Microbiology of Meat and Poultry. Thomson Science Ed. London, UK, 327.

De Roissart, H., Luquet, F.M. (1994). Bactéries lactiques -Aspect fondamentaux et technologiques, *Lorica*, vol. 2, p. 87-93.

Deeth, H. C., & Fitz-Gerald, C. H. (1975). A convenient method for determining the. *Australian Journal of Dairy Technology*.

Delleglio, F., Roissard, H., Torriani, S., Curk, M.-C., Janssens, D. (1994). Caractéristiques générales des bactéries lactiques. Dans : Roissard H., Luquet FM. Dans Bactéries lactiques. *Lorica* : Uriage, p. 25-116.

Demeyer, D., Hoozee, J. & Mesdom, H. (1974). Specificity of lipolysis during dry sausage ripening. *J Food Sci.* 39, 293-296.

Demeyer, D.I., Leory, F., Toldra', F., (2014). Fermentation. In: Jensen, W., Dikemann, M. (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences*, second ed., vol. 2. Elsevier Science Ltd., London, UK, pp. 1e7.

Desmazeaud, M. (1996). Les bactéries lactiques dans l'alimentation humaine: utilisation et innocuité. *Cahiers agricultures*, 5(5), 331-343.

Devriese, L.A., Vancanneyt, M., Descheemaeker, P., Baele, M., Van Landuyt, H.-W., Gordts, B., Butaye, P., Swings, J., Haesebrouck, F. (2002). Differentiation and identification of *Enterococcus durans*, *E. hirae* and *E. villorum*, *Journal of Applied Microbiol*, vol. 92, p. 821-827.

Di Cagno, R., Lopez, C.C., Tofalo, R. (2008). Comparison of the compositional, microbiological, biochemical and volatile profile characteristics of three Italian PDO fermented sausages. *Meat Science*, vol. 79, 224-235.

Dicks, L.M.T., Mellett, F.D., Hoffman, L.C. (2004). Use of bacteriocin-producing starter cultures of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus curvatus* in production of ostrich meat salami. *Meat Science*, vol. 66, 703-708.

Dortu, C. (2008). Isolement d'une bactérie lactique produisant de la sakacin G et utilisation sur des matrices alimentaires. Thèse de doctorat d'état : Université des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, p. 5.

Dray, S., Dufour, A. (2007). "The ade4 Package: Implementing the Duality Diagram for Ecologists." *Journal of Statistical Software*, *22*(4), 1-20.

Drider, J., Prevost, H. (2009). Bactéries lactiques. Physiologie, Métabolisme, Génomique et Applications industrielles. Ed. Economica., Paris. P 99 - 120.

Drosino, E.H., Mataragas, M., Kampani, A., Kritikos, D., Metaxopoulos, I. (2006a). Inhibitory effect of organic acid salts on spoilage flora in culture medium and cured cooked meat products under commercial manufacturing conditions. *Meat Science*, vol.73, 75-81.

Drosinos, E.H., mataragas, M., metaxopoulos, J. (2006b). Modelling of growth and bacteriocin production by *leuconostoc mesenteroides* e131. *Meat science*, vol. 74, 690-696.

Drosinos, E.H., Mataragas, M., Xiraphi, N., Moschonas, G., Gaitis, F. & Metaxopoulos, J. (2005). Characterization of the microbial flora from a traditional Greek fermented sausage. *Meat Sci.* 69, 307-317.

Durá, M. A., Flores, M. and Toldrá, F. (2004). Effect of Debaryomyces spp. on the proteolysis of dry-fermented sausages. *Meat Sci.* 68(2): 319-328.

Durand, P. (1999). Technologies des produits de charcuteries et des salaisons. Paris, France: Editions Tec & Doc, Lavoisier.

Dutaud D, Taylor RG, Picard B, Ouali A. (1996). Le protéasome: une nouvelle protéase impliquée dans la maturation de la viande. *Viandes Prod Carnés*, 17, 333–335.

Duwatp., Sourice S., Cesselin B., Lamberet G., Vido K., Gaudu P., Le Loir Y., Violet F., Loubiere P., Gruss A. (2001). Respiration capacity of the fermenting bacterium *Lactococcus lactis* and its positive effects on growth and survival. *J Bacteriol.* Vol.183. P 4509-4516.

Dzimba, F. E. J. M., Faria, J. D. F. & Walter, E. H. M. (2007). Testing the Sensory Acceptability of Biltong Formulated with Different Spices. *African Journal of Agricultural Research*, 2(11), 574-577.

‘E’

Edima Helene, C. (2007). *Carnobacterium maltaromaticum* : caractéristiques physiologiques et potentialités en technologie fromagère. INPL. Institut National Polytechnique de Lorraine : Université de Ngaoundéré, Cameroun.

Ergezer, H., Gokce, R., (2011). Comparison of Marinating with Two Different Types of Marinade on Some Quality and Sensory Characteristics Turkey Breast Meat. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(1), 60-67.

Essid, I., Ismail, H. B., Ahmed, S. B. H., Ghedamsi, R., & Hassouna, M. (2007). Characterization and technological properties of *Staphylococcus xylosum* strains isolated from a Tunisian traditional salted meat. *Meat science*, 77(2), 204-212.

Essid, I., Medini, M., & Hassouna, M. (2009). Technological and safety properties of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from a Tunisian traditional salted meat. *Meat Science*, 81(1), 203-208.

Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Sci.* 89(3): 259-279.

Etherington, D.J. (1984). The contribution of proteolytic enzymes to postmortem changes in muscle. *Journal of Animal Science*, 59, 1644–1650

Etherington, D.J. (1987). Conditioning of meat factors influencing protease activity. In: Accelerated Processing of Meat. A Romita, C Valin, AA Taylor (Eds), pp. 21–28. London: Elsevier Applied Science.

Euzeby, J.P. (1997). List of Bacterial Names with Standing in Nomenclature: a folder available on the Internet. *Int J Syst Bacteriol*, vol 47, 590-592.

Evenepoel, P., Geypens, B., Luypaerts, A., Hiele, M., Ghoo, Y., & Rutgeerts, P. (1998). Digestibility of cooked and raw egg protein in humans as assessed by stable isotope techniques. *The Journal of nutrition*, 128(10), 1716-1722.

F

- Fanco, I., Prieto, B., Cruz, J. M., López, M., & Carballo, J. (2002).** Study of the biochemical changes during the processing of Androlla, a Spanish dry-cured pork sausage. *Food Chemistry*, 78(3), 339-345.
- FAO. (1990).** Manual of simple methods of meat preservation. *FAO Animal Production and Health Paper No. 79*. Rome, FAO.
- Farouk, M.M., (1983).** Production of Kilishi. BSc Thesis. University of Maiduguri, Maiduguri, Nigeria.
- Federighi, M. (2005).** Bactériologie alimentaire compendium d'hygiène des aliments. 2ème Ed, Economica, Paris. P 220-224.
- Felis, G.E., Dellaglio, F. (2007).** Taxonomy of Lactobacilli and Bifidobacteria. *Curr. Issues Intestinal Microbiology*, vol. 8, p. 44-61.
- Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Muñoz, T., Sendra, E., Navarro, C., Perezalvarez, J.A. (2008).** Effect of packaging conditions on shelf life of ostrich steaks. *Meat science* symposium on meat safety, from abattoir to consumer, vol. 78, 143- 152
- Ferreira V., Barbosa J., Silva J. (2007).** Characterization of alheiras, traditional sausages produced in the North of Portugal, with respect to their microbiological safety. *Food Control*, vol. 18, 436- 440.
- Fischer, U., & schleifer, K. H. (1980).** Vorkommen von staphylokokken und mikrokokken in rohwurst. *Fleischwirtschaft* 60(5), 1046-1049.
- Fonseca, S, Cachaldora A, Gomez M, Franco I, Carballo J. (2013a).** Monitoring the bacterial population dynamics during the ripening of Galician chorizo, a traditional dry fermented Spanish sausage. *Food Microbiology*, 33, 77–84.
- Fonseca, S., Cachaldora, A., Gómez, M., Franco, I., & Carballo, J. (2013).** Effect of different autochthonous starter cultures on the volatile compounds profile and sensory properties of Galician chorizo, a traditional Spanish dry fermented sausage. *Food Control*, 33(1), 6-14.
- Fontana, C., Vignolo, G. & Cocconcelli, P.S. (2005).** PCR-DGGE analysis for the identification of microbial populations from Argentinean dry fermented sausages. *Journal of Microbiol Methods*. 63(3), 254-63.
- Foulque-Moreno, M.R., Sarantinopoulos, P., Tsakalidou, E., De Vuyst L. (2006).** The role and application of Enterococci in food and health. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 106, p.1-24.
- Fowler, S.D., Brown, W.J. (1984).** Lysosomal acid lipase. In: Lipases. B Borgström, HL Brockman (Eds), pp. 329–364. London: *Elsevier Science*.
- Franz, C.M.A.P., Stiles, M. E., Schleifer, K.H., Holzappel, W.H. (2003).** Enterococci in foods -a conundrum for food safety. *International Journal of Food Microbiology*, 88, 105-122.
- Fuentes, V., Estévez, M., Ventanas, J., & Ventanas, S. (2014).** Impact of lipid content and composition on lipid oxidation and protein carbonylation in experimental fermented sausages. *Food chemistry*, 147, 70-77.

Fusco, V., Quero, G. M., Cho, G. S., Kabisch, J., Meske, D., Neve, H., Franz, C. M. (2015). The genus *Weissella*: taxonomy, ecology and biotechnological potential. *Frontiers in microbiology*, 6, 155.

G

Gagaoua, M., & Boudechicha, H. R. (2018). Ethnic meat products of the North-African and Mediterranean countries: an overview. *Journal of Ethnic Foods*.

Gailani, M.B., (1986). Water activity in relation to microbiology during processing and storage of Sudanese dried beef (Sharmoot). *Dissertation Abstracts International*, B 46, 2513–2514.

Gallart-Jornet, L., Barat, J. M., Rustad, T., Erikson, U., Escriche, I., & Fito, P. (2007). A comparative study of brine salting of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Engineering*, 79(1), 261-270.

Gallart-Jornet, L., Barat, J.M., Rustad, T., Erikson, U., Escriche, I., Fito, P., (2007b). Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. *Journal of Food Engineering* 80 (1), 267–275.

Gandemer, G. (2002). Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Sci.* 62(3): 309-321.

Garcia Fontan, M.C., Lorenzo, J.M., Martinez, S., Franco, I., Carballo, J. (2007a). Microbiological characteristics of Botillo, a Spanish traditional pork sausage. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 40, 1610-1622.

Garcia-Varona, M., Santos, E.M., Jaime, I. & Rovira, J. (2000). Characterisation of *Micrococcaceae* isolated from different varieties of chorizo. *Int. J. Food Microbiol.* Vol 54, 189-195.

Gardini, F., Tofalo, R. & Suzzi, G. (2003). A survey of antibiotic resistance in *Micrococcaceae* isolated from Italian dry fermented sausages. *J Food Prot.* 66, 937-945.

Getty, K. J. K., Phebus, R. K., Marsden, J. L., Fung, D. Y. C., & Kastner, C. L. (2000). *Escherichia coli* O157:H7 and fermented sausages: A review. *Journal of Rapid Methods and Automation in Microbiology*, 8(3),141.

Giammarinaro, P., Leroy, S., Chacornac, J.-P., Delmas, J., Talon, R. (2005). Development of a new oligonucleotide array to identify staphylococcal strains at species level. *Journal of Clinical Microbiology*, 43, 3673–3680.

Gigaud, V. (2006). Valeur nutritionnelle de la viande de lapin et influence du régime alimentaire sur la composition en acide gras. Les atouts nutritionnels de la viande de lapin : comparaison avec les autres produits carnés. 12èmes Journées de la Recherche Cunicole 27-28 novembre 2007, Le Mans, France. ITAVI.

Girard, J.P. (1988). Technologie de la viande et des produits carnés. Paris, France: Editions Tec & Doc, Lavoisier.

Gök, V., Obuz, E., & Akkaya, L. (2008). Effects of packaging method and storage time on the chemical, microbiological, and sensory properties of Turkish pastirma—A dry cured beef product. *Meat science*, 80(2), 335-344.

Goll, D.E., Otsuka, Y., Nagainis, P.A., Shannon, J.D., Sathe, S.K., Mugurama, M. (1983). Role of muscle proteinases in maintenance of muscle integrity and mass. *Journal of Food biochemistry*, 7, 137–177.

González, B., & Diez, V. (2002). The effect of nitrite and starter culture on microbiological quality of "Chorizo"--a Spanish dry cured sausage. *Meat Science*, vol. 60, 295-298.

Götz, F., Verheij, H.M., & Rosenstein, R. (1998). Staphylococcal lipases: molecular characterisation, secretion, and processing. *Chem Phys Lipids*. Vol 93, 15-25.

Gou, P., Comaposada, J., & Arnau, J. (2003). NaCl content and temperature effects on moisture diffusivity in the gluteus medius muscle of pork ham. *Meat Science*, 63(1), 29–34.

Gounadaki, A., Skandamis, P.N., Drosinos, E.H., Nychas, G.J.E. (2008). Microbial ecology of food contact surfaces and products of small-scale facilities producing traditional sausages. *Food Microbiology*, 25, 313–323.

Greene, B. E., & Cumuze, T. H. (1982). Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists' assessments of oxidized flavor in cooked beef. *Journal of Food Science*, 47, 52-54

Grossman, S., Bergman, M., Sklan, D. (1988). Lipoygenase in chicken muscle. *Journal of agriculture and Food Chemistry*, 36, 1268–1270.

Guiraud, J.P., (2003). Microbiologie alimentaire. Dunod – RIA. p696, 144.

Guthertz, L. S., Fruin, J. T., Spicer, D., & Fowler, J. L. (1976). Microbiology of fresh comminuted turkey meat. *Journal of Milk and Food Technology*, 39(12), 823-829.

‘H

Hadef, S. (2012). Evaluation des aptitudes technologiques et probiotiques des bactéries lactiques. Mémoire de magister: p7-8. Université Kasdi Merbah. Ouargla.

Hammes, W.P., Hertel C. (2009). Genus I. Lactobacillus Beijerinck 1901, Dans: De vos P., Garrity G.M, Jones D., Krieg N.R., Ludwig W., Rainey F.A., Schleifer K.H., Whitman W.B. *Bergey's manual of systematic bacteriology*, Berlin: Springer, vol. 3, n°2, p. 465–510.

Hammes, W.P., Bantleou, A., Min, S., (1990). Lactic acid bacteria in meat fermentation. *FEMS Microbiology Reviews*, 87, 165-174.

Hammes, W.P., Knauf, H.J., (1994). Starters in the processing of meat products. *Meat Science* 36, 155e168.

Harkouss, R., Mirade, P.-S. Gatellier, P. (2012). Development of a rapid, specific and efficient procedure for the determination of proteolytic activity in dry-cured ham: Definition of a new proteolysis index. *Meat Sci.* 92(2): 84-88.

Hauschild, T., Kehrenberg, C. & Schwarz, S. (2003). Tetracycline resistance in *Staphylococci* from free-living rodents and insectivores. *J Vet Med Series B.* 50, 443- 446.

Heinz G. & Hautzinger P., (2007). Meat Processing Technology for Small-to MediumScale Producers. RAP Publication 2007/20. *FAO Regional Office for Asia and the Pacific*, Bangkok, Thailand.

Heinz, G., & Hautzinger, P. (2007). Meat processing technology for small to medium scale producers. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Hierro, E., de la Hoz, L., Ordonez, J.A. (1997). Contribution of Microbial and Meat Endogenous Enzymes to the Lipolysis of Dry Fermented Sausages. *J Agric Food Chem.* 45, 2989-2995.

Hinrichsen, L.L., Montel, M.C., & Talon, R. (1994). Proteolytic and lipolytic activities of *Micrococcus roseus* (65), *Halomonas elongata* (16) and *Vibrio* sp. (168) isolated from Danish bacon curing brines. *Int J Food Microbiol.* Vol 22, 115-126.

Ho, T.N.T., Tuan, N., Deschamps, A., Caubet, T. R. (2007). Isolation and identification of lactic acid bacteria (LAB) of the Nem Chua fermented meat product of Vietnam: Workshop on Food Safety and Processing Technology, p. 134-142.

Hollander, M., Douglas, A., Wolfe. (1973). Nonparametric Statistical Methods. New York: John Wiley & Sons. Pages 27–33 (one-sample), 68–75 (two-sample). Second edition (1999).

Hols, P., Hancy, F., Fontaine, L., Grossiord, B., Prozzi, D., Leblondbourget, N., Drcaris, B., Bolotin, A., Delorme, C., Ehrlich, S.D., Guedon, E., Monnet, W., Renault, P., Kleerebezem, M. (2005). New insights in the molecular biology and physiology of *Streptococcus thermophilus* revealed by comparative genomics. *FEMS Microbiol*, vol. 29, p. 435-463.

Holzapfel, W.H., Franz, C., Ludwig, W., Dicks, L.M.T. (2009). Genus I. *Bacillus* Cohn 1872. Dans: De vos P., Garrity G.M, Jones D., Krieg N.R., Ludwig W., Rainey F.A., Schleifer K.H., Whitman W.B. *Bergey's manual of systematic bacteriology*, Berlin: Springer, p. 21–128.

Honikel, K.-O. (2008). the use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. Meat Science Symposium on Meat safety, From Abattoir to Consumervol. Vol 78, 68-76.

Honikel, K.O. (2010). Curing. In: Toldra, F. (Ed) Handbook of Meat Processing, Wiley Blackwell, Ames, Iowa, pp. 125–141.

Horvath, P., Coute-Monvoisin, AC., Romero, DA., Boyaval, P., Fremaux, C., Barrangou, R. (2009). Comparative analysis of CRISPR loci in lactic acid bacteria genomes. *Int J Food Microbiol*, vol. 131, p. 62–70.

Hotchkiss, J. H. (1988). A review of current literature on N-nitroso compounds in foods. *Advances in Food Research*, 31, 53-115.

Hugas, M. (1998). Bacteriocinogenic Lactic Acid Bacteria for the Biopreservation of Meat and Meat Products. *Meat Science*, vol. 49, n° suppl.1, S119-S120.

Hughes, M.C., Kerry, J.P., Arendt, E.K., Kenneally, P.M., Mcsweeney, P.L.H., O'neill, E.E. (2002). Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. *Meat Science*, vol. 62, 205-216.

Hui, Y. H., Astiasaran, I., Sebranek, J., & Talon, R. (2014). Handbook of fermented meat and poultry. John Wiley & Sons.

I

Igene, J.O., (2008). Traditional African Meat Products for Food Security. Traditional African Meat Products for Food Security and Agro-Industrialization: Development Challenges. Lambert Academic Publishing, Theodor-Heuss-Ring, Kö In, Germany.

Igene, J. O. (1988). Lipid, fatty acid composition and storage stability of kilishi, a sun-dried meat product. *Tropical science*.

Igene, J. O., Abulu, E. O. (1984). Nutritional and bacteriological characteristics of tsire-type suya, a popular Nigerian meat product. *Journal of Food Protection*, 47(3), 193-196.

Ikonić, P., Tasić, T., Petrović, L., Škaljac, S., Jokanović, M., Mandić, A., & Ikonić, B. (2013). Proteolysis and biogenic amines formation during the ripening of Petrovska klobasa, traditional dry-fermented sausage from Northern Serbia. *Food Control*, 30(1): 69-75

Imanaka, T., Yamaguchi, M., Ahkuma, S., & Takano S. (1985). Positional specificity of lysosomal acide lipase purified from rabbit liver. *Journal of Biochemistry*, 98, 927-931.

ISO. (1996). Meat and meat products Determination of free fatty acids. *ISO*, 1444: 1996.

J

Jay, J.M., Loessner, M.J., Golden, D.A. (2000). Modern food microbiology. *Food science text series*. Spinger Science & Buniss Media, Inc. (6e Ed). 637.

K

Kaban, G., Kaya, M., (2008). Identification of lactic acid bacteria and Gram-positive catalasepositive cocci isolated from naturally fermented sausage (Sucuk). *J. Food Sci.* 73, 385-388.

Kalilou S. Zakhia N., (1999). Traditional methods of processing meat in Niger.

Kalilou, S. (1997). Transformation traditionnelle de la viande en kilichi au Niger, optimisation des procédés (*Thèse de Doctorat*). Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires, Montpellier, France, 137.

Kalilou, S., Collignan, A., & Zakhia, N. (1998). Optimizing the traditional processing of beef into Kilishi. *Meat Science* 50(1):21-32.

Kawano, J., Shimizu, A., Saitoh, Y., Yagi, M., Saito, T. & Okamoto, R. (1996). Isolation of methicillin-resistant coagulase-negative staphylococci from chickens. *J. Clin. Microbiol.* Vol 34, 2072-2077.

Ke, S., Huang, Y., Decker, E.A., Hultin, H.O., (2009). Impact of citric acid on the tenderness, microstructure and oxidative stability of beef muscle. *Meat Science*, 82(1), 113-118.

Kent, M. (1985). Water in fish. In D. Simatos & J. L. Multon (Eds), *Properties of Water in Foods* (573-590). Dordrecht, Pays-Bas: Martinus Nijhoff Publishers.

Kilic B. (2009). Current trends in traditional Turkish meat products and cuisine. *Food Science and Technology* 42, 1581-1589.

Klaenhammer, T.R., Barrangou, R., Buck B.L., Azcarate-Peril, M.A., Altermann, E. (2005). Genomic features of lactic acid bacteria effecting bioprocessing and health. *FEMS Microbiol*, vol. 29 n°3, p. 393-409.

Kleih, U. (1995). Economic aspects of dried meat production and marketing in Nigeria. Report on a visit to Nigeria to study economic aspects of dried meat production and marketing, 35.

Klibi, N., Ben Said, L., Jouini, A., Ben Slama, K., López, M., Ben Sallem, R., Boudabous, A., & Torres, C. (2013). Species distribution, antibiotic resistance and virulence traits in enterococci from meat in Tunisia. *Meat Science*, 93, 675-680.

Kloos, W., Ballard, D., George, C., Webster, J., Hubner, R., Ludwig, W., Schleifer, K., Fiedler, F. & Schubert, K. (1998). Delimiting the genus *Staphylococcus* through description of *Macrococcus caseolyticus* gen. nov., comb. nov. & *Macrococcus equipercicus* sp. nov., and *Macrococcus bovicus* sp. no. and *Macrococcus carouelicus* sp. nov. *Int J Syst Bacteriol*. Vol 48, 859-877.

Kloos, W.E., Schleifer, K.H. (1986). Genus IV. *Staphylococcus*. In *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Eds P. H. A. Sneath, N. S. Mair, M. E. Sharpe, and J. G. Holt, Williams & Wilkins. Pp.1013-1035.

Kloos, W.E., Zimmerman, R.J., & Smith, R.F. (1976). Preliminary studies on the characterization and distribution of *Staphylococcus* and *Micrococcus* species on animal skin. *Appl Environ Microbiol*, 31, 53-59.

Knockaert, C. (1990). Le fumage du poisson. Brest, France : Ifremer.

Knockaert, C., (1989). Les marinades des produits de la mer. Sdp Ifremer, 78.

Komprda, T., Kuchtik, J., Jarosova, A., Drackova, E., Zemanek, L., Filipcik, B., (2012). Meat quality characteristics of lambs of three organically raised breeds. *Meat Science*, 91(4), 499-505.

Kong, F., Tang, J., Rasco, B., & Crapo, C. (2007). Kinetics of salmon quality changes during thermal processing. *Journal of Food Engineering*, 83(4), 510-520.

Koohmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat ageing. *Meat Science*, 36, 93-104.

Krieg, N.R. (2001). The Archaea and the deeply branching and phototrophic bacteria - Identification of procaryotes. In *Bergey's Manual of systematic Bacteriology*. Garrity G. M., Boone D. R., Castenholz R. W. Williams and Wilkins, Baltimore, 721, 33 - 38.

‘L’

Lara, J. A. F., Senigalia, S. W. B., Oliveira, T. C. R. M., Dutra, I. D. S., Pinto, M. F., & Shimokomaki, M. (2003). Evaluation of survival of *Staphylococcus aureus* and *Clostridium botulinum* in charqui meats. *Meat science*, 65(1), 609-613.

Larpent, J.P. (1997). Microbiologie alimentaire. Lavoisier - Tec & Doc. Paris. 1072.

Larpent, J.P., (1997). Microbiologie alimentaire, Technique de laboratoire. Editions Lavoisier, p 860-870.

Larrouture, C., Ardaillon, V., Pepin, M., Montel, M.C. (2000). Ability of meat starter cultures to catabolize leucine and evaluation of the degradation products by using an HPLC method. *Food Microbiology*, vol. 17, 563-570.

Lebert, I., Leroy, S., Giammarinaro, P. (2007). Diversity of microorganisms in the environment and dry fermented sausages of small traditional French processing units. *Meat Science*, vol. 76, 112-122.

Ledesma, E., Laca, A., Rendueles, M., & Díaz, M. (2016b). Texture, colour and optical characteristics of a meat product depending on smoking time and casing type. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 164-172.

Ledesma, E., Rendueles, M., Díaz, M. (2016a). Contamination of meat products during smoking by polycyclic aromatic hydrocarbons: Processes and prevention. *Food Control*, 60, 64-87.

Leistner, L., & Rödel, W. (1976). The stability of intermediate moisture food with respect to microorganism, In R. Davies, G. G. Birch, K. J. Parker (Eds.), *Intermediate Moisture Foods* (120-137), London, United Kingdom : Applied Science Publishers.

Leroy, S., Giammarinaro, P., Chacornac, J.-P., Lebert, I., Talon, R. (2010). Biodiversity of indigenous staphylococci of naturally fermented dry sausages and manufacturing environments of small-scale processing units. *Food Microbiology*, 27, 294–301.

Leroy, F., Lievens, K., De Vuyst, L. (2005). Modeling Bacteriocin Resistance and Inactivation of *Listeria innocua* LMG 13568 by *Lactobacillus sakei* CTC 494 under Sausage Fermentation Conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, p. 7567–7570 Vol. 71, No. 11.

Leroy, S., Lebert, I., Talon, R. (2015). Microorganisms in traditional fermented meats. Fermented meat products and role of starter culture. In: F. Toldra (Eds) *Handbook of Fermented Meat and Poultry, Second edition* (Chapter 12, pp 99-105).

Lewis, H. E., Masterton, J. P., & Ward, P. G. (1957). The food value of biltong (South African dried meat) and its use on expeditions. *British Journal of Nutrition*, 11(1), 5-12.

Longshaw, C.M., Farrell, A.M., Wright, J.D. Holland, K.T. (2000). Identification of a second lipase gene, *gehD*, in *Staphylococcus epidermidis*: comparison of sequence with those of other staphylococcal lipases. *Microbiology*. Vol 146, 1419-1427.

Lorenzo, J. M., García Fontán, M. C., Franco, I. & Carballo, J., (2008). Biochemical characteristics of dry-cured lacón (a Spanish traditional meat product) throughout the manufacture, and sensorial properties of the final product. Effect of some additives. *Food Control*, 19(12), 1148-1158.

Lorenzo, J.M., Bermúdez, R., Domínguez, R., Guiotto, A., Franco, D., Purriños, L. (2015). Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacón salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Food Control* 50, 763-769.

Lozach, E., (2001). Le sel et les microorganismes. École nationale vétérinaire de maison ALFORT. *Thèse de Doctorat*. Pp 6 -112.

Luccia, A. D., Picariello, G., Cacace, G., Scaloni, A., Faccia, M., Liuzzi, V., Alviti, G. Musso, S. S. (2005). Proteomic analysis of water-soluble and myofibrillar protein changes occurring in dry-cured hams. *Meat Sci.* 69(3): 479-491.

Ludwig, W., Schleifer, K.-H., Whitman, W.B. (2008). Bergey's taxonomic outlines - Revised Road Map to the Phylum Firmicutes., vol. 3.

Lund, M. N., Heinonen, M., Baron, C. P., & Estévez, M. (2011). Protein oxidation in muscle foods: A review. *Mol. Nutr. Food Res.* 55: 83–95.

Lynch, S. M., & Frei, B. (1993). Mechanisms of copper- and iron-dependent oxidative modification of human low-density lipoprotein. *Journal of Lipid Research*, 34, 1745–1751.

Lysiane, D. (2012). Stratégies de limitation du portage sain des *Escherichia coli* producteurs de Shigatoxines (STEC) par les bovins. Potentiel bio-protecteur des bactéries lactiques en alimentation animale. Thèse de Doctorat, école doctorale sciences de la vie, santé, agronomie, environnement : Université Blaise Pascal, France, p. 81.

‘M’

Mahdjoub B., Missouri, M., Kridech, S. (2016). Bacterial Ecology of the “Kaddid”, Typical Dried Meat of the North Africa, During Its Traditional Fermentation. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. Vol. 4, No. 3, 2016, pp. 70-77.

Maillet, J., & Henry, M. (1960). Etude de quelques produits de la protéolyse et de la lipolyse dans le saucisson cru. In Proceedings of sixth Symp. Subst. Etrang dans les Aliments.

Marceau, A., Zagorec, M., Champomier-Vergés, M. C. (2003). Positive effects of growth at suboptimal temperature and high salt concentration on long-term survival of *Lactobacillus sakei*. *Research in Microbiology*, 154, 37-42.

Marco, A., Navarro, J.L., & Flores M. (2006). The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical and sensory parameters of slow dry fermented sausage. *Meat Science*. vol. 73, 660 - 673.

Marczy, J.S., Simon, M.L., Mozsik, L., Szajani B. (1995). Comparative study on the lipoxygenase activities of some soybean cultivars. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 43, 313–315.

Marin, M.E., De La Rosa, M.C. & Cornejo, I. (1992). Enterotoxigenicity of *Staphylococcus* strains isolated from Spanish dry-cured hams. *Appl Environ Microbiol*. Vol 58, 1067-1069.

Marra, A.I., Salgado, A., Prieto, B., & Carballo, J. (1999). Biochemical characteristics of dry-cured lacón. *Food Chemistry*.vol 67, 33-37.

Martin, B., Garriga, M., Hugas, M., Bover-Cid, S., Veciana-Nogues, M.T., Aymerich, T. (2006). Molecular, technological and safety characterization of Gram-positive catalase-positive cocci from slightly fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 107, 148–158.

Martín, B., Garriga, M., Hugas, M., Bover-Cid, S., Veciana-Nogues, M.T., Aymerich, T., (2006). Molecular, technological and safety characterization of Gram-positive catalase-positive cocci from slightly fermented sausages. *Syst. Appl. Microbiol*. 107, 148–158.

Martin, J. L. (2003). Sel et technologie en charcuterie-salaison. Bulletin de Liaison du CTSCCV, 13(6),13-16.

Martínez-Alvarez, O., & Gómez-Guillén, M. C. (2006). Effect of brine salting at different pHs on the functional properties of cod muscle proteins after subsequent dry salting. *Food Chemistry*, 94(1), 123-129.

Marušić, N., Vidaček, S., Jančić, T., Tomislav Petrak, T., & Medić, H. (2014). Determination of volatile compounds and quality parameters of traditional Istrian dry-cured ham. *Meat Science*, 96, 1409-1416.

Matsukura, U., Okitani, A., Nishimuro, T., Kato, H. (1981). Mode of degradation of myofibrillar proteins by an endogenous protease, cathepsin L. *Biochimica ET Biophysica Acta Enzymology*, 662(1), 41–47.

- Mauriello, G., Ercolini, D., La Storia, A., Casaburi, A., Villani, F. (2004).** Development of polythene films for food packaging activated with an antilisterial bacteriocin from *Lactobacillus curvatus* 32Y. *Journal of Applied Microbiology*, 97, 314–322.
- McDonald, J.K., Barrett, A.J. (1986).** Mammalian Proteases: A Glossary and Bibliography, Vol. 2: Exopeptidases. London: Academic Press.
- Menéndez, R.A., Rendueles, E., Sanz, J.J., Santos, J.A. & García-Fernández, M.C. (2018).** Physicochemical and microbiological characteristics of diverse Spanish cured meat products. *Cyta-Journal of Food*, 16, 199-204.
- Mercier, Y., Gatellier, P., Viau, M., Remignon, H., Renerre, M. (1998).** Effect of dietary fat and vitamin E on lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. *Meat Science*, 48, 301–317.
- Mhlambi, S.G., Naidoo, K., Lindsay, D., (2010).** Enterotoxin-producing *Staphylococcus* strains associated with South African biltong at point of sale. *J. Food Saf. Vol* 30, 307–317.
- Mikami M., (1990).** Meat processing and meat preservation. Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Japan, pp 74-85.
- Miralles, M. C., Flores, J. & Perez-Martinez, G. (1996).** Biochemical tests for the selection of *Staphylococcus* strains as potential meat starter cultures. *Food Microbiol.* Vol 13, 227-236.
- Molinero, C., Martínez, B., Rubio, B., Rovira, J., & Jaime, I. (2008).** The effects of extended curing on the microbiological, physicochemical and sensorial characteristics of Cecina de León. *Meat Science*, 80, 370–379.
- Molly, K., Demeyer, D., Civera, T., & Verplaetse, A. (1996).** Lipolysis in a Belgian sausage: Relative importance of endogenous and bacterial enzymes. *Meat Sci.* 43(3–4): 235-244.
- Molly, K., Demeyer, D., Johansson, G., Raemaekers, M., Ghistelinck, M. & Geenen, I. (1997).** The importance of meat enzymes in ripening and flavour generation in dry fermented sausages. First results of a European project. *Food Chem.* 59, 539-545.
- Montel, C., Talon, R., Cantonnet, M., Berdagué, J.L. (1991).** Activités métaboliques des bactéries lactiques des produits carnés in Les bactéries lactiques Actes du colloque, Caen, 12-11 sept. 1991. Éd. ADRIA Normandie et centre de publications de l'université de Caen, 202 –212.
- Montel, M. C. (1999).** Fermented meat products. In: Encyclopedia of Food Microbiology, pp. 744-753. Robinson, R. K., Ed., Elsevier, Oxford.
- Montel, M.C., Talon, R., Cantonnet, M. & Fournaud, J. (1992).** Identification of *Staphylococcus* from French dry sausage. *Lett Appl Microbiol.* 15, 73-77.
- Montero, P., Giménez, B., Pérez-Mateos, M., & Gómez-Guillén, M. C. (2005).** Oxidation stability of muscle with quercetin and rosemary during thermal and high-pressure gelation. *Food Chem.* 93(1): 17-23.
- Morot-bizot S.C., Leroy S., Talon R. (2006).** Staphylococcal community of a small unit manufacturing traditional dry fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology.* vol. 108, 210-217.
- Mosbah, H., Sayari, A., Medjoub, H., Dhouib, H. & Gargouri, Y. (2005).** Biochemical and molecular characterization of *Staphylococcus xylosum* lipase. *Biochem Biophys Acta.* 1723, 282-291.

Moshood, A. Y., Tengku, H., Ibrahim, H. (2012). Isolation and Identification of Bacteria Associated with Balangu (Roasted meat Product) sold in Bauch, Nigeria. *J. Pharm.* 2(6):38-48.

Motilva, M.J., Toldrá, F., Flores, J. (1992). Assay of lipase and esterase activities in fresh pork meat and dry-cured ham. *Z Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 195, 446–450.

‘N’

Nagase, N., Sasaki, A., Yamashita, K., Shimizu, A., Wakita, Y., Kitai, S., Kawano, J., (2001). Isolation and species distribution of staphylococci from animal and human skin. *J. Vet. Med. Sci.* 64, 245–250.

Naidoo, K., & Lindsay, D. (2010). Potential cross-contamination of the ready-to-eat dried meat product, biltong. *British Food Journal*, 112(4), 350-363.

Naidoo, K., & Lindsay, D. (2010). Survival of *Listeria monocytogenes*, and enterotoxin-producing *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus pasteurii*, during two types of biltong-manufacturing processes. *Food Control*, 21(7), 1042-1050.

Najjari, A., Ouzari, H., Boudabous, A., Zagorec, M. (2008). Method for reliable isolation of *Lactobacillus sakei* strains originating from Tunisian seafood and meat products. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 121, 342-351.

Navarro, J. L., Nadal, M. I., Izquierdo, L. and Flores, J. (1997). Lipolysis in dry cured sausages as affected by processing conditions. *Meat Sci.* 45(2): 161-168.

Neu, HC. (1992). the crisis in antibiotic resistance. *Science.* 257, 1064-1073.

Nganguem, M., (2007). Approche physico-chimique du pouvoir conservateur du sel: Cas du salage de *Pseudotolithus senegalensis*. Université d'Abomey. Maîtrise Professionnelle de Biotechnologie dans les IAA. *Mémoire.* Pp 11.

Nguyen, D. T. L., Van Hoorde, K., Cnockaert, M., De Brandt, E., De Bruyne, K., Le, B. T., & Vandamme, P. (2013). A culture-dependent and-independent approach for the identification of lactic acid bacteria associated with the production of nem chua, a Vietnamese fermented meat product. *Food research international*, 50(1), 232-240.

Nguyet, H.T. (2008). Etude de la flore lactique du Nem chua, produit carné fermenté cru traditionnel du sud Vietnam et maîtrise du processus de fermentation par ajout de souches lactiques. Doctorat, l'université bordeaux I (N° d'ordre : 3738), P.5, 12 à 16.

Nielsen, D.S., Jacobsen, T., Jespersen, L., Koch, A.G., Arneborg, N. (2008). Occurrence and growth of yeasts in processed meat products -Implications for potential spoilage. *Meat Science*, vol. 80, p. 919-926.

Nieto-Lozano, J.C., Reguera-Useros, J.I., Pelaez-Martinez, M.C., Hardisson De La Torre, A. (2002). Bacteriocinogenic activity from starter cultures used in Spanish meat industry. *Meat Science*, vol. 62, 237-243.

Norman, G. A., & Corte, O. O. (1985). Dried salted meats: charque and carne-de-sol. Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). *FAO Animal Production and Health Paper.*

Nortjé, K., Buys, E. M., & Minnaar, A. (2005). Effect of γ -irradiation on the sensory quality of moist beef biltong. *Meat Science*, 71(4), 603-611

Nortje, K., Buys, E. M., & Minnaar, A. (2006). Use of γ -irradiation to reduce high levels of *Staphylococcus aureus* on casein–whey protein coated moist beef biltong. *Food microbiology*, 23(8), 729-737.

Nurmi, E., & F.P. Niinivaara. (1964). Lipolytic changes of fat in dry sausage. In Proceedings of 10th Euro. *Meet Meat Res Work*, Roskilde, Manuscript G 8.

Nychas, G.-J.E., Skandamis, P.N., Tassou, C.C., Koutsoumanis, K.P. (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat Science*. Symposium on Meat safety, From Abattoir to Consumer. vol. 78, 77-89.

Nychas, G.J.E. & Arkoudelos, J.S. (1990). Staphylococci: their role in fermented sausages. *J Applied Bacteriol.* Symposium supplement. 167-188.

‘O’

Obonnaya, C., & Imodiboh, L. I. (2009). Influence of storage conditions on shelf life of dried beef product (Kilishi). *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(1), 34-39.

Offer, G., & Trinick, J. (1983). On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. *Meat science*, 8(4), 245-281.

Okitani, A., Nishimura, T., & Kato H. (1981). Characterization of hydrolase H, a new muscle protease possessing aminoendopeptidase activity. *European Journal of Biochemistry*, 115, 269–274.

Oksüztepe, G., Kök, F., İlhak, O. İ., & Patır, B. (2006). Chemical and microbiological quality of fermented sausages made from camel meat.

Olivares, A., Navarro, J. L., & Flores, M. (2009). Distribution of volatile compounds in lean and subcutaneous fat tissues during processing of dry fermented sausages. *Food Res. Int.* 42(9):1303-1308.

Olivares, A., Navarro, J. L., & Flores, M. (2011). Effect of fat content on aroma generation during processing of dry fermented sausages. *Meat Sci.* 87(3): 264-273.

Oliver, C.N., Ahn, B.W., Moerman, E.J., Goldstein, S., Stadtman, E.R. (1987). Aged related changes in oxidized proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 262, 5488–5491.

Olsson, C., Ahrne, S., Pettersson, B. & Molin, G. (2003). The bacterial flora of fresh and chill-stored pork: analysis by cloning and sequencing of 16S rRNA genes. *Int J Food Microbiol.* Vol 83, 245-252.

Omar, N.B., Castro, A., Lucas, R. (2004). Functional and Safety Aspects of Enterococci Isolated from Different Spanish Foods. *Systematic and Applied Microbiology*, vol. 27, 118-130.

Onzalez-Rodriguez, M.N., Sanz, J.J., Santos, J.A., Otero, A., Garcialopez, M.L. (2002). Numbers and types of microorganisms in vacuum-packed cold-smoked freshwater fish at the retail level. *J. Food Microbiol.* vol. 17, p. 161-168.

Ordóñez, J. A., Hierro, E. M., Bruna, J. M., & de la Hoz, L. (1999). Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Crit. Rev. Food Sci.* 39(4): 329-367.

Oreskovich, D.C., Bechtel, P.J., McKeith, F.K., Novakofski, J., Basgall, E.J., (1992). Marinade ph affects textural properties of beef. *Journal of Food Science*, 57(2), 305-311.

Ouali, A., Sentandreu, M.A. (2002). Overview of muscle peptidases and their potential role in meat texture development. In: Research Advances in the Quality of Meat and Meat Products. F Toldrá (ed.), pp. 3363. Trivandrum, India: Research Signpost.

'P'

Papamanoli, E., Kotzekidou, P., Tzanetakis, N., & Litopoulou-Tzanetaki, E. (2002). Characterization of *Micrococcaceae* isolated from dry fermented sausage. *Food Microbiol.* Vol 19, 441-449.

Parreño, M., Cussó, R., Gil, M., & Sárraga, C. (1994). Development of cathepsin B, L and H activities and cystatin-like activity during two different manufacturing processes for Spanish dry-cured ham. *Food Chem.* 49(1): 15-21.

Patir, B., Öksüztepe, G., Seker, P., & Dikici, A. (2006). Microbiological and chemical quality of packaged or nonpackaged ayran marketed in Elazig. Firat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi, *Firat University Veterinary Journal of Health Sciences*, 20(5), 357-363.

Pearson, A. M., & Gillett, T. A. (1996). Processed meats. (3ème édition). Dordrecht, Pays-Bas: Springer-Science+Business Media. *FAO.* (2013)

Pearson, A. M., & Gillett, T. A. (1999). Effects of Fat on Flavor in Processed Meats. P: 356-358. Aspen Publication 81.

Pérez, M.L., Escalona, H., Guerrero, I., (1998). Effect of calcium chloride marination on calpain and quality characteristics of meat from chicken, horse, cattle and rabbit. *Meat Science*, 48(1-2), 125-134.

Perez-Cacho, M. P., Galan-Soldevilla, H., Leon Crespo, F., & Molina Recio, G. (2005). Determination of the sensory attributes of a Spanish dry-cured sausage. *Meat Sci.* 71(4): 620-633.

Peters, J., Mac, K., Wichmann-Schauer, H., Klein, G., & Ellerbroek, L. (2003). Species distribution and antibiotic resistance patterns of enterococci isolated from food of animal origin in Germany. *International Journal of Food Microbiology*, 88, 311-314.

Petit, T., Caro, Y., Petit, A. S., Santchurn, S. J., & Collignan, A. (2014). Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Science*, 96 (3), 1313-1317.

Pilet, M.F., Calvez, S., Brollet, A., Prevost, H. (2009). Applications alimentaires : Produits fermentés. In bactéries lactiques- Physiologie, Métabolisme, Génomique et Applications industrielles. *Economica*, p. 520-537.

Pinto, M. F., Ponsano, E. H. G., Franco, B. D. G. D. M., & Shimokomaki, M. (2002). Charqui meats as fermented meat products: role of bacteria for some sensorial properties development. *Meat Science*, 61(2), 187-191.

Poligne, I., Collignan, A., & Trystram, G. (2001). Characterization of traditional processing of pork meat into boucane. *Meat Science*, 59(4), 377-389.

Polka, J., Rebecchi, A., Pisacane, V., Morelli, L., Puglisi, E., (2015). Bacterial diversity in typical Italian salami at different ripening stages as revealed by high-throughput sequencing of 16S rRNA amplicons. *Food Microbiol.* Vol 46, 342–356.

Pothakos, V., Devlieghere, F., Villani, F., Björkroth, J., & Ercolini, D. (2015). Lactic acid bacteria and their controversial role in fresh meat spoilage. *Meat science*, 109, 66-74.

Potthast, K. (1979). The influence of smoking technology on the composition of polycyclic hydrocarbons in smoked meat products, smoke condensates and in waste gases from smoking plant. *Fleischwirtschaft*, 10, 1515-1523.

Puolanne, E. (2010). Cooked sausages. In: Toldra, F. (ed.) Handbook of Meat Processing. Wiley- Blackwell, Ames, Iowa, pp. 313–325.

Purriños, L., Bermúdez, R., Temperán, S., Franco, D., Carballo, J., & Lorenzo, J. M. (2011). Influence of salt content and processing time on sensory characteristics of cooked “lacón”. *Meat science*, 87(4), 436-442.

‘Q’

Quiberoni, A., Rezaiki, L., EL Karaoui, M., Biswas, I., Tailliez, P., Gruss, A. (2001). Distinctive features of homologous recombination in an ‘old’ microorganism, *Lactococcus lactis*. *Res Microbiol*. Vol. 152. P 131-139.

Quintavalla, S. & Vicini, L. (2002). Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science* 62: 373-38.

‘R’

Rahman, M.S., Salman, Z., Kadim, I.T., Mothershaw, A., Al-Riziqi, M.H., Guizani, N., Mahgoub, O., Ali, A. (2005). Microbial and Physico-Chemical Characteristics of Dried Meat Processed by Different Methods. *International Journal of Food Engineering* 1, 1-14.

Rantsiou K., Comi G., Cocolin L. (2004). The rpoB gene as a target for PCR-DGGE analysis to follow lactic acid bacterial population dynamics during food fermentations. *Food Microbiology*. vol. 21, 481-487.

Rantsiou, K., Drosinos, E.H., Gialitaki, M. (2005). Molecular characterization of *Lactobacillus* species isolated from naturally fermented sausages produced in Greece, Hungary and Italy. *Food Microbiology*. vol. 22, 19-28.

Rantsiou, K., Iacumin, L., Cantoni, C., Comi, G., & Cocolin, L. (2005b). Ecology and characterization by molecular methods of *Staphylococcus* species isolated from fresh sausages. *Int J Food Microbiol*. Vol 97, 277-284.

Rantsiou, K., Urso, R., Iacumin, L. (2006). CultureDependent and -Independent Methods to Investigate the Microbial Ecology of Italian Fermented Sausages. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 71, 1973 -1986.

Rantsiou, K., Urso, R., Iacumin, L., Cantoni, C., Cattaneo, P., Comi, G. & Cocolin, L. (2005a). Culture dependant and independant methods to investigate the microbial ecology of Italian fermented sausages. *Appl Environ Microbiol*. 71, 1977-1986.

Ratsimba, A., Leroy S., Chacornac, J.P., Rakoto, D., Arnaud, E., Jeannoda, V., & Talon, R. (2017). Staphylococcal ecosystem of Kitoza, a traditional Malagasy meat product. *International Journal of Food Microbiology*, 2017, 246, 20-24.

Ratsimba, A.; Rakoto, D.; Jeannoda, V.; Andriamampianina, H.; Talon, R.; Leroy, S., Grabulos J., & Arnaud, E. (2019). Physicochemical and microbiological characteristics of kitoza, a traditional salted/dried/smoked meat product of Madagascar. *Food Science & Nutrition*. 2019. 00:1-8.

Ratsimba, A. I., Rakoto, D. A. D., Jeannoda, V., Arnaud, E., Goli, T., Scilowski, V., & Pallet, D. (2013, November). Analyse des procédés de fabrication du kitoza, un aliment carné traditionnel malgache. In Journées scientifiques *QualiREG*.

Rattanachaikunsopon, P., & Phumkhachorn, P. (2010). Potential of cinnamon (*Cinnamomum verum*) oil to control *Streptococcus iniae* infection in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fisheries Science*, 76(2), 287-293.

Rebecchi, A., Crivori, S., Sarra, P.G., & Coconcelli, P.S. (1998). Physiological and molecular techniques for the study of bacterial community development in sausage fermentation. *J. Appl. Microbiol.* Vol 84, 1043-1049.

Renouf, V., Claisse O., Miot-Sertier C., Lonvaud-Funel A. (2006). Lactic acid bacteria evolution during winemaking: Use of rpoB gene as a target for PCR-DGGE analysis. *Food Microbiol*, vol 23, p.136-145.

Reyes-Cano, R., Dorantes-Alvarez, L., Hernandez-Sanchez, H., & Gutierrez-Lopez, G. F. (1994). A traditional intermediate moisture meat: Beef cecina. *Meat science*, 36(3), 365- 370.

Rodriguez, M., Nunez, F., Cordoba, J., Sanabria, C., Bermudez, E. & Asensio, M.A. (1994). Characterization of *Staphylococcus* spp. and *Micrococcus* spp. Isolated from Iberian ham throughout the ripening process. *Int J Food Microbiol.*vol 24, 329-335.

Romans, J.R., Jones, K.W., Costello, W.J., Carlson, C.W., & Ziegler P.T., (1985). The Meat We Eat. 12th ed. Danville, Ill.: *The Interstate Printers and Publishers, Inc.*

Rosec, J.P., Guiraud, J.P., Dalet, C. & Richard, N. (1997). Enterotoxin production by staphylococci isolated from foods in France. *Int J Food Microbiol.* Vol 35, 213-221.

Roseiro, L. C., Santos, C., Sol, M., Borges, M. J., Anjos, M., Gonçalves, H., & Carvalho, A. S. (2008). Proteolysis in Painho de Portalegre dry fermented sausage in relation to ripening time and salt content. *Meat Sci.* 79(4): 784-794.

Rosenstein, R. & Götz, F. (2000). Staphylococcal lipases: biochemical and molecular characterization. *Biochimie.* Vol 82, 1005-1014.

Rossi, F., Tofalo, R., Torriani, S. & Suzzi, G. (2001). Identification by 16S-23S rDNA intergenic region amplification, genotypic and phenotypic clustering of *Staphylococcus xylosus* strains from dry sausages. *J Appl Microbiol.* 90, 365-371.

Roux, J.L., (1994). Conserver les aliments comparaison des méthodes et des technologies. Edition: TEC&DOC, Lavoisier, Paris. Pp 86 – 91.

Ruiz-Cabrera, M. A., Gou, P., Foucat, L., Renou, J. P., & Daudin, J. D. (2004). Water transfer analysis in pork meat supported by NMR imaging. *Meat Science*, 67, 169-178.

Ruiz-Capillas, C., Jiménez Colmenero, F., Carrascosa, A. V. and Muñoz, R. (2007). Biogenic amine production in Spanish dry-cured “chorizo” sausage treated with high-pressure and kept in chilled storage. *Meat Sci.* 77(3): 365-371.

Ruiz-López, I. I., Castillo-Zamudio, R. I., Salgado-Cervantes, M. A., Rodríguez-Jimenes, G. C., & García-Alvarado, M. A. (2008). Mass Transfer Modeling during Osmotic dehydration of Hexahedral Pineapple Slices in Limited Volume Solutions. *Food and Bioprocess Technology*, 3, 427–433.

Ruiz-Moyano, S., Martín, A., Benito, M.J., Nevado, F.P., Córdoba, M. (2008). Screening of lactic acid bacteria and Bifidobacteria for potential probiotic in Iberian dry fermented sausages. *Meat Science*, vol. 80, p. 715-721.

Ruiz-Ramírez, J., Arnau, J., Serra, X., & Gou, P. (2006). Effect of pH24, NaCl content and proteolysis index on the relationship between water content and texture parameters in biceps femoris and semimembranosus muscles in dry-cured ham. *Meat Sci.* 72(2): 185-194.

‘S’

Sachindra, N. M., Sakhare, P. Z., Yashoda, K. P., & Rao, D. N. (2005). Microbial profile of buffalo sausage during processing and storage. *Food control*, 16(1), 31-35.

Sado, K.S., Patrignani, F., & Guerzoni, M.E. (2007). Shelf life and safety characteristics of Italian Toscana traditional fresh sausage (*Salsiccia*) combining two commercial ready-to-use additives and spices. *Food Control* 18, pp 421–429.

Safa, H., Gatellier, P., Lebert, A., Picgirard, L., & Mirade, P. S. (2015). Effect of combined salt and animal fat reductions on physicochemical and biochemical changes during the manufacture of dry-fermented sausages. *Food and bioprocess technology*, 8(10), 2109-2122.

Sahli, A., Bellagha, S., & Bornaz, S. (2006). Salt Diffusion and Salt Diffusivity in Sardine Muscle (*Sardinella aurita*). In: Proceeding of the 13th IUFoST World Congress of Food Science & Technology. Available at: <http://iufost.edpsciences.org/>. Accessed 30 June 2009.

Sainclivier, M. (1985). L’industrie alimentaire halieutique, volume II : Des techniques ancestrales à leurs réalisations contemporaines. Rennes, France: Ensa.

Sakala, R.M., Hayashidani, H., Kato, Y., Hirata, T., Makino, Y., Fukushima, A. (2002). Change in the composition of the microflora on vacuum-packaged beef during chiller storage. *J Food Microbiol*, vol. 74, n°1, p. 87–99.

Salvetti, E., Torriani, S., Felis, G.E. (2012). The genus *Lactobacillus*: a taxonomic update. *Probiotics Antimicrob Proteins*, vol. 4, n°4, p. 217–26.

Samappito, W., Leenanon, B., & Levin, R. E. (2011). Microbiological Characteristics of “Mhom”, a Thai Traditional Meat Sausage. *Food Sci J*, 5, 31-36.

Samelis, J., Metaxopoulos, J, Vlasi, M., Pappa, A. (1998). Stability and safety of traditional Greek salamia microbiological ecology study. *International Journal of Food Microbiology*, 44, 69 82.

Sanchez Mainar, M., Ageliki Stravopoulou, D., Leroy, F., (2016). Exploring the metabolic heterogeneity of coagulase negative staphylococci to improve the quality and safety of fermented meats: a review. *Int. J. Food Microbiol.*

Santé-Lhoutellier, V., Astruc, T., Marinova, P., Greve, E., & Gatellier, P. (2008). Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4), 1488-1494.

Sanz Y., Vila R., Toldra F., Flores J. (1998). Effect of nitrate and nitrite curing salts on microbial changes and sensory quality of non-fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 42, 213-217.

Scanga, J.A., Delmore, J., Ames, R.P., Belk, K.E., Tatum, J.D., Smith, G.C., (2000). Palatability of beefsteaks marinated with solutions of calcium chloride, phosphate, and (or) beef flavoring. *Meat Science*, 55(4), 397-401.

Scannell, A.G.M., Schwarz, G., Hill, C., Ross, R.P., Arendt, E.K. (2001). Pre-inoculation enrichment procedure enhances the performance of bacteriocinogenic *Lactococcus lactis* meat starter culture. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 64, 151-159.

Schleifer, K.H. & Fischer, U. (1982). Description of a new species of the genus *Staphylococcus*: *Staphylococcus carnosus*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* Vol 32, 153-156.

Schleifer, K.H. (1987). Recent changes in the taxonomy of lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Letters*. vol. 46, 201-203.

Schmidt, F. C., Carciofi, B. A. M., & Laurindo, J. B. (2008). Salting operational diagrams for chicken breast cuts: hydration–dehydration. *Journal of Food Engineering*, 88, 36–44.

Schmidt, F. C., Carciofi, B. A. M., & Laurindo, J. B. (2009). Application of diffusive and empirical models to hydration, dehydration and salt gain during osmotic treatment of chicken breast cuts. *Journal of Food Engineering*, 91, 553-559.

Schwartz, S., & Noble, W.C. (1994). Tetracycline resistance genes in staphylococci from the skin of pigs. *J Appl Bacteriol.* Vol 76, 320-326.

Seager, M.S., Banks, J.G., Blackburn, C., Board, R.G. (1986). A taxonomic study of *Staphylococcus* spp. isolated from fermented sausages. *Journal of Food Science*, 51, 295–297.

Sentandreu, M.A., Toldrá, F. (2002). Dipeptidylpeptidase activities along the processing of Serrano dry-cured ham. *European Food Research and Technology*, 213, 83–87.

Shale, K., Lues, J.F.R., Venter, P., & Buys, E.M. (2005). The distribution of *Staphylococcus* sp. on bovine meat from abattoir deboning rooms. *Food Microbiol.* Vol 22, 433-438.

Shamsuddeen, U. (2009). Microbiological quality of spice used in the production of Kilishi, a traditionally dried and grilled meat product. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 2(2), 66-69.

Sharedeh, D. (2015). Analyse du transfert de matière et des modifications biochimiques et structurales du tissu musculaire lors du marinage, saumurage et malaxage des viandes (Doctoral dissertation).

Sheard, P.R., Nute, G.R., Richardson, R.I., Wood, J.D., (2005). Effects of breed and marination on the sensory attributes of pork from Large White and Hampshire-sired pigs. *Meat Science* 70(4), 699-707.

Sheard, P.R., Tali, A., (2004). Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. *Meat Science*, 68(2), 305- 311.

- Siberchicot, A., Laferrrière, A.-J., Dufour, A.-B., Thioulouse, J., Dray, S. (2017).** Adegraphics: An S4 Lattice-Based Package for the Representation of Multivariate Data. *The R Journal*. Vol 9:2. 198–212.
- Silvestri, G., Santarelli, S., Aquilanti, L., Beccaceci, A., Osimani, A., Tonucci, F., Clementi, F. (2007).** Investigation of the microbial ecology of Ciauscolo a traditional Italian salami by culture-independent techniques and PCR-DGGE. *Meat Science*, 77, 413–423.
- Simonetti, P., Cantoni, C. (1983).** Coagulase negative staphylococci for dry sausage ripening. *Industrie Alimentari*, 22, 262–264.
- Simonová, M., Stropfovà, V., Marcinàková, M., Lauková, A., Vesterlund, S., Moratalla, M. L. & Vidal-Carou, C. (2006).** Characterization of *Staphylococcus xylosus* and *Staphylococcus carnosus* isolated from Slovak meat products. *Meat Science*, 73, 559-564.
- Sindelar, J.J., Prochaska, F., Britt, J., Smith, G.L., Osburn, W.N., (2003).** Strategies to eliminate atypical aromas and flavors in sow loins--part II: consumer acceptance of loins marinated with sodium tripolyphosphate and sodium bicarbonate. *Meat Science*, 65(4), 1223- 1230.
- Sondergaard, A.K. (2005).** Application of probiotics in food. Dans : François-Marie G., Luquet C. Bactéries lactiques et probiotiques, Tec and Doc, Paris : Lavoisier, p.195-209.
- Sondergaard, A.K., & Stahnke, L.H. (2002).** Growth and aroma production by *Staphylococcus xylosus*, *S. carnosus* and *S. equorum*--a comparative study in model systems. *Int J Food Microbiol*. Vol 75, 99-109.
- Soyer, A., Ertaş, A. H. and Üzümcüoğlu, Ü. (2005).** Effect of processing conditions on the quality of naturally fermented Turkish sausages (sucuks). *Meat Sci*. 69(1): 135-141.
- Spaziani, M., Torre, M. D. and Stecchini, M. L. (2009).** Changes of physicochemical, microbiological, and textural properties during ripening of Italian low-acid sausages. Proteolysis, sensory and volatile profiles. *Meat Sci*. 81(1): 77-85.
- Srinivasan, S., Xiong, Y. L., & Decker, E. A. (1996).** Inhibition of protein and lipid oxidation in beef heart surimi-like material by antioxidants and combinations of pH, NaCl, and buffer type in the washing media. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 119–125.
- Stahnke, L.H. (1995).** Dried sausages fermented with *Staphylococcus xylosus* at different temperatures and with different ingredient levels — Part II. Volatile components. *Meat Sci*. 41, 193-209.
- Sun, W., Cui, C., Zhao, M., Zhao, Q., & Yang, B. (2011a).** Effects of composition and oxidation of proteins on their solubility, aggregation and proteolytic susceptibility during processing of Cantonese sausage. *Food Chem*. 124(1): 336-341.
- Suzzi, G., Lanorte, M. T., Galgano, F., Andrighetto, C., Lombardi, A., Lanciotti, R. and Guerzoni, M. E. (2001).** Proteolytic, lipolytic and molecular characterisation of *Yarrowia lipolytica* isolated from cheese. *Int. J. Food Microbiol*. Vol 69(1–2): 69-77.
- Svec, P., Vancanneyt, M., Sedlacek, I., Engelbeen, K., Stetina, V., Swings, J. & Petras, P. (2004).** Reclassification of *Staphylococcus pulvereri* Zakrzewska-Czerwinska et al. 1995 as a later synonym of *Staphylococcus vitulinus* Webster et al. 1994. *Int J Syst Evol Microbiol*. 54, 2213-2215.

T

Tabuna, H. (2002). Quelles stratégies pour le développement et la promotion des aliments traditionnels mauriciens sur les marchés internationaux des produits alimentaires ethniques ? pp 23.

Tailliez, P., (2001). Mini-revue : les bactéries lactiques, ces êtres vivants apparus il y a près de 3 milliards d'années. *Le Lait*, INRA Editions, 81 (1-2), pp.1-11.

Talon, R., & Leroy, S. (2011). Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat Science*, 89, 303-309.

Talon, R., Leroy, S., (2006). Latest developments in meat bacterial starters. In: Nollet, L.M.L., Toldra, F. (Eds.), *Advanced Technologies for Meat Processing*. CRC Press/Taylor and Francis Group, New York, pp. 401–418.

Talon, R., Leroy-Sétrin, S., & Fadda, S. (2004). Dry fermented sausages. In *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*, Marcel Dekker Inc., New York, 397- 416.

Talon, R., Leroy-Sétrin, S., Fadda, S. (2002). Bacterial starters involved in the quality of fermented meat products. In *Research Advances in Quality of Meat and Meat Products*, Eds Fidel Toldrá, Research Signpost, 175-191.

Talon, R., Walter, D., & Montel, M.C. (2000). Growth and effect of Staphylococci and lactic acid bacteria on unsaturated free fatty acids. *Meat Sci.* 54, 41-47.

Talon, R., Walter, D., Chartier, S., Barière, C., Montel, M. C. (1999). Effect of nitrate and incubation conditions on the production of catalase and nitrate reductase by staphylococci. *International Journal of Food Microbiology*, 52, 47–56.

Taormina, P. J. (2010). Implications of salt and sodium reduction on microbial food safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(3), 209-227.

Taylor, B. (1976). Changes in microbial flora during biltong production. *SA Food Rev.* 3, 120–123.

Telis, V. R. N., Murari, R. C. B. D. L., & Yamashita, F. (2004). Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. *Journal of Food Engineering*, 61(2), 53–259.

Telis, V. R. N., Romanelli, P. F., Gabas, A. L., & Telis-Romero, J. (2003). Salting kinetics and salt diffusivities in farmed Pantanal caiman muscle. *Pesquisa agropecuaria brasileira*, 38(4), 529-535.

Thunell, R.K. (1995). Taxonomy of the leuconostocs. *J Dairy Science*, vol.78, p. 2514–22.

Tjener, K., Stahnke, L.H., Andersan, L., Martinussen, J. (2004a). A fermented meat model system for studies of microbial aroma formation. *Meat Science*, vol. 66, 211-218.

Todorov, S.D., Koep, K.S.C., Van Reenen, C.A., Hoffman, L.C., Slinde, E., Dicks, L.M.T. (2007). Production of salami from beef, horse, mutton, Blesbok (*Damaliscus dorcas phillipsi*) and Springbok (*Antidorcas marsupialis*) with bacteriocinogenic strains of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus curvatus*. *Meat Science*, vol. 77, 405-412.

Toldrá, F. (1992). The enzymology of dry curing of meat products. In: New technologies for meat and Meat Products. FJM Smulders, F Toldrá, J Flores, M Prieto (Eds), pp. 209–231. Nijmegen, the Netherlands: Audet.

Toldrá, F. (2006). Meat fermentation. In: Handbook of Food Science, Technology and Engineering, Vol.4 pp.181-1–181-12. Boca Raton, FL: CRC Press.

Toldrá, F. (2006b). Biochemical proteolysis basis for improved processing of dry-cured meats. In: Advanced Technologies for Meat Processing. LML Nollet, F Toldrá (Eds), pp. 329–351. Boca Raton, FL: CRC Press.

Toldrá, F. (2012). Biochemistry of processing meat and poultry. In: Food Biochemistry and Food Processing, 2 edn. BK Simpson, LML Nollet, F Toldrá, S Benjakul, G Paliyath, YH Hui (eds), pp. 303–316. Ames, IA: Wiley-Blackwell.

Toldrá, F. Etherington, D. J. (1988). Examination of cathepsins B, D, H and L activities in dry-cured hams. *Meat Science*. 23(1): 1-7.

Toldrá, F. (2002). Manufacturing of dry-cured ham. *Dry-cured meat products*, 27-62.

Toldrá, F., & Flores, M. (2000). The use of muscle enzymes as predictors of pork meat quality. *Food Chem*. 69(4): 387-395.

Toldrá F. (1998). Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat Science* 49(1):S101–S110.

Toldrá F. (2002). Dry-Cured Meat Products. Trumbull, CT: Food & Nutrition Press.

Toldrá, F. (2006a). Biochemical proteolysis basis for improved processing of dry-cured meats. In: Nollet, L.M.L., Toldrá, F. (Eds.), Advanced Technologies for Meat Processing. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 329-351.

Toldrá, F., Benjakul, S., Paliyath, G., Hui, Y.H. (Eds.), Food Biochemistry & Food Processing. Blackwell Publishing, Ames, IO, pp. 331-343.

Tran, K. T., May, B. K., Smooker, P. M., Van, T. T., & Coloe, P. J. (2011). Distribution and genetic diversity of lactic acid bacteria from traditional fermented sausage. *Food Research International*, 44(1), 338-344.

Trebichavsky, I., Rada, V., Splichalova, A., Splichal I. (2009). Cross talk of human gut with bifidobacteria. *Nutr Rev*, vol. 67, p. 77-82.

Työppönen, S., Markkula, A., Petäjä, E., Suihko, M.-L., Mattila-Sandholm, T. (2003). Survival of *Listeria monocytogenes* in North European type dry sausages fermented by bioprotective meat starter cultures. *Food Control*, vol. 14, 181-185.



Van den Heever, L.W. (1970). Some public health aspects of biltong. *Journal of the South African Veterinary Medicine Association*, 41(4), 263-272.

Van der Riet, W. B. (1982). Biltong a South African dried meat product. *Fleischwirtschaft*, 62(8), 1000-1001. Wiley

Vignolo G., Fontana C., & Fadda S., (2010). Semi-dry and dry fermented sausages. In: Toldra, F. (ed.) *Handbook of Meat Processing*. Wiley- Blackwell, Ames, Iowa, pp. 379-398.

Vilar, I., Garcia Fontan, M.C., Prieto, B., Tornadizo, M.E. & Carballo, J. (2000). A survey on the microbiological changes during the manufacture of dry-cured lacón, a Spanish traditional meat product. *J Appl Microbiol*. Vol 89, 1018-1026.

Volpato, G., Michielin, E. M. Z., Ferreira, S. R. S., & Petrus, J. C. C. (2007). Kinetics of the diffusion of sodium chloride in chicken breast (pectoralis major) during curing. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 779–785.

W

Wijtzes, T., Bruggeman, M., Nout, M., Zwietering, M. (1997). A computerised system for the identification of lactic acid bacteria. *J Food Microbiol*, vol. 38, n°1, p. 65–70.

Woods, L. (2003). Smoked foods, principles. In B. Caballero, L. Trugo & P. Flings (Eds.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (2nd ed., 5296-5301). Cambridge, Mass.: Academic Press.

X

Xiong, Y.L., (2005). Role of myofibrillar proteins in water binding in brine-enhanced meats. *Food Research International*. 38(3), 281-287.

Y

Yacouba, I. (2010). Analyse des techniques traditionnelles de transformation de la viande en Kilichi dans la commune urbaine de Madaoua (république du Niger), 51.

Yagli, H., & Ertas, A. H. (1998). Effect of sodium ascorbate on some quality characteristics of Turkish pastirma. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 515-520.

Yang, H.S., Hwang, Y.H., Joo, S.T., & Park, G.B. (2009). The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. *Meat Science* 82, 289-294.

Youling, L., Xiong, S., & Mikel, W.B. (2001). Chapter 15: Meat and Meat Products, Meat science and Applications, Marcel Dekker, Inc.

Young, J.F., Rosenvold, K., Stagsted, J., Steffensen, C.L., Nielsen, J.H., Andersen, H.J. (2003). Significance of pre slaughter stress and different tissue PUFA levels on the oxidative status and stability of porcine muscle and meat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 6877–6881.

Z

Zagorec, M., Chaillou, S., Champomier-Verges, M.C., Crutz-le-Coq, A.M. (2006). Du Genome de *Lactobacillus sakei* à la bioconservation des produits carnés. *Viandes et Produits Carnés* 25:91-94.

Zagorec, M. (2004). Flor lactiques et envirements carne. INRA Jouy-en-Josas : 2: pp 1-2. *Lait*, vol. 72, p. 134.

Zaier, A., Essid, I., Chabbouh, M., Bellagha, S., Sahli, A. (2011). Physico-chemical and microbial characteristics of traditional and industrial kaddid. In European Drying Conference.

Zanardi, E., Ghidini, S., Conter, M. and Ianieri, A. (2010). Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. *Meat Sci.* 86(3): 742-747.

Zeece, M.G., Katoh, K. (1989). Cathepsin D and its effects on myofibrillar proteins: a review. *Journal of Food Biochemistry*, 13, 157–161.

Zegaye, A. (1999). A note on the influence of heat treatment, salting and smoking on the acceptability of camel meat products. *Meat Science*, 53, 217–21.

Zhang, M., Yan, L., Zhu, G., Holifield, M., Todd, D., Zhang, S. (2013). *Streptococcus troglodytidis* sp. Nov., isolated from a foot abscess of a chimpanzee (Pan Troglodytes). *J Syst Evol Microbiol*, vol. 63, n° 2, p. 449–53.

Zhao, G. M., Tian, W., Liu, Y. X., Zhou, G. H., Xu, X. L. and Li, M. Y. (2008). Proteolysis in biceps femoris during Jinhua ham processing. *Meat Science*.

Zukal, E., & Incze, K. (2010). In: Toldra F (Ed). Drying handbook of Meat Processing. Hoboken, NJ: John.



LES ANNEXES

ANNEXE 1. Planning de préparation des différentes productions d'*El-Guedid* dans les différents ménages.

Région	Viande	Ménage	Echantillonnage
Constantine	Ovine	01	29.01.2017
		02	02.04.2017
		03	10.06.2017
Alger	bovine	01	15.10.2017
		02	15.10.2017
		03	15.10.2017
Oum El Bouaghi	caprine	01	20.09.2018
		02	20.09.2018
		03	10.12.2018
Ouargla	cameline	01	20.10.2017
		02	20.10.2017
		03	18.12.2018

ANNEXE 2. Les différentes températures dans les quatres régions tout au long du processus d'affinage d'El-Guedid

Température (°C)	CONSTANTINE	ALGER	OUM EL BOUAGHI	OUARGLA
Mois 1	16	15	20	16
Mois 2	19	18	15	18
Mois 3	21	19	10	18
Mois 4	28	24	13	25
Mois 5	32	28	10	29
Mois 6	35	31	16	33
Mois 7	35	32	20	38
Mois 8	28	27	22	45
Mois 9	21	24	28	38
Mois 10	16	18	35	37
Mois 11	12	14	29	29
Mois 12	10	15	28	23

ANNEXE 3. Solutions de dosage de l'oxydation lipidique et protéique.*1. Le dosage de l'oxydation des lipides (Tbars)*❖ **Solution Kcl** (à 0.15 mM + BHT 0.1)

0.022 g de BHT dans 10 ml d'éthanol → agiter jusqu'à dissolution totale du BHT.

11.2 g de Kcl dans 01 litre d'eau. **Conservation au frigidaire.**

❖ **TBA à 1%**

0.1 g de soude dans 50 ml d'eau + 0.5 g de TBA.

❖ **Solution TCA à 2.8%**

1.4 g de TCA dans 50 ml d'eau.

2. Le dosage de l'oxydation des protéines (carbonyles)❖ **Tampon KCL+BHT** à 0.15 M (Ci-dessous)❖ **TCA à 50%** (**conservé à 4°C**).

50 g de TCA dans 100 ml d'eau milliQ .

❖ **DNPH 0.2%** dans HCl 10N (pour 30ml) : conservé à 4°C

24 ml d'eau pure

6 ml HCl 10N

67 mg de DNPH

❖ **Ethanol –acétate d'éthyl (1/1)**❖ **Guanidine 6M** (pour 500 ml)

285 g de guanidine

Compléter QSP 500 ml avec le tampon phosphate

Placer le becher dans une bassine d'eau chaude, et agiter.

ANNEXE 4. Composition des milieux de culture.

1. **Milieu MRS** (Man, Rogosa, Sharpe) additionné d'acide nalidixique et de delvolid (anti-fongiques). Stérilisé à 121° C , 15 min. pH = 6.4 ± 0.2.

Composant	Qte (g/L)
Acétate de sodium tri hydraté	5.0
hydrogénophosphate de potassium	2.0
sulfate de magnésium hepta hydraté	0.2
peptone	10.0
Citrate d'ammonium	2.0
Tween 80	1.0 ml
extrait de viande	8.0
extrait de levure	4.0
Glucose	20.0
sulfate de manganèse tétra hydraté	0.05
Agar	10.0

- *Acide nalidixique (40 mg/L) :*

- Peser **100 mg** et dissoudre dans **2.5ml** d'eau minéralisée stérile ;
- Filtrer pour stériliser la solution (0.45µm) ;
- Ajouter 1ml de solution dans 1L de MRS en surfusion à 45 °C.

- *Delvolid (200 mg/L) :*

- Peser **500 mg** et dissoudre dans **2.5ml** d'eau minéralisée stérile ;
- Filtrer pour stériliser la solution (0.45µm) ;
- Ajouter 1ml de solution dans 1L de MRS en surfusion à 45 °C.

2. **Milieu Gélosé PCA** (Plate count agar) : Stérilisé à 121° C , 15 min / pH = 7 ± 0.2.

Composant	Qte (g/L)
Tryptone	5,0
Glucose EC	1,0
Extrait de levure	2,5
Agar	15,0

3. **VRBL** (gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) : Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète. Ne pas autoclaver. pH = 7.4 ± 0.2.

Composant	Qte (g/L)
Peptone	7,0
Extrait de levure	3,0
lactose	10,0
Chlorure de sodium	5,0
Mélange de sels biliaires	1.5
Cristal violet	0.002
Rouge neutre	0.03
Agar agar	15,0
Eau distillée	1000 ml

4. **VRBG** (gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) : Stérilisé à 121° C , 15 min . pH = 7.4 ± 0.2.

Composant	Qte (g/L)
Peptone	7,0
Extrait de levure	3,0
Glucose	10,0
Chlorure de sodium	5,0
Mélange de sels biliaires	1.5
Cristal violet	0.002
Rouge neutre	0.03
Agar	12,0

5. **Eau peptonnée tamponnée** : Stérilisé à 121° C , 15 min. pH = 7.2 ± 0.2

Composant	Qte (g/L)
Mélange de peptones	10,0
Chlorure de sodium	5,0
Hydrogénophosphate disodique	3.5
Hydrogénophosphate de potassium	1.5

6. **Milieu BP** (Baird Parker) additionné d'émulsion de jaune d'oeuf et de tellrite de potassium: Stérilisé à 121° C , 15 min. pH = 7.2 ± 0.2

Composant	Qte (g/L)
protéose-peptone	12
extrait de levure	3
lactose	12
saccharose	12
salicine	2
citrate de fer III et d'ammonium	1.5
sels biliaires	9
fuchsine acide	0.1
bleu de bromothymol	0.065
chlorure de sodium	5
thiosulfate de sodium	5
agar	14

7. **Milieu sélénite – cystéine** : Ne pas autoclaver (Chauffer en vapeur fluente pendant 30 minutes) : pH = 7.

Composant	Qte (g/L)
Tryptone	5,0
Lactose	4,0
Phosphate disodique	10,0
Sélénite acide de sodium	4,0
cystéine	0.01

8. **Milieu HEKTOEN** : à ne pas autoclaver / pH = 7,6.

Composant	Qte (g/L)
Tryptone	10.0
Extrait de viande	5.0
Extrait autolytique de levure	1.0
Pyruvate de sodium	10.0
Glycine	12.0
Chlorure de lithium	5..0
Agar	15.0
Emulsion de jaune d'œuf	47.0 ml
Tellurite de potassium à 3,5%	3.0 ml

9. **Milieu VF** (Viande Foie) : Stérilisé à 121° C, 15 min, ensuite additionné de 0.2 ml d'alun de fer + 0.5 ml de sulfite de sodium à 5%. pH = 7.4

Composant	Qte (g/L)
Base viande foie	20
Glucose	0,75
Amidon	0,75
Sulfite de sodium	1,2
Carbonate de sodium	0,67
Agar-agar	11

10. **Milieu YCG** (gélose glucosée à l'extrait de levure et au chloramphénicol) : Stérilisé à 121° C, 15 min. pH = 6.6

Composant	Qte (g/L)
Extrait de levure	5.0
Glucose	20.0
Chloramphénicol	0.10
Agar	15.0

11. **Milieu Mannitol salt-agar** : Stérilisé à 121° C, 15 min. pH = 7.4 ± 0.2

Composant	Qte (g/L)
Extrait de bœuf	1.0
Digestion pancréatique de caséine	5.0
Digestion peptique de tissu animal	5.0
Rouge de phénol	0.025
D-Mannitol	10.0
Chlorure de sodium	75.0
Agar	15.0

12. Milieu palcam : Stérilisé à 121° C, 15 min. pH = 7.0 ± 0.2

Composant	Qte (g/L)
Polypeptone	20.0
Extrait autolytique de levure	3.0
Amidon	1.0
Chlorure de sodium	5.0
Esculine	1.0
Citrate ferrique ammoniacal	0.5
Cycloheximide.	400.0 mg
Colistine (sulfate)	20.0 mg
Fosfomycine	10.0 mg
Acridavine	5.0 mg
Agar	13.0
Céfotétan	2.0 mg
Chlorure de lithium	15.0

13. Bouillon Frazer : Stérilisé à 121° C , 15 min. pH = 7.2 ± 0.2.

Composant	Qte (g/L)
Polypeptone	10.0
Extrait de levure	5.0
Extrait de viande	5.0
Esculine	1.0
Hydrogénophosphate de sodium	9.6
Dihydrogénophosphate de potassium	1.3
Citrate de fer III ammoniacal	0.5
Chlorure de sodium	20.0
Chlorure de lithium	3.0
Chlorhydrate d'acridavine	0.025
Acide nalidixique	0.02

Bouillon frazer demi = même composition avec une concentration deux fois moins élevée en acide nalidixique et acridavine

14. Milieu TS (Tryptone Salt) : stérilisé 15 minutes à 121 °C. pH 7,0 ± 0,2.

Composant	Qte (g/L)
Peptone de caséine (Tryptone)	1.0
Chlorure de sodium	8.5

15. Milieu BHI gélosé (Brain Heart Infusion): stérilisé 15 minutes à 121 °C. pH 7,4 ± 0,2.

Composant	Qte (g/L)
Infusion cœur-cerveille (matières solides)	8.0
Digestion peptique de tissu animal	5.0
Digestion pancréatique de caséine	16.0
Chlorure de sodium	5.0
Glucose	2.0
Phosphate d'hydrogène disodique	2.5
Gélose	13.5

16. Bouillon BHI (brain heart infusion) : stérilisé 15 minutes à 121 °C. pH = 7.4.

Composant	Qte (g/L)
protéose-peptone	10.0
infusion de cerveau de veau	12.5
infusion de cœur de bœuf	5.0
glucose	2.0
chlorure de sodium	5.0
hydrogénophosphate de sodium	2.5

17. Bouillon MRS (Man, Rogosa, Sharpe) : stérilisé 15 minutes à 121 °C. pH = 6.2.

Composant	Qte (g/L)
Peptone	10.0
Extrait de viande	10.0
Extrait de levure	5.0
Glucose	20.0
Polysorbate 80	1.0
Citrate d'ammonium	2.0
Acétate de sodium	5.0
Sulfate de magnésium	0.10
Sulfate de manganèse	0.05
Phosphate disodique	2.0

ANNEXE 5. Liste des oligonucléotides utilisées dans les différentes PCR
(*euofins Genomics*).

- Les oligonucléotides spécifiques au genre et à l'espèce des Staphylocoques sont comme suit : *S. epidermidis* Se705-1, Se705-2; *S. aureus* Sa 442-1, Sa 442-2; *S. saprophyticus* Sap-1, Sap-2; *S. xylosus* Xyl-F et Xyl-R; Le genre *Staphylococcus* Tstag765 et Tstag422.
- *Amorce PM13* est utilisée dans la PCR RAPD (random amplified polymorphic DNA)
- Les amorces *27FC* et *967R* sont utilisées dans l'étape de séquençage dans la PCR 16S.

Amorces	SEQUENCES (5'-3')
<i>Xyl F</i>	AACGCGCAACGTGATAAAAATTAATG (25)
<i>Xyl R</i>	AACGCGCAACAGCAATTACG (20)
<i>Sap1</i>	TCAAAAAGTTTTCTAAAAAATTTAC (25)
<i>Sap2</i>	ACGGGCGTCCACAAAATCAATAGGA (25)
<i>Se705-1</i>	ATCAAAAAGTTGGCGAACCTTTTCA (25)
<i>Se705-2</i>	CAAAGAGCGTGGAGAAAAGTATCA (25)
<i>Sa442-1</i>	AATCTTTGTTCGGTACACGATATTCTTCACG (30)
<i>Sa442-2</i>	CGTAATGAGATTTTCAGTAGATAATACAACA (30)
<i>TstaG422</i>	GGCCGTGTTGAACGTGGTCAAATCA (25)
<i>Tstag765</i>	TIACCATTTCAGTACCTTCTGGTAA (25)
<i>PM13</i>	GAGGGTGGCGGCTCT (15)
<i>27FC</i>	AGAGTTTGATCTGGCTCAG (19)
<i>967R</i>	GGTAACGTTCTTCGCGTTG (19)

ANNEXE 6. PCR et électrophorèse

Conditions et mélanges utilisés dans les PCR (Polymerase Chain Reaction)

- **TBE 1X** (Tris, Borate, EDTA) = tampon de migration à pH : 8.0
 - 10.7g (89 mM) TRIS;
 - 5.5 g d'acide borique;
 - 0.5 g (2 mM) EDTA disodium salt.

- **BET** (Bromure d'éthidium) : Agent intercalant
 - 0.7mg/L (0.07%) : 02 gouttes ajoutées dans 100 ml de gel d'agarose.
 - Marqueur d'acide nucléique dont la formule est : $C_{21}H_{20}BrN_3$.
 - C'est un produit à effet mutagène important et pourrait être également cancérigène et tératogène. Il doit être manipulé sous hotte à flux laminaire impérativement.

- **PCR Multiplex** (Pour les Staphylocoques)

Le mix

0.625µl de chacun des amorces *Xyl F/Xyl R*;

0.625µl de chacun des amorces *Sap1/Sap2*;

0.5µl de chacun des amorces *Se705-1/Se705-2*;

0.5µl de chacun des amorces *Sa442-1/Sa442-2*;

0.25µl de chacun des amorces *Tstag 765/TstaG 422*;

0.5µl de chacun des désoxyribonucléoside triphosphate (dntps) ;

3 µl de $MgCl_2$;

1 µl de serum d'albumine bovin (BSA);

0.2µl de la Taq DNA polymerase dans un tampon 5X (*Promega*);

10.3 µl H_2O

(23µl de mix par puit + l'échantillon : 01colonie).

Programme d'amplification:

4°C 15 min; **1X**
94°C 3 min; **40X**
95°C 1 sec;
55°C 30 sec;
72°C 30 sec;
72°C 3 min.

Cinq microlitres du produit de PCR sont analysés par électrophorèse sur un gel d'agarose 2% (addition de 02 gouttes du **BET** / 100 ml de gel), dans du tampon **TBE 1X**.

+ 3µl du contrôle positif (du mix);
+ 5 µl d'un marqueur de taille de 100bp.

Migration : 45 min- 60min à 100V.

Les gels coloré au Bromure d'éthidium sont visualisés à l'aide du *Gel doc 2000 BIO-RAD*.

- **PCR RAPD** (Random Amplified Polymorphic DNA) M13

Le mix

13.8 µl d'eau ultra pure;
5µl de tampon taq 5X;
2.5 µl MgCl₂ (25mM);
0.5µl de dntps (10 mM chacun);
0.5 µl d'amorce 27FC;
0.5 µl d'amorce 967R;
0.2 µl de taq DNA Polymérase (5U/µl)
(23µl de mix par puit + 2µl d'ADN)

Programme d'amplification:

94°C 5 min; **1X**
94°C 30 sec; **40X**
36°C 30 sec;
72°C 2 min;
72°C 7 min; **Extension finale**

Dix microlitres du produit de PCR sont analysés par électrophorèse sur un gel d'agarose 2%, dans du tampon **TBE 1X**.

+ 3µl du contrôle positif (du mix);
+ 5 µl d'un marqueur de taille de 100bp.

Après la migration, le gel est plongé dans une cuve de coloration par du **BET**, pendant 30 min, ensuite rincé dans de l'eau pure pendant 30 min. Migration ; 2h30 à 100V.

Les gels coloré au Bromure d'éthidium sont visualisés à l'aide du *Gel doc 2000 BIO-RAD*.

▪ **PCR 16 S**

Le mix

5.7 µl d'eau ultra pure;
5µl de tampon taq 5X;
3 µl MgCl₂ (3mM);
0.5µl de dntps (10 mM chacun); 200 µM final chacun
2.5 µl DMSO;
6 µl d'amorces PM 13 (20 µM);
0.3 µl de taq DNA Polymérase .
(23µl de mix par puit + 2µl d'ADN à 50 ng).

Programme d'amplification:95°C 5 min; **25 X**

95°C 30 sec;

55°C 30 sec;

72°C 1 min;

72°C 5 min

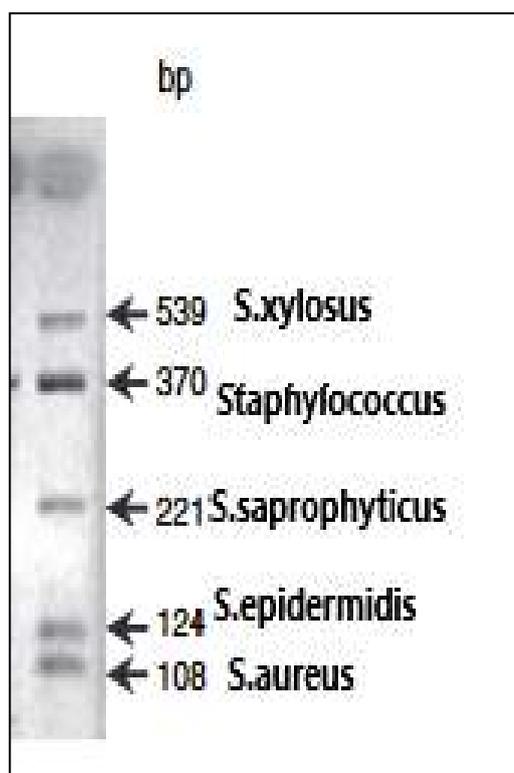
Trois microlitres du produit de PCR sont analysés par électrophorèse sur un gel d'agarose 2% (addition de 02 gouttes du **BET** / 100 ml de gel), dans du tampon **TBE 1X**.

+ 3µl du contrôle positif (du mix);

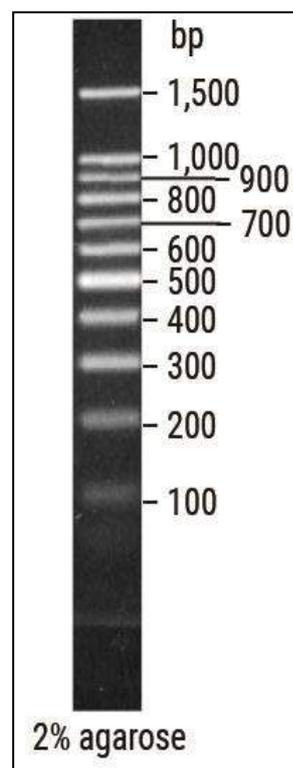
+ 5 µl d'un marqueur de taille de 100bp.

Migration : 1h30 à 100V.

Les gels coloré au Bromure d'éthidium sont visualisés à l'aide du *Gel doc 2000 BIO-RAD*.



Taille des différentes espèces du
Genre *Staphylococcus*



Marqueur de taille 100bp
(Promega)

ANNEXE 7. Densités optiques obtenues pour l'oxydation lipidique (TBARS) et protéique (taux des carbonyles) (mesures en répliquas : 02 tubes/code)

Mesure des TBARS					
CODE	Péchantillon (g)	760 nm		535 nm	
<i>POC1 J0</i>	1,15	0,0012	-0,0042	0,1468	0,1711
<i>POC1 1M</i>	1,03	0,0809	-0,0029	0,1209	0,0338
<i>POC1 3M</i>	1,02	-0,0044	0,0059	0,0314	0,0419
<i>POC1 6M</i>	1,18	0,0011	0,0910	0,0663	0,1414
<i>POC1 IAN</i>	1,14	0,0177	-0,0038	0,0685	0,0938
<i>POC2 J0</i>	1,14	-0,0190	-0,0051	0,2790	0,3039
<i>POC2 1M</i>	1,11	-0,0043	-0,0048	0,2035	0,2297
<i>POC2 3M</i>	1,08	-0,0050	0,0027	0,0326	0,0360
<i>POC2 6M</i>	1,04	0,0052	-0,0072	0,1922	0,1366
<i>POC2 IAN</i>	1,15	-0,0050	-0,0068	0,1732	0,1479
<i>POC3 J0</i>	1,01	-0,0205	-0,0201	0,0604	0,0539
<i>POC3 1M</i>	1,11	0,0118	-0,0075	0,1896	0,1645
<i>POC3 3M</i>	1,08	-0,0137	-0,0199	0,1004	0,0761
<i>POC3 6M</i>	1,00	0,0689	0,0669	0,2313	0,2308
<i>POC3 IAN</i>	1,11	-0,0046	-0,0052	0,0287	0,0314
<i>PBA1 J0</i>	1,17	-0,0090	0,0139	0,0579	0,0835
<i>PBA1 1M</i>	1,08	-0,0021	-0,0014	0,0708	0,0315
<i>PBA1 3M</i>	1,11	-0,0041	-0,0006	0,4779	0,5227
<i>PBA1 6M</i>	1,07	0,0010	0,0722	0,1488	0,2899
<i>PBA1 IAN</i>	1,04	0,0177	-0,0025	0,1324	0,1134
<i>PBA2 J0</i>	1,13	-0,0073	-0,0063	0,0536	0,0538
<i>PBA2 1M</i>	1,04	0,0012	-0,0026	0,1972	0,2078
<i>PBA2 3M</i>	1,09	-0,0056	-0,0026	0,1124	0,0915
<i>PBA2 6M</i>	1,00	-0,0046	-0,0040	0,0900	0,1364
<i>PBA2 IAN</i>	1,16	-0,0057	-0,0060	0,1700	0,2235
<i>PBA3 J0</i>	1,08	-0,0070	-0,0062	0,0858	0,0846
<i>PBA3 1M</i>	1,10	-0,0051	-0,0065	0,0907	0,0958
<i>PBA3 3M</i>	1,02	-0,0048	-0,0045	0,4443	0,4760
<i>PBA3 6M</i>	1,16	-0,0044	-0,0018	0,0990	0,1701
<i>PBA3 IAN</i>	1,12	0,0014	-0,0040	0,0731	0,1043
<i>PCO1 J0</i>	1,04	-0,0042	-0,0025	0,0532	0,0699
<i>PCO1 1M</i>	1,06	-0,0017	-0,0056	0,1380	0,1249
<i>PCO1 3M</i>	1,02	0,0346	0,0021	0,1707	0,1361
<i>PCO1 6M</i>	1,13	-0,0186	-0,0188	0,0813	0,0737
<i>PCO1 IAN</i>	1,11	-0,0022	0,0168	0,1281	0,1670
<i>PCO2 J0</i>	1,16	-0,0067	-0,0105	0,0533	0,0496
<i>PCO2 1M</i>	1,03	-0,0267	-0,0267	0,1013	0,0931
<i>PCO2 3M</i>	1,02	-0,0023	-0,0021	0,0446	0,0281
<i>PCO2 6M</i>	1,03	-0,0231	-0,0262	0,1003	0,1021
<i>PCO2 IAN</i>	1,00	0,0083	0,0013	0,1945	0,2181
<i>PCO3 J0</i>	1,09	-0,0181	-0,0143	0,0518	0,0476
<i>PCO3 1M</i>	1,03	0,0207	0,0139	0,5841	0,5828

<i>PCO3 3M</i>	1,11	-0,0018	-0,0021	0,1675	0,0938
<i>PCO3 6M</i>	1,11	0,0387	0,0689	0,1804	0,2149
<i>PCO3 1AN</i>	1,15	0,0060	0,0009	0,1876	0,1948
<i>PCOB1 J₀</i>	1,11	-0,0214	-0,0239	0,0680	0,0609
<i>PCOB1 1M</i>	1,09	-0,0066	-0,0005	0,5984	0,5882
<i>PCOB1 3M</i>	1,02	-0,0298	-0,0301	0,2752	0,2645
<i>PCOB1 6M</i>	1,10	-0,0302	-0,0301	0,5004	0,3804
<i>PCOB2 J₀</i>	1,07	0,0165	-0,0060	0,0936	0,0802
<i>PCOB2 1M</i>	1,16	-0,0308	-0,0278	0,2670	0,2830
<i>PCOB2 3M</i>	1,02	-0,0081	-0,0081	0,2786	0,3101
<i>PCOB2 6M</i>	1,10	-0,0292	-0,0313	0,1906	0,1931
<i>PCOB2 1AN</i>	1,02	-0,0008	1,3847	0,2137	0,6840
<i>PCOB3 J₀</i>	1,08	0,0038	-0,0010	0,2586	0,1650
<i>PCOB3 1M</i>	1,16	0,0052	-0,0016	0,3183	0,3443
<i>PCOB3 3M</i>	1,07	0,0084	-0,0064	0,2627	0,1919
<i>PCOB3 6M</i>	1,09	-0,0062	-0,0006	0,0731	0,0473
<i>PCOB3 1AN</i>	1,06	0,0030	0,0009	0,1206	0,1003

POC : échantillons ovins ; PBA : échantillon ovin ; PCOB : échantillons caprins ; PCO : échantillons camelins

Mesure du taux des carbonyles				
Echantillon	DO à 280nm		Do à 370nm	
blanc	0,0593	0,0623	0,0373	0,0372
POC1 J₀	1,0244	1,0248	0,2441	0,1813
POC1 1AN	0,4982	0,5711	0,1574	0,2041
POC1 J₀	0,9287	0,9127	0,1771	0,1578
POC2 1AN	0,3976	0,8823	0,1403	0,2938
POC3 J₀	0,8104	0,9646	0,2086	0,1470
POC3 1AN	1,2222	1,1116	0,3490	0,3071
PBA1 J₀	0,9392	1,1016	0,1604	0,1611
PBA1 1AN	1,2558	1,1674	0,3195	0,3358
PBA2 J₀	0,7473	0,9156	0,1315	0,1952
PBA2 1AN	1,0625	0,9942	0,3176	0,3000
PBA3 J₀	0,9230	1,0213	0,1551	0,2305
PBA3 1AN	1,2433	1,3416	0,3089	0,3449
PCO1 J₀	0,4854	0,5345	0,1190	0,1350
PCO1 1AN	0,7643	0,8358	0,1888	0,1897
PCO2 J₀	2,1241	1,83	0,5465	0,5387
PCO2 1AN	0,7066	0,817	0,1896	0,1701
PCO3 J₀	0,9419	0,5266	0,2772	0,1637
PCO3 1AN	1,6426	1,9725	0,2351	0,3751
PCOB1 J₀	0,4982	0,9288	0,1716	0,1574
PCOB1 1AN	0,3977	0,8105	0,0622	0,1403
PCOB2 J₀	1,2222	0,9393	0,5389	0,3490
PCOB2 1AN	1,2559	0,7474	0,4597	0,3196
PCOB3 J₀	1,0626	0,9230	0,4509	0,3177
PCOB3 1AN	0,0623	1,0248	0,0017	0,0373

POC : échantillons ovins ; PBA : échantillon ovin ; PCOB : échantillons caprins ; PCO : échantillons camelins



Physicochemical and microbiological characteristics of El-Guedid from meat of different animal species

Roumeila Bader^a, Samira Becila^{a,*}, Philippe Ruiz^b, Fairouz Djeghim^c, Ibtissem Sanah^a, Abdelghani Boudjellal^a, Philippe Gatellier^d, Stéphane Portanguen^d, Régine Talon^b, Sabine Leroy^b

^a Equipe MaQuaV, Laboratoire BioQuAI, Institut de Nutrition d'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Université des Frères Mentouri Constantine 1, 25000, Algeria

^b Université Clermont Auvergne, INRAE, MEDIS, Clermont-Ferrand 63000, France

^c Equipe Elaboration et Transformation de Produits Agro-Alimentaires (T.E.P.A.), Laboratoire de Nutrition et Technologie Alimentaire (L.N.T.A.), INATAA, 25000, Algeria

^d INRAE, UR370 Qualité des Produits Animaux, F-63122 Saint Genès-Champagnelle, France

ARTICLE INFO

Keywords:

El-Guedid
Dry-salted meat product
Lactic acid bacteria
Coagulase negative staphylococci

ABSTRACT

El-Guedid is an Algerian traditional meat-based product that is prepared from red meats. It belongs to the wide diversity of salted/dried meat products. This study described the physicochemical and microbiological properties of different products from four animal origins and during all the conservation. Results indicated that these products were mainly characterized by a low moisture with an average decrease of water content between 15.6% and 16.3% for all the samples, and a decrease in water activity ranging from 0.66 to 0.68, while the salt content ranged from 8.8 to 19.3%. A decrease in pH values oscillated from (6.3–6.4) to reach (5.2–5.5) at T0 and T365 consecutively, in all the samples. Microbial analyses revealed the absence of pathogenic bacteria such as *Listeria* and *Salmonella* but the sporadic contamination by *Staphylococcus aureus* up to one month of ripening. Lactic acid bacteria and coagulase negative staphylococci were the dominant populations in El-Guedid with *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus sakei*, and *Staphylococcus saprophyticus* as the main species identified. All these populations decreased along the process and reached low levels (2 log CFU/g) at the end of storage (365 days). The drastic drying of El-Guedid led to safe traditional meat product that could promote its production.

1. Introduction

Ethnic products are part of the gastronomic and cultural heritage that promote the local, regional or national identity in countries. Recipes with ancestral know-how are transmitted from generation to generation and perpetuate the tradition. Traditional meat products are part of this ethnic products (Gagaoua & Boudechicha, 2018). Only a few traditional meat products (not all listed) are available in Algeria and they have remained confined to their geographical nests. Unfortunately, many of them are on the verge of extinction, for various reasons, including a change in eating habits. Recently, an overview documented the 32 most known of the ethnic meat products in North African and Mediterranean countries (Gagaoua & Boudechicha, 2018). They were grouped into five categories according to their process, i) salted and/or marinated products, ii) dried products, iii) fermented semidried/dried products, iv) smoked products and v) cooked or canned products. El-Guedid is one of these ethnic products and belongs to

the category of dried products. El-Guedid, also called «el khli», is a traditional processed meat product very widespread, especially in mountainous areas. During the religious celebration of «Aid Al Adha», each family has a large amount of meat that could not be consumed in a few days, so it is transformed in cured products, which can be stored in ambient temperature for a long time without being damaged or dangerous for the consumer health (Gagaoua & Boudechicha, 2018). El-Guedid is prepared throughout the Algerian territory from red meat: sheep and beef mainly, and in sub-dry areas from goat and camel meat. Usually, the raw meat is cut into strips, seasoned abundantly with salt and spices sometimes and either dry or brine salted (Gagaoua & Boudechicha, 2018). The meat is then exposed to the open air in a clean place until it dries completely under the sun for a period from one to several weeks (Benlacheheb et al., 2019; Essid, Ismail, Ahmed, Ghedamsi, & Hassouna, 2007; FAO, 1990). The sun-drying method is considered as a cheap way of meat conservation that could be done at the domestic or farm level for quick and uncomplicated preservation of

* Corresponding author.

E-mail address: samira.becila@umc.edu.dz (S. Becila).

¹ Postal address: INATAA, 7ème Km route Aïn Smara, Constantine, 25,000, Algérie.

large amounts of meat, which cannot be consumed immediately or stored properly. During this operation, El-Guedid reached a low water activity (a_w) from 0.6 to 0.7 (Bennani, Zenati, Faid, & Ettayebi, 1995). In relation with this low a_w and presence of salt, staphylococci are frequently numerated (Benlacheheb et al., 2019; Bennani, Faid, & Bouseta, 2000). In Tunisian Guedid, *Staphylococcus xylosus* was isolated and was characterized for its lipolytic activity (Essid et al., 2007).

El-Guedid is preferably kept in sealed jars, sheltered from air and moisture. This way of preserving the meat gives its particular taste. During this ripening period, the product develops a strong flavor, due to lipolysis of fat and proteolysis that release fatty and amino acids, which contribute to its organoleptic quality (Bennani et al., 2000). For consumption, El-Guedid is softened and desalted by immersion in water for 24 h before using it as ingredient of several traditional dishes, such as couscous (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

El-Guedid belongs to the wide diversity of salted/dried meat products that could be also sometimes smoked such as biltong in South Africa (Petit, Caro, Petit, Santchurn, & Collignan, 2014), kilishi in Nigeria (Kalilou, Collignan, & Zakhia, 1998), boucané in Réunion Island (Poligne, Collignan, & Trystram, 2001), kitoza in Madagascar (Ratsimba et al., 2017; Ratsimba et al., 2019), jerky in United States and charqui in South America (Pinto, Ponsano, Franco, & Shimokomaki, 2002). All these products shared low water activity, ranging from 0.60 to 0.90.

Very few studies have been conducted on Algerian traditional meat products. In this study, different El-Guedid samples, made from four meat types (sheep, beef, goat, and camel) in four different areas in Algeria in a traditional way by different producers, were characterized. The choice of the areas was made according to most consumed meat in each of them, and taking into consideration the dominant animal flock. Our objective was to study the evolution of physicochemical and microbiological characteristics of these samples during the entire conservation period of up to 1 year. Our research focused on the characterization and preservation of meat products from the Algerian terroir in order to promote their production. These products are not only a cultural asset, but also an economic resource that must be protected.

2. Materials and methods

2.1. Manufacturing and sampling

El-Guedid samples were prepared from different types of raw red meats derived from beef, sheep, goat and camel in the area of Algiers, Constantine, Oum El Bouaghi and Ouargla in Algeria, respectively. For each animal species, three batches of 4 kg each were made by three different producers located in a same geographic area and produced at the same time (same day or a few days later). The samples were prepared according to the traditional manufacturing process (Fig. 1). In brief, the fresh meat was sliced into long thin pieces (3–7 cm in length, 1–2 cm in thickness), abundantly dry-salted (50 g/kg of sodium chloride), drained and then suspended for sun-drying until it was completely dried. The drying process lasted 7 days according to the outside temperature (between 15 and 20 °C). Afterward, El-Guedid was stored in jars at room temperature (mainly varying between 15 and 25 °C) in a dry place with moderate temperature fluctuations. Each batch was sampled at different times of the process: fresh meat (T0), after 1 month (T30), 3 months (T90), 6 months (T180) and one year of storage (T365). A total of 60 samples were analyzed.

2.2. Physicochemical analysis

Physicochemical analyses were performed on the 60 samples of El-Guedid between T0 and T365. All measurements were determined in duplicate or triplicate for each sample. The pH of the samples was measured using a pH meter (model HI 9321, Hanna Instruments) after mixing 10 g of sample in 90 mL of distilled water according to Lorenzo,

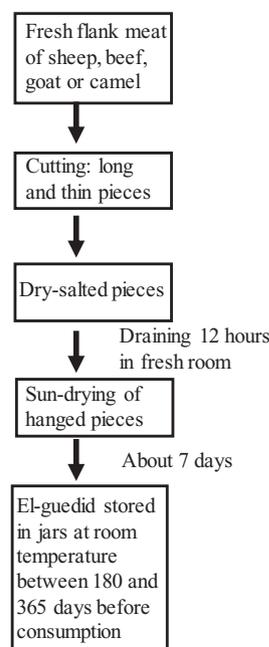


Fig. 1. Traditional Algerian diagram of preparation of *El-Guedid*.

García Fontán, Franco, and Carballo (2008). The sodium chloride content was calculated from the sodium concentration measured by ion chromatography as described by Mirade et al. (2020) after homogenization of 0.5 g of sample with 10 mL of ultrapure water. Moisture content (%) was determined by drying 5 g of sample in an oven at 105 °C until their weight was constant for 24 h, and then cooling it for one hour in the desiccator (Petit et al., 2014). The water activity (a_w) of samples was measured with an AW-Sprint TH-500 (Novasina, Precisa, France). This instrument is calibrated with certified standards with the following a_w values: 0.11; 0.33; 0.53; 0.75; 0.90 and 0.98. Two to 5 g of sample in powder form were weighed and placed in the measuring cell. The equilibrium state is checked using the Ovasina Novalog software, and the a_w value recorded corresponds to the extension of the asymptote of the curve at the y-axis.

Fat content was determined according to the Soxhlet standard method adapted to meat by Komprda et al. (2012) using hexane as a solvent by percolation at 104 °C for one hour, followed by evaporation and then a desiccation. Lipid oxidation of samples was evaluated by measuring 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) according to the method of Mercier, Gatellier, Viau, Remignon, and Renner (1998). It was measured on 1 g of powdered sample prepared from 20 g of sample homogenized in liquid nitrogen into powder. The results were expressed as mg of malondialdehyde (MDA) per Kg of meat. Protein carbonyl content is used as a measure of protein oxidation and was detected by reactivity with 2, 4 dinitrophenylhydrazine (DNPH) as described by Oliver, Ahn, Moerman, Goldstein, and Stadtman (1987) with slight modifications (Mercier et al., 1998). The results were expressed as nmoles of DNPH fixed per mg of protein.

2.3. Microbiological analysis

Twenty-five grams of each sample was transferred to 225 mL of Tryptone Water (Difco™, Becton, Dickinson and Company, Le Pont de Claix, France) and homogenized for 4 min with a Stomacher (Bagmixer 400, Interscience, Saint-Nom la Bretèche, France). Decimal dilutions in Tryptone Water were then prepared in duplicate for all samples. 1 mL or 0.1 mL aliquot of appropriate dilutions was poured or spread in duplicate onto the corresponding selective media to enumerate the microorganisms. Total aerobic counts were enumerated on Plate Count Agar (PCA, Fisher Scientific Bioblock, Illkirch, France), incubated at

Table 1
Evolution of pH during the ripening of El-Guedid samples from meat of different animal species.

pH					
Meat	T0	T30	T90	T180	T365
Sheep	6.4 ± 0.1 ^a	6.3 ± 0.1 ^a	6.1 ± 0.03 ^a	5.7 ± 0.03 ^b	5.2 ± 0.1 ^c
Beef	6.4 ± 0.03 ^a	6.2 ± 0.03 ^{a,b}	6.2 ± 0.03 ^{a,b}	5.9 ± 0.1 ^{b,c}	5.5 ± 0.1 ^c
Goat	6.3 ± 0.03 ^a	6.2 ± 0.03 ^{a,b}	6.0 ± 0.03 ^b	5.8 ± 0.03 ^c	5.4 ± 0.0 ^d
Camel	6.3 ± 0.03 ^a	6.2 ± 0.03 ^{a,b}	6.0 ± 0.03 ^{b,c}	5.8 ± 0.03 ^c	5.5 ± 0.03 ^d

T0, fresh cut meat. T30, T90, T180, T365: 30, 90, 180, 365 days of ripening, respectively. Mean values ± standard errors. Different letters (^{a,b,...}) within the same row indicate statistical significant difference ($p < 0.05$).

30 °C for 72 h. Coliforms were enumerated on Violet Red Bile Lactose agar (VRBL, Fisher Scientific Bioblock), incubated for 24 h at 30 °C or 44 °C for total and fecal coliforms, respectively. Violet Red Bile Glucose agar (VRBG, Fisher Scientific Bioblock) was used for the enumeration of enterobacteria after incubation at 37 °C for 24 h. Lactic acid bacteria (LAB) were enumerated on Man Rogosa Sharp agar (MRS, Merck, Darmstadt, Germany) supplemented with nalidixic acid (40 mg/L) (Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany) to inhibit Gram-negative bacteria and delvocid (200 mg/L) (Gist-Brocades, Netherlands) to inhibit yeast and mould after incubation for 2–3 days at 30 °C in a jar under modified atmosphere (Anaerocult A®, Merck). Coagulase negative staphylococci (CNS) were counted on Mannitol Salt Agar (MSA, Fisher Scientific Bioblock) incubated for 24 h–48 h at 30 °C. Yeasts and molds were determined on Yeast Extract Glucose Chloramphenicol agar (YCG, Sigma-Aldrich) incubated at 25 °C during 3–5 days. *Staphylococcus aureus* was enumerated on Baird-Parker medium supplemented with Tellurite Yolk Egg (Merk) after incubation of 24 h–48 h at 37 °C. The detection of *Listeria monocytogenes* was performed from 25 g of samples, which were enriched in half-Fraser broth (Oxoid, Basingstoke, UK) for 24 h at 30 °C and then in Fraser broth (Oxoid) for 48 h at 37 °C. After both enrichments, samples were streaked onto selective Palcam agar plates (Oxoid) incubated for 24 h–48 h at 37 °C. *Salmonella* were detected by a presence-absence test. First, 25 g of samples were homogenized in 225 mL of Buffered Peptone Water (Oxoid), and incubated for 24 h at 37 °C. After incubation, 1 mL was transferred to 10 mL of Tetrathionate broth with iodine (Oxoid), and incubated at 37 °C for 24 h. Then, a loop full of broth was plated onto Hektoen medium (Merck) and incubated at 37 °C for 24 h. The presence of anaerobic sulfite-reducing bacteria (SRA) were determined in tubes. 1 mL of homogenized sample was heat-treated at 80 °C for 10 min in order to kill vegetative bacteria and then 20 mL of Meat Liver agar (Merck), cooled to 45 °C, was added. The tubes were incubated 48 h at 37 °C.

2.4. Molecular identification of LAB and CNS

For each sample, 3 to 5 colonies on countable plates of MRS and MSA, representative of the different colony morphologies, were picked up and streaked over the surface of MRS and BHI (Difco™, Becton, Dickinson and Company) agar plates, respectively and incubated at 30 °C for 24 h and 48 h, respectively. One colony picked from the agar plate of each isolate was transferred in appropriate broth, MRS or BHI, and incubated. Total bacteria DNA was isolated from 1 mL of culture using the Wizard genomic DNA purification kit (Promega, Charbonnières-les-Bains, France). Two different strategies were used for screening and then identifying bacteria isolated either from MRS or from MSA medium.

DNA of the isolates from MRS medium (presumptive LAB) were subjected to randomly amplified polymorphic DNA-polymerase chain reaction fingerprint analysis using as a primer the M13 core sequence (RAPD-PCR M13) as described by Rossetti and Giraffa (2005) in order to reduce genotypic redundancy. DNA of strains representative of each fingerprint were chosen for further species-specific PCR identification targeted to 16S rRNA genes. The 16S rRNA region was amplified with

27F and 967R universal primers. The PCR products after being purified using QIAquick PCR Purification Kit (Qiagen, Courtaboeuf, France) were sequenced by Eurofins Genomics (Ebersberg, Germany). Identification was proposed from alignments searches with NCBI Nucleotide Collection NR using BLAST program (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) and with EzBioCloud 16S database (<http://eztaxon-e.ezbiocloud.net>).

DNA of the isolates from MSA medium (presumptive CNS) were subjected to multiplex PCR allowing the identification of the *Staphylococcus* genus and of the *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. xylosus* and *S. aureus* species, as described by Corbière Morot-Bizot, Talon, and Leroy (2004). Then, DNA of the strains belonging to *Staphylococcus* genus but unidentified at the species level by multiplex PCR was subjected to species-specific PCR identification targeted to 16S rRNA genes as described above.

2.5. Statistical analysis

The data were analyzed with R 3.6.1 (R Core Team, 2014), and first checked for normal distribution and homogeneity of variances before one-way ANOVA global analysis. The results were presented as means ± SE (standard errors). In addition, many pairwise comparisons (2 per 2) using the Student's *t*-test were realized between each time and meat type. Moreover, linear discriminant analysis (LDA) in addition to Principal Component Analysis (Dray & Dufour, 2007) was carried out in order to study the evolution and the correlation of physicochemical variables by meat type and time.

3. Results

3.1. Evolution of physicochemical characteristics of El-Guedid samples during ripening

The results of the physicochemical analyses are shown in Tables 1–5. A significant decrease in pH was observed throughout the process for all type meats (Table 1). The amplitude in the pH drop ranged from 0.8 to 1.2 pH unit, with the lowest amplitude for the camel samples and the highest for the sheep ones. There was no significant difference between pH of the meat of different animal species whatever the time of

Table 2
Sodium chloride concentrations of El-Guedid samples from meat of different animal species.

NaCl %		
Meat	T30	T180
Sheep	6.8 ± 1.8 ^{A,B}	8.8 ± 2.9 ^{A,C}
Beef	7.9 ± 1.6 ^{A,B}	13.1 ± 2.1 ^{A,B}
Goat	15.9 ± 3.5 ^A	19.3 ± 1.4 ^B
Camel	5.2 ± 0.4 ^B	10.3 ± 2.8 ^{A,C}

T30, T180: 30, 180 days of ripening, respectively. Mean values ± standard errors. Different letters (^{A,B,C}) within the same column indicate statistical significant difference ($p < 0.05$).

Table 3

Evolution of moisture and water activity during the ripening of El-Guedid samples from meat of different animal species.

Meat	T0	T30	T90	T180	T365
Moisture (%)					
Sheep	27.9 ± 1.0 ^a	16.2 ± 1.0 ^b	15.4 ± 0.8 ^b	12.3 ± 0.4 ^b	11.8 ± 0.3 ^b
Beef	27.9 ± 0.7 ^a	18.8 ± 0.8 ^b	16.7 ± 0.5 ^{b,c}	14.1 ± 0.7 ^{b,c}	12.3 ± 0.4 ^c
Goat	27.6 ± 0.7 ^a	20.8 ± 1.3 ^{a,b}	16.2 ± 1.1 ^{b,c}	13.6 ± 1.0 ^{b,c}	11.3 ± 0.4 ^c
Camel	29.8 ± 0.6 ^a	25.6 ± 1.5 ^{a,b}	18.8 ± 1.2 ^{b,c}	14.8 ± 0.7 ^c	14.1 ± 0.5 ^c
Water activity					
Sheep	0.985 ± 0.001 ^a	0.675 ± 0.013 ^{b,A,B}	0.671 ± 0.002 ^{b,A,B}	0.660 ± 0.045 ^b	0.669 ± 0.002 ^b
Beef	0.985 ± 0.001 ^a	0.670 ± 0.008 ^{b,A,B}	0.661 ± 0.007 ^{b,A,C}	0.681 ± 0.017 ^b	0.655 ± 0.010 ^b
Goat	0.987 ± 0.001 ^a	0.718 ± 0.011 ^{b,A}	0.705 ± 0.006 ^{b,B}	0.687 ± 0.020 ^b	0.687 ± 0.007 ^b
Camel	0.985 ± 0.002 ^a	0.625 ± 0.029 ^{b,B}	0.630 ± 0.014 ^{b,C}	0.623 ± 0.016 ^b	0.675 ± 0.017 ^b

T0, fresh cut meat. T30, T90, T180, T365: 30, 90, 180, 365 days of ripening, respectively.

Mean values ± standard errors. Different letters (^{a,b,c}) within the same row and/or different letters (^{A,B,C}) within the same column indicate statistical significant difference ($p < 0.05$).

ripening.

Variable concentrations of sodium chloride were analyzed at T30 and T180 between El-Guedid samples manufactured from meat of different animal species but also within samples of the same meat as shown by the high standard deviations (Table 2). This variability inside the same meat was explained by manufacturing of batches by three different small producers. This variability within and between samples explained that no clear statistical difference was observed between the types of meat and no statistical difference was found between the two ripening times.

The moisture content and the water activity of the samples decreased along the time for all the samples (Table 3). An average decrease of water content between 15.6% and 16.3% was assayed for all the samples during the ripening. A significant water loss was measured after 30 days of conservation for sheep and beef meats with 11.7% and 9.1%, respectively. While for camel and goat meats, a significant decrease in water content was noted after 90 days of ripening. Concomitantly, the water activity of the samples strongly decreased especially during the first 30 days of maturation. Very low water activities were measured at this time ranging from 0.625 to 0.718. Significant differences were only noted between the meat samples after 30 and 90 days of ripening.

Fat content was low for all raw meats (T0) of different animal species, ranging from 3.2 to 4.8 g/100 g dry matter (Table 4). Higher fat percentage was noticed for sheep and beef meats during the ripening but not for goat and camel meats certainly in relation with the loss of water. Significant differences were noted between the meats of different animal species after 90 days with sheep meat having the highest fat content at the end of ripening.

Thiobarbituric values are correlated to oxidative lipid changes of the meat samples while carbonyls are correlated to protein oxidation (Table 5). There was no effect of the origin of meat on the oxidation, whatever the ripening time. A significant increase in lipid and protein oxidation was noted for beef samples while for sheep only an increase in protein oxidation was noted.

Table 4

Fat content of El-Guedid samples from meat of different animal species during the ripening.

Fat (% dry matter)					
Meat	T0	T30	T90	T180	T365
Sheep	3.7 ± 0.1 ^a	4.1 ± 0.2 ^a	7.1 ± 0.2 ^{b,A}	7.5 ± 0.1 ^{b,A}	10.0 ± 0.2 ^{c,A}
Beef	3.2 ± 0.1 ^a	4.5 ± 0.2 ^{a,b}	4.9 ± 0.2 ^{b,c,B}	6.6 ± 0.1 ^{c,d,A}	7.2 ± 0.3 ^{d,B}
Goat	4.1 ± 0.1	4.2 ± 0.1	4.7 ± 0.3 ^B	5.0 ± 0.2 ^B	5.1 ± 0.3 ^B
Camel	4.8 ± 0.3	4.9 ± 0.1	5.1 ± 0.3 ^B	5.1 ± 0.1 ^B	5.4 ± 0.3 ^B

T0, fresh cut meat. T30, T90, T180, T365: 30, 90, 180, 365 days of ripening, respectively.

Mean values ± standard errors. Different letters (^{a,b, ...}) within the same row and/or different letters (^{A,B}) within the same column indicate statistical significant difference ($p < 0.05$).**Table 5**

Oxidation level during the ripening of El-Guedid samples from meat of different animal species.

Meat	T0	T30	T90	T180	T365
Tbars (mg/MDA/Kg)					
Sheep	1.1 ± 0.3	2.6 ± 1.0	3.7 ± 1.3	3.0 ± 0.6	2.4 ± 0.8
Beef	1.4 ± 0.2 ^{a,c}	2.5 ± 0.7 ^{a,c}	8.6 ± 1.8 ^b	3.1 ± 0.4 ^c	2.2 ± 0.2 ^c
Goat	2.7 ± 0.8	8.5 ± 1.9	7.3 ± 1.3	4.3 ± 1.4	5.2 ± 1.3
Camel	1.3 ± 0.1	6.2 ± 2.9	3.0 ± 0.1	2.2 ± 0.6	3.5 ± 0.7
Carbonyls (nmol/mg protein)					
Sheep	6.1 ± 0.8 ^a	ND	ND	ND	9.9 ± 0.6 ^b
Beef	5.7 ± 0.5 ^a	ND	ND	ND	8.5 ± 0.4 ^b
Goat	4.0 ± 0.7	ND	ND	ND	7.3 ± 1.2
Camel	5.7 ± 0.9	ND	ND	ND	8.2 ± 0.5

T0, fresh cut meat. T30, T90, T180, T365: 30, 90, 180, 365 days of ripening, respectively. ND: not determined. Mean values ± standard errors. Different letters (^{a,b,c}) within the same row indicate statistical significant difference ($p < 0.05$).

Three linear discriminant analyses (LDA) were carried out to illustrate the effect of origin of meat (camel, beef, goat, sheep) and of ripening (T0, T180, T365) on the physicochemical characteristics of El-Guedid.

At T0, the first two main components explained 98.7% of the total variance with 56.9% for the first and 41.8% for the second one (Fig. 2A). The four meats were distinguished. The first component separated the goat meat from the other three because of its higher lipid oxidation and its lower water content and pH. The second component separated the other three meats essentially on their lipid content, camel meat having the highest content, beef the lowest and sheep the intermediate level.

After 180 days of ripening, LDA analysis showed that the four meats were also discriminated, the first two components accounting for 88.3% of the variance (Fig. 2B). The first axis distinguished goat and camel meats from beef and sheep in terms of lipid content, with beef having an intermediate level and sheep the highest. The second axis separated

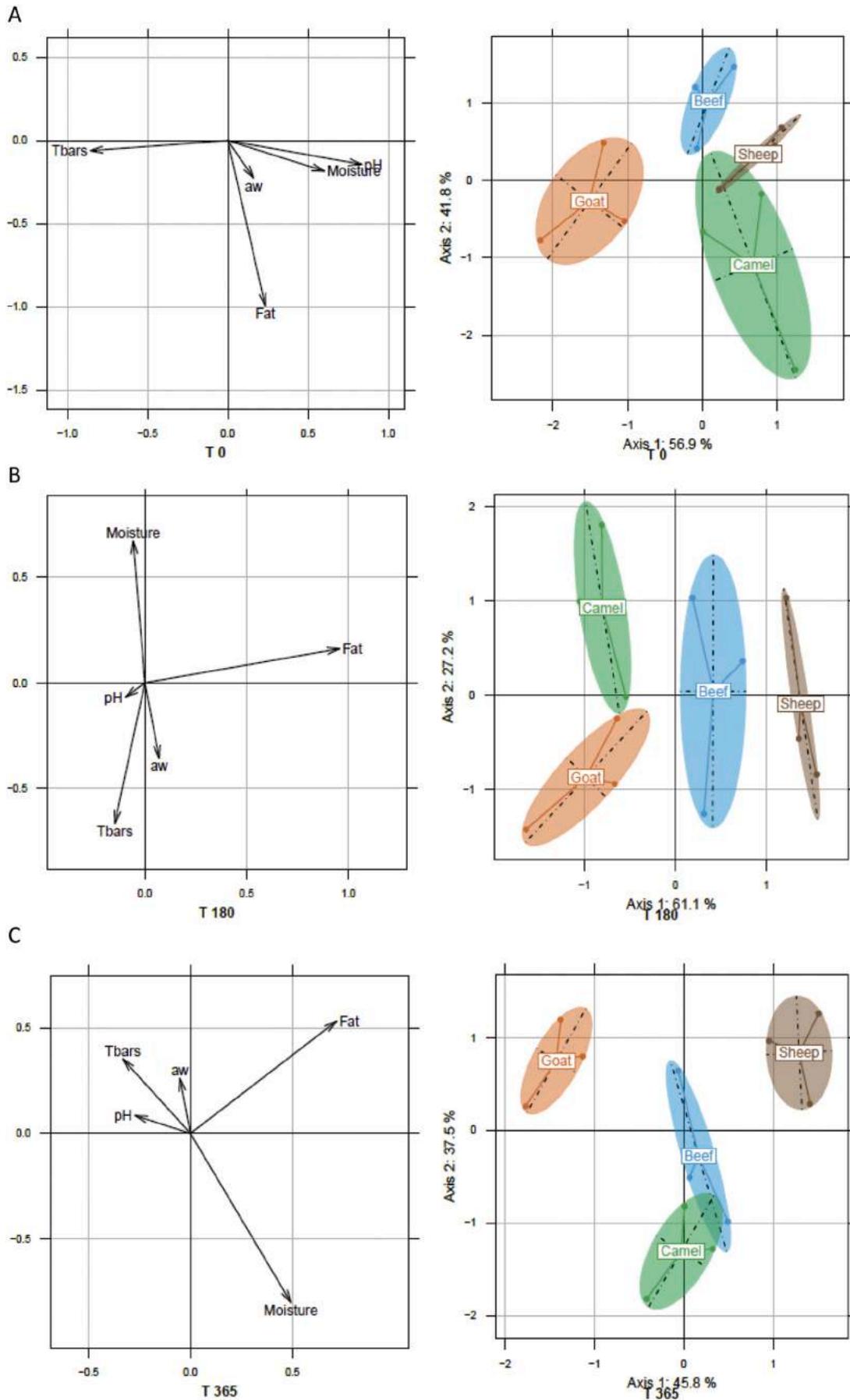


Fig. 2. Linear discriminant analysis showing the evolution and the correlation of physicochemical variables by meat type (sheep, beef, goat and camel) and time (A: T0, fresh meat, B: T180 days, C: T365 days).

the meats according to their moisture and their lipid oxidation. Camel meat was distinguished from goat by its higher water content and lower lipid oxidation.

At the end of conservation (365 days), LDA analysis distinguished the four meats, with the first two components accounting for 83.3% of the variance (Fig. 2C). In axis 1, the meats were again separated according to their lipid content, the sheep meat having the highest content and the goat the lowest content. They were also separated by their moisture with camel meat being the wettest followed by beef. Goat meat was characterized by the highest lipid oxidation.

3.2. Microbial characteristics of El-Guedid samples during ripening

Microbial analyses were realized on the 60 samples, from sliced fresh meat (T0) to one year of conservation (T365). Enterobacteria, which can be considered as indicators of environmental and/or fecal contamination, were enumerated in all the fresh meat samples (12/12) regardless of the animal species of origin. Their mean counts were 2.0 ± 1.0 log CFU/g. From 30 days until the end of storage, all the samples, but two from sheep meat at 30 days (1.5 and 3.0 log CFU/g, respectively), were below the detection threshold (< 1 log CFU/g). Coliforms were below the detection threshold (< 1 log CFU/g) for all the samples even those of sliced fresh meat. *Listeria*, *Salmonella* and SRA were never detected. Among the bacteria representing a potential risk to consumers, *S. aureus* was only found in a few samples from sheep and beef meats. Indeed, *S. aureus* was detected in the sliced fresh meat of one ovine batch and one beef batch (2.6 ± 0.3 log CFU/g). It persisted up to one month of ripening in these two batches and became below the detection threshold after (< 10 log CFU/g). Yeasts and molds contaminated all samples of sliced fresh meat at average level of 3.0 ± 0.7 log CFU/g. This level remained constant at T30 for the samples from sheep and beef meat (2.7 ± 0.7 log CFU/g) and then was below the detection threshold (< 10 log CFU/g). For the samples from goat and camel meat, yeasts and molds were below the detection threshold from T30.

Total aerobic counts were on average 4.7 ± 1.4 log CFU/g for all the samples from T0 to T90. They decreased drastically at T180 to reach the detection threshold (1 to 1.2 log CFU/g). They were below the detection threshold at T365. LAB and CNS were present in all the samples from T0 to 365. The mean counts of LAB were 6.0 ± 0.8 log CFU/g for the samples at T0 and decreased gradually during the ripening to reach 2.4 ± 0.7 log CFU/g whatever the animal species of origin of the meat (Fig. 3). The mean counts of CNS were 4.3 ± 1.4 log CFU/g for the samples at T0, increased slightly to reach 5.6 ± 1.1 log CFU/g at T30 and then decreased gradually during the storage to reach 2.3 ± 0.8 log CFU/g whatever the animal species of origin of the meat (Fig. 4).

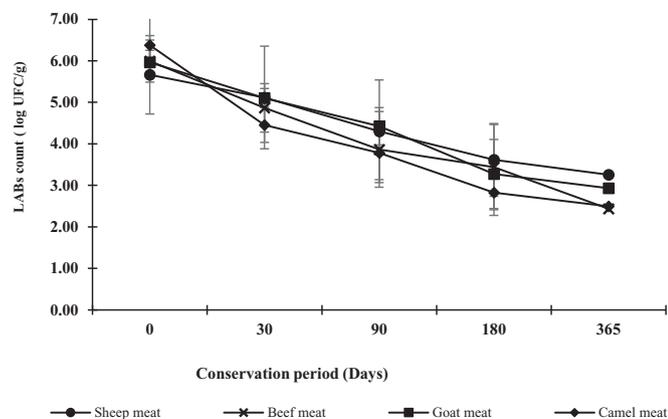


Fig. 3. Evolution of lactic acid bacterial (LAB) population in the meat samples of different animal species during the ripening process of El-Guedid.

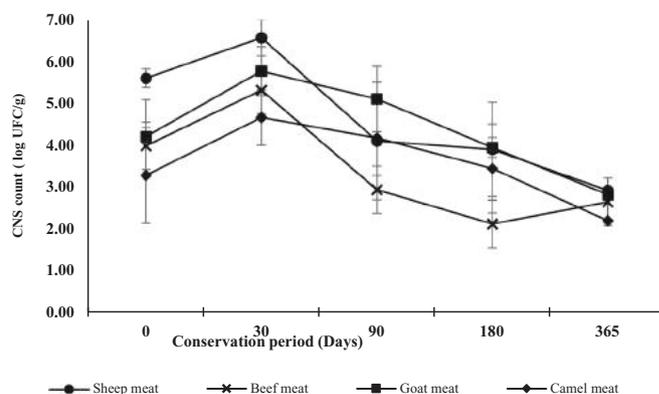


Fig. 4. Evolution of coagulase negative staphylococci (CNS) population in the meat samples of different animal species during the ripening process of El-Guedid.

A total of 160 isolates from MRS were subjected to RAPD-PCR M13. These analyses revealed a high diversity with 110 different profiles. Among the 148 isolates, one isolate representative of each profile and 2 to 3 isolates for the dominant profiles were identified after 16S rDNA gene sequencing. Among them, 132 isolates belonged to the LAB group and were identified as belonging to 7 genera: *Leuconostoc* (40), *Lactobacillus* (35), *Enterococcus* (20), *Weissella* (23), *Lactococcus* (11), *Pediococcus* (2), *P. pentosaceus*, and *Streptococcus* (1, *S. parauberis*). Of 40 *Leuconostoc*, 39 were identified as *L. mesenteroides* and 1 as *L. citreum*. Of 35 lactobacilli, 29 were identified as *L. sakei* and 6 as *L. curvatus*. In all the samples, whatever the animal species of origin of the meat, two species were concomitantly present, *L. mesenteroides* and *L. sakei*, from sliced fresh meat to T365. The other genera identified were sporadically isolated. Of 20 enterococci, 15 were identified as *E. hirae*, 3 as *E. faecalis* and 2 as *E. thailandicus*. They were present in a few samples of sheep, beef and goat meat at T90 and T365. A high species diversity was found in the *Weissella* genus with 6 species identified: *W. viridescens* (12), *W. cibaria* (3), *W. thailandensis* (3), *W. hellenica* (2), *W. paramesenteroides* (2) and *W. confusa* (1). They were present in some samples at different times and whatever the animal species of origin of the meat. Of 11 lactococci, 9 were identified as *L. garvieae* and 2 as *L. formosensis*. *L. garvieae* was only detected in the fresh samples from sheep and beef meat.

Sixteen isolates from MRS were identified as belonging to *Staphylococcus* species: *S. saprophyticus* (10), *S. epidermidis* (2), *S. pasteurii* (1), *S. hominis* (2) and *S. capitis* (1). Furthermore, 144 isolates from MSA were submitted to staphylococcal specific multiplex PCR. All the isolates were identified as belonging to the genus *Staphylococcus*, showing the population enumerated on MSA was largely dominated by staphylococci. Among them, 124 isolates belonged to *S. saprophyticus*, 4 to *S. epidermidis* and 2 to *S. xylosus*. The 14 remaining isolates were identified after 16S rDNA gene sequencing and belonged to *S. pasteurii* (5), *S. hominis* (4), *S. capitis* (3) and *S. cohnii* (2). From all samples, a total of 160 isolates of staphylococci was identified. Seven species of staphylococci were identified but *S. saprophyticus* was largely dominant (84%). *S. saprophyticus* was present in all samples from sliced fresh meat to T365, whatever the animal species of origin of the meat. The remaining species identified were only sporadically isolated. *S. epidermidis* was only present in fresh meat samples and was not detected thereafter.

4. Discussion

El-Guedid with a water activity ranging from 0.66 to 0.68 and a salt content from 8.8 to 19.3% can be classified as dry product. While kitoza and lacon, two other salted dried meat products, showing high water activity (0.83 to 0.90) and low salt content (2.4 to 4.0%) can be considered as moist products (Lorenzo et al., 2015; Ratsimba et al., 2019).

Finally, a third category of intermediate moisture products can be defined for charqui, jerky and dry cured ham (a_w ranging from 0.70 to 0.83) (Marušić, Vidaček, Janči, Tomislav Petrak, & Medić, 2014; Pinto et al., 2002; Yang, Hwang, Joo, & Park, 2009).

The initial pH values (pH 6.3–6.4) of the fresh meats from different animal origins in this study were close to those found by Benlacheheb et al. (2019) in fresh lamb meat. These values decreased during the ripening reaching final values of 5.2 to 5.5, regardless the meat used. These results can be explained by the accumulation of lactic acid produced by lactic acid bacteria during the ripening process. Similar pH range was found for dry biltong, or Tunisian kaddid (Petit et al., 2014; Zaier, Essid, Chabbouh, Bellagha, & Sahli, 2011). But our values were different to the ones found by Bennani et al. (2000) in the Moroccan kaddid (pH = 4.5). For moist biltong, some kitoza products, dry salted goat meats and pork lācon, pH of 6.0 or up to 6.4 were measured (Marra, Salgado, Prieto, & Carballo, 1999; Petit et al., 2014; Rahman et al., 2005; Ratsimba et al., 2019).

Salt has several roles in the final quality of the meat product, having an effect on microbiological, physicochemical and sensory characteristics (Toldra, F., 2002). Its main role is food preservation by the reduction of water activity, but it also has remarkable effects on the solubility and degradation of myofibrillar proteins (Chabbouh, Ahmed, Farhat, Sahli, & Bellagha, 2012), and promotes the growth of halotolerant and/or halophilic microorganisms besides the inhibition of pathogen agents. Salt contents of our El-Guedid samples (beef, sheep and camel meat) were consistent with previously published data where the salt content was between 7.4 and 12.4% for Moroccan dried salted meat (Bennani et al., 1995); and our goat samples were close to lācon and charqui with high level, 16.2 and 15.5%, respectively. While our samples contain more NaCl than other similar meat products, namely kitoza (2.6–4.1%), kundi (0.5%), and biltong (4.8–6.8%) (Ratsimba et al., 2017; Alonge, 1987). It should be noted that before its consumption, El-Guedid must be desalinated in water for 24 h, to reduce salt level.

Lipid content of El-Guedid varied according to the origin of meat, with sheep meat having the highest lipid content at the end of the conservation with 10 g/100 g of dry matter. The lipid content of the three other El-Guedid from beef, goat and camel meats (5.1 to 7.2 g/100 g dry matter) was in the same order as that of kitoza (7.1 g/100 g of dry matter), and those of salted dried goat meats (3.5 to 4.4 g/100 g of dry matter) (Rahman et al., 2005; Ratsimba et al., 2019). Lipid oxidation was measured for all El-Guedid during the process, whatever the meat origin, the TBARS values ranging from 2.2 to 5.2 mg MDA/kg at the end of the storage were close to that of pork and beef kitoza (3.5–3.7 mg MDA/kg) (Ratsimba et al., 2019). Higher TBARS values between 6 and 7 mg MDA/kg were recorded for pork jerky samples compared to beef ones (3.5 mg MDA/kg) (Yang et al., 2009). Several studies showed that salt content might have a pro-oxidant effect toward lipids, which is due to the inhibitory action of salt on the antioxidant enzymes (catalase, superoxide dismutase and glutathione peroxidase) (Devatkal & Naveena, 2010; Gheisari & Motamedi, 2010; Hernandez, Park, & Rhee, 2002; Lee, Mei, & Decker, 1997; O'Neill, Galvin, Morrissey, & Buckley, 1999). These enzymes in meat prevent the action of free radicals or the peroxidation products on lipids. Salt can also contain traces of heavy metals, which may participate in oxidation.

The carbonyl values of our samples are correlated with the oxidation of proteins. Salting and drying steps can have a marked effect on the oxidation of proteins in meat products (Bombrun, Gatellier, Carlier, & Kondjoyan, 2014; Estévez, 2011). Addition of NaCl affected ionic strength and therefore biochemical reactions such as the protein oxidation. According to Montero, Giménez, Pérez-Mateos, and Gómez-Guillén (2005), NaCl affected the degree of assembly of myofibrillary proteins and their sensitivity to carbonylation. The pH drop has been shown to affect the oxidation of proteins in meat (Srinivasan, Xiong, & Decker, 1996). The carbonyl contents measured on El-Guedid samples from meat of different animal ranged from 4.0 to 6.1 nmol/mg protein

in sliced fresh meat, to reach higher levels at the end of the ripening process with 7.3 to 9.9 nmol/mg protein. These values were close to those found by Estévez, Ventanas, and Cava (2007) in Francfurt sausages (5.5–6.5 nmol/mg protein). Armenteros, Aristoy, Barat, and Toldrá (2009) reported carbonyl levels of different meat products close to our results, namely: dry ham; dried loin; dried sausage with 8.0, 8.0 and 9.0 nmol/mg protein, respectively.

Several studies have assessed the microbiology of different types of dried salted products. In our study the initial contamination (total aerobic counts) of the sliced fresh meat from different animal species was about 5 log CFU/g. This level agreed with the one already found for fresh sheep meat (Benlacheheb et al., 2019) and from fresh beef (Pinto et al., 2002) but was one log lower to the one found in raw pork meat (Lorenzo et al., 2015) and goat meat (Rahman et al., 2005). The total counts remained stable up to 90 days and then decreased along the process in the four El-Guedid studied. Enterobacteria, yeasts and molds were at low levels while lactic acid bacteria and staphylococci were the dominant population. All these populations decreased along the process and reached very low levels at the end of storage (365 days). These low levels (2 log CFU/g) in all the microbiota were already mentioned for kaddid manufactured from sheep in Morocco (Bennani et al., 2000). Several surveys on biltong revealed that high levels of microorganisms were observed with levels of total counts ranging from 6 to 7 log CFU/g, of enterobacteria from 3 to 4 log CFU/g, of yeasts from 2 to 7 CFU/g, of lactic acid bacteria as high as 8 log CFU/g and staphylococci from 4 to 8.5 log CFU/g (Naidoo & Lindsay, 2010a, 2010b). For Khliia Ezir, a traditional cured meat product of Algeria, the total count remained at an average of 4 log CFU/g during the process and lactic acid bacteria constituted the dominant microbiota (Boudechicha et al., 2017).

Pathogenic bacteria can also occasionally be detected in dry salted meat products. In our study, *L. monocytogenes* and *Salmonella* were not detected while *S. aureus* was episodically detected (2.6 log CFU/g), and became below the detection threshold after one month of ripening in all El-Guedid. In fact, most of the dry meat products showed similar profile with absence of *Salmonella*, very few samples contaminated by *Listeria* and samples often contaminated by *S. aureus* with variable levels ranging from 2.0 to 4.5 log CFU/g (Menéndez, Rendueles, Sanz, Santos, & García-Fernández, 2018; Naidoo & Lindsay, 2010a, 2010b; Ratsimba et al., 2017, 2019).

As coagulase negative staphylococci and lactic acid bacteria were the dominant populations in all the four El-Guedid studied, we identified the species *S. saprophyticus* was dominant in all the steps of manufacturing of the four El-Guedid. This dominance was already noticed in Kitoza a salted sun-dried meat product from pork or beef (Ratsimba et al., 2017). It was also one of the main species isolated throughout the manufacturing of dry-cured lācon (Vilar, Garcia Fontan, Prieto, Tornadijo, & Carballo, 2000) and in traditional fermented sausages (Coton et al., 2010; Garcia Fontan, Lorenzo, Martinez, Franco, & Carballo, 2007; Mauriello, Casaburi, Blaiotta, & Villani, 2004; Talon & Leroy, 2011). Seventeen species of LAB were identified highlighting a high diversity in the four El-Guedid studied. They belonged to the main LAB genera identified from fermented dry sausages, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconococ*, *Weissella* and *Enterococcus* (Albano et al., 2009; Ammor & Mayo, 2007). Among these LAB, *L. mesenteroides* (30%) and *L. sakei* (22%) constituted the dominant microbiota throughout the process of the four El-Guedid. *L. sakei* is acknowledged as the most prevailing species in the microbiota of both fresh packaged meat products and traditionally fermented meat (Najjari, Ouzari, Boudabous, & Zagorec, 2008; Bonomo, Ricciardi, Zotta, Parente, & Salzano, 2008; Di cagno, Lopez, & Tofalo, 2008; Cocolin, & Ercolini, D. (Eds.), 2007; Garcia Fontan et al., 2007; Ferreira, Barbosa, & Silva, 2007; Leroy, Lebert, & Talon, 2015). *L. mesenteroides* is often identified in fresh packaged meats and could be responsible for spoilage (Pothakos, Devlieghere, Villani, Björkroth, & Ercolini, 2015) but is less frequently isolated in fermented meat products (Leroy et al., 2015). *L. sakei* and *L. mesenteroides* can produce

bacteriocins that could contribute to the safety of the products (Benmechermene et al., 2014; Leroy, Lievens, & De Vuyst, 2005). *Weissella* (17%) with *W. viridescens* (9%) and *Enterococcus* (15%) with *E. hirae* (11%) were the two subdominant populations in El-Gueddid. Bacteria of the genus *Weissella* inhabit a variety of ecological niches including plants and vegetables and a variety of fermented foods with *W. viridescens* mainly associated with meat and meat products (Fusco et al., 2015). *E. hirae* represented 10% of the enterococcal isolates from Tunisian fresh red meat sheep and beef and was found in sausage, ham and minced meat in retail outlets in Germany (Klibi et al., 2013; Peters, Mac, Wichmann-Schauer, Klein, & Ellerbroek, 2003). All these dominant LAB bacteria share the property to grow in the presence of salt (Marceau, Zagorec, & Champomier-Vergés, 2003; Franz, Stiles, Schleifer, & Holzapfel, 2003; Fusco et al., 2015).

This study is the first one where El-Gueddid was characterized considering products from different animal origin and all the time of conservation. In conclusion, El-Gueddid is a safe traditional meat product that responds to the criteria of sustainability.

Declaration of Competing Interest

The authors declare no conflict of interests.

Acknowledgement

This work is a collaboration between INATAA- Constantine in Algeria and INRAE- Clermont-Ferrand in France in the context of the thesis of Roumeila Bader. We are grateful to households that participated in the elaboration of all the samples, to Jean-paul Chacornac and Carine Andant for their assistance in laboratory in INRAE, UMR MEDIS, and to Claude Ferreira and Laurent Aubry in INRAE, UR QuaPA for their contribution. Finally, a special gratitude to the Algerian Ministry of Higher Education and Scientific Research for the attribution of a scholarship within the French-Algerian cooperation program : PROFAS B+ (B/COOPERATION).

References

- FAO (1990). *Manual of simple methods of meat preservation. FAO Animal Production and Health Paper No. 79*. Rome: FAO.
- Albano, H., van Reenen, C. A., Todorov, S. D., Cruz, D., Fraga, L., Hogg, T., & Teixeira, P. (2009). Phenotypic and genetic heterogeneity of lactic acid bacteria isolated from "Alheira", a traditional fermented sausage produced in Portugal. *Meat Science*, 82(3), 389–398. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.009>.
- Alonge, D. O. (1987). Factors affecting the quality of smoke-dried meats in Nigeria. *Acta Alimentaria*, 16(3), 263–270.
- Ammor, M. S., & Mayo, B. (2007). Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. *Meat Science*, 76(1), 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.022>.
- Armenteros, M., Aristoy, M. C., Barat, J. M., & Toldrá, F. (2009). Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl. *Food Chemistry*, 117(4), 627–633. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.056>.
- Benlacheheb, R., Becila, S., Sentandreu, M. A., Hafid, K., Boudechicha, H. R., & Boudjellal, A. (2019). El Gueddid, a traditional Algerian dried salted meat: Physicochemical, microbiological characteristics and proteolysis intensity during its manufacturing process and ripening. *Food Science and Technology International*, 25(4), 347–355. <https://doi.org/10.1177/1082013219825892>.
- Benmechermene, Z., Fernández-No, I., Quintela-Balaja, M., Böhme, K., Kihal, M., Calomata, P., & Barros-Velázquez, J. (2014). Genomic and proteomic characterization of bacteriocin-producing *Leuconostoc mesenteroides* strains isolated from raw camel milk in two southwest Algerian arid zones. *BioMed Research International*, 2014, 853238. <https://doi.org/10.1155/2014/853238>.
- Bennani, L., Faid, M., & Bousseta, A. (2000). Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: Control of the microorganisms. *European Food Research and Technology*, 211(3), 153–157. <https://doi.org/10.1007/s002170050001>.
- Bennani, L., Zenati, Y., Faid, M., & Ettayebi, M. (1995). Physico-chemical and microbiological characteristics of a dried salted meat product (Kaddid) in Morocco. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 201(6), 528–532. <https://doi.org/10.1007/BF01201577>.
- Bombrun, L., Gatellier, P., Carlier, M., & Kondjoyan, A. (2014). The effects of low salt concentrations on the mechanism of adhesion between two pieces of pork semi-membranosus muscle following tumbling and cooking. *Meat Science*, 96(1), 5–13.
- Bonomo, M. G., Ricciardi, A., Zotta, T., Parente, E., & Salzano, G. (2008). Molecular and technological characterization of lactic acid bacteria from traditional fermented sausages of Basilicata region (southern Italy). *Meat Science*, 80(4), 1238–1248. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.032>.
- Boudechicha, H. R., Nasril, L., Bennaceur, Z., Sellama, M., Hafid, K., Boudjellal, A., & Gagaoua, M. (2017). Microbiological changes during the preparation steps of Khliha Ezir: A traditional cured meat product of Algeria. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*, 4(6), 1–5. <https://doi.org/10.15761/IFNM.1000199>.
- Chabbouh, M., Ahmed, S. B. H., Farhat, A., Sahli, A., & Bellagha, S. (2012). Studies on the salting step of Tunisian kaddid meat: Experimental kinetics, modeling and quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1882–1895. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0635-2>.
- Cocolin, L., & Ercolini, D. (Eds.). (2007). *Molecular techniques in the microbial ecology of fermented foods*. 2007Springer Science & Business Media <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74520-6>.
- Corbière Morot-Bizot, S., Talon, R., & Leroy, S. (2004). Development of a multiplex PCR for the identification of *Staphylococcus* genus and four staphylococcal species isolated from food. *Journal of Applied Microbiology*, 97, 1087–1094. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02399.x>.
- Core Team, R. (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Coton, E., Desmonts, M. H., Leroy, S., Coton, M., Jamet, E., Christeans, S., ... Talon, R. (2010). Biodiversity of coagulase-negative staphylococci in French cheeses, dry fermented sausages, processing environments and clinical samples. *International Journal of Food Microbiology*, 137, 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.023>.
- Devatkal, S. K., & Naveena, B. (2010). Effect of salt, kinnow and pomegranate fruit by-product powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat during refrigerated storage. *Meat Science*, 85(2), 306–311. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.01.019>.
- Di cagno, R., Lopez, C. C., & Tofalo, R. (2008). Comparison of the compositional, microbiological, biochemical and volatile profile characteristics of three Italian PDO fermented sausages. *Meat Science*, 79(2), 224–235. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.09.006>.
- Dray, S., & Dufour, A. (2007). The ade4 package: Implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*, 22(4), 1–20. <https://doi.org/10.18637/jss.v022.i04>.
- Essid, I., Ismail, H. B., Ahmed, S. B. H., Ghedamsi, R., & Hassouna, M. (2007). Characterization and technological properties of *Staphylococcus xylosum* strains isolated from a Tunisian traditional salted meat. *Meat Science*, 77(2), 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.003>.
- Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Science*, 89(3), 259–279. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.025>.
- Estévez, M., Ventanas, S., & Cava, R. (2007). Oxidation of lipids and proteins in frankfurters with different fatty acid compositions and tocopherol and phenolic contents. *Food Chemistry*, 100, 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.009>.
- Ferreira, V., Barbosa, J., & Silva, J. (2007). Characterisation of alheiras, traditional sausages produced in the north of Portugal, with respect to their microbiological safety. *Food Control*, 18, 436–440. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.11.011>.
- Fusco, V., Quero, G. M., Cho, G.-S., Kabisch, J., Meske, D., Neve, H., ... Franz, C. M. A. P. (2015). The genus *Weissella*: Taxonomy, ecology and biotechnological potential. *Frontiers in Microbiology*, 6, 155. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00155>.
- Gagaoua, M., & Boudechicha, H. R. (2018). Ethnic meat products of the North African and Mediterranean countries: An overview. *Journal of Ethnic Foods*, 5(2), 83–98. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.02.004>.
- García Fontan, M. C., Lorenzo, J. M., Martínez, S., Franco, I., & Carballo, J. (2007). Microbiological characteristics of Botillo, a Spanish traditional pork sausage. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 1610–1622. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.10.007>.
- Gheisari, H. R., & Motamedi, H. (2010). Chloride salt type/ionic strength and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in cattle, camel and chicken meat. *Meat Science*, 86(2), 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.020>.
- Hernandez, P., Park, D., & Rhee, K. S. (2002). Chloride salt type/ionic strength, muscle site and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in pork. *Meat Science*, 61(4), 405–410. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00212-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00212-1).
- Kalilou, S., Collignan, A., & Zakhia, N. (1998). Optimizing the traditional processing of beef into Kilishi. *Meat Science*, 50(1), 21–32. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00012-6).
- Klibi, N., Ben Said, L., Jouini, A., Ben Slama, K., López, M., Ben Sallem, R., ... Torres, C. (2013). Species distribution, antibiotic resistance and virulence traits in enterococci from meat in Tunisia. *Meat Science*, 93(3), 675–680. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.020>.
- Komprda, T., Kuchtik, J., Jarosova, A., Drackova, E., Zemanek, L., & Filipcik, B. (2012). Meat quality characteristics of lambs of three organically raised breeds. *Meat Science*, 91(4), 499–505. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.004>.
- Lee, S. K., Mei, L., & Decker, E. A. (1997). Influence of sodium chloride on antioxidant enzyme activity and lipid oxidation in frozen ground pork. *Meat Science*, 46(4), 349–355. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00029-6).
- Leroy, S., Lebert, L., & Talon, R. (2015). Microorganisms in traditional fermented meats. Fermented meat products and role of starter culture. In F. Toldra (Ed.), *Handbook of fermented meat and poultry* (pp. 99–105). (2nd ed.). chapter 12.
- Leroy, F., Lievens, K., & De Vuyst, L. (2005). Modeling Bacteriocin resistance and inactivation of *Listeria innocua* LMG 13568 by *Lactobacillus sakei* CTC 494 under sausage fermentation conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(11), 7567–7570. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.11.7567-7570.2005>.
- Lorenzo, J. M., Bermúdez, R., Domínguez, R., Guiotto, A., Franco, D., & Purriños, L. (2015). Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacón salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial

- replacement for sodium chloride. *Food Control*, 50, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.10.019>.
- Lorenzo, J. M., García Fontán, M. C., Franco, I., & Carballo, J. (2008). Biochemical characteristics of dry-cured lacón (a Spanish traditional meat product) throughout the manufacture, and sensorial properties of the final product. Effect of some additives. *Food Control*, 19(12), 1148–1158. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.12.005>.
- Marceau, A., Zagorec, M., & Champomier-Vergés, M. C. (2003). Positive effects of growth at suboptimal temperature and high salt concentration on long-term survival of *Lactobacillus sakei*. *Research in Microbiology*, 154, 37–42. [https://doi.org/10.1016/S0923-2508\(02\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0923-2508(02)00010-4).
- Marra, A. I., Salgado, A., Prieto, B., & Carballo, J. (1999). Biochemical characteristics of dry-cured lacón. *Food Chemistry*, 67, 33–37. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00104-1).
- Marušić, N., Vidaček, S., Janči, T., Tomislav Petrak, T., & Medić, H. (2014). Determination of volatile compounds and quality parameters of traditional Istrian dry-cured ham. *Meat Science*, 96(4), 1409–1416. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.12.003>.
- Mauriello, G., Casaburi, A., Blaiotta, G., & Villani, F. (2004). Isolation and technological properties of coagulase negative staphylococci from fermented sausages of southern Italy. *Meat Science*, 67, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.10.003>.
- Menéndez, R. A., Rendueles, E., Sanz, J. J., Santos, J. A., & García-Fernández, M. C. (2018). Physicochemical and microbiological characteristics of diverse Spanish cured meat products. *CyTA-Journal of Food*, 16, 199–204. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1379560>.
- Mercier, Y., Gatellier, P., Viau, M., Remignon, H., & Renner, M. (1998). Effect of dietary fat and vitamin E on colour stability and on lipid and protein oxidation in Turkey meat during storage. *Meat Science*, 48(3–4), 301–318. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00113-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00113-7).
- Mirade, P. S., Portanguen, S., Sicard, J., De Souza, J., Musavu Ndob, A., Hoffman, L. C., ... Collignan, A. (2020). Impact of tumbling operating parameters on salt, water and acetic acid transfers during biltong-type meat processing. *Journal of Food Engineering*, 265(109686), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109686>.
- Montero, P., Giménez, B., Pérez-Mateos, M., & Gómez-Guillén, M. C. (2005). Oxidation stability of muscle with quercetin and rosemary during thermal and high-pressure gelation. *Food Chemistry*, 93(1), 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.038>.
- Naidoo, K., & Lindsay, D. (2010a). Survival of *Listeria monocytogenes*, and enterotoxin-producing *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus pasteurii*, during two types of biltong-manufacturing processes. *Food Control*, 21(7), 1042–1050. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.12.025>.
- Naidoo, K., & Lindsay, D. (2010b). Pathogens associated with biltong product and their in vitro survival of hurdles used during production. *Food Protection Trends*, 30(9), 532–538.
- Najjari, A., Ouzari, H., Boudabous, A., & Zagorec, M. (2008). Method for reliable isolation of *Lactobacillus sakei* strains originating from Tunisian seafood and meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 121, 342–351. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodmicro.2007.11.045>.
- Oliver, C. N., Ahn, B., Moerman, E. J., Goldstein, S., & Stadtman, E. R. (1987). Age related changes in oxidized proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 262(12), 5488–5491. [https://doi.org/10.1016/S0021-9758\(87\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9758(87)00152-1).
- O'Neill, L. M., Galvin, K., Morrissey, P. A., & Buckley, D. J. (1999). Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat. *Meat Science*, 52(1), 89–94. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00152-1).
- Peters, J., Mac, K., Wichmann-Schauer, H., Klein, G., & Ellerbroek, L. (2003). Species distribution and antibiotic resistance patterns of enterococci isolated from food of animal origin in Germany. *International Journal of Food Microbiology*, 88, 311–314. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00193-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00193-4).
- Petit, T., Caro, Y., Petit, A. S., Santchurn, S. J., & Collignan, A. (2014). Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Science*, 96(3), 1313–1317. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.003>.
- Pinto, M. F., Ponsano, E. H. G., Franco, B. D. G. D. M., & Shimokomaki, M. (2002). Charqui meats as fermented meat products: Role of bacteria for some sensorial properties development. *Meat Science*, 61(2), 187–191. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00184-x](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00184-x).
- Poligne, I., Collignan, A., & Trystram, G. (2001). Characterization of traditional processing of pork meat into boucane. *Meat Science*, 59(4), 377–389. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00090-0).
- Pothakos, V., Devlieghere, F., Villani, F., Björkroth, J., & Ercolini, D. (2015). Lactic acid bacteria and their controversial role in fresh meat spoilage. *Meat Science*, 109(2015), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.04.014>.
- Rahman, M. S., Salman, Z., Kadim, I. T., Mothershaw, A., Al-Riziqi, M. H., Guizani, N., ... Ali, A. (2005). Microbial and physico-chemical characteristics of dried meat processed by different methods. *International Journal of Food Engineering*, 1, 1–14. <https://doi.org/10.2202/1556-3758.1016>.
- Ratsimba, A., Leroy, S., Chacornac, J. P., Rakoto, D., Arnaud, E., Jeannoda, V., & Talon, R. (2017). Staphylococcal ecosystem of Kitoza, a traditional Malagasy meat product. *International Journal of Food Microbiology*, 2017(246), 20–24. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.02.001>.
- Ratsimba, A., Rakoto, D., Jeannoda, V., Andriamampianina, H., Talon, R., Leroy, S., ... Arnaud, E. (2019). Physicochemical and microbiological characteristics of kitoza, a traditional salted/dried/smoked meat product of Madagascar. *Food Science & Nutrition*, 7(8), 2666–2673. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1122>.
- Rossetti, L., & Giraffa, G. (2005). Rapid identification of dairy lactic acid bacteria by M13-generated, RAPD-PCR fingerprint databases. *Journal of Microbiological Methods*, 63, 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.jmimet.2005.03.001>.
- Srinivasan, S., Xiong, Y. L., & Decker, E. A. (1996). Inhibition of protein and lipid oxidation in beef heart surimi-like material by antioxidants and combinations of pH, NaCl, and buffer type in the washing media. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 119–125. <https://doi.org/10.1021/jf950385i>.
- Franz, C. M. A. P., Stiles, M. E., Schleifer, K. H., & Holzapfel, W. H. (2003). Enterococci in foods - a conundrum for food safety. *International Journal of Food Microbiology*, 88, 105–122. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00174-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00174-0).
- Talon, R., & Leroy, S. (2011). Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat Science*, 89(3), 303–309. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.029>.
- Toldra, F. (2002). Manufacturing of dry-cured ham. *Dry-cured meat products* (pp. 27–62). Trumbull, Connecticut, USA: Food & Nutrition Press Inc.
- Vilar, I., Garcia Fontan, M. C., Prieto, B., Tornadizo, M. E., & Carballo, J. (2000). A survey on the microbiological changes during the manufacture of dry-cured Lacón, a Spanish traditional meat product. *Journal of Applied Microbiology*, 89, 1018–1026. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.01210.x>.
- Yang, H. S., Hwang, Y. H., Joo, S. T., & Park, G. B. (2009). The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. *Meat Science*, 82(3), 289–294. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.029>.
- Zaier, A., Essid, I., Chabbouh, M., Bellagha, S., & Sahli, A. (2011). *Physico-chemical and microbial characteristics of traditional and industrial kaddid*. Palma, Balearic Island, Spain: European Drying Conference.

Molecular identification of Lactic acid bacteria and coagulase negative Staphylococci of El-Guedid, an Algerian traditional meat based product

BADER Roumeila^{1*}, BOUDJELLAL Abd El Ghani¹, TALON Régine², LEROY Sabine², BECILA Samira¹

¹ Equipe MaQuav, Laboratoire BioQuAl, Université Constantine 1 : Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (I.N.A.T.A-A), Constantine 25000, Algérie.

² Université Clermont Auvergne, INRA, MEDIS, Clermont-Ferrand, France.

* E-mail: romeila.bader90@gmail.com / Phone: 00 213 7.77.15.04.54

1 - INTRODUCTION

El-Guedid is an Algerian traditional meat-based product that is prepared from red meats. It's an old practice of preservation of meat against spoilage which is very widespread before the use of refrigeration.



4 - MICROBIOLOGICAL RESULTS

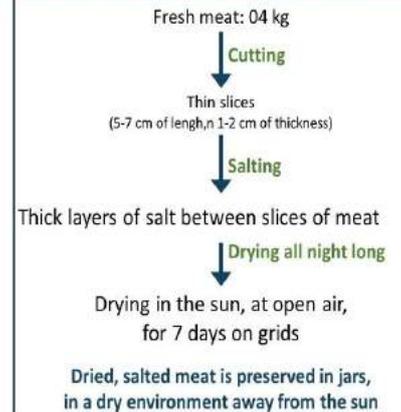
- Microbial analysis revealed the absence of pathogenic bacteria (*Salmonella* and *Listeria*, *S. aureus*).
- The counts (CNS) varied from 2.2 to 5.9 log CFU/g in fresh meat to reach 1.8 log CFU/g and under the detection threshold in final samples.
- The counts of (LAB) varied from 2.0 to 5.6 CFU/g, in initial and final samples respectively.



2 - METHODOLOGY

- Three batches of fresh sheep; beef; goat and camel meat were homemade in the area of Constantine, Algiers, Oum El Bouaghi and Ouargla respectively. The batches were sampled at different times (from fresh meat to one year of conservation).
- Molecular identification of strains of a potentially technological interest, which are: Lactic Acid Bacteria (LAB) and Coagulase Negative Staphylococci (CNS) was realized on all samples, up to one year on conservation.
- Polymerase chain reaction (PCR multiplex) was used to identify CNS. The DNA extraction followed by sequencing of ARN 16S was used to identify the LABs.

3 - SAMPLING PROCESS



5 – MOLECULAR IDENTIFICATION AT DIFFERENT TIMES OF THE PROCESS

The molecular results revealed a small variety of Staphylococcus which are coagulase-negative. Among those, *S. saprophyticus* was the dominant species; it was isolated in all the samples of El-Guedid during the entire conservation period, followed by *S. epidermidis*. Several species of LAB's were isolated from *El-Guedid* samples, with a major dominance of *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus sakei*, and *Weissella thailandensis* (TABLE 1).

Table 1. principal strains of CNS and LABs identified in *El-Guedid* samples.

Area	Conservation	Samples	CNS	LABs
Constantine	From fresh meat to one year of conservation	45 (sheep samples)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>S. saprophyticus</i> • <i>S. xylosum</i> • <i>Streptococcus parauberis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Leuconostoc mesenteroides</i> • <i>Lactobacillus sakei</i> • <i>Enterococcus hirae</i>
		45 (beef samples)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>S. saprophyticus</i> • <i>S. pasteurii</i> • <i>S. epidermidis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Weissella thailandensis</i> • <i>Lactococcus garvieae</i> • <i>Pediococcus pentosaceus</i>
Oum el bouaghi		45 (goat samples)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>S. saprophyticus</i> • <i>S. capitis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Leuconostoc mesenteroides</i> • <i>Lactobacillus sakei</i>
Ouargla		45 (camel samples)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>S. saprophyticus</i> • <i>S. hominis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Weissella thailandensis</i> • <i>Lactobacillus curvatus</i>

6 - CONCLUSION

Lactic acid bacteria (LABs) as well as coagulase negative *staphylococci* (CNS) strains are the most abundant microorganisms found in *El-Guedid* samples. CNS plays an important role in the development of aroma as well as flavor and color of meat products, and LABs are responsible for a rapid fermentation of carbohydrates added to the mixture, leading to a decrease of pH, and are noticed to affect the flavor, texture and appearance of the meat products. The LABs and CNS constitute an important microbial population in *El-Guedid*, their characterization could lead to the development of competitive indigenous starters.

Characterisation of an east algerian Traditional product: El- Guedid , during ripening process.

BADER Roumeila.^{1*}, CHACORNAC Jean-Paul.², BOUDJELLAL Abdelghani.¹, LEROY Sabine.², BECILA Samira.¹

¹Université des frères mentouri Constantine 1 : Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (I.N.A.T.A-A), Constantine,Algérie

² Université Clermont Auvergne, INRA, MEDIS, Clermont-Ferrand, France

Contact* : romeila.bader90@gmail.com

1- Introduction :

El-Guedid is an Algerian traditional meat-based product that is prepared from red meats. It's an old practice of preservation of meat against spoilage which is very wide-spread before the use of refrigeration.



2- Methodology :

- ✓ Three batches of fresh sheep meat were homemade in the area of Constantine. The batches were sampled at different times of the process up to three months.
- ✓ Microbiological analysis were performed on different media (search for *Enterobacteriaceae*, FTAM, *Salmonella*, Lactic Acid Bacteria, *Staphylococcus aureus*...)
- ✓ Physicochemical analysis included the measure of pH, moisture and fat content.

3- Sampling process :



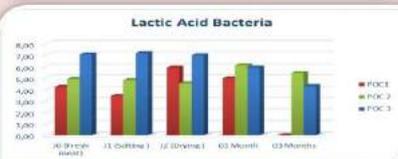
4- Physico-chemical results:

Results indicated a decrease in moisture to 13-15% and an increase of fat content at three months, while the pH value decreased slightly during the process to reach 6.1



5 - Microbiological results :

- ✓ Microbial analysis revealed the absence of pathogenic bacteria such as *Salmonella* and *Listeria*



Microbial growth during ripening period

6- Conclusion :

The El-Guedid products studied did not present hygienic problem and among the potential pathogens researched, except for *S.aureus* which was found but its level was under the detection threshold after three months of storage. The LAB and CNS constitute an important microbial population in El-Guedid, it will be interesting to identify the different species that could lead to the development of competitive indigenous starters.

7- References :

- Brian M.C., 1995. Qualité et sécurité des produits. (ANNEXES). Tome II, p 2-10, 12-23, 24-30, 32-41, 64-79.
- Bennani L., Faid M. & Bouseta A., 2000. Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: control of the microorganisms. *Eur Food Res Technol* 211:153.
- Bennani L., Zenati Y., Faid M. & Ettayebi M., 1995. Physicochemical and microbiological characteristics of kaddid, a traditional salted/dried meat product in Morocco. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 20, 528-32.
- Larpent J.P., 1997. Microbiologie alimentaire, Technique de laboratoire. Editions Lavoisier, p 860-870.
- La norme AFNOR V 08-055.

CHARACTERIZATION OF El-Guedid, A TRADITIONAL SALTED/DRIED MEAT PRODUCT FROM ALGERIA

BADER Roumeila¹, CHACORNAC Jean-Paul², TALON Régine², BECILA Samira¹, LEROY Sabine²

1 - INTRODUCTION

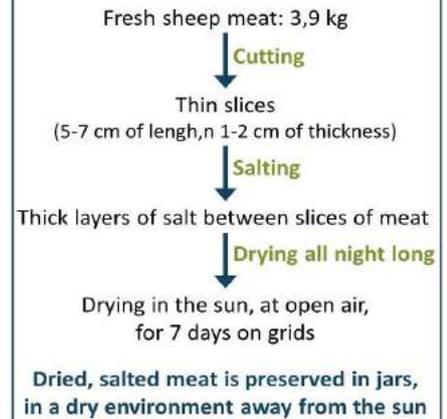
El-Guedid is an Algerian traditional meat-based product that is prepared from red meats. It's an old practice of preservation of meat against spoilage which is very wide-spread before the use of refrigeration.



2 - METHODOLOGY

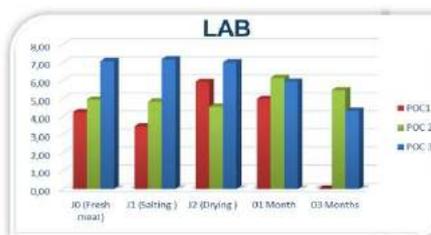
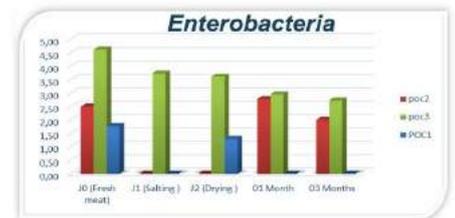
- Three batches of fresh sheep meat were homemade in the area of Constantine. The batches were sampled at different times of the process up to three months.
- Microbiological analysis were performed on different selective media: *Enterobacteria*, *Salmonella*, *Listeria*, *Staphylococcus aureus*, total Aerobic Mesophilic Bacteria (AMB), Lactic Acid Bacteria (LAB), Coagulase Negative Staphylococci (CNS)...
- Physicochemical analysis included the measure of pH, moisture and fat content.

3 - SAMPLING PROCESS



5 - MICROBIOLOGICAL ANALYSIS AT DIFFERENT TIMES OF THE PROCESS

Microbial analysis revealed the absence of pathogenic bacteria such as *Salmonella* and *Listeria*, but *S. aureus* was detected in some samples.



Lactobacillus sakei
Lactococcus curvatus
Pediococcus pentosaceus

Staphylococcus saprophyticus
Staphylococcus xylosum

4 - PHYSICO-CHEMICAL RESULTS

Results indicated a decrease in moisture to 13-15% and an increase of fat content at three months, while the pH value decreased slightly during the process to reach 6.1.



6 - CONCLUSION

The El-Guedid products studied did not present hygienic problem and among the potential pathogens researched, except for *Staphylococcus aureus* which was found and could persist up to one month of storage. However *S. aureus* level was under the detection threshold after three months of storage. The LAB and CNS constitute an important microbial population in El-Guedid. Their characterization could lead to the development of competitive indigenous starters.

¹Université des Frères Mentouri Constantine 1: Institut national de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (I.N.A.T.A-A), Constantine, Algérie

²Université Clermont Auvergne, INRA, MEDIS, Clermont-Ferrand, France

« منتجات اللحوم التقليدية: دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للقديد الجزائري من أنواع لحوم ومناطق

مختلفة»

الملخص

في الجزائر ، أجريت دراسات قليلة للغاية على منتجات اللحوم التقليدية. ركز عملنا على توصيف المنتجات الجزائرية الإقليمية والمحافظه عليها بما في ذلك منتجات اللحوم. من بين هذه المنتجات نجد: القديد ، وهو منتج جزائري تقليدي يتم تحضيره من اللحوم الحمراء. إنه ينتمي إلى التنوع الكبير في منتجات اللحوم المملحة / المجففة. في هذا البحث ، عينات مختلفة من القديد ، أعدت بطريقة تقليدية في أسر مختلفة ، من أربعة أنواع من اللحوم (الأغنام ، الأبقار ، الماعز والجمال) ، في 04 مناطق مختلفة من الجزائر: قسنطينة ، الجزائر ، أم البواقي و ورقلة على التوالي. وصفت هذه الدراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لعينات مختلفة ، وهدفنا إجراء توصيف ميكروبيولوجي وفيزيائي كيميائي خلال فترة حفظ القديد الجزائري ؛ دراسة تأثير الوقت ونوع اللحوم على الخصائص الفيزيائية الكيميائية ؛ تأكيد تدخل جراثيم النظم البيئية المختلفة في جودة المنتج النهائي ؛ وتحديد تأثير فترة حفظ على نكهة وجودة المنتج النهائي. أوضحت النتائج أن هذه المنتجات تميزت بشكل أساسي بالرطوبة المنخفضة مع انخفاض متوسط المحتوى المائي بين 15.6٪ و 16.3٪ لجميع العينات وانخفاض النشاط المائي (Aw) من 0.66 إلى 0.68 بينما تفاوت محتوى الملح من 8.8 إلى 19.3٪. تراوح الانخفاض في قيم الأس الهيدروجيني (pH) من (6.3 - 6.4) إلى (5.2-5.5) عند T0 و T365 على التوالي ، في جميع العينات.

كشفت التحاليل الميكروبية عن عدم وجود بكتيريا مسببة للأمراض مثل الليستيريا والسالمونيلا ولكن التلوث المنقطع ب *Staphylococcus aureus* لمدة شهر من الحفظ. كانت بكتيريا حمض اللاكتيك (LAB) والمكورات العنقودية السلبية المخثرة (SCN) هي المجموعات ذات الاهتمام التكنولوجي المحتمل للقديد والتي استمرت وكانت مهيمنة مع *Leuconostoc mesenteroides* و *Lactobacillus sakei* و *Staphylococcus saprophyticus* على أنها الأنواع الرئيسية المحددة. انخفاض المعدل كان خلال العملية ووصلوا إلى مستويات منخفضة وسجل (2.0 CFU / g) في نهاية التخزين (365 يوماً). أدى التجفيف الشديد للقديد إلى منتج لحوم تقليدي آمن يمكن أن يساعد في إنتاجه.

الكلمات المفتاح : القديد ؛ منتج لحوم مجففة ؛ بكتيريا حمض اللاكتيك (LAB) ؛ المكورات العنقودية السلبية المخثرة (SCN)

« Produits carnés traditionnels: caractérisation physicochimique et microbiologique d'El-Guedid algérien issu de différents types de viandes et régions »

Résumé

En Algérie, très peu d'études ont été menées sur les produits carnés traditionnels. Notre travail de thèse a porté sur la caractérisation et la préservation des produits du terroir algérien dont les produits carnés. Parmi ces produits, on retrouve : El-Guedid, produit carné traditionnel algérien préparé à partir de viandes rouges. Il appartient à la grande diversité des produits carnés salés / séchés. Dans ce travail de recherche, différents échantillons d'El-Guedid, préparés de manière traditionnelle, dans différents ménages, à partir de quatre types de viandes (ovin, bovin, caprin et camelin), et dans 04 régions d'Algérie : Constantine, Alger, Oum El Bouaghi et Ouargla, respectivement, ont été caractérisés. Cette étude a décrit les propriétés physico-chimiques et microbiologiques, de différents échantillons. Nos objectifs ont consisté à effectuer une caractérisation microbiologique et physico-chimique, au cours de l'affinage d'El-Guedid algérien, à étudier l'effet du temps et du type de viande sur les paramètres physico-chimiques, et à affirmer l'intervention des flores des différents écosystèmes, dans la qualité du produit fini. Les résultats ont indiqué que ces produits étaient principalement caractérisés par un faible taux d'humidité, avec une diminution moyenne de la teneur en eau, comprise entre 15.6% et 16.3%, pour tous les échantillons, et une diminution de l'activité de l'eau s'étalant de 0.66 à 0.68. Tandis que la teneur en sel variait de 8.8 à 19.3%. Une diminution des valeurs de pH a oscillé de (6.3 – 6.4) à (5.2 -5.5) à T0 et T365 consécutivement, dans tous les échantillons. Les analyses microbiennes ont révélé l'absence de bactéries pathogènes, telles que *Listeria* et *Salmonella*, cependant, avec la présence d'une contamination sporadique par *Staphylococcus aureus*, jusqu'à un mois d'affinage. Les bactéries lactiques et les staphylocoques à coagulase négative étaient les populations potentielles, d'intérêt technologique d'El-Guedid, persistantes et dominantes, avec *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus sakei* et *Staphylococcus saprophyticus*, comme principales espèces identifiées. Toutes ces populations ont diminué, au cours du processus et ont atteint de faibles niveaux (2.0 log CFU / g), en fin du stockage (365 jours). Le séchage drastique d'El-Guedid a conduit à un produit de viande traditionnel sûr, qui pourrait favoriser sa production.

Mots clés: El-Guedid; produit carné traditionnel; bactéries lactiques; staphylocoques à coagulase négative.

« **Traditional meat products: Physicochemical and microbiological characterization of Algerian El-Guedid from meat of different animal species and areas** »

Abstract

In Algeria, very few studies have been carried out on traditional meat products. Our thesis work focused on the characterization and preservation of Algerian regional products including meat products. Among these products, we find El-Guedid, a traditional Algerian meat product that is prepared from red meats. It belongs to the great diversity of salted / dried meat products. In this research work, different samples of El-Guedid, prepared in a traditional way in different households, from four types of meat (sheep, beef, goat and camel), in 04 different area of Algeria: Constantine, Algiers, Oum El Bouaghi and Ouargla respectively, were characterized. This study described the physico-chemical and microbiological properties of different samples. Our objectives are to perform a microbiological and physico-chemical characterization during the ripening process of El-Guedid; study the effect of time and type of meat on physico-chemical parameters, the intervention of flora from different ecosystems in the quality of the final product. The results indicated that these products were mainly characterized by low moisture content with an average decrease in water content between 15.6% and 16.3% for all samples, and a decrease in water activity (A_w) ranging from 0.66 to 0.68, while the salt content varied from 8.8 to 19.3%. Decrease in pH values ranged from (6.3 - 6.4) to (5.2 -5.5) at T0 and T365 consecutively, in all samples. Microbial analyzes revealed the absence of pathogenic bacteria such as *Listeria* and *Salmonella* but sporadic contamination by *Staphylococcus aureus* up to one month of ripening. Lactic acid bacteria and coagulase negative staphylococci were the populations of potential technological interest of El-Guedid that persisted and were dominant with *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus saprophyticus* as the main species identified. All of these populations decreased during the process and reached low levels (2 log CFU / g) at the end of storage (365 days). Drastic drying of El-Guedid led to a safe traditional meat product that could aid its production.

Keywords: El-Guedid; traditional meat product; lactic acid bacteria; coagulase negative *staphylococci*.