



Département :

N° d'ordre :59/DS/2022

N° de série :03/In/2022

## Thèse de Doctorat en Sciences

Spécialité : Sciences Alimentaires

Thème

---

# Contribution à l'étude d'un produit carné traditionnel : *EL GUEDDID*

---

Présentée par : Radhia Benlacheheb

Soutenue le : 12 /07 / 2022.

Devant le jury composé de :

Président	A. BOUDJELLAL	Professeur	INATAA–UFMC1
Examineur	A. ADAMOU	Professeur	Université Kasdi Merbah Ouargla
Examinatrice	O. AISSAOUI ZITOUN	Docteur	INATAA–UFMC1
Examinatrice	I.TOUMI	Docteur	Faculté SNV université d'El Oued
Examineur	M. A SENTANDREU	Docteur	Institut d'Agrochimie et Technologie des Aliments de Valencia (CSIC) en Espagne.
Directrice de thèse	S. BECILA-HIOUAL	Professeur	INATAA–UFMC1

Année universitaire : 2021-2022

## **Remerciements**

*Je tiens tout d'abord à remercier **DIEU** le tout-puissant, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir cette thèse.*

*Mes vifs remerciements vont aux membres du jury :*

*Professeur **BOUDJELLAL. A.**, Directeur de l'Institut de Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires et Chef de l'équipe Marqueurs des Qualités des Viandes (MaQuav) du Laboratoire des Biotechnologies et Qualités des Aliments (BioQuAL). Veuillez trouver ici, l'expression de ma respectueuse considération et ma profonde admiration pour toutes vos compétences scientifiques et vos qualités humaines. Ce travail est l'occasion de vous témoigner ma profonde estime.*

*Je remercie Monsieur **ADAMO A.** Professeur au sein de l'université Kasdi Merbah de Ouargla, d'avoir accepté la lourde charge d'examiner mon travail de thèse.*

*Madame **AISSAOUI ZITOUN O.** Docteur à l'Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAAUFMC1), et Madame **TOUMI I.** Docteur à la Faculté SNV université d'El Oued. Je leur exprime toute ma reconnaissance pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.*

*Que Monsieur **SENTANDREU VICENTE Miguel Ángel**, Professeur à l'Université de Valence, Espagne et Chef du laboratoire de recherche à l'Institut de l'Agrochimie et Technologies Alimentaires (IATA), trouve ici, l'expression de ma profonde gratitude de m'avoir accueillie dans son laboratoire et apporté son expérience. Je vous remercie, vivement d'avoir accepté d'examiner, ce travail.*

*Ce travail n'aurait jamais été entrepris, ni accompli sans les conseils, les orientations, les suivis, les encouragements et la gentillesse, que m'a prodigué ma directrice de thèse, **Pr. BECILA-HIOUAL Samira.***

*Toujours disponible, et à l'écoute de mes nombreuses préoccupations, attentive à l'avancée de ma thèse, je lui témoigne ma gratitude et ma reconnaissance.*

*Je souhaite également présenter mes remerciements à l'ensemble des membres de l'équipe MaQuaV.*

## *SOMMAIRE*

Liste des publications et communications

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

***INTRODUCTION***..... 1

### ***REVUE BIBLIOGRAPHIQUE***

#### **CHAPITRE 1 : PRODUITS CARNÉS TRADITIONNELS** 3

1. Définition des produits carnés.....	3
2. Classification des produits carnés.....	3
3. Caractéristiques générales de la viande.....	4
3.1. Composition et transformation du muscle en viande.....	4
3.2. Qualité de la viande.....	7
3.2.1. Qualité nutritionnelle.....	8
3.2.2. Qualité sensorielle.....	8
3.2.3. Qualité hygiénique.....	9
4. Produits carnés traditionnels dans le monde.....	11
4.1. Viandes séchées .....	11
4.2. Viandes salées séchées .....	12
4.3. Viandes séchées fumées.....	15
4.4. Viandes fermentées affinées.....	16
5. Produits carnés traditionnels en Algérie.....	16

#### **CHAPITRE 2 : MÉTHODES DE CONSERVATION DE LA VIANDE PAR SALAGE ET SÉCHAGE** 18

1. Historique de la conservation de viande.....	18
2. Procédé de conservation par salage.....	20
2.1. Définition de salage.....	20
2.2. Modes de salage.....	20
2.2.1. Salage à sec.....	20
2.2.2. Salage en saumure (saumurage).....	21

2.3. Impacts du salage sur la viande .....	23
2.3.1. Impact du salage sur le goût.....	23
2.3.2. Impact du salage sur la qualité microbiologique de la viande.....	23
2.3.3. Impact du salage sur la capacité de rétention d'eau de la viande. ....	24
2.3.4. Impact du salage sur la solubilité des protéines myofibrillaires de la viande.....	26
2.3.5. Impact du salage sur les lipides de la viande.....	27
2.3.6. Impact du salage sur la couleur de la viande.....	27
2.3.7. Impact du salage sur la composition chimique de la viande.....	27
3. Procédé de conservation par séchage.....	28
3.1. Définition du séchage.....	28
3.2. Principe de séchage.....	28
3.3. Modes de séchage.....	30
3.3.1. Le séchage par convection.....	30
3.3.2. Le séchage Quick-Dry-Slice.....	30
3.3.3. Le séchage par micro-ondes.....	30
3.3.4. Le séchage solaire (Séchage traditionnel de la viande).....	31
3.4. Impacts du séchage sur la viande.....	31
3.4.1. Impact du séchage sur les caractéristiques microbiologiques de la viande.....	32
3.4.2. Impact du séchage sur les caractéristiques physicochimiques de la viande.....	33
3.4.3. Impact du séchage sur les caractéristiques biochimiques de la viande.....	35
3.4.4. Autres impacts du séchage sur la viande.....	36
4. Conclusion des impacts des procédés de salage et séchage sur les qualités de la viande.....	36

## ***MATÉRIEL ET MÉTHODES***

Préambule .....	38
1. Caractérisation d'El Gueddid par enquête .....	40
1.1. Buts de l'enquête.....	40
1.2. Zone d'étude.....	41
1.2.1. Caractéristiques biophysiques de la zone de l'étude.....	41
1.2.2. Caractéristiques socio-économiques de la zone de l'étude.....	42
1.3. Population cible.....	43
1.4. Type d'étude.....	43
1.5. Élaboration du questionnaire.....	44
1.6. Pré-enquête.....	44
1.7. Déroulement de l'enquête.....	44

1.8. Analyses statistiques des résultats de l'enquête.....	45
2. Caractérisation expérimentale d'El Gueddid.....	45
2.1. Échantillonnage.....	45
2.2. Paramètres physicochimiques mesurés.....	47
2.2.1. pH.....	47
2.2.2. Teneur en eau.....	48
2.2.3. Activité d'eau (Aw).....	48
2.2.4. Teneur en sel (NaCl).....	49
2.2.5. Teneur en matière minérale (Cendres totales).....	49
2.2.6. Teneur en protéines.....	50
2.2.7. Teneur en lipides totaux.....	51
2.2.8. Profil en acides gras.....	51
2.2.9. Caractéristiques chimiques de la matière grasse .....	52
2.2.9.1. Indice de peroxyde.....	52
2.2.9.2. Acidité libre.....	53
2.3. Paramètres Biochimiques mesurés .....	54
2.3.1. Estimation de la protéolyse par électrophorèse SDS-PAGE (Sodium Dodécyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis) .....	54
2.3.1.1. Extraction des protéines.....	56
2.3.1.2. Dosage des protéines par la méthode de Bradford (1976).....	58
2.3.1.3. Dénaturation des protéines.....	59
2.3.1.4. Electrophorèse sur gel de polyacrylamide.....	60
2.3.1.5. Coloration des gels obtenus au nitrate d'argent.....	62
2.3.1.6. Coloration au bleu de Coomassie.....	62
2.3.1.7. Estimation des poids moléculaires (UN-SCAN IT).....	62
2.3.1.8. Séchage et conservation des gels.....	63
2.3.2. Identification des protéines par spectrométrie de masse MALDI-TOF.....	64
2.4. Caractérisation microbiologique d'El Gueddid.....	67
2.4.1. Préparation des échantillons.....	67
2.4.2. Flores microbiennes recherchées.....	67
2.4.2.1. Flore Aérobie Mésophile Totale (FTAM).....	67
2.4.2.2. Coliformes totaux .....	68
2.4.2.3. Levures et moisissures.....	68
2.4.2.4. Bactéries lactiques.....	68

2.4.2.5. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	68
2.4.2.6. Salmonelles.....	68
2.5. Caractérisation sensorielle d'El Gueddid.....	69
3. Analyses statistiques des données.....	70

## **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

1. Résultats de l'enquête de terrain.....	72
1.1. Profil des familles enquêtées.....	72
1.2. Préparation d'El Gueddid.....	74
1.2.1. Appellations d'El Gueddid.....	75
1.2.2. Type de viande utilisée pour la préparation d'El Gueddid.....	75
1.2.3. Partie de la carcasse utilisée pour la préparation d'El Gueddid.....	78
1.2.4. Critères de choix de la viande utilisée pour la préparation d'El Gueddid.....	78
1.2.5. Procédé de préparation d'El Gueddid.....	79
1.2.5.1. Ingrédients entrant dans la préparation d'El Gueddid.....	79
1.2.5.2. Salage de la viande.....	81
1.2.5.3. Séchage de la viande.....	81
1.2.5.4. Mode de conservation d'El Gueddid.....	84
1.2.5.5. Mode de consommation d'El Gueddid.....	85
1.2.5.6. Achat d'El Gueddid.....	86
1.3. Conclusion des résultats de l'enquête et diagramme de préparation traditionnelle d'El Gueddid.....	87
2. Résultats de la caractérisation expérimentale d'El Gueddid.....	93
2.1. Caractérisation physicochimique d'El Gueddid .....	93
2.1.1. pH.....	93
2.1.2. Humidité.....	95
2.1.3. Activité d'eau (Aw).....	97
2.1.4. Analyse de la composition chimique d'El Gueddid.....	99
2.1.5. Profil en acides gras d'El Gueddid.....	103
2.1.6. Caractéristiques chimiques de la fraction lipidique d'El Gueddid.....	105
2.1.6.1. Indice de peroxyde.....	105
2.1.6.2. Acidité libre.....	106
2.2. Caractérisation biochimique d'El Gueddid.....	106
2.2.1. Protéolyse durant le processus de préparation et d'affinage d'El Gueddid.....	106
2.2.2. Résultats de la spectrométrie de masse.....	110
2.3. Caractérisation microbiologique d'El Gueddid.....	114

2.3.1. Flore Aérobie Mésophile Total (FAMT).....	115
2.3.2. Coliformes totaux.....	115
2.3.3. Bactéries lactiques.....	115
2.3.4. Levures et moisissures.....	116
2.3.5. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	117
2.3.6. Salmonelles.....	118
2.3.7. Conclusion du profil microbiologique d'El Gueddid.....	119
2.4. Caractérisation sensorielle d'El Gueddid (Profil sensoriel).....	120
2.5. Fiche signalétique d'El Gueddid.....	122
<b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>124</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>128</b>
<b>ANNEXES</b>	

## Liste des publications et communications

### Publication :

**Radhia Benlacheheb**, Samira Becila, Miguel A. Sentandreu, Kahina Hafid, Hiba-Ryma Boudechicha and Abdelghani Boudjellal (2019). El Gueddid, A traditional Algerian dried salted meat: Physico-chemical, microbiological characteristics and proteolysis intensity during its manufacturing process and ripening. *Food Science and Technology International*. 25(4) 347–355.

### Communications Internationales :

- BENLACHEHEB Radia**, GAGAOUA Mohammed, BOUDECHICHA Hiba-Ryma, HAFID Kahina, BECILA Samira, BOUDJELLAL Abdelghani. Changements des propriétés physico-chimiques et microbiologiques au cours de la maturation d’El Gueddid : Un produit carné traditionnel Algérien. Séminaire International sur les Sciences Alimentaires – Constantine 14, 15 & 16 octobre 2014. **(poster)**.
- BENLACHEHEB Radhia**, BECILA Samira, BOUDECHICHA Hiba-Ryma, Kahina Hafid, BOUDJELLAL Abdelghani. El Gueddid a traditional product to valorize: Physico-chemical and Microbiological Characteristics. Séminaire International Sur Les Sciences Alimentaires, Constantine - 15 et 16 Octobre 2018. **(poster)**.
- BENLACHEHEB Radhia**, BECILA Samira, BOUDECHICHA Hiba-Ryma, HAFID Kahina, BOUDJELLAL Abdelghani. Microbiological Characteristics of El Gueddid, a traditional Algerian dried salted meat. 29<sup>ème</sup> forum international des Sciences Biologiques et de Biotechnologie. Sousse du 26 au 29 mars 2018. Organisé par L’Association Tunisienne des Sciences Biologiques. **(poster)**.
- BENLACHEHEB Radhia**, Becila Samira, Boudechicha Hiba-Ryma, Boudjellal bdelghani. Profil microbiologique d’un produit carné traditionnel algérien, El Gueddid. 1<sup>er</sup> Webinaire International sur les Applications Innovantes des Biotéchnologies en Industries Alimentaires: du laboratoire à l’entreprise. 1 et 2 Décembre 2021. **(poster)**.

### Communications Nationales :

- BENLACHEHEB Radhia**, BECILA Samira, BOUDECHICHA Hiba-Ryma, HAFID Kahina , BOUDJELLAL Abdelghani. El Gueddid un produit de terroir a valorisé : Caractérisation physicochimique et microbiologique. Rencontre Nationale de vulgarisation. Guelma, 18-19 février 2018. Les produits du terroir, labellisation et stratégies de vulgarisation. **(oral)**.

## Liste des abréviations

**Abs** : Absorbance

**AG** : Acides Gras

**AGPI** : Acides Gras Polyinsaturés

**AGT** : Acides Gras Totaux

**A<sub>w</sub>** : Activité de l'eau

**BF<sub>3</sub>** : Le trifluorure de bore

**BSA** : Albumine du Sérum Bovin

**CPG** : Chromatographie en phase gazeuse

**DTT** : Dithiothréitol

**GSH-Px** : Glutathion peroxydase

**J** : jour

**MALDI- TOF**: (*Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization*) - (*Time of Flight*)

**m/z**: Masse/Charge

**m<sub>éq</sub>** : milliéquivalent

**mM** : milliMolaire

**mA** : Milliampère

**kDa** : Kilo dalton

**Kw** : Kilowate

**PAGE** : Electrophorèse sur gel de polyacrylamide

**rpm** : Rotation par minute

**SDS** : Sodium Dodécyl Sulfate

**SOD** : Superoxyde dismutase TEMED : N,N,N,N,N'-tetramethylenediamine

**TFA** : acide trifluoroacétique

**UFC** : Unité formant Colonie

**V**: Volt

## Liste des figures

### *Revue bibliographique*

<b>Figure 1</b>	Phases de transformation du muscle en viande.....	7
<b>Figure 2</b>	Relations entre la structure et le métabolisme du muscle, ses caractéristiques biochimiques et les qualités sensorielles de la viande bovine.....	9
<b>Figure 3</b>	Kilichi .....	11
<b>Figure 4</b>	Biltong de bœuf .....	12
<b>Figure 5</b>	Tasajo : A gauche : Séchage des lanières de Tasajo. A droite : le Tassajo emballé...	13
<b>Figure 6</b>	Pastirma.....	15
<b>Figure 7</b>	Kitoza.....	15
<b>Figure 8</b>	El Gueddid.....	16
<b>Figure 9</b>	Images montrant quelques méthodes traditionnelles de conservation des aliments...	19
<b>Figure 10</b>	Salage à sec.....	20
<b>Figure 11</b>	Le saumurage. La saumure est injectée dans la viande.....	22
<b>Figure 12</b>	Influence du pH et du salage sur la charge protéique.....	26
<b>Figure 13</b>	Transferts de matière ; le cas du séchage d'un produit salé.....	29
<b>Figure 14</b>	Différentes zones des isothermes de sorption.....	34

### *Matériel et méthodes*

<b>Figure 15</b>	Points de prélèvements effectués pour les différentes analyses.....	46
<b>Figure 16</b>	Schéma de mesure du pH.....	47
<b>Figure 17</b>	Schéma de mesure de la teneur en eau.....	48
<b>Figure 18</b>	Principe de l'électrophorèse SDS-PAGE.....	48
<b>Figure 19</b>	Extraction des protéines myofibrillaires.....	60
<b>Figure 20</b>	Filtration dans de la laine de verre (0.45 µm).....	61
<b>Figure 21</b>	Échantillons obtenus après filtration des protéines myofibrillaires.....	61
<b>Figure 22</b>	Dénaturation des protéines.....	63
<b>Figure 23</b>	Séparation des protéines par électrophorèse.....	64
<b>Figure 24</b>	Étape de fixation des protéines. ....	66
<b>Figure 25</b>	Révélation des protéines au Bleu de Coomassie. ....	66
<b>Figure 26</b>	Gel révélé au nitrate d'argent.....	66
<b>Figure 27</b>	Gel révélé au bleu de Coomassie. ....	66
<b>Figure 28</b>	Structure d'un spectromètre de masse. ....	67
<b>Figure 29</b>	Les trois échantillons d'El Gueddid ayant servi pour l'analyse sensorielle. De gauche à droite : (G1 : juste après séchage, G2 : à un mois de conservation, et G 3 : à un an de conservation). ....	71

## *Résultats et discussion*

<b>Figure 30</b>	Parties de la carcasse utilisées dans la préparation d'El Gueddidi selon les enquêtées.....	78
<b>Figure 31</b>	Mode de salage de la viande.....	81
<b>Figure 32</b>	Vouloir d'achat d'El Gueddidi par les familles enquêtées. ....	87
<b>Figure 33</b>	Diagramme type de préparation traditionnelle d'El Gueddidi. ....	89
<b>Figure 34</b>	Flanc, partie de la carcasse utilisée pour préparer El Gueddidi .....	90
<b>Figure 35</b>	Flanc coupé en lanières. ....	90
<b>Figure 36</b>	Lanières de viande obtenues.....	90
<b>Figure 37</b>	Ingrédients utilisés pour la préparation d'El Gueddidi.....	91
<b>Figure 38</b>	Pesée de la viande. ....	91
<b>Figure 39</b>	Pesée du sel. ....	91
<b>Figure 40</b>	Préparation de la saumure. ....	91
<b>Figure 41</b>	Saumurage des lanières de viande.....	92
<b>Figure 42</b>	Lanières de viande imprégnées dans la saumure .....	92
<b>Figure 43</b>	Lanières de viande suspendues sur une corde à linge pour séchage solaire.....	92
<b>Figure 44</b>	El Gueddidi obtenu.....	92
<b>Figure 45</b>	Plats préparés au Gueddidi : Couscous à gauche, Aïche à droite.....	92
<b>Figure 46</b>	Évolution du pH durant la préparation et l'affinage d'El Gueddidi.....	94
<b>Figure 47</b>	Évolution de l'humidité durant la préparation et l'affinage d'El Gueddidi. ....	96
<b>Figure 48</b>	Profil électrophorétique des protéines myofibrillaires durant la préparation et l'affinage d'El Gueddidi (à 12% de polyacrylamide). ....	107
<b>Figure 49</b>	Profil électrophorétique des protéines myofibrillaires durant la préparation et l'affinage d'El Gueddidi (à 8% de polyacrylamide).....	109
<b>Figure 50</b>	Les bandes identifiées par spectrométrie de masse de 1 à 8. ....	111
<b>Figure 51</b>	Les bandes identifiées par spectrométrie de masse de 9 à 12.....	112
<b>Figure 52</b>	Intensité des attributs sensoriels des trois échantillons d'El Gueddidi. ....	120

## Liste des tableaux

### *Revue bibliographique*

<b>Tableau 1</b>	Composition de tissu musculaire des mammifères.....	5
<b>Tableau 2</b>	Composition des filets de poulet (g/100 g) avant et après marinage, dans une solution de sel, de sucres, de farine de blé et de protéines de lait pendant 2,5 h .....	28

### *Matériel et méthodes*

<b>Tableau 3</b>	Quelques caractéristiques des wilayas de l'étude .....	42
<b>Tableau 4</b>	Gamme d'étalonnage pour le dosage des protéines myofibrillaires.....	62

### *Résultats et discussion*

<b>Tableau 5</b>	Communes touchées par l'enquête.....	73
<b>Tableau 6</b>	Caractéristiques et structure sociodémographique des femmes interrogées.	74
<b>Tableau 7</b>	Appellations d'El Gueddid selon les régions.....	75
<b>Tableau 8</b>	Types de viande utilisée selon les wilayas.....	77
<b>Tableau 9</b>	Recette de préparation d'une marinade utilisée par certaines familles des wilayas du Sud algérien lors de la fabrication d'El Gueddid.....	80
<b>Tableau 10</b>	Défauts rencontrés lors de séchage de la viande.....	84
<b>Tableau 11</b>	Type d'emballage et température de conservation d'El Gueddid.....	85
<b>Tableau 12</b>	Moment propice d'utilisation culinaire d'El Gueddid.....	86
<b>Tableau 13</b>	pH d'El Gueddid et de certains produits carnés traditionnels obtenus par salage/ séchage.....	95
<b>Tableau 14</b>	Humidité d'El Gueddid et de quelques produits carnés obtenus par salage/ séchage .....	97
<b>Tableau 15</b>	Activité d'eau (Aw) d'El Gueddid et de quelques produits carnés obtenus par salage/ séchage.....	98
<b>Tableau 16</b>	Composition chimique d'El Gueddid.....	99
<b>Tableau 17</b>	Teneur en sel (NaCl) d'El Gueddid et de quelques produits carnés obtenus par salage/séchage.....	101
<b>Tableau 18</b>	Composition en acides gras d'El Gueddid.....	104
<b>Tableau 19</b>	Protéines myofibrillaires identifiées par Spectrométrie de masse.....	113
<b>Tableau 20</b>	Profil microbiologique d'El Gueddid durant sa préparation et son affinage	114
<b>Tableau 21</b>	Fiche signalétique d'El Gueddid.....	123



# ***Introduction***

## Introduction

La viande et les produits carnés occupent une place de choix dans notre alimentation. La richesse en eau, en protéines de haute valeur biologique de la viande fait d'elle un aliment indispensable. Ces mêmes raisons la rendent, hautement périssable, nécessitant des moyens de conservation adéquats. La transformation de la viande fraîche en produits carnés de longue durée de conservation est une alternative à sa bonne conservation (Mbawala *et al.*, 2010).

Les procédés traditionnels de transformation de la viande consistent en des opérations de salage, séchage, fumage, fermentation, etc., seuls ou en combinaison, pour aboutir à une large gamme de produits carnés présents sur les marchés mondiaux, afin de satisfaire les demandes des consommateurs tant au point de vue hédonique, que nutritionnel (Santchurn *et al.*, 2005 ; Ho Thi, 2008).

Beaucoup de produits carnés traditionnels dans le monde ont été analysés et étudiés dans le but d'optimiser et de moderniser leurs procédés de préparation (Bennani, 1995 ; Bond *et al.*, 2007 ; Sentandreu *et al.*, 2007; Mora *et al.*, 2010 ;Teixeira *et al.*, 2011 ; Chabbouh *et al.*, 2013 ; Essid *et al.*, 2013 ; Kaban, 2013 ; Bermúdez *et al.*, 2014; Petit *et al.*, 2014). Ces produits présentent un bien culturel et authentique, avant d'être une ressource économique qui doit être bien caractérisée, protégée ou valorisée. Parmi ces produits, on retrouve : El Gueddid ; Khliaa Ezir ; El M'selli ; Kourdass ; Fregate, etc., (Boudechicha *et al.*, 2018).

Le produit carnés traditionnel le plus connu et préparé sur tout le territoire algérien est El Gueddid, largement consommé et très apprécié. Il est préparé à partir de viandes ovine, bovine, caprine et de viande de dromadaire, dans le Sud algérien (Bader *et al.*, 2020). Ce produit se prépare généralement après la fête religieuse "Aïd Al Adha" où la viande est disponible à profusion. La viande est coupée en lanières, salée puis séchée. El Gueddid doit sa conservation à l'action combinée du salage et du séchage. Ce produit, peut se conserver plusieurs mois à température ambiante et entrer dans la préparation de nombreux mets (Bennani *et al.*, 1995 ; Bennani *et al.*, 2000 ; Chabbouh *et al.*, 2012 ; Benkerroum, 2013).

En Algérie, très peu d'études ont été menées, sur les produits carnés traditionnels. Quelques travaux ont été réalisés, au sein de notre équipe de recherches : Marqueurs des qualités des viandes (*MaQuaV*) : Une thèse a étudié l'évolution de la flore microbiologiques d'El-Gueddid, issu de différents types de viande au cours de sa préparation, son affinage et sa conservation, affirmant l'intervention des flores des différents écosystèmes, dans la qualité du produit fini (Bader, 2021). Et une seconde thèse qui s'articule autour des caractérisations physico-chimique et microbiologique du Khliaa Ezir algérien (Boudechicha, 2019).

Ce travail de thèse s'insère dans la même optique, qui vise la préservation des produits du terroir algérien, dont les produits carnés.

Nos objectifs consistent d'étudier et caractériser El Gueddid à savoir :

- ❖ Établir le diagramme de préparation traditionnelle d'El Gueddid, à travers la réalisation d'une enquête auprès des ménages ;
- ❖ Recueillir des informations relatives aux modes de consommation de ce produit ;
- ❖ Suivre l'évolution des paramètres physicochimiques, biochimiques et microbiologiques d'El Gueddid, durant son processus de préparation et d'affinage, dans le but d'apprécier ses qualités hygiénique et organoleptique ;
- ❖ Établir son profil sensoriel.

Ce manuscrit de thèse est organisé en quatre parties :

- La première partie du travail consiste en une synthèse bibliographique : une mise en situation qui présente le contexte de l'étude et l'état de l'art sur les produits carnés, la viande, et les moyens de sa conservation. Nous avons jugé utile de développer les deux méthodes de conservation utilisée pour la préparation d'El Gueddid, à savoir le salage et le séchage ;
- La deuxième partie décrit la méthodologie adoptée pour la réalisation de l'enquête, ainsi que les analyses physicochimiques, microbiologiques et biochimiques d'El Gueddid, au cours de sa préparation et de son affinage ;
- La troisième partie expose les résultats et les discussions de l'enquête, ainsi que les résultats de la caractérisation expérimentale d'El Gueddid ;
- Le manuscrit s'achève par une conclusion générale, et les perspectives à mener, dans le cadre de cet axe de recherche.

***Revue***  
***Bibliographique***

## CHAPITRE 1 : PRODUITS CARNÉS TRADITIONNELS

### 1. Définition des produits carnés

Mikami, (1990), a défini les produits carnés comme étant "des produits transformés à base de viande, selon lesquels les propriétés de la viande fraîche ont été modifiées par l'utilisation d'une ou plusieurs procédures, telles que le hachage, le fumage, l'ajout d'additifs ou le traitement thermique".

L'autre définition est celle de Vierling (2003), où il a défini les produits carnés, comme étant "des produits transformés qui ont été élaborés à partir de viande ou avec de viande, ayant subi une addition de denrées alimentaires, de condiments ou d'additifs ou un traitement par la chaleur, pour modifier les caractéristiques de la viande fraîche".

Selon Maddock (2012), "un produit carné est défini comme étant un produit contenant la viande rouge, de volaille ou de poisson comme ingrédient principal".

### 2. Classification des produits carnés

La viande constitue un milieu très favorable à la croissance microbienne. sa transformation en produits carnés de longue conservation est une alternative à la bonne conservation de cette denrée. Plusieurs traitements de conservation et de transformation de la viande permettent de prolonger sa durée d'utilisation et de diversifier sa présentation, telles que le séchage, le salage, le fumage, etc., (Ho Thi, 2008 ; MbAwala *et al.*, 2010 ; Ratisimba, 2012).

Les variations, selon le type de viande utilisée, ainsi que les conditions de transformation appliquées donnent lieu à une large gamme de produits carnés présente sur les marchés mondiaux, afin de satisfaire la demande des consommateurs, tant au point de vue hédonique, qu'au niveau nutritionnel (Skandamis et Gounadaki, 2009 ; Santchurn *et al.*, 2012 ; Tom, 2015).

Selon Kalilou (1997) et Santchurn *et al.*, (2012), comme le séchage de la viande est souvent combiné avec d'autres techniques telles que le salage, le fumage et la fermentation, les produits carnés ont été classés en fonction des opérations unitaires impliquées dans leur traitement. On distingue ainsi, les viandes séchées non salées, les viandes séchées salées, les viandes séchées fumées, les viandes conservées par la friture et les viandes fermentées séchées.

Une autre classification concerne les viandes séchées, selon Skandamis et Gounadaki, (2009), les viandes séchées peuvent être classées en deux catégories, selon leur degré de déshydratation :

1. Viandes à faible humidité : Produits ayant moins de 25% d'humidité et une

$A_w < 0,60$  ;

2. Viandes à humidité intermédiaire : Produits ayant moins de 50% d'humidité et une  $A_w$  compris entre 0,60 et 0,85.

Les viandes salées/séchées se classent dans la deuxième catégorie, notamment pour certains produits carnés à savoir ; les *biltong* les plus secs, la viande de boeuf salée/séchée/grillée de l'Afrique de l'Ouest, le *kilichi*, le *Quitab* (viande séchée du Sahel) et le *Charmoute* (viande séchée du Tchad et Soudan).

La plus grande variété de viandes séchées et salées se trouve en Afrique, même si Rao (1997) cité par Santchurn *et al.*, (2012) a mentionné, que des viandes séchées provenant essentiellement de mouton sont produites également au Pakistan (*ladi*, *khadit*, *prasanda* ou *patav*), en Inde et au Népal.

Selon, Santchurn *et al.*, (2012), les données statistiques sur la production mondiale de produits carnés sont rares. L'explication revient en partie, par le fait qu'un grand nombre de ces produits traditionnels, en particulier dans les pays en développement, sont généralement destinés à la consommation ménagère.

### **3. Caractéristiques générales de la viande**

#### **3.1. Composition et transformation du muscle en viande**

La viande est la chair des animaux, destinée à la consommation. Dans ce vocabulaire, on inclut la chair des mammifères, des oiseaux et souvent des poissons. C'est le résultat de l'évolution post-mortem du tissu squelettique qui représente 40% du poids vif de l'animal (Staron, 1982 ; Camirand 2004). La viande contient des nutriments indispensables pour notre alimentation (Tableau 1). Cette affinité pour la viande venait probablement du fait du sentiment du bien-être ressenti, suite à sa consommation. Certaines cultures ou nations ont évolué avec une grande préférence pour les régimes à base de viande (Cassens, 1994 ; Benaïssa, 2011).

La composition de la viande est variable entre animaux et chez un même animal, d'un muscle à l'autre (Keeton et Eddy, 2004 ; Honikel, 2009 ; Huff – Lonergan, 2010).

**Tableau 1** : Composition de tissu musculaire des mammifères  
(Huff – Lonergan, 2010).

Composants	% du poids du muscle
Eau	75% (65 – 80%)
Protéines	18.5% (16 – 22%)
Lipides	3% (1 – 13%)
Glucides	1% (0.5 – 1.5%)
Substances non protéiques	1.7% (1 – 2%)
Vitamines et minéraux	0.85% (0.5 – 1%)

Selon LAwrie (1998), Honikel (2009), et Huff – Lonergan, (2010), l'eau constitue le composant majeur du muscle (75%, dont 90 à 95 % sous forme libre et 5 à 10% sous forme liée), milieu pour de nombreuses réactions, ainsi que pour le transport de nutriments.

Le second composant du muscle sont les protéines. Elle constitue en moyenne 18.5%. Les protéines d'origine animale sont riches en acides aminés indispensables en particulier en acides aminés soufrés (la lysine), leur donnant ainsi un intérêt particulier sur le plan nutritionnel. La teneur en lipides est assez variable (1-13%) selon plusieurs facteurs ; l'espèce, l'âge de l'animal, son alimentation, le type de muscle. Pour la fraction glucidique ou le glycogène dans le muscle, elle est d'environ 1%. Elle constitue la réserve énergétique pour la contraction du muscle. Plusieurs autres composants sont non protéiques dans le muscle squelettique, à savoir la créatine phosphate, les nucléotides (ATP, ADP), les acides aminés et les peptides.

Pour la matière minérale, la viande est l'une des sources alimentaires riche en fer, en zinc et en sélénium. La viande est une source précieuse de vitamine du groupe B (Honikel, 2009).

Pour la structure du tissu musculaire, selon Kauffman, (2001), Camirand, (2004) et Sharedeh (2015), l'unité de base du tissu musculaire est la fibre musculaire, qui est une cellule plurinucléée, de plusieurs centimètres de long et de 0,01 à 0,1 mm de diamètre. Cette cellule contient un appareil contractile constitué de filaments protéiques.

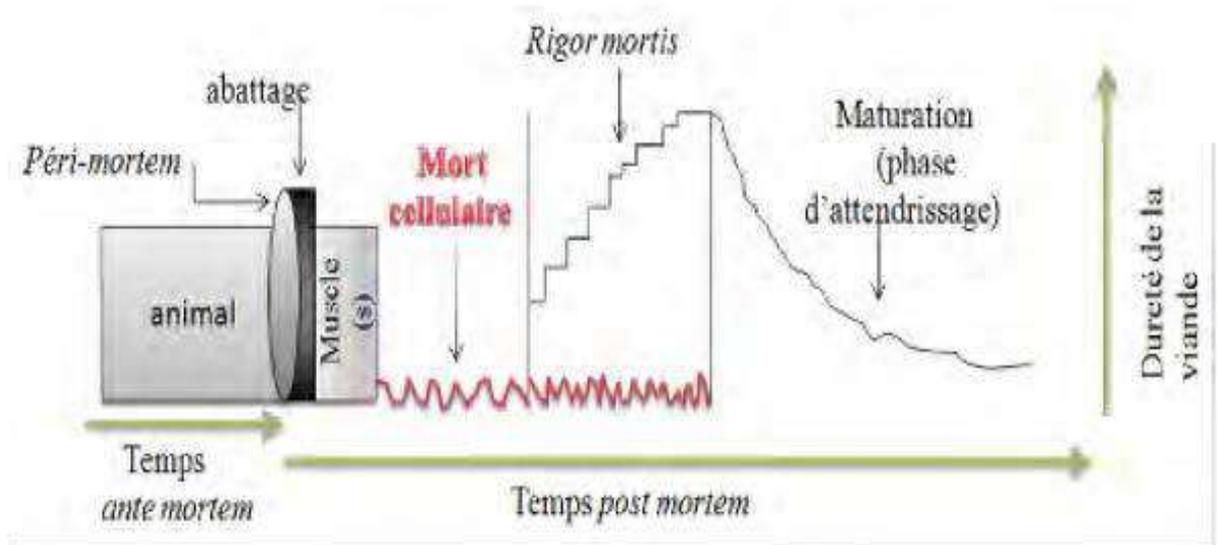
Trois groupes de protéines ont été définies (Kauffman, 2001) :

- Les protéines du tissu conjonctif (collagène, réticuline et élastine) : elles représentent moins de 10 % du total des protéines. Le collagène est la protéine majoritaire du tissu conjonctif ;
- Les protéines sarcoplasmiques : elles sont situées dans le sarcoplasme des cellules et représentent environ 30 % du total des protéines. Elles sont solubles dans l'eau ou en solution saline diluée. Parmi les protéines sarcoplasmiques, la myoglobine, est le pigment responsable de la couleur de la viande ;
- Les protéines myofibrillaires : elles sont situées dans les cellules et représentent un peu plus de 60 % des protéines totales. Elles ne sont solubles qu'en solution saline, à haute force ionique. Parmi les protéines myofibrillaires, on recense l'actine et la myosine, les protéines régulatrices et les protéines du cytosquelette (titine, desmine, etc.).

La transformation du muscle en viande est un processus complexe, impliquant de nombreux processus biochimiques et changements physiques. Le tissu musculaire est converti d'un système extensible et métaboliquement actif, à un système inextensible et au repos (Greaser, 2001). Selon Ouali *et al.* (2006a), la transformation du muscle en viande s'accompagne de modifications de la composition et de la texture du tissu musculaire. Ces modifications contribuent à l'élaboration des qualités de viande. Au cours de la transformation du muscle en viande le muscle transite par trois phases (Figure 1) qui sont : la phase de mort cellulaire programmée ou l'apoptose, la phase d'installation de la rigidité cadavérique ou *rigor mortis* et enfin, la phase de maturation (Ouali *et al.*, 2006a).

Lors de l'abattage, toutes les cellules et les tissus vont être privés de nutriments et d'oxygène. Face à ces conditions environnementales très inadéquates, les cellules musculaires n'auront pas d'autres alternatives que de s'engager dans le processus de la mort cellulaire programmée ou apoptose (Ouali *et al.*, 2006a).

Concernant la deuxième phase de transformation du muscle en viande, c'est l'installation de la rigidité cadavérique (ou *rigor mortis*). Selon Ouali *et al.*, (2006), la rigidité cadavérique est le résultat de la liaison irréversible entre la myosine et l'actine, due à une chute rapide de la teneur en ATP (Coibion, 2008).



**Figure 1** : Phases de transformation du muscle en viande

(Ouali *et al.* 2006a)

Du fait du manque d'oxygène au niveau du muscle, provoqué par l'arrêt de la circulation sanguine, l'ATP est régénérée par la glycolyse jusqu'à épuisement des réserves en glycogène. Ce processus s'accompagne d'une production d'acide lactique qui entraîne une baisse du pH, jusqu'à une valeur ultime généralement comprise entre 5,4 et 6. Le pH ultime dépend de la concentration de glycogène dans les muscles au moment de l'abattage (Coibion, 2008 ; Sharedeh, 2015).

La maturation de la viande est un processus très complexe affectant, principalement la structure myofibrillaire. C'est un processus essentiellement enzymatique. Il résulte de l'action des protéases endogènes, sur les protéines contractiles et sur les constituants du cytosquelette (Ouali, 1992 ; Huff-Lonergan et Lonergan, 1999). La maturation est la période, pendant laquelle s'élaborent les qualités organoleptiques du produit final (Ouali *et al.*, 2006a). La phase de maturation conduit à un attendrissage du muscle de viande (Becila, 2009).

### 3.2. Qualité de la viande

La qualité se définit comme « l'ensemble des propriétés et des caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites » (Coibion, 2008). Selon Monin (1991), Furnols et Guerrero, (2015), la notion de qualité de la viande est très étendue. On distingue généralement les qualités nutritionnelle, organoleptique et hygiénique.

### **3.2.1. Qualité nutritionnelle**

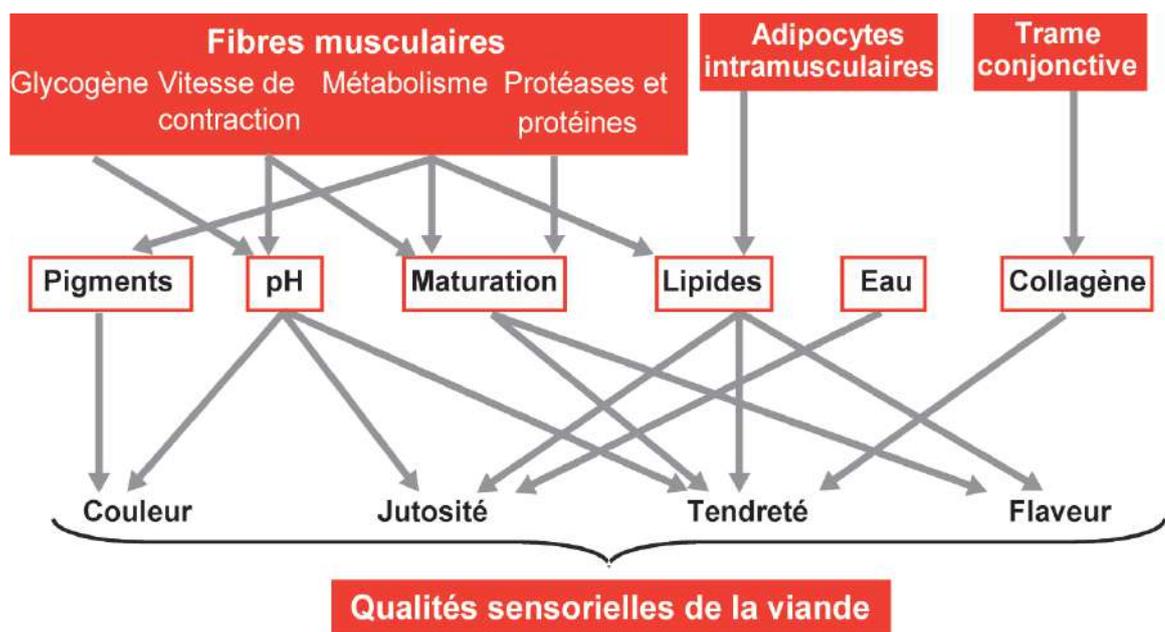
Parmi les produits d'animaux terrestres, la viande représente la première source de protéines (67% vs 26% pour les produits laitiers et 7% pour les œufs). Ces protéines sont, de haute valeur biologique, qui contiennent tous les acides aminés indispensables, en proportions adéquates (Lebret et Picard, 2015). Les lipides de la viande, sont essentiellement des triglycérides qui constituent les lipides de réserve, des phospholipides (lipides de structure), et du cholestérol (Lebret et Picard, 2015). La teneur de cholestérol varie de 40 à 90 mg/100 g, dans le muscle squelettique et plus de 100 mg/100g dans le foie, les reins et la cervelle (Honikel, 2009). La viande constitue une très bonne source de micronutriments, tels le fer, le zinc et le sélénium, dont la biodisponibilité est très élevée, en comparaison à d'autres ressources alimentaires. Ainsi le fer héminique, présent dans le muscle, au niveau de la myoglobine, est amplement, mieux assimilé par l'Homme que le fer minéral contenu, dans les végétaux. Le zinc est aussi un micronutriment d'intérêt car il intervient dans de très nombreuses fonctions biologiques : La lutte contre le stress oxydant, les défenses immunitaires etc. La viande et le poisson sont également très riches en sélénium, qui intervient dans la protection des cellules et de l'ADN, vis-à-vis de l'oxydation (Lebret et Picard, 2015). Selon Sharedeh (2015), 100 g de viande de bœuf cuite apportent entre 5 et 25 µg de sélénium, pour des besoins journaliers compris entre 20 et 25 µg. Les vitamines du groupe B sont également présentes en quantité non négligeable dans la viande. La vitamine B12, exclusivement d'origine animale, intervient dans la synthèse de l'ADN, la formation des cellules nerveuses et des globules rouges. La vitamine B9 est nécessaire au développement embryonnaire. Cette vitamine est présente dans le foie, avec une biodisponibilité élevée. Selon Sharedeh (2015), 100 g d'entrecôte cuite permet de couvrir 50% des besoins journaliers en B9.

### **3.2.2. Qualité sensorielle**

Les propriétés sensorielles d'un aliment sont les caractéristiques que le consommateur peut percevoir directement grâce à ses sens (Monin, 1991 ; Lebret et Picard, 2015), en particulier pour la viande, dans la couleur, la tendreté, la jutosité et la flaveur. Ces qualités dépendent de la composition et des propriétés structurales du muscle (Figure 2).

La couleur de la viande est la première caractéristique perçue par le consommateur. La couleur de la viande est due à la teneur et à l'état chimique de la myoglobine. La flaveur est essentiellement liée aux lipides et aux substances liposolubles associées, présentes dans la viande. Leur évolution, durant la conservation de la viande et leur transformation, au cours de la cuisson donnent des composés aromatiques conférant à la viande, sa flaveur caractéristique

(Lebret et Picard, 2015). Pour la jutosité, on distingue la jutosité initiale, qui est perçue au premier coup de dent, et la jutosité soutenue. La première est surtout liée à la quantité d'eau libérée lors de la mastication, la seconde est, en relation avec la stimulation de la salivation, due à la présence de lipides dans la viande. Le facteur essentiel influençant la jutosité relève de la capacité de rétention d'eau du muscle. Le pH de la viande est également un facteur déterminant pour la jutosité de la viande (Lebret et Picard, 2015). La tendreté est le critère de qualité le plus important, pour le consommateur lors de la mastication et correspond à la facilité, avec laquelle la viande se laisse trancher ou broyer ; on cite à l'inverse, de dureté pour décrire la résistance au tranchage (Guillemin *et al.*, 2009). Selon Ouali (1991) les changements post-mortem qui se mettent en place à la mort de l'animal ont une grande importance dans l'évolution de la tendreté. La tendreté dépend de la composition et des propriétés structurales du muscle (collagène, lipides, fibres musculaires, etc.) (Guillemin *et al.*, 2009).



**Figure 2.** Relations entre la structure et le métabolisme du muscle, ses caractéristiques biochimiques et les qualités sensorielles de la viande bovine (Lebret et Picard, 2015)

### 3.2.3. Qualité hygiénique

La viande constitue un excellent milieu de croissance, pour un grand nombre d'espèces microbiennes. Elle est considérée comme l'un des véhicules de nombreuses maladies chez les humains (Salifou *et al.*, 2013). La viande et ces dérivés sont responsables de 70% des cas d'intoxications alimentaires (Dennai *et al.*, 2000). Selon Skandamis et Gounadaki (2009), la

qualité hygiénique de la viande fraîche entrant dans la préparation des différents types de produits carnés influe et de manière significative sur la qualité et la stabilité de ces produits finis. Selon Cartier, (1997), l'altération des viandes, en particulier la putréfaction réduit la qualité nutritionnelle de la viande, d'une part, et d'autre part provoque considérablement, des intoxications alimentaires (Mills, 2012). La chair d'un animal sain vivant est pratiquement stérile. L'invasion des tissus animaux par les microorganismes dépend de plusieurs facteurs tels que l'état de santé de l'animal et les diverses sources de contamination (Douglas *et al.*, 2001). La flore de contamination a pour source, l'animal ou le personnel porteur sain affecté à la découpe. Dans ce dernier cas, il s'agit de contaminations accidentelles et ne faisant donc, pas partie de la flore contaminant normale des viandes (*Salmonella*, *Staphylococcus aureus*).

Si la contamination est d'origine animale, les contaminations peuvent provenir de la peau et du tube digestif (Ho Thi, 2008). Les germes saprophytes des viandes comportent une trentaine de germes bactériens. Parmi ceux-ci les *Lactobacilles* qui sont sans action néfaste sur la viande. Néanmoins, en produisant de l'acide lactique, à partir des sucres disponibles, ils inhibent le développement de la flore d'altération (Sharedeh, 2015). La microflore pathogène des viandes recouvre les principaux germes suivants : *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* (Marschall et Bal'a, 2001).

Selon Ratsimba (2012), les viandes salées et séchées peuvent héberger des pathogènes nuisibles à l'homme (*Clostridium botulinum* et *Staphylococcus aureus*). Enfin, la sécurité sanitaire de la viande et des produits carnés est une priorité de santé publique. Les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication sont devenues des critères essentiels, afin de garantir des produits carnés sains et sans danger pour les consommateurs (Douglas *et al.*, 2001 ; Tan *et al.*, 2018).

#### 4. Produits carnés traditionnels dans le monde

Les produits carnés traditionnels les plus consommés au monde selon (Tzou-Chi Huang et Wai-Kit Nip, 2001 ; Santchurn *et al.*, 2012 ; Ratsimba, 2012 ; Tom, 2015) sont :

##### 4.1. Viandes séchées

###### 4.1.1. Le kilichi

Le Kilichi, est un produit traditionnel africain très connu, dans les pays africains du Sahel et dans les zones urbaines et rurales du Niger et du Nigéria (Figure 3). Ce produit est fabriqué à base de viande bovine maigre, de viande de chèvre ou d'agneau (Santchurn *et al.*, 2012 ; Tom, 2015), découpée en fines lanières (2 à 4 mm). Le procédé traditionnel consiste à faire sécher au soleil, ces lanières sont ensuite mises, dans un mélange composé d'une pâte d'arachide ou de farine de soja, d'eau, d'ail, de cubes de bouillon, de sel et d'épices tels que le poivre, le gingembre et l'oignon. Le produit macéré est à nouveau exposé au soleil pour être séché, jusqu'à une teneur finale en eau, comprise entre 10% et 20% (Tom, 2015). Les tranches de viande sont finalement rôties sur un feu brûlant pendant environ cinq minutes. Cette torréfaction détruit certains microorganismes et améliore la saveur. Le Kilichi doit avoir une odeur d'arachide grillée, épicée, et une couleur rouge sombre, brun clair à jaune et brun foncé, selon les épices utilisées. Il doit être croustillant, sec mais pas friable (Santchurn *et al.*, 2012).



**Figure 3** : Kilichi (Tom, 2015)

###### 4.1.2. Quitab, Ndariko et Sharmoot

La transformation du Quitab et du Ndariko (dans les pays africains du Sahel) et le Sharmoot (typique du Tchad et au Soudan) est semblable à celui du Kilichi. La viande est coupée en lanières et le séchage au soleil se fait de 3 à 7 jours. À l'inverse, ces produits ne sont pas enrobés ou grillés comme pour le Kilichi (Santchurn *et al.*, 2012). Pour le *Sharmoot* (viande

séchée), généralement préparé à partir de la *viande de dromadaire et coupée en fines lanières*, elle est salée puis exposée au soleil, une journée, pour séchage.

## 4.2. Viandes salées séchées

### 4.2.1. Le Biltong

En Afrique du Sud, la préparation du Biltong est à base de viande de bœuf (Figure 4), d'autruche ou de chameau. Il est très apprécié en Afrique du Sud et considéré comme un met de choix. Presque tous les muscles de la carcasse peuvent être utilisés. Pour sa préparation la viande est découpée en longues lanières, salée à sec généralement (1 à 2 kg pour 50 kg de viande) (Santchurn *et al.* 2012) ou mise en saumure, pendant au maximum 12 heures (Tom, 2015). D'autres ingrédients tels que le vinaigre, le poivre, la coriandre et d'autres épices peuvent être ajoutés. La viande est plongée rapidement, dans de l'eau chaude vinaigrée. Le Biltong est ensuite séché au soleil, jusqu'à perdre 75% de son poids, puis placé, pendant 1 à 2 semaines, dans des chambres de séchage, destinées à la production, à grande échelle (Petit *et al.*, 2014). Le produit final est caractérisé, par une teneur en eau comprise entre 15%-50% (Tom, 2015). Le produit fini, brun et dur à l'extérieur, tendre, humide et rouge à l'intérieur, est vendu en bâtonnets ou en tranches (Petit *et al.*, 2014).



**Figure 4** : Biltong de bœuf (Santchurn *et al.*, 2012)

### 4.2.2. L'Unam Inung

L'Unam Inung est un produit carné salé très populaire dans le sud-est du Nigeria. Il est le plus souvent servi avec des chips et du manioc. Le produit est traditionnellement préparé, à partir du ventre (de la panse) de porc tranchée, qui est ensuite séchée au soleil et mise, dans un pot en terre cuite. Dans certains cas, le produit peut être fumé. Pour la vente au marché la quantité souhaitée est extraite de son contenant puis lavée et bouillie (Santchurn *et al.*, 2012).

#### 4.2.3. Le carne-de-sol

Le carne-de-sol est un produit carné traditionnel d'Amérique Latine principalement, du Brésil. Il est, avant tout, préparé à partir de muscle bovin, ovin ou caprine (Santchurn *et al.*, 2012). La carne de sol « viande de soleil », également appelée « carne de vento », autrement dit, viande de vent, est une forme de viande séchée et salée, dans la cuisine brésilienne. Les morceaux de viande, généralement bovins, sont salés puis mis à sécher dans un espace couvert et bien aéré. Son origine est attribuée aux Sertanejos (personnes qui vivent dans la campagne semi-aride), qui ont développé cette recette locale, pour conserver la viande. De nos jours, le plat est typique à toute la région du nord-est du Brésil et est servi dans les restaurants de tout le pays.

#### 4.2.4. Tasajo

Tasajo est une viande salée séchée (Figure 5), fabriquée à Cuba. Traditionnellement, le Tasajo était le plus souvent préparé, à partir de viande de cheval, mais le Tasajo de bœuf est le plus apprécié, de nos jours. La viande (les parties maigres notamment : les épaules et les jambes), est coupée, en lanières d'environ 3 à 4 cm de large et assez longues pour les accrocher directement aux cordes. Totalement dégraissée, assaisonnée avec de l'ail, du sel, de l'origan et de l'eau, elle macère pendant environ 2 ou 3 jours, elle est séchée en extérieur, sur un fil. Selon la température et l'humidité, ils se dessècheront, en moins d'une semaine ou plus. Il peut être servi, avec du pain ou du fromage de chèvre frais.



**Figure 5** : Tasajo : A gauche : Séchage des lanières de Tasajo ([https://th.bing.com/th/id/OIP.-VFewJd05NJ3b\\_BFK-4SPgHaE8?pid=ImgDet&rs=1](https://th.bing.com/th/id/OIP.-VFewJd05NJ3b_BFK-4SPgHaE8?pid=ImgDet&rs=1)). A droite : le Tassajo emballé. (<https://embutidosmarsan.es/754/89.jpg>). Consulté le 28.12.2021.

#### 4.2.5. Le Dendeng

En Asie du Sud-est, les produits à base de viande séchée salée ont souvent un goût sucré, les différenciant des autres produits carnés des autres régions du monde. En Indonésie le Dendeng est un produit carné préparé à partir de la viande de bœuf ou de poulet (Santchurn *et al.*, 2012). La viande finement tranchée, est assaisonnée avec du sucre, du sel, de la sauce de soja et des épices, puis séchée au soleil ou parfois rôtie ou cuite. Ce produit a une teneur élevée en sucre (>20%).

#### 4.2.6. Le Pastirma

Basturma (ou Pastirma) est un produit traditionnel, à base de viande de bœuf, particulièrement apprécié dans les pays du Moyen-Orient (Égypte, Grèce et Turquie) et également, en Arménie. L'ensemble des muscles de bœuf peuvent être utilisés. Le procédé traditionnel de fabrication du Bastirma comprend les étapes suivantes :

Le mélange nécessite 15 kg de gros sel et 15 g de nitrate de potassium, pour saler 100 kg de viande :

1. Le mélange de sel est inséré dans les incisions de viande et frotté à la surface du muscle.
2. La viande salée est empilée dans un récipient, en acier inoxydable, pendant quelques jours à température ambiante.
3. Chaque morceau de viande est ensuite soigneusement rincé à l'eau du robinet pour éliminer l'excès de sel et les morceaux sont pressés sous une presse hydraulique pendant 48 h.
4. La viande pressée et salée peut être coupée en morceaux plus petits.
5. À nouveau empilés, ils sont compressés pendant 48 h.
6. Les différentes pièces sont ensuite entièrement recouvertes d'une fine couche de pâte appelée, *cemen*, composée d'ail fraîchement moulu, de poudre de paprika rouge et d'un mélange de farine de blé et de *helba* (Fenugrec).
7. Les morceaux collés sont mis à sécher à température ambiante, dans une zone bien ventilée, pendant 4 jours (Figure 6).



**Figure 6** : Pastirma. (<https://s3.amazonaws.com/images.ecwid.com/images/18952260/1438452909.jpg>. Consulté le 28.12.2021).

### 4.3. Viandes séchées fumées

#### 4.3.1. Kitoza

Parmi les viandes fumées les plus connues en Afrique, il y a le kitoza de Madagascar (Figure 7). Le Kitoza est un produit carné salé, fumé, séché, à base de porc ou de bœuf. La transformation de Kitoza consiste à couper la viande de bœuf ou de porc en lanières, qui sont salées (à sec ou en saumure). Après salage, la viande est séchée en suspendu, au-dessus d'un feu de bois, pendant 2 à 3 jours. Le Kitoza est ensuite consommé frit ou grillé. Il accompagne traditionnellement le « vary soosa » ou le « vary amin'anana » qui sont des plats, à base de riz, en bouillon. En raison d'une forte teneur en protéines et de sa faible teneur en lipides, le Kitoza est donné aux convalescents et aux femmes allaitantes (Ratsimba, 2012).



**Figure 7** : Kitoza.

(<https://th.bing.com/th/id/OIP.rBaoi6s30uBNeaRzUyyqIwHaHa?pid=ImgDet&rs=1>.

Consulté le 28.12.2021)

#### 4.4. Viandes fermentées affinées

##### 4.4.1. Les jambons secs : Cecina de León

L'exemple le plus célèbre, dans cette catégorie de viandes fermentées et affinées, c'est le jambon sec (Cecina de León). Il s'agit d'un bœuf salé séché et fumé fabriqué presque exclusivement, dans la province de León (nord-ouest de l'Espagne). Les muscles du bœuf Biceps femoris ou semimembranosus sont recouverts d'un mélange de sel et de nitrite pendant 3 jours à 3 – 4°C et dans un milieu humide, de 85 – 90%. Ensuite, ils sont lavés pour éliminer l'excès de sel et maintenus, de nouveau, dans les mêmes conditions, pendant encore 30 jours (stade post-salaison). La viande est ensuite placée dans un fumoir fixé, à 12–15°C et est fumée, pour une durée de 20 jours. Ensuite, elle est séchée, pendant 40 jours à 10–12°C et 75–80% HR. Enfin, la viande s'affine ou vieillit, pendant plusieurs semaines (un minimum de 60 jours).

#### 5. Produits carnés traditionnels en Algérie

##### 5.1. El Gueddid

El Gueddid, ou *Kaddid* (Figure 8) est un produit carné traditionnel connu, dans plusieurs pays du Maghreb (Algérie, Tunisie, Maroc). C'est un produit carné salé et séché, préparé le plus souvent, lors de la fête de l'Aïd El Adha, où il y a abondance de viande. Il est élaboré aussi bien, à partir de viande ovine, bovine, caprine ou cameline, selon les régions. Il s'agit de viande coupée en lanières salées à sec ou en saumure (D'autres ingrédients peuvent être ajoutés, tels que les épices). Puis, les lanières de viande salées sont mises à sécher. Le séchage consiste en, l'exposition des pièces de viande, au soleil. La durée de séchage est variable, selon les saisons, d'environ 7 jours pendant l'été et de 15 jours pendant l'hiver. Au moment de sa consommation, El Gueddid est adouci par son immersion dans l'eau avant d'être cuisiné, dans la préparation de nombreux plats, notamment le couscous (Bennani et *al.*, 1995 ; Chabbouh *et al.*, 2012 ; Benkerroum, 2013 ; Boudechicha *et al.*, 2018).



Figure 8 : El Gueddid

## 5.2. Khliaa Ezir

Khliaa Ezir est un produit carné traditionnel préparé, dans le Nord-est de l'Algérie. Il s'agit d'une viande salée et cuite, préparée à partir de la viande de bœuf, d'agneau, de chèvre ou du dromadaire. La viande maigre désossée (5 - 8 cm de longueur, 4 - 6 cm d'épaisseur) est salée et assaisonnée par un mélange d'épices (la coriandre, le carvi et l'ail fraîchement moulu). La viande enrobée est, par la suite marinée, pendant 7 jours au frais, puis cuite à une température d'environ 80°C dans de l'eau. Après cuisson, les morceaux de viande sont immergés dans un mélange contenant de la graisse bovine fondue et de l'huile d'olive. Le mélange est ensuite conservé dans Ezir pendant plusieurs mois, à température ambiante (Boudechicha *et al.*, 2018).

## 5.3. Laknaf

Laknaf est un produit carné algérien, préparé dans les régions Nord-est, à partir de viande de bœuf ou d'agneau. La viande maigre désossée, est découpée (5 à 8 cm de longueur et de 4 à 6 cm d'épaisseur) salée, puis marinée dans un mélange d'épices, durant 2 jours, puis cuite dans l'eau. Les épices d'assaisonnement/marinade sont composées, principalement de : l'ail, la coriandre et le cumin. Laknaf est un produit prêt-à-manger ou ajouté en tant qu'ingrédient, dans divers plats tels que les lentilles et les pois chiches (Boudechicha, 2018).

## 5.4. Tarfa-Gara

Tarfa-Gara est un produit carné traditionnel du Sud algérien. L'appellation Tarfa-Gara signifie « Touareg » qui veut dire l'estomac de l'animal. Tarfa-Gara peut être préparé à partir de l'estomac et des abats d'agneau ou de dromadaire. L'estomac est d'abord nettoyé puis farci, de morceaux d'abats (intestins, foie, poumon, rate, et rein) puis salée et assaisonnée. Le fumage et la cuisson sont assurés par des pierres préchauffées, placées à l'intérieur de l'estomac (Boudechicha, 2018).

## 5.5. Fregate

Fregate est un produit carné traditionnel, prêt-à-manger qui est préparé aussi dans le Sud de l'Algérie par la population " Touareg ". Il s'agit de viande de dromadaire épicée, fumée et éventuellement séchée. La viande de dromadaire désossée est découpée en morceaux d'environ 5 à 6 cm de longueur et de 5 cm d'épaisseur, incisés, puis assaisonnés avec du sel et un mélange d'épices. Les morceaux de viande sont partiellement séchés au soleil et fumés pendant deux à trois jours. La viande est ensuite enterrée dans une cavité, dans le sable (Matmora), contenant des cendres pendant une semaine. Fregate peut être consommé directement après fumage ou séché à nouveau, avant d'être stocké, à température ambiante (Boudechicha *et al.*, 2018).

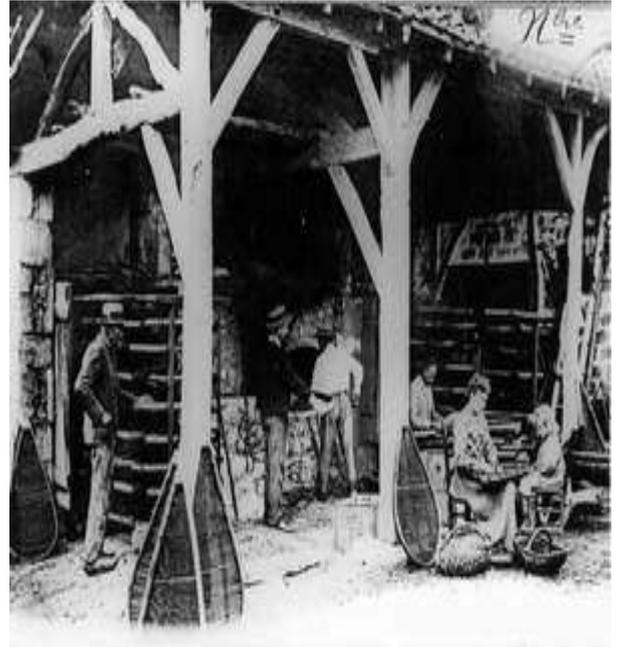
## CHAPITRE 2 : MÉTHODES DE CONSERVATION DE LA VIANDE PAR SALAGE ET SÉCHAGE

### 1. Historique de la conservation de viande

L'homme préhistorique survivait simplement, en rassemblant ce qui était disponible. Il dépendait de la chasse, de la pêche et de la cueillette, selon la disposition. La civilisation moderne a commencé à prendre forme (10 000 ans avant J-C). L'idée d'approvisionner de la nourriture a commencé à émerger (Cassens, 1994). Certains ont commencé à élever des animaux et à cultiver la terre. En Europe, et au cours de l'âge de bronze, il semblait que l'essentiel des aliments comprenait : la viande, les œufs, les poissons, les céréales et quelques fruits et légumes de saison. L'homme alors, a essayé de trouver un moyen, lui garantissant le stockage de sa nourriture excédentaire, afin d'en profiter, lors des périodes de disette (Jeantet *et al.*, 2006). Les premières véritables idées et tentatives de conservation des aliments par salage, séchage, fermentation, chauffage, refroidissement et enrobage dans l'huile étaient déjà, d'époque, durant cette période. La conservation des aliments vise à préserver leur comestibilité et leurs propriétés organoleptiques et nutritives, et d'empêcher également la croissance microbienne. Concernant la viande, c'est une matrice nutritive riche qui fournit un environnement favorable, à la prolifération microbienne (Aymerich *et al.*, 2008 ; Sharedeh, 2015). Comparativement aux aliments d'origine végétale telle que les grains, la viande est un aliment, difficile à conserver sans traitement particulier (Cassens, 1994 ; Tom, 2015). Le salage et le séchage ont été pratiqués dans la vallée du Nil. La fermentation était utilisée pour produire des boissons alcoolisées. Dans les climats chauds, il est devenu évident que la meilleure façon de conserver les aliments périssables était la fermentation. Pour les autres climats, les saisons fraîches étaient propices à la conservation de la viande, plus durablement. Les civilisations grecque et romaine étaient plus avancées, dans l'élaboration de nouveaux aliments, à base de viande tels que, la préparation de saucisses et avec, d'autres méthodes de conservation, tels que le salage et le marinage, bien établies (Cassens, 1994) (Figure 9).



*Sur les bateaux, la morue ouverte, nettoyée et salée. Ainsi elle se conservait à bord.*



*Séchage de prunes au four à bois*



*Saucisses sèches*



*Lard (maigre) salé et fumé*

**Figure 9** : Images montrant quelques méthodes traditionnelles de conservation des aliments.  
([http://www.viepayanneautrefois.free.fr/chapitres/ch04/413\\_ConservFroid](http://www.viepayanneautrefois.free.fr/chapitres/ch04/413_ConservFroid). Consulté le 02/12/2018).

## 2. Procédé de conservation par salage

### 2.1. Définition de salage

Le sel ou le chlorure de sodium [Formule chimique : NaCl, produit formé de l'association de deux ions : le cation sodium Na<sup>+</sup> et l'anion chlorure Cl<sup>-</sup>], est le premier ingrédient utilisé, dans la conservation des aliments, depuis l'antiquité. Il a joué un rôle majeur dans l'histoire de l'humanité et la culture au monde. Le mot "salaire" est dérivé du mot sel, et le mot latin *salarium argentum*, signifie "argent du sel". Les soldats romains ont été partiellement payés par le sel (Smith, 2012).

Le salage se définit, comme l'action d'imprégner dans le sel une denrée périssable ; viande, poisson par exemple, pour en favoriser la conservation (Smith, 2012). C'est une pratique très ancienne, elle a été utilisée par les Égyptiens, 2000 ans A. J.-C, et par les Romains 3000 A.J.-C (Ranken, 2000 ; Sebranek, 2009).

### 2.2. Modes de salage

#### 2.2.1. Salage à sec

Ce mode de salage est mis en œuvre dans le traitement direct de pièces de viande. Durant le salage à sec, le frottage des pièces de viande favorise la pénétration du sel, dans la masse à saler. Il est plus ou moins énergique, selon le mode de réalisation, manuellement ou à l'aide de machines spécifiques (Sharedeh, 2015).



**Figure 10** : Salage à sec (<http://www.filière.fr/maison-filière-qualité.html>. Consulté le 02/12/2018).

Pendant le salage à sec (Figure 10), le processus est initié par l'hydratation du sel par l'eau du produit, formant une saumure très concentrée qui pénètre rapidement vers les parties centrales. La différence de concentration en chlorure de sodium, entre la surface et l'intérieur de la viande, induit la diffusion de celui-ci, vers l'intérieur du produit (Sharedeh, 2015). En

parallèle, il y a une diffusion de l'eau de l'intérieur du produit, vers la surface, autrement dit, par osmose (Toldrá, 2002 ; Chabbouh *et al.*, 2012).

La quantité de sel pénétrant, dans la viande, ainsi que sa vitesse de pénétration, lors de l'étape du salage sont dépendants de différents facteurs (Toldra, 2002 ; Harkous, 2014), à savoir :

- La température : l'élévation de la température favorise la pénétration du sel ;
- La concentration du sel : il existe une relation linéaire entre la concentration du sel et la vitesse de pénétration de celui-ci ;
- Le pH : un pH bas de la viande favorise la pénétration du sel ;
- La présence du gras : le gras constitue une barrière, vis-à-vis de la pénétration du sel.

### **2.2.2. Salage en saumure (saumurage)**

#### **A) Définition**

Le saumurage est un procédé traditionnel de conservation des aliments qui consiste à mettre en contact, des produits alimentaires tels que, des légumes, des fruits, de la viande ou du poisson, avec une solution aqueuse contenant le plus souvent, du chlorure de sodium, comme ingrédient principal. Selon Chabbouh *et al.*, (2012), les concentrations en sel de l'aliment et de la saumure tendront à s'équilibrer. S'opère, alors, une exsudation d'une partie de l'eau contenue dans l'aliment, et vite remplacée par le sel. 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 généralement, plusieurs jours, les viandes sont maintenues immergées dans la saumure. Le temps d'immersion est variable selon plusieurs facteurs (Sharedeh, 2015) :

- L'épaisseur du produit ;
- La concentration en sel ;
- La présence de matière grasse.

Dans le cas de la viande, le saumurage conduit à des changements physicochimiques et biochimiques importants, dus à la migration des ions (Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>), mais aussi à celle des composés solubles (protéines, acides aminés, etc.) de la viande, vers la solution d'immersion.

La concentration en sel est un paramètre important qui joue principalement sur la qualité sanitaire du produit, en réduisant éventuellement l'activité bactérienne responsable de l'altération de ce produit, à haute teneur en eau (Sharedeh, 2015). Elle assure une pénétration plus rapide des éléments qu'elle contient (en particulier le sel), à l'intérieur des pièces de viande traitées. Cependant, les saumures peuvent poser un problème de potabilité de l'eau utilisée, et donc, être renouvelée notamment, dès l'apparition d'odeur (J-Luc, 2003).

## B) Techniques de saumurage

En pratique, il existe différents procédés de saumurage, pour faire pénétrer les ingrédients dans les muscles ou les morceaux de viande (Sharedeh, 2015) :

- Le premier est l'immersion de la viande dans la solution, les temps de contact et de diffusion sont alors, assez longs. Cette technique est réservée à des produits de petites dimensions ;
- La seconde technique est l'injection de la saumure directement au cœur du produit, afin de réduire le temps de fabrication, au moyen d'injecteurs multi-aiguilles, en utilisant des solutions concentrées. Les ingrédients sont déposés dans le tissu musculaire selon des lignes d'injection dont la distance est comprise entre 1 et 2 cm. Le contrôle de la quantité de solution réellement injectée se fait par différence de pesée des pièces avant et après injection. Il existe deux types d'injecteurs (J-Luc, 2003) :

### 1. Injecteur pour salage à l'artère :

Il est muni d'une pince qui permet de maintenir à l'extrémité de l'artère, le tuyau dans lequel, circule la saumure. La répartition de la saumure dans la viande est assurée par la ramification de l'artère puis des veines, dans les parties centrales. Elle n'est pas optimale car certaines zones musculaires sont moins irriguées que d'autres. C'est pourquoi ce mode de salage, mis en œuvre dans les technologies "à l'ancienne", est obligatoirement complété par une immersion en saumure ;

### 2. Injecteur pour salage intramusculaire

Il comporte, un nombre plus ou moins important d'aiguilles, à l'intérieur desquelles, circule la saumure. Le salage de la viande est assuré par la pénétration des aiguilles, directement dans les masses musculaires. Il est plus rapide et plus homogène, que celui obtenu par le salage à l'artère. Cette méthode permet un salage complet, en quelques heures (Figure 11).



**Figure 11** : Le saumurage. La saumure est injectée dans la viande.

(<http://www.jepensedonjecute.com/2016/08/saler-oui-mais-au-bon-moment.html>).

(Saler oui mais au bon moment. Consulté le 02/12/2018).

### 2.3. Impacts du salage sur la viande

Le salage joue un rôle primordial dans les produits de charcuterie à savoir (Cassens, 1994 ; Sebranek, 2009 ; Couvreur, 2011) :

- Rôle sur le goût (agent de sapidité) ;
- Rôle bactériostatique ;
- Rôle sur le pouvoir de rétention d'eau des viandes et la solubilité des protéines myofibrillaires ;
- Effet sur l'oxydation et le rancissement des lipides dans la viande ;
- Changement de la couleur de la viande, par le sel ;
- Effet sur la composition chimique de la viande, par le sel.

#### 2.3.1. Impact du salage sur le goût

Le sel sert d'exhausteur de goût et augmente la sapidité des aliments. Le goût salé est dû à l'anion ( $\text{Cl}^-$ ). Le cation ( $\text{Na}^+$ ), qui a pour effet principal, la capacité à stimuler les récepteurs. Selon Toldra, (2002) et Martin, (2003), la perception du goût salé n'est pas nécessairement proportionnelle à la quantité du sel, mais dépend de plusieurs facteurs liés à sa diffusibilité à savoir :

- Le pH : À un pH bas, les produits paraissent plus salés ;
- Le type du muscle : La présence du gras intramusculaire constitue une barrière pour la diffusion du sel, selon Toldra (2002), la diffusion du sel à travers le tissu adipeux est plus lente, que dans la viande maigre. Généralement un aliment gras semble moins salé ;
- La direction des fibres musculaires : Parallèles ou perpendiculaires ;
- La température : la température influe la diffusion du sel dans la viande, généralement les produits consommés chauds semblent plus salés, que les mêmes produits consommés froids ;
- La cuisson : À quantité égale, un produit cuit paraîtra plus salé.

#### 2.3.2. Impact du salage sur la qualité microbiologique de la viande

Le sel a un effet bactériostatique sur de nombreuses bactéries. Le sel n'est pas, à proprement parler, un antiseptique car il ne détruit pas les bactéries. Son rôle bactériostatique s'explique principalement par une diminution de l'activité de l'eau ( $A_w$ ) (Ranken, 2000 ; Sebranek, 2009). Cette  $A_w$  est considérée comme l'un des principaux effets antimicrobiens du sel, dans les produits carnés (Sebranek, 2009). Selon Pedrosa *et al.*, (2014), des valeurs d' $A_w$

élevées de (0,98- 1,00) facilitent le développement de presque tous les micro-organismes, en particulier les bactéries. Des niveaux inférieurs à 0,87 inhibent la croissance de la plupart des bactéries et des levures. Des contaminations de la viande salée peuvent être causées par des germes halotolérants généralement introduits par un mauvais salage (HO Thi, 2008). En conséquent, le *staphylococcus aureus* (bactéries halotolérantes) peuvent produire des entérotoxines thermostables. Plusieurs auteurs (Sperber, 1983 ; Bergdoll, 1989 ; Juneja *et al.*, 2016) ont déterminé des valeurs minimales d'Aw, de 0,93 et 0,86, pour bloquer la production, de ces entérotoxines. D'autre part et selon Chabbouh *et al.*, (2012), une concentration suffisante en sel (supérieure à 10%) permet d'inhiber le développement des germes pathogènes. En revanche à 5%, l'action du sel ne se fait sentir que sur les anaérobies.

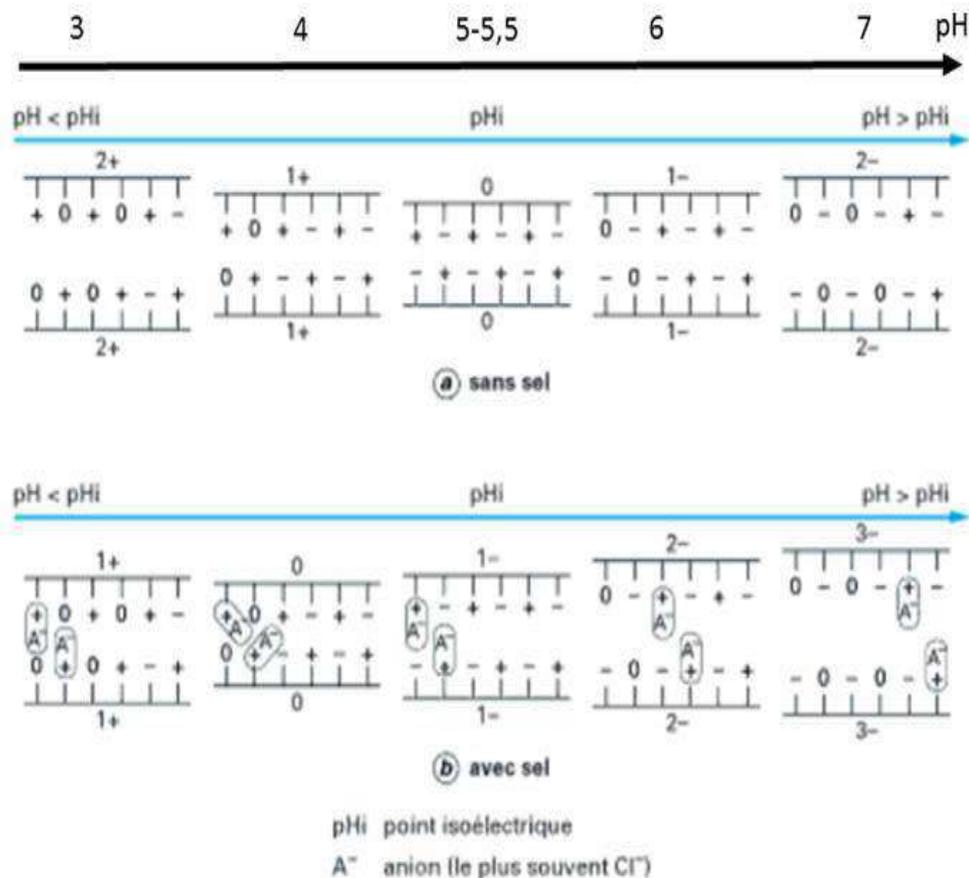
Le sûrissement des viandes salées est dû aux *lactobacilles*, aux *leuconostoc* et aux *micrococcus*. Les moisissures peuvent amener à une viscosité un aspect et des colorations indésirables (Omar *et al.*, 2004). L'action inhibitrice du sel sur la croissance microbienne est renforcée par une diminution du pH. Certaines viandes salées subissent des processus de maturation microbienne 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 empêchant le développement des bactéries indésirables (Guiraud, 2003 ; Ho Thi, 2008). Selon Ratsimba (2012), des études menées sur la Cecina, le Charqui et le Bastirma, viandes salées/séchées d'Amérique du sud et du Moyen-Orient, montrent respectivement, que la composition bactérienne de ces produits (teneurs élevées en bactéries lactiques) est analogue, de celle des produits fermentés. Ces études ont même montré la sélection de *staphylocoques*, au cours du séchage qui, dans le cas du *Charqui*, donnent un arôme caractéristique.

### **2.3.3. Impact du salage sur la capacité de rétention d'eau de la viande**

La capacité de rétention d'eau de la viande est le terme utilisé pour qualifier la capacité du muscle à fixer l'eau. La viande fraîche contient naturellement 75 à 78% d'eau. Le pouvoir de rétention d'eau est la faculté de la viande à conserver, sous l'effet d'une contrainte (traitement mécanique, chauffage, etc.), cette eau ou la partie ajoutée au cours du traitement technologique tel que le saumurage (Ranken, 2000). Cette propriété est au final, déterminante envers certaines propriétés sensorielles de viande : la jutosité, la texture par exemple (Ranken, 2000). L'addition de sel à la viande modifie ses caractéristiques physico-chimiques et améliore son pouvoir de rétention d'eau (Martin, 2003). L'ion chlorure (Cl<sup>-</sup>) est la partie du sel qui améliore la capacité de rétention d'eau (Smith, 2012).

L'impact du salage sur le pouvoir de rétention d'eau dans le tissu musculaire s'explique par :

- Les forces électrostatiques et osmotiques : La répulsion électrostatique entre les protéines myofibrillaires cause leur éloignement, d'où un gonflement des myofibrilles. Les molécules d'eau remplissent alors l'espace libéré et se lient aux groupements polaires des acides aminés de surface (Sharedeh, 2015). L'effet du sel dépend de sa concentration dans la saumure. Citons pour exemple, un gonflement du tissu musculaire est observé quand la concentration de NaCl est supérieure à 50 g/L ;
- S'ajoute, également, la fixation préférentielle de certains ions aux protéines myofibrillaires, notamment les ions  $Cl^-$  entraînerait la répulsion des myofibrilles (Figure 12). Cette dernière serait responsable d'un flux d'eau vers les myofibrilles : la pression élastique (Chabbouh *et al.*, 2012 ; Sharedeh, 2015) ;
- Le salage augmente le pouvoir de rétention d'eau. D'une part, le salage n'agit que très faiblement sur le pH et d'autre part, il abaisse le point isoélectrique des protéines (Au point isoélectrique la charge globale de la protéine est nulle Le pH est égal à 5,5). Quand le pH s'éloigne de cette valeur, les protéines se chargent positivement ou négativement (Figure 12). Des forces de répulsion, entre les protéines alors apparaissent et entraînent un écartement du réseau protéique. Cet écart offre ainsi, de la place à l'eau ainsi une augmentation du pouvoir de rétention d'eau des protéines (Harkous, 2014).



**Figure 12** : Influence du pH et du salage sur la charge protéique (Sharedeh, 2015)

#### 2.3.4. Impact du salage sur la solubilité des protéines myofibrillaires de la viande

Le sel permet la solubilisation des protéines musculaires de la viande. La solubilité des protéines dans une solution aqueuse contenant des sels dépend de deux effets antagonistes liés d'une part aux interactions électrostatiques ("salting in" ou effet dissolvant), et d'autre part aux interactions hydrophobes (*salting out* ou effet relargant). La solubilisation des protéines myofibrillaires est fortement dépendante de la teneur en NaCl (Sharedeh, 2015).

A basse force ionique, la solubilité des protéines augmente lorsque la concentration en sels croît jusqu'à un certain seuil. Au-delà, elle diminue avec l'addition de sels. L'augmentation de solubilité (*salting in*) est liée à l'effet de solvatation (les protéines sont solubilisées par l'interaction avec le solvant). La diminution de solubilité (*salting out*), par contre est liée à l'augmentation de la concentration en sel dans le milieu. Les sels masquent les charges des

protéines, d'où une inertie de ces protéines avec l'eau (le solvant). Elles sortent du solvant (*salting out*) ou l'exclusion par les sels, elles précipitent (Harkous, 2014).

### **2.3.5. Impact du salage sur les lipides de la viande**

Selon Sebranek, (2009) ; Sharedeh, (2015), le sel a un effet pro-oxydant sur les lipides, pour des teneurs dans la viande comprises entre 0,7 et 2,5 %. Ceci est dû à l'action inhibitrice du sel sur les enzymes anti-oxydantes qui sont : la catalase, le superoxyde dismutase (SOD) et la glutathion peroxydase (GSH-Px). Ces enzymes anti-oxydantes de la viande s'opposent à l'action des radicaux libres ou des produits de peroxydation ( $H_2O_2$ ), sur les protéines et les lipides. Le sel peut aussi contenir des traces de métaux (cuivre, fer et chrome) pouvant accélérer l'oxydation des lipides et la rancidité des viandes séchées.

### **2.3.6. Impact du salage sur la couleur de la viande**

Le salage a un effet oxydatif sur l'hème et produit de la méthmyoglobine grise ou de la méthmyoglobine brune. Ces deux composés colorés sont typiques et prépondérants dans les produits carnés préparés uniquement, à base de sel de table.

### **2.3.7. Impact du salage sur la composition chimique de la viande**

La viande est un milieu naturellement tampon, en raison de la présence de substances tels que ; les phosphates, les protéines, le lactate, etc. Les substances tampons limitent les variations de pH provoquées par l'ajout d'acides organiques. Ces substances agissent alors, comme accepteurs ou donneurs de protons  $H^+$ . Lors du marinage, le pH diminue et des changements irréversibles, dans les protéines se produisent, influençant le pouvoir tampon de la viande. De plus, au cours du saumurage/marinage, l'eau et les ions présents dans la solution migrent, dans la viande et certains composés présents dans la viande migrent vers la solution de marinage. Des études menées par Gault (1985) ; Barbanti et Pasquini (2005) ont montré des variations de teneurs en eau, protéines, lipides et cendres lors du marinage de filets de poulet. Gault (1985) a mis en évidence une perte de solutés présents initialement dans la viande. Barbanti et Pasquini (2005) ont quantifié ces variations (Tableau 2). Les mesures relatives à la viande crue indiquent que les teneurs en eau, en minéraux et en protéines sont différentes de celles de la viande, après marinage.

**Tableau 2** : Composition des filets de poulet (g/100 g) avant et après marinage, dans une solution de sel, de sucres, de farine de blé et de protéines de lait pendant 2,5 h (Barbanti et Pasquini, 2005)

Tranche de poitrine de poulet	% eau (g/100 g)	% de protéines (g/100 g)	% de lipides (g/100 g)	% de cendres (g/100 g)
Avant marinage	76,6 ± 0,8	21 ± 1	0,6 ± 0,2	1,3 ± 0,2
Après marinage	81 ± 1	16 ± 2	1 ± 0,7	2 ± 0,2

### 3. Procédé de conservation par séchage

#### 3.1. Définition du séchage

Le séchage est une technique physique de conservation simple et économique, pratiquée depuis des siècles (Santchurn *et al.*, 2012). Le séchage de la viande peut être défini comme étant, l'élimination de la plus grande partie de l'eau présente dans la viande par évaporation.

En conséquence, l'activité de l'eau ( $A_w$ ) est réduite. La microflore est souvent stabilisée dans la viande séchée. Le produit carné séché aura ainsi, une durée de vie plus longue (Ho Thi, 2008). L'objectif du séchage, étant non seulement la conservation des produits, mais également la diminution du poids afin de réduire les coûts de transport et de stockage, et pour donner une présentation particulière au produit (Tom, 2015).

Le séchage de la viande peut également être associé, à d'autres techniques de conservation, telles que le salage, le fumage, etc. Le choix d'un tel traitement combiné vise principalement à améliorer les caractéristiques organoleptiques et à améliorer l'appétence du produit fini, et afin de répondre aux attentes des consommateurs (Santchurn *et al.*, 2012).

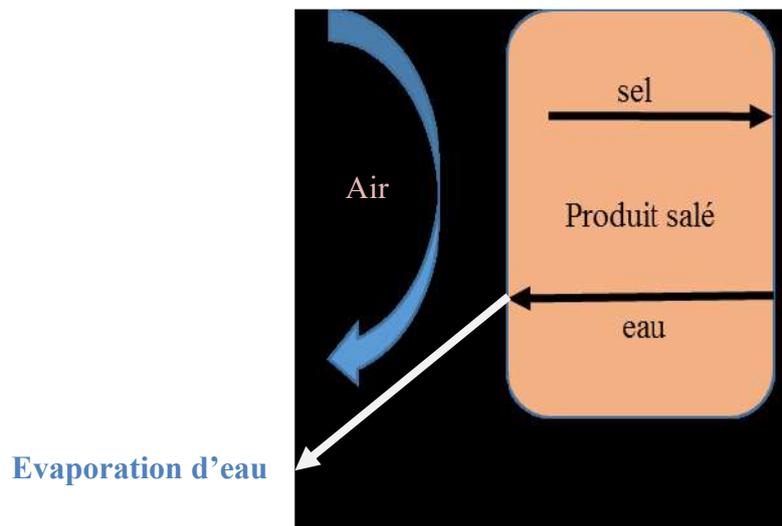
#### 3.2. Principe de séchage

Pendant le séchage, deux mécanismes peuvent être mis en œuvre pour extraire l'eau d'un produit, il s'agit des (Skandamis et Gounadaki, 2009) :

- Transfert de l'air chaud au produit (Énergie thermique de l'environnement, vers la viande) ;
- Transfert de masse ou d'eau dans le sens inverse

Selon Tom (2015), lorsqu'un produit est placé dans un environnement gazeux, un phénomène de transfert d'eau s'établit, lors d'une différence de pression partielle d'eau entre

le produit et son environnement. Dès le séchage de la viande, le transfert de chaleur implique l'évaporation de l'eau à la surface de la viande, dans un même temps, avec la migration de l'eau de l'intérieur de la viande, vers la surface. Cette dernière migration est un mécanisme basé, sur la diffusion. Selon Sharedeh, (2015), les meilleurs résultats de séchage sont obtenus par la combinaison : salage-séchage, la figure 13, illustre le cas du séchage d'un produit salé.



**Figure 13 :** Transferts de matière ; le cas du séchage d'un produit salé  
(Sharedeh, 2015)

Trois étapes interviennent, lors du séchage des aliments (Santchurn *et al.*, 2012) :

1. La période d'induction : début du séchage avec élimination rapide de l'eau ;
2. La période de séchage à vitesse constante : évaporation constante de l'eau à la surface du produit ;
3. La période de séchage au taux de chute : correspondant à l'élimination la plus difficile de l'eau en raison de sa lente diffusion vers la surface du produit).

Selon MbAwala (2010), lors du séchage de la viande, le taux d'évaporation est optimal, au premier jour du séchage, puis il diminue continuellement les jours suivants. Une perte de poids de 60 à 70 % est constatée avec trois ou quatre jours de séchage.

Deux types de facteurs influent sur le taux de séchage (Toldra, 2002) :

1. Facteurs extrinsèques : L'air chaud est caractérisé par sa température, son humidité relative et sa vitesse. Ce sont des facteurs clés qui déterminent le temps de séchage nécessaire, pour que la viande atteigne une teneur en eau et une  $A_w$  adéquates, en vue de la conservation du produit fini ;

2. Facteurs intrinsèques : Les caractéristiques intrinsèques de la viande, à savoir sa taille, sa forme, sa structure et sa composition ont une influence sur la durée nécessaire de séchage.

Selon Toldra, (2002), un pH bas favorise la perte d'eau, durant le séchage (viande fermentée par exemple, une viande ayant un pH bas est la plus appropriée d'être transformée en produit carné). La présence de gras dans la viande, tend à ralentir la vitesse de séchage, en raison de son effet barrière, sur le transfert d'eau. Le poids de la viande à sécher, peut étaler ou réduire le temps de séchage, également. La présence de moisissures sur la viande à sécher peut resserrer les pores, à la surface de la viande et par conséquent empêcher l'évaporation d'eau.

### **3.3. Modes de séchage**

Le séchage peut se faire de plusieurs façons. Selon, Santchurn *et al.*, (2012) ; Tom (2015), le critère de classification le plus utilisé repose, sur le mode de transfert de chaleur entre le produit à sécher et la source de chaleur. Ainsi, on distingue :

#### **3.3.1. Le séchage par convection**

Le produit est séché par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur. Il se produit un échange de chaleur et de matière entre le produit et son milieu environnant. Il représente plus de 85% des séchoirs industriels. Ce type de séchage est très utilisé dans le domaine agro-alimentaire.

#### **3.3.2. Le séchage Quick-Dry-Slice**

Il a été proposé pour les produits tranchés. Les saucisses par exemple, sont fermentées, puis congelées, ensuite coupées en tranches et séchées dans un système continu associant un séchage par convection et un séchage sous vide. Ce nouveau procédé a réduit le temps de séchage traditionnel à 30 minutes, sans aucun impact sur, la qualité des saucisses.

#### **3.3.3. Le séchage par micro-ondes**

Le transfert de chaleur s'effectue, du fait des propriétés diélectriques des matériaux. L'eau est très réceptive à ce type de chauffage. Les ondes pénètrent dans les matériaux et subissent une atténuation de puissance, liée au transfert. Ce type de séchage s'applique au séchage de la peinture, des adhésifs et au séchage sous vide, des produits pharmaceutiques.

### **3.3.4. Le séchage solaire (Séchage traditionnel de la viande)**

Le séchage solaire, est une des techniques les plus anciennes utilisées, pour la conservation de la viande, en particulier dans les pays africains. Il utilise l'énergie des rayonnements solaires, pour chauffer le produit. La viande (généralement assaisonnée) est coupée en lanières ou en morceaux. Ces pièces surélevées, sont exposées au soleil, sur des plateaux, suspendues à des crochets, des cordes, des branches d'arbre, des fils ou des câbles (FAO, 1990 ; Skandamis et Gounadaki, 2009). Selon Santchurn *et al.*, (2012) et Tom (2015), le séchage solaire est simple et peu coûteux, néanmoins, il présente quelques réserves : un temps de séchage plus long, une plus grande surface de séchage, un manque d'hygiène, et une forte dépendance aux conditions météorologiques. Pendant la saison des pluies, le séchage au soleil n'est pas suffisant, pour assurer la conservation complète de la viande, en raison d'une humidité relativement élevée et des fluctuations fréquentes de la température jour /nuit (Santchurn *et al.*, 2012).

Le séchage solaire peut être utilisé comme seule technique de conservation de la viande, pour la production de produits finis hautement déshydratés et stables au stockage. Mais il peut être combiné à d'autres techniques telles que le salage et le fumage.

### **3.4. Impacts du séchage sur la viande**

Les changements qui s'opèrent, dans la viande pendant le séchage sont étroitement liés à la nature chimique de la viande et aux opérations effectuées avant le séchage (salage, fermentation, par exemple), ainsi qu'aux conditions de traitement. La perte d'eau entraîne une diminution de l' $A_w$ , qui affecte à son tour, les réactions biochimiques et enzymatiques, survenant dans la viande (Skandamis et Gounadaki, 2009). Dans tous les cas, le séchage provoque des modifications physico-chimiques, et biochimiques entraînant une dénaturation des protéines, une oxydation de la matière grasse et des réactions de brunissement non enzymatique. La qualité microbiologique des viandes séchées est relativement bonne, en fin de séchage. Dans les paragraphes suivants, certains changements et impacts de séchage sur la viande seront présentés.

### 3.4.1. Impact du séchage sur les caractéristiques microbiologiques de la viande

La qualité microbiologique des produits carnés est hautement dépendante, des conditions du processus de séchage ainsi que de la flore microbienne présente initialement, dans la viande fraîche.

Le développement microbien est conditionné par de nombreux facteurs dont les principaux sont : l'Aw, la température, le pH, la présence d'oxygène, la disponibilité des nutriments, etc. L'Aw optimum pour la croissance des bactéries se situe, suivant les espèces, entre 0,990 et 0,995 (Ratisimba, 2012). D'ordinaire, on considère qu'une activité d'eau inférieure à 0,6 protège les produits contre les réactions de dégradation. La croissance des microorganismes est alors, inhibée et les enzymes sont inactivées (Tom, 2015). Au fur et à mesure du séchage, la prolifération microbienne ralentit et finit par s'arrêter, lorsque l'Aw minimal de croissance est atteinte. L'Aw recommandée pour la viande de boeuf séchée est de 0,85 ou moins, pour la stabilité (Tom, 2015). La flore initiale de la viande se modifiera, après les prétraitements, auxquels la viande est soumise (réduction, broyage, découpe, addition de sel, d'épices, etc.). Ces étapes de préparation de la viande au séchage aura tendance à la contamination de la viande. MbAwala *et al.*, (2010) ont analysé 24 échantillons de *Kilichi* (Produit traditionnel africain connu dans les zones sahéliennes d'Afrique Centrale et de l'Ouest) pimentés et non pimentés, afin d'évaluer la charge microbienne totale et d'identifier le type de germe. Les résultats ont montré que 33% et 50% des échantillons pimentés sont contaminés par *Bcillus cereus* et *Salmonella spp.* Une étude menée par Christieans *et al.*, (2014), a montré que dans la filière des produits de charcuterie séchés, les bactéries sporulées aérobies sont généralement contenues, dans les ingrédients tels que les épices, les herbes aromatiques ou les fruits secs. Leur étude a montré que la flore sporulée (*Bcillus subtilis/amyloliquefaciens*, *B. pumilus* et *B. licheniformis*) était présente, à un niveau important dans le *chorizo* (saucisson d'origine Ibérique : Espagne), dont l'origine de cette contamination était liée aux épices et aux piments utilisés pour son assaisonnement. Selon cette étude, cette population reste stable pendant le séchage et tout au long de la conservation du *Chorizo*. De nombreux produits carnés séchés subissent une fermentation spontanée. Les enzymes microbiennes jouent un rôle important dans le développement du pH acide, de la couleur et de la saveur. Les enzymes protéolytiques d'origine microbienne donnent lieu à une gamme de composés, contribuant au profil aromatique des produits carnés fermentés (Santchurn *et al.*, 2012).

L'altération des viandes séchées est inhabituelle et est principalement due à des insuffisances ou des défauts dans le processus de fabrication, à savoir et selon Skandamis et Gounadaki, (2009) :

- Un séchage prolongé de gros morceaux de viande, donc la formation de zones humides dans lesquelles la croissance des entérobactéries et des staphylocoques sont susceptibles de se produire ;
- Il est essentiel de veiller à un séchage de la viande, dans un rythme constant. La teneur en humidité de la viande séchée, à tout stade du traitement et du stockage doit être inférieure aux niveaux d'humidité de croissance microbienne. Une teneur d'humidité de 20% inhibe la plupart des bactéries, des levures et des moisissures. Un niveau d'humidité de 15% est nécessaire pour inhiber les espèces xérotolérantes de moisissures (Skandamis et Gounadaki, 2009) ;
- Un stockage dans des conditions humides peut engendrer une réhydratation de la viande séchée. Les viandes séchées doivent être placées, dans des films imperméables pour éviter leur réhydratation durant le stockage.

### **3.4.2. Impact du séchage sur les caractéristiques physicochimiques de la viande**

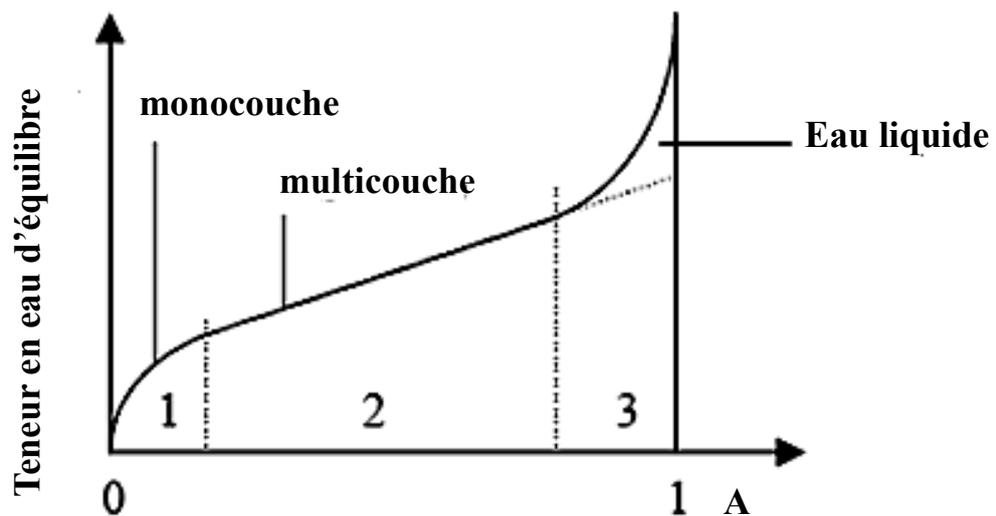
Les caractéristiques du produit fini sont en réalité, le résultat net, de l'effet combiné de toutes les étapes de traitement de la viande, y compris celui du séchage (Santchurn *et al.*, 2012).

#### **A) Teneur en eau (H%)**

Le séchage a pour but de réduire la teneur en eau, de la viande fraîche (70–75%), à une valeur comprise entre 12 à 15%. Lorsque le séchage est le seul processus de conservation et d'environ 28%, dès lors que le séchage est combiné à d'autres techniques de conservation tel que le salage (Ratsimba, 2012).

#### **B) Activité de l'eau (Aw)**

L'activité de l'eau (Aw) permet de mesurer la disponibilité de l'eau. Les isothermes de sorption sont des courbes qui représentent l'évolution de la teneur en eau d'équilibre, d'un produit en fonction de son Aw. Les isothermes de sorption présentent en général, 3 zones (Figure 14) correspond chacune, à un niveau de fixation de l'eau sur le produit (Tom, 2015 ; Agouninessouk, 2020) :



**Figure 14 :** Différentes zones des isothermes de sorption (Tom, 2015).

- **Zone 1** [ $A_w < 0,2$ ] : C'est la zone de la monocouche moléculaire, à la surface du produit. Les molécules d'eau, dans cette zone sont fortement liées aux groupements hydrophiles, par les forces de Van der Waals. Dans cette couche, l'eau est donc, fortement liée à la matrice (protéines, sel et globules gras), et par conséquent, indisponible pour participer aux réactions ;
- **Zone 2** [ $0,2 < A_w < 0,7$ ] : C'est la zone où d'autres couches sont superposées à la monocouche. Les molécules d'eau sont faiblement liées et se trouvent dans un état intermédiaire, entre solide et liquide. L'eau est liée par des liaisons hydrogènes, à ce qui l'entoure. Ces couches d'eau successives peuvent participer à quelques réactions biochimiques ;
- **Zone 3** [ $A_w > 0,7$ ] : Dans cette zone, l'épaisseur de la pellicule est suffisante pour que l'eau soit à l'état liquide, dans les pores du matériau : c'est la zone de l'eau liquide. L'eau est en faible interaction, avec la matrice. Elle est donc disposée à intervenir, dans des réactions physiques et biochimiques.

Selon Ratisimba, (2012), les aliments sont classés en trois catégories, en fonction de leur activité en eau ( $A_w$ ) et de leur teneur en eau (TE) :

1. Les aliments instables à haute teneur en eau :  $50 < TE < 100\%$  ;  $0,9 < A_w < 1$
2. Les aliments à teneur en eau intermédiaire :  $20 < TE < 50\%$  ;  $0,6 < A_w < 0,9$

3. Les aliments très stables à faible teneur en eau :  $0 < TE < 20\%$  ;  $0 < Aw < 0,6$

La viande se classe parmi les aliments à forte teneur, en humidité (Tom, 2015).

La réduction de l'activité d'eau ( $A_w$ ) de la viande jusqu'à une valeur de 0,6 (0,7–0,75) pour les produits carnés à humidité intermédiaire, est appelée valeur de sécurité (Safe value), empêchant le développement microbien (Santchurn *et al.*, 2012).

### 3.4.3. Impact du séchage sur les caractéristiques biochimiques de la viande

#### A) Dénaturation des protéines

Lors du séchage à l'air chaud, les protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires de la viande se dénaturent, ce qui entraîne une diminution de la capacité de rétention d'eau et de la capacité de réhydratation. Plus la température de l'air, pendant le séchage est basse, moins la perte de capacité de rétention d'eau sera importante et plus le degré de reconstitution est élevé.

À environ 60 – 65 °C, le collagène de la viande commence sa transformation en gélatine. Cependant, si la viande a subi une précuisson avant le séchage, le collagène sera transformé en gélatine qui, lors du séchage, formera des granules.

#### B) Formation de composés aromatiques

Certains composés aromatiques comprenant des hydrocarbures aliphatiques, des aldéhydes et des cétones sont également produits, à la suite de l'oxydation des lipides.

Les furanes, les composés soufrés et azotés sont produits par des réactions de Maillard. Les variations dans les méthodes et les conditions de séchage peuvent expliquer des différences de goût significatives, entre des produits similaires (Santchurn *et al.*, 2012).

#### C) Changement de la couleur

En général, pendant le séchage, la couleur de la viande passe du rouge au brun. En somme, la couleur de la viande commence à changer à 40 °C, passant de la couleur de la viande crue à un gris blanchâtre, puis à une teinte brunâtre (Santchurn *et al.*, 2012). Les hémoprotéines, qui sont des facteurs clés dans le développement de la couleur, commencent à se coaguler, à environ 65 °C. À des températures plus élevées, entre 67 et 79 °C, le bœuf devient intérieurement gris brunâtre foncé, en raison de modifications biochimiques de la myoglobine et de l'hémoglobine. Les dommages causés par la chaleur, pendant le séchage sont caractérisés par la rugosité et une saveur brûlée (Santchurn *et al.*, 2012). Contrairement au séchage à l'air chaud, donc à basse température, habituellement pratiqué pour le séchage de la viande, et dans l'intervalle de 3 à 7 °C, d'autres réactions biochimiques interviennent pour développer les

propriétés organoleptiques caractéristiques du produit traité à sec (Santchurn *et al.*, 2012). Selon Teixeira *et al.*, (2011), durant le processus du salage/séchage de la viande caprine, la couleur devient de plus en plus sombre et moins lumineuse.

#### **3.4.4. Autres impacts du séchage sur la viande**

En raison de la perte d'eau pendant le séchage, le muscle et le tissu conjonctif se rétractant, les morceaux de viande deviennent plus petits, plus minces et plus durs. La fusion de la graisse, lors du séchage à l'air chaud peut encore réduire le rendement en masse.

Le rétrécissement en volume de la viande s'accompagne d'un aspect ridé et d'une texture durcie. Le durcissement superficiel ou l'encroûtement est l'un des principaux problèmes pouvant survenir, lors du séchage des produits carnés. La couche de surface en croûte est plus dure et moins perméable que la partie interne du produit (FAO, 1990).

La perte d'eau entraîne automatiquement une concentration de solides secs ; Les teneurs en matières grasses, en protéines et en glucides augmentent, donc. D'autres changements peuvent se produire au niveau du pH de la viande et les teneurs en acides gras libres, etc., (Santchurn *et al.*, 2012). La saveur caractéristique de la viande fraîche disparaît au profit, d'un arôme particulier de la viande séchée (FAO, 1990).

Selon (Tom, 2015), l'objectif du séchage des produits carnés est non seulement d'augmenter la durée de conservation de la viande, mais aussi de leur conférer de nouvelles propriétés organoleptiques appréciées, par les consommateurs.

#### **4. Conclusion des impacts des procédés de salage et séchage sur la qualité de la viande**

Selon Durand *et al.*, (2012) ; Jeuge *et al.*, (2012), les procédés technologiques de transformation de la viande (Salage et séchage par exemple) améliorent la qualité microbiologique, en réduisant les flores pathogènes. Le faible taux de germes pathogènes tels que les anaérobies, les salmonelles, les staphylocoques et la disparition des coliformes au cours de séchage sont à retenir. Cependant, la présence d'une flore saprophyte (flore lactique) et des germes peu ou pas pathogènes est parfois inévitable.

Ils confèrent aussi aux produits carnés des qualités organoleptiques (odeur, flaveur et couleur), caractéristiques recherchées par le consommateur. Contrairement, à ces effets favorables, la transformation de viande en produits carnés, peut aussi générer une oxydation importante des lipides et des protéines de la viande, portant atteinte aux qualités sensorielles et nutritionnelles des produits. Ainsi, il a été montré que l'oxydation des lipides, en particulier des acides gras polyinsaturés (AGPI), vont conduire à une perte, plus ou moins importante de leurs

biodisponibilités. Selon Jeuge *et al.*, (2012), comme les lipides, les protéines du muscle peuvent subir des réactions d'oxydation pouvant avoir des effets délétères, sur la qualité de la viande. L'initiation de l'oxydation des protéines des produits carnés semble être tributaire, de la présence de produits primaires et secondaires de l'oxydation des lipides en particuliers, des hydroperoxydes et des aldéhydes. Selon des études récentes, les protéines les plus sensibles à l'oxydation sont les protéines contenant des acides aminés soufrés. La lysine étant un acide aminé essentiel, son oxydation conduit à une perte de la valeur nutritionnelle des produits carnés (Jeuge *et al.*, 2012). Selon Jeuge *et al.*, (2012), pour maîtriser le problème d'oxydation de la viande durant le salage, la saumure, par exemple peut être complétée d'ascorbate. Il convient également de maîtriser la pression partielle en oxygène de l'emballage de façon à limiter son contact avec les produits carnés.

# ***Matériel et Méthodes***

## **Préambule**

L'objectif global de notre travail est l'étude du procédé de préparation artisanal et des caractéristiques d'un produit carné traditionnel El Gueddid.

Les objectifs spécifiques consistent à :

- Décrire le procédé traditionnel de préparation d'El Gueddid afin de dégager son diagramme type d'élaboration ;
- Recueillir des informations relatives aux modes de consommation de ce produit ;
- Suivre l'évolution de certains paramètres physicochimiques, biochimiques et microbiologiques d'El Gueddid durant son processus de préparation afin d'avoir connaissance des mécanismes qui participent à l'élaboration de ses qualités organoleptiques, sanitaires etc. ;
- Connaître la composition chimique d'El Gueddid ;
- Établir son profil sensoriel.

Pour atteindre nos objectifs, nous avons adopté la démarche suivante :

### **A) Caractérisation d'El Gueddid par enquête de terrain**

Dans cette partie, les points suivants seront détaillés :

- Cadre de l'étude (Caractéristiques biophysiques et socio-économiques de la zone d'étude) ;
- Population cible ;
- Type d'étude ;
- Élaboration du questionnaire ;
- Pré-enquête ;
- Déroulement de l'enquête.

Une pré-enquête a d'abord été réalisée en juin 2014 et septembre 2015 pour recueillir les informations devant servir à établir les fiches d'enquêtes ou le questionnaire. Et l'enquête proprement dite a été réalisée entre 2018 et 2019.

## B) Caractérisation expérimentale d'El Gueddid

La caractérisation d'El Gueddid a été effectuée par quatre types d'analyse :

1. Le premier type d'analyse s'intéresse à la détermination des caractéristiques physico-chimiques d'El Gueddid. Ces analyses ont été effectuées, au niveau du laboratoire des Biotechnologies et Qualités des Aliments *BioQuAL* (Équipe Marqueurs des Qualités des Viandes *MaQuaV*), à l'Institut de Nutrition d'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaire (INATAA), les laboratoires pédagogiques de l'INATAA, entre 2014 et 2015 et le laboratoire de technologies alimentaires à l'institut National de Nutrition et de Technologies Alimentaires de Tunis, en avril 2018.

Les analyses physico-chimiques ont concerné :

- pH ;
- Teneur en eau ;
- Activité d'eau ( $A_w$ )
- Cendres ;
- Chlorure de Sodium (NaCl) ;
- Protéines ;
- Lipides totaux ;
- Profil en acides gras ;
- Indice de peroxyde ;
- Acidité libre.

2. Le second type d'analyse concerne les paramètres biochimiques, à savoir, l'identification des protéines. Une mise en évidence de la protéolyse par électrophorèse, d'une spectrométrie de masse, pour une meilleure identification a été également effectuée.

Les analyses biochimiques préliminaires, ont été effectuées, au niveau du laboratoire *BioQuAL* à l'INATAA entre 2014 et 2015, puis au niveau de l'Institut d'Agrochimie et Technologies Alimentaires de Valencia (IATA), CSIC, Espagne en 2015.

3. Le troisième type d'analyse a porté sur les aspects microbiologiques d'El Gueddid où il a été surtout question, d'identifier son écologie microbienne. De ce fait, la nature et l'importance de la charge microbienne, ainsi son évolution, durant la préparation et l'affinage d'El Gueddid ont été déterminés, pour comprendre l'action du séchage et du salage sur le profil microbiologique de ce produit. Les flores recherchées sont : La Flore Aérobie Mésophile Totale, les coliformes

totaux, les bactéries lactiques, les levures et moisissures, les Salmonelles et les staphylocoques. Le laboratoire *BioQuAL* a servi de cadre pour ces analyses microbiologiques entre 2014 et 2015.

4. Le quatrième type d'analyse concerne l'évaluation sensorielle d'El Gueddid. L'établissement du profil sensoriel d'El Gueddid a été fait, via un test de description des attributs sensoriels suivants : l'aspect visuel (couleur marron), tendreté, goût salé, goût gras, goût de rance, odeur, appréciation globale. Cette analyse a été réalisée en 2020.

## **1. Caractérisation d'El Gueddid par enquête**

### **1.1. Buts de l'enquête**

Notre enquête menée sur terrain avait pour objectifs :

1. Identifier le procédé traditionnel d'élaboration d'El Gueddid, depuis la matière première jusqu'au produit fini, et déterminer les ingrédients entrant dans sa préparation et des différentes étapes ;
2. Dégager le diagramme de préparation traditionnel d'El Gueddid, à l'issue des données obtenues ;
3. Recueillir des informations relatives aux modes de consommation et des moyens de conservation d'El Gueddid.

Pour le bon déroulement de l'enquête et le suivi du procédé de préparation d'El Gueddid, nous avons utilisé les outils suivants :

- Des fiches d'enquête (questionnaire) comme outil principal pour la collecte des informations ;
- Une balance ménagère d'une portée de 5Kg et d'une précision de 25g a été utilisée pour la pesée de la matière première et des ingrédients qui entrent dans la préparation d'El Gueddid ;
- Un appareil photo numérique (Fujifilm) pour la prise de photos, dans le cadre de ce travail.

## **1.2. Zone d'étude**

L'enquête s'est déroulée dans 21 wilayas de l'Algérie, s'étalant surtout dans le Nord-est algérien (16 wilayas) à savoir : Batna, Constantine Souk-Ahras, Jijel, Sétif, Mila, Guelma, Bordj-Bou-Argeridj, Skikda, Oum-Bouaghi, Annaba, Khenchela, Bouira, Béjaïa, Tizi Ouzou et Biskra. Ces régions ont été choisies pour leur commodité d'accès (régions proches de la wilaya de Constantine) ainsi que pour leur popularité concernant la préparation et la consommation d'El Gueddid. D'après l'enquête réalisée par Boudechicha (2014), El Gueddid est un des produits carnés traditionnels les plus populaires chez les Algériens. Cependant, son appellation diffère, selon les régions ainsi que son procédé de fabrication. Donc et afin de recueillir un maximum d'informations, sur les recettes de préparation d'El Gueddid, cinq wilayas du Sud algérien ont fait aussi l'objet de cette enquête, à savoir : Ghardaïa, Adrar, Illizi, Ouargla et Tamanrasset.

### **1.2.1. Caractéristiques biophysiques de la zone de l'étude**

**Nord-est algérien :** Cette zone s'étend, sur une superficie estimée à 128 187 km<sup>2</sup>, soit (5 %) de la superficie totale. Elle regroupe 17 wilayas ; du littoral jusqu'à l'Atlas saharien, en passant par l'Atlas Tellien, et les hautes plaines constantinoises (Ghennai, 2014).

L'Est-algérien se caractérise par un climat, des plus variés de la région. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale, variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des hautes plaines et au-delà 6 mois, au niveau de l'Atlas saharien. Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle. Les moyennes pluviométriques annuelles varient avec moins de 25 mm dans les régions sahariennes, et à plus de 1500 mm dans certaines localités du nord (Jijel). Elles diminuent, progressivement du Nord au Sud.

Le littoral est caractérisé par de fortes précipitations (supérieures à 900 mm) dans la zone montagneuse Nord-ouest, allant de Béjaïa à Collo (Ghennai, 2014).

La moyenne des températures minimales du mois le plus froid, se situe entre 0 °C et 9 °C dans les régions littorales et entre -2 °C et + 4 °C dans les régions semi-arides et arides.

La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud oscille, avec la continentalité, de 28 °C à 31 °C sur le littoral, de 33 °C à 38 °C dans les hautes plaines steppiques et supérieure à 40 °C dans les régions sahariennes (Ghennai, 2014).

**Sud algérien :** Couvre 84 % de la superficie de l'Algérie soit environ 2 millions de km<sup>2</sup>. Le Sahara se distingue par une aridité extrême, interrompue de temps à autre par des pluies exceptionnelles et imprévisibles. L'amplitude thermique, à la fois entre le jour et la nuit, est saisonnière et très importante, dans ces régions. Elle a une incidence directe sur les activités

agricoles (ONS, 2015). Les températures sont très variables entre le jour et la nuit. Le thermomètre indique des variables entre 40 °C le jour et 5 °C la nuit. La température est de 15 à 28 °C en hiver, pour atteindre 40 à 45 °C, voire plus, en été. Les régions du Sahara sont caractérisées par un climat aride et sec, la quantité moyenne annuelle de pluie est de 20 mm.

### 1.2.2. Caractéristiques socio-économiques de la zone de l'étude

Le tableau 3, montre quelques caractéristiques des différentes wilayas de la zone d'étude.

**Tableau 3 : Quelques caractéristiques des wilayas de l'étude**

(<http://www.andi.dz/index.php/fr/statistique/demographie-algerienne-2017>.  
Consulté le 05/01/2021)

Wilayas	Superficie (km <sup>2</sup> )	Ménages	Population		
			Masculin	Féminin	Totaux
Batna	12 192	187 304	568 941	559 089	1 128 030
Béjaïa	3 268	156 171	467 273	448 563	915 836
Constantine	2 187	173 948	471 540	471 571	943 111
Souk-Ahras	4 541	81 491	220 128	220 172	440 300
Jijel	2 577	98 758	319 551	314 860	634 411
Sétif	6 504	244 316	759 596	736 554	1 496 150
Mila	3 407	125 583	387 675	380 743	768 418
Guelma	4 101	94 097	242 213	240 048	482 261
Bordj-Bou-Arredj	4 115	103 182	323 776	310 620	634 396
Tizi-Ouzou	2 992,96	196 556	561 133	558 513	1 119 646
Skikda	4 026	150 842	454 753	449 442	904 195
Bouira	4454	112 875	352 410	342 339	694 749
Oum Bouaghi	7 638	111 475	325 009	319 355	644 364
Annaba	1 439	122 519	320 259	319 791	640 050
Khenchela	9 811	67 722	193 942	190 326	384 268
Biskra	2 167,20	113 121	366 691	363 571	730 262
Ghardaïa	86.560	55 714	191 407	184 581	375 988
Adrar	427 000	68 741	205 382	196 815	402 197
Tamanrasset	619360	33 043	101 760	96 930	198 690
Ouargla	211 980	85 713	279 508	273 031	552 539
Illizi	284,618	10 294	29 356	25 134	54 490

L'analyse de l'urbanisation, selon les régions du pays montre des déséquilibres persistants dans la répartition des agglomérations urbaines. En effet, 63,5 % sont situées au Nord du pays, 27,4 % dans les hauts plateaux et seuls 9,1% dans le Sud (ONS, 2015).

Pour l'agriculture, les principales cultures algériennes sont, les céréales (33%), l'arboriculture (6%), les fourrages (6%) et les cultures maraîchères (3%). Les principales productions végétales sont le blé et les pommes de terre.

L'élevage des ruminants, principalement les quatre espèces : ovine, caprine, bovine et cameline, est un des secteurs clé de l'agriculture algérienne. Sur un total de 23 936 762 têtes en 2003, 78,28 % de l'effectif étaient des ovins, 14,20 % des caprins, 6,11 % des bovins et 1,39 % des camelins. L'espèce ovine, est la plus conséquente, en effectif (environ 18 millions de têtes), répartis sur toute la partie nord du pays, avec une plus forte concentration dans la steppe et les hautes plaines semi arides. Il existe aussi des populations dans le Sahara. Au nord, les élevages sont estimés à 26% ; 48% et 27% respectivement d'ovin, de caprin et de dromadaire. L'effectif bovin ne représente que 3% du cheptel national. D'autre part, la zone sud du Sahara est caractérisée par la dominance d'élevage de dromadaire avec 59,3%, de l'effectif national, les caprins avec 17% du total de cheptel, très développés dans cette zone comparativement à celui de l'ovin, moins adapté, aux régions à climat très chaud, avec 4,1% de l'effectif total, et l'élevage bovin qui est pour sa part négligeable, ne représente que 0,5% du total, à l'échelle nationale (<https://agronomie.info/fr/origine-de-lovin-en-algerie>).

### **1.3. Population cible**

Nous avons dirigé notre enquête aux femmes, nous avons jugé qu'elles sont plus aptes à répondre à nos questions. Les femmes interrogées ont reçu des explications sur le but de notre étude afin de les convaincre à répondre à nos questions.

Pour une meilleure compréhension des étapes d'élaboration d'El Gueddid, nous avons suivi le procédé traditionnel de préparation d'El Gueddid, en se servant d'une balance ménagère, lors des visites de trois ménages dans la wilaya de Constantine. Le choix de ces ménages s'est basé sur un certain nombre de critères, à savoir la disponibilité des femmes préparatrices d'El Gueddid et l'esprit collaboratif de ces ménages.

### **1.4. Type d'étude**

Pour notre objectif, il nous a semblé utile et plus approprié d'opter pour une enquête transversale à visé descriptive, avec comme principal outil, un questionnaire traduit en arabe (Annexe 1).

### 1.5. Élaboration du questionnaire

L'enquête a été réalisée à travers un entretien appuyé par des fiches d'enquête ou questionnaire (Annexe 1). Nous avons élaboré un questionnaire qui comportait deux parties :

- 1) La première partie comprenait des renseignements sur les femmes interrogées (âge, wilaya, situation familiale, niveau d'instruction, activité) ;
- 2) La deuxième partie concernait des questions relatives aux indications, sur la préparation d'El Gueddid, depuis la matière première jusqu'au produit fini (ingrédients et étapes de préparation) d'une part. D'autre part, des questions sur le mode de consommation d'El Gueddid et les moyens de conservation, etc., ont été posées.

Le choix des cinq variables sociogéographiques, citées plus haut, de même que d'autres variables liées, à la préparation et à la consommation d'El Gueddid est basé sur les différentes études menées sur la consommation et la préparation de certains produits carnés traditionnels (Ratsimba, 2012 ; Andriamampiana, 2012 ; Escribá-Pérez *et al.*, 2017).

### 1.6. Pré-enquête

Pour tester le questionnaire élaboré, nous avons réalisé une pré-enquête qui nous a permis d'apporter les modifications suivantes :

- Écarter certaines questions inutiles ;
- Reformuler certaines questions paraissant ambiguës ;
- Insérer des questions et quelques propositions dans le cas des QCM (Question à choix multiples).

### 1.7. Déroulement de l'enquête

Le questionnaire a été traduit en arabe pour faciliter le contact avec les femmes enquêtées. L'interview a été utilisée comme outil pour la collecte des informations.

Les questions ont été posées aux femmes, faisant suite, à un bref moment d'explication, sur l'intérêt de notre travail.

La pré-enquête a été réalisée en juin 2014 et septembre 2015. Et l'enquête proprement dite s'est déroulée entre 2018 et 2019.

Au cours du suivi du procédé traditionnel d'élaboration d'El Gueddid, notre intérêt s'est porté sur l'identification des différentes étapes de préparation d'El Gueddid, la pesée des ingrédients associés à son élaboration, et muni d'une balance ménagère d'une portée de 5 Kg et d'une précision de 25g. La durée des différentes étapes, les facteurs influençant la qualité de

produit fini, et les conditions d'hygiène, dans le processus de préparation d'El Gueddidi ont également été notés.

### 1.8. Analyses statistiques des résultats de l'enquête

La saisie des données de l'enquête a été réalisée avec un tableur Excel (Microsoft Excel 2013). Nous avons effectué une analyse descriptive des variables recueillies. Nous avons calculé les moyennes et les fréquences. Le Test de Khi-deux a été utilisé pour vérifier si certaines variables sont dépendantes ou pas et avoir ainsi une vue globale sur l'association de ces variables.

Le seuil de signification statistique a été fixé à 5%. Les analyses statistiques ont été réalisées, à l'aide du logiciel Microsoft Excel XLSTAT version 2014.5.03 (Addinsoft).

## 2. Caractérisation expérimentale d'El Gueddidi

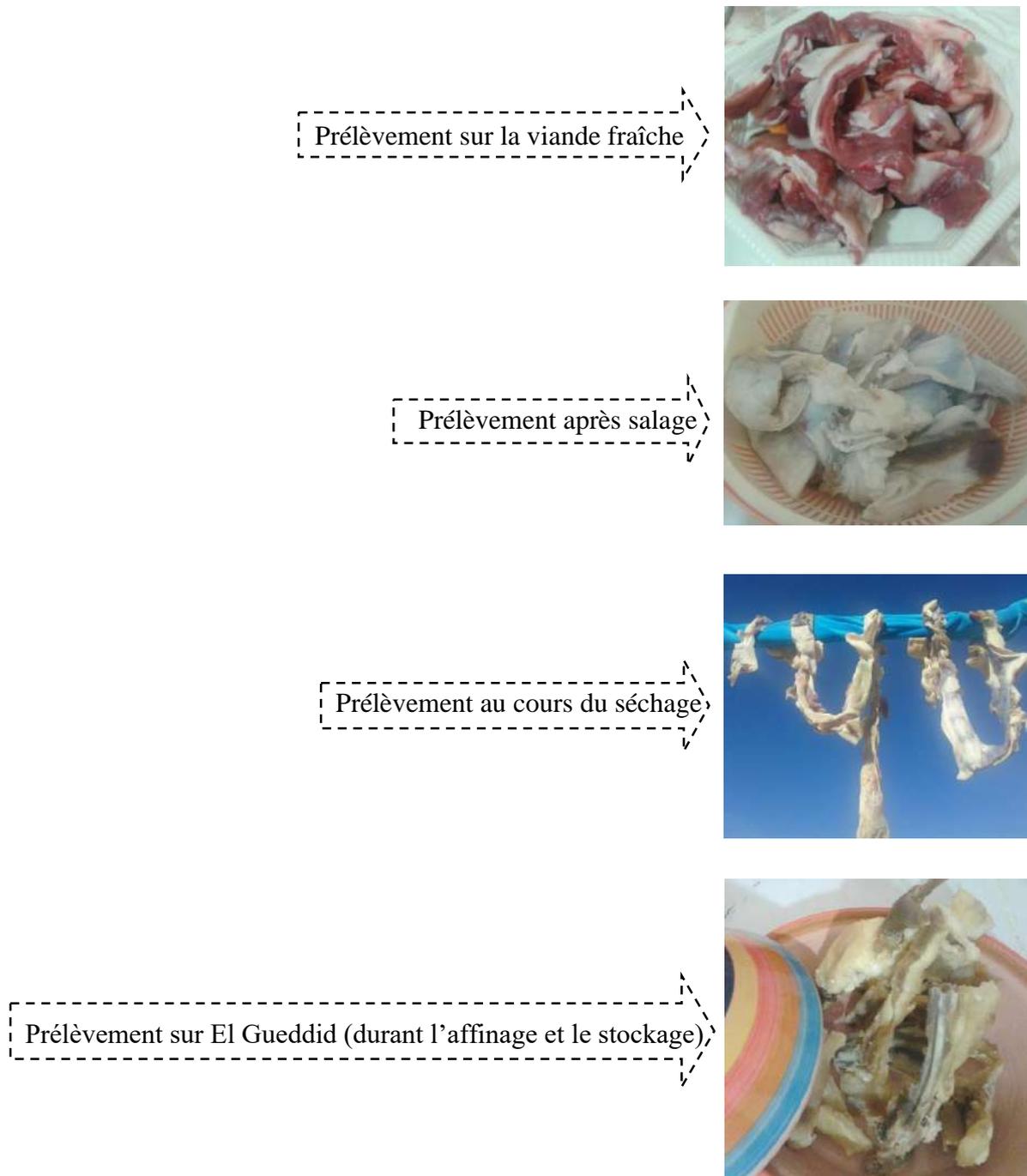
### 2.1. Échantillonnage

Les échantillons d'El Gueddidi, ainsi que la viande fraîche ayant servi à sa préparation (viande d'agneau, la partie de la carcasse utilisée : le flan à 48 h *post-mortem*) ont été fournis par trois ménages, dans la wilaya de Constantine. Ces échantillons sont collectés et conservés dans une glacière puis transportés au laboratoire pour analyse.

Dans le but de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et biochimiques, les échantillons ont été prélevés au niveau de 4 stades d'élaboration d'El Gueddidi à savoir (figure 15) :

- Pour les analyses physico-chimiques : le pH et la teneur en eau, les points de prélèvement sont les suivants : La viande fraîche (48h *post-mortem*), après salage (2<sup>e</sup> jour), durant le séchage (3, 6, 9, et 12<sup>e</sup> jours), durant l'affinage et le stockage (15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, et 45<sup>e</sup> jours) ;
- Pour les analyses microbiologiques, les points de prélèvements sont les suivants : La viande fraîche (48h *post-mortem*), après salage (2<sup>e</sup> jour), durant le séchage (3, et 6<sup>e</sup> jours), durant l'affinage et le stockage (15, et 18<sup>e</sup> jours) ;
- Pour les analyses biochimiques (protéolyse), les points de prélèvements sont les suivants : Durant le séchage (9, et 12<sup>e</sup> jours), durant l'affinage et le stockage (15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, et 45<sup>e</sup> jours) ;
- Pour l'analyse sensorielle, 3 échantillons d'El Gueddidi (G1, G2, G3), à trois temps de préparation à savoir : G1= Gueddidi juste après le séchage, G2= Gueddidi d'un mois de conservation, G3= Gueddidi d'un an de conservation ;
- La composition chimique d'El Gueddidi a été réalisée sur G2 et G3.

La caractérisation expérimentale d'El Gueddid a nécessité 7 productions d'El Gueddid. Toutes les analyses ont été réalisées en triplicatas.



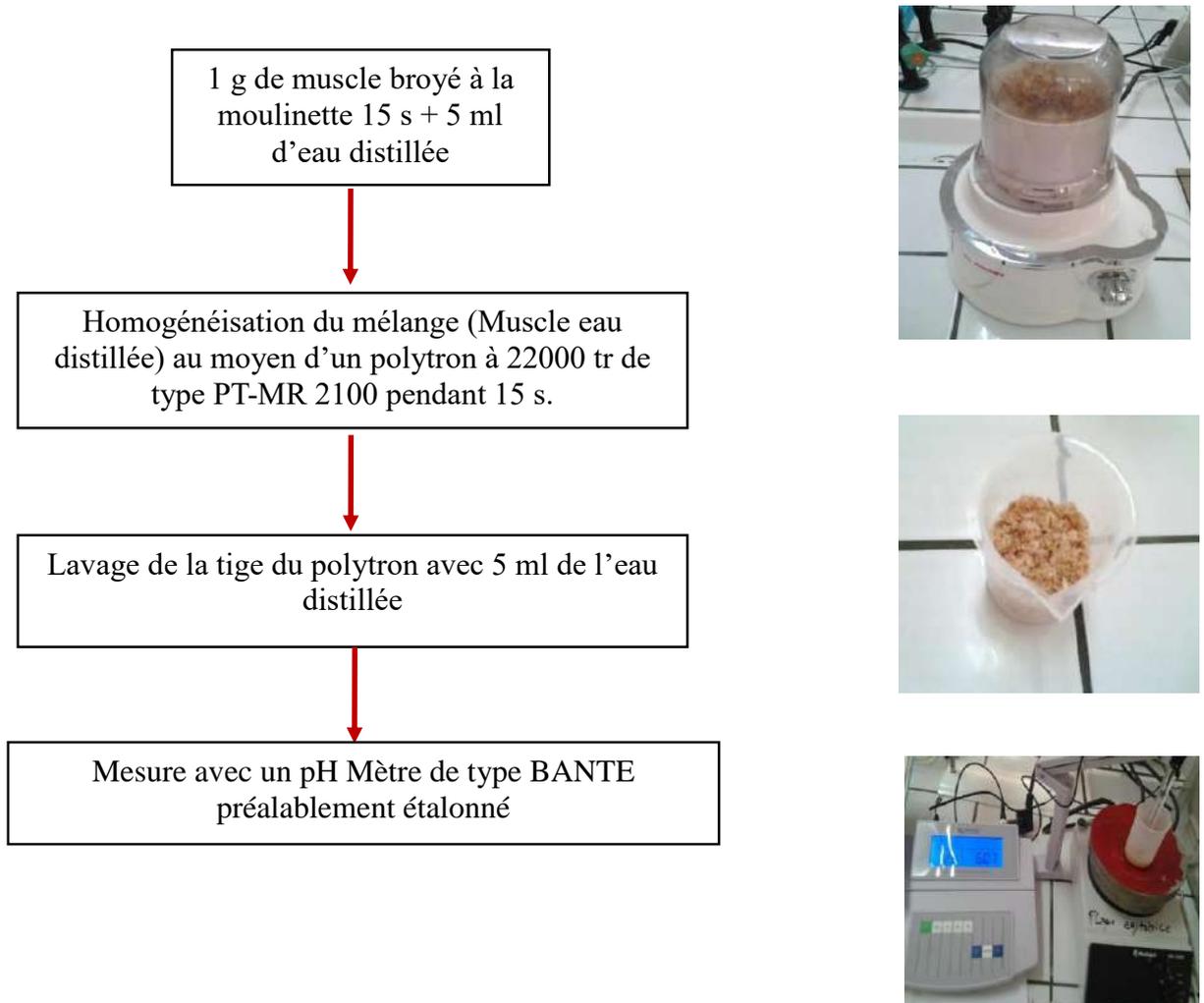
**Figure 15** : Points de prélèvements effectués pour les différentes analyses

## 2.2. Paramètres physicochimiques mesurés

### 2.2.1. pH

Le pH des échantillons d'El Gueddid est mesuré avec un pH-mètre digital préalablement étalonné (BANTE). 1 g de muscle broyé est homogénéisé avec 10 ml de l'eau distillée dans un polytron, à 22000 rpm (PT-MR 2100), pendant 15 secondes (Lorenzo, *et al.*, 2008).

Les résultats seront exprimés en moyenne  $\pm$  écart type (Figure 16).



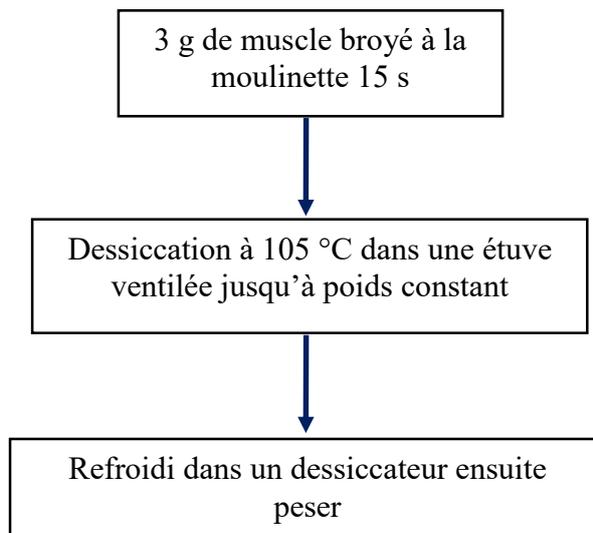
**Figure 16 :** Schéma de mesure du pH (Lorenzo, *et al.*, 2008).

### 2.2.2. Teneur en eau

La teneur en eau est mesurée en faisant un séchage de ( $P_1$ ) 3 g  $\pm$  0.1g de muscle broyé à 105°C dans une étuve ventilée (Marque Memmert), jusqu'à l'obtention d'un poids constant, L'échantillon séché est refroidi dans un dessiccateur pendant 1heure ensuite pesé ( $P_2$ ) (AOAC, 2000). La teneur en eau de l'échantillon est donnée selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en eau (\%)} = [(P_1 - P_2) / P_1] \times 100$$

Le schéma de la mesure de la teneur en eau est donné par la figure suivante :



**Figure 17** : Schéma de mesure de la teneur en eau (AOAC, 2000).

### Calcul :

La vitesse de chute de pH et celle de la teneur en eau (humidité), durant la phase de séchage et d'affinage d'El Gueddid ont été calculées, selon la formule suivante :

$$\text{Vitesse de chute du paramètre en unités /jour} = (V_f - V_i) / \text{nombre de jours.}$$

Avec :

$$V_f = \text{Valeur finale du paramètre} \quad V_i = \text{Valeur initiale du paramètre}$$

### 2.2.3. Activité d'eau ( $A_w$ )

L'activité de l'eau correspond au rapport, entre la pression partielle de la vapeur d'eau d'un composé et la pression de la vapeur d'eau pure à même température.

L'activité de l'eau a été déterminée, en utilisant un appareil de mesure de l'Aw de type *ro-tronic hygrolab* N°serie: 47280006. Il s'agit d'un analyseur multi-canaux, pour Aw. L'échantillon est placé, entassé, dans la capsule. L'activité de l'eau est affichée directement sur l'appareil.

#### 2.2.4. Teneur en sel (NaCl)

Le sel est un ingrédient essentiel dans le traitement des viandes. Il présente de nombreux avantages technologiques, telles que la conservation et l'amélioration du goût.

La teneur en sel a été déterminée par dosage des ions chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), suivant la méthode de Mohr (AOAC, 2000)

##### a. Principe

Le principe est basé sur la précipitation différentielle de deux anions :  $\text{Cl}^-$  et  $(\text{CrO}_4)^{2-}$ , par l'ajout d'une solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ). L'indicateur coloré utilisé est le chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ).

##### b. Mode opératoire

- Homogénéisation de 25 g de la prise d'essai, dans 250 ml d'eau distillée ;
- Prélever 20 ml du filtrat ;
- Ajouter 20 ml d'acide nitrique 4N ;
- Ajouter 20 ml de solution de nitrate d'argent 0.1N ;
- Ajouter quelques gouttes de solution de  $(\text{K}_2\text{CrO}_4)$  ;
- Chauffer et laisser 15min sur plaque chauffante à 250°C, jusqu'à apparition de particules blanches ;
- Laisser refroidir à température ambiante ;
- Ajouté 1 ml d'alun de fer et titrer avec thiocyanate de potassium 0.1 N, jusqu'à l'apparition d'une légère coloration rouge brune.

##### c. Expression des résultats

$$\text{Chlorures totaux en \% (g/100g)} = \frac{V_1 - V_2}{P} \times 0,585$$

Avec :

- $V_1$  : Volume de Nitrate d'argent 0.1N ( $V_1=20$  ml)
- $V_2$  : Volume de thiocyanate de potassium 0.1N versé en ml
- P : Prise d'essai en g.

### 2.2.5. Teneur en matière minérale (Cendres totales)

Les cendres totales ou la teneur en matière minérale sont le résidu de composés minéraux qui subsiste après calcination d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique.

La teneur en cendres a été déterminée, par incinération de  $1\text{g} \pm 0.1\text{g}$  de muscle préalablement broyée, dans un four à moufle à  $550^\circ\text{C}$ , pendant 6 heures jusqu'à blanchissement des résidus (AOAC, 1990). Les cendres contenues dans les creusets en porcelaine sont transférées dans un dessiccateur ensuite pesées par une balance analytique.

La teneur en cendres est calculée par la formule suivante :

$$\text{Cendre (\%)} = [(P_2 - P_0) / (P_1 - P_0)] \times 100$$

Avec:

$P_0$  = poids du creuset vide.

$P_1$  = poids du creuset + l'échantillon.

$P_2$  = poids du creuset + l'échantillon après incinération.

### 2.2.6. Teneur en protéines

La teneur en protéines est effectuée par la méthode de référence de Kjeldahl (1883), selon la méthode AOAC (2000). Cette méthode consiste à doser l'azote contenu, dans l'échantillon. La teneur en protéines sera déduite de la teneur en azote. Cette dernière est multipliée par le coefficient de conversion 6.25 (Godon, 1991 cité par Andrimamplanina, 2012).

La minéralisation du produit par chauffage avec de l'acide sulfurique concentré, en présence d'un catalyseur entraîne la transformation de l'azote organique en azote minéral, sous forme ammoniacale  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Après alcalinisation des produits de la réaction, l'ammoniac libéré est distillé puis recueilli dans une solution d'acide borique et titré par une solution d'acide sulfurique.

La minéralisation du produit (1g de prise d'essai) se fait par chauffage, à de l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentré (20 ml de l'acide sulfurique à  $420^\circ\text{C}$  pendant 4 heures), en présence d'un catalyseur (sélénium), puis l'alcalinisation des produits de la réaction (par une base forte le NaOH, 6 N), ensuite la distillation de l'ammoniac libéré qui, recueilli dans une solution d'acide borique, est titré par une solution de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0.1 N).

**Expression des résultats**

$$N \% = (E-E') \times V/V' \times 0.05 \times 1.4 / PE$$

Avec :

E : Volume de l'échantillon (lu sur la burette).

E' : Volume de témoin (lu sur la burette).

V : Volume de la solution d'extraction (100 ml)

V' : Volume prélevé pour distillation.

PE : Poids de la prise d'essai (1g).

**2.2.7. Teneur en lipides totaux**

La teneur en lipides a été déterminée selon la méthode de Soxhlet (ISO, 1996). L'hexane est utilisé comme réactif, pour l'extraction des lipides.

Le mode opératoire consiste à l'extraction d'une prise d'essai (Pe = 3g) à l'hexane, par percolation, à 140 °C pendant 1 heure, suivie d'une élimination du solvant par évaporation. Enfin, s'ensuit une dessiccation du résidu à l'étuve et la pesée de celui-ci.

La proportion des lipides totaux contenus dans l'échantillon est exprimée par :

$$\text{Teneur en lipides (\%)} = P_1 - P_0 / P_e \times 100$$

Avec:

Pe : Masse de la prise d'essai (g)

P<sub>0</sub> : Masse des ballons vide (g)

P<sub>1</sub> : Masse des ballons + les lipides (g).

**2.2.8. Profil en acides gras****a. Méthylation des acides gras**

La composition en acides gras est déterminée, par analyse de leurs esters méthyliques. Ces esters méthyliques sont analysés par chromatographie en phase gazeuse selon la méthode au BF<sub>3</sub>/méthanol. Le trifluorure de bore (BF<sub>3</sub>) est utilisé comme réactif de transméthylation, dans la préparation des esters méthyliques des acides gras des lipides totaux (Balla et Baragé, 2008).

La méthylation des acides gras a été effectué, selon la méthode de Metcalfe *et al.*, (1966) cité par (Toumi, 2018). Environ 150 mg de l'extrait lipidique ont été mélangés avec 4 ml de NaOH dans 0.5 mole de méthanol et chauffés dans un bain-marie à 100°C jusqu'à dissolution des globules gras (Environ 5 min).

On incorpore par la suite 5 ml de BF<sub>3</sub> (12%) dans du méthanol et on chauffe le mélange pendant 2 min. Après refroidissement, on ajoute 5 ml d'une solution saturée de chlorure de sodium. Le mélange est transféré dans un entonnoir de séparation, avec 20 ml d'éther de pétrole.

L'entonnoir est vigoureusement agité pendant 1 min puis laissé au repos, pour la séparation des phases. La phase aqueuse est éliminée et la phase étherée est filtrée, dans un ballonnet. Le solvant est évaporé, dans un bain-marie à 60°C. Le solvant résiduel est éliminé avec un écoulement d'azote à température ambiante. Les esters méthyliques sont solubilisés dans un n heptane avant injection dans le chromatographe en phase gazeuse.

#### **b. Chromatographie en phase gazeuse (CPG)**

L'analyse des esters méthyliques est réalisée par CPG, à l'aide du chromatographe HP 6890 équipé d'un passeur/injecteur automatique et d'un détecteur à ionisation de flamme.

Le chromatographe est piloté, à l'aide du logiciel WNILAB III selon la méthode décrite par Scsowski *et al.*, (2005) cité par Toumi (2018). La séparation des acides gras est réalisée sur une colonne capillaire de type CP-Sil 88 de 100 mm de long, 0.25 mm de diamètre interne et 0.20 µm d'épaisseur, de phase stationnaire. Le four était maintenu à 185 °C et les températures de l'injecteur et du détecteur étant toutes deux, à 250°C. On utilise le lithium comme gaz porteur avec un débit de 1 ml/min, le rapport de division est de 1 :100.

L'identification des acides gras est établie, par comparaison de leurs temps de rétention avec ceux des échantillons standards. Les résultats seront exprimés en % des acides gras totaux.

### **2.2.9. Caractéristiques chimiques de la matière grasse**

#### **2.2.9.1. Indice de peroxyde**

Parmi les méthodes d'analyse de l'état d'oxydation des viandes, l'indice de peroxyde permet de quantifier les hydroperoxydes d'acides gras présents dans la matière grasse analysée.

Ces composés sont les produits primaires de l'oxydation des lipides (Jeuge *et al.*, 2012). En présence d'oxygène de l'air, les acides gras insaturés (provenant de l'hydrolyse des triglycérides) s'oxydent en donnant des peroxydes. Ce phénomène a lieu, au cours du stockage, dans de mauvaises conditions, c'est le rancissement. La détermination de la quantité des peroxydes d'un corps gras indique son état d'altération par oxydation. Cette oxydation est inéluctable. On peut juste la retarder sachant que les facteurs d'oxydation sont ; la chaleur, la lumière et l'oxygène (Kpoviessi *et al.*, 2004).

Par définition, l'indice de peroxyde d'un corps gras est le nombre de milliéquivalent d'oxygène actif par kilogramme de matière grasse. Il est mesuré afin d'évaluer le degré

d'oxydation de la matière grasse, il constitue un paramètre de qualité des graisses alimentaires. Un indice de peroxyde élevé détermine une matière grasse oxydée (Noumi *et al.*, 2011).

#### a. Principe

La matière grasse est mise en solution dans un solvant (acide acétique -chloroforme), par une solution d'iodure de potassium (KI). L'excès de réactif est transformé en iode et titré par le thiosulfate de sodium, en présence d'empois d'amidon, jusqu'à décoloration (Norme ISO 3960).

#### b. Mode opératoire

- Dans un Erlen Meyer, faire dissoudre 5 g de prise d'essai dans 25 ml du mélange solvant : (15 ml d'acide acétique + 10 ml de chloroforme) et 1ml d'iodure de potassium ;
- Boucher aussitôt l'Erlen Meyer, agiter pendant 1 mn et laisser 5 mn à l'abri de la lumière ;
- Ajouter 75 ml d'eau distillée, et titrer l'iode libérée par une solution de thiosulfate de sodium 0.02N, en agitant vigoureusement en présence d'empois d'amidon 0.5 à 1%, récemment préparé ;
- Effectuer parallèlement, et de la même façon un essai à blanc, sans corps gras.

#### c. Expression des résultats

L'indice de peroxyde est donné par la formule suivante :

$$Ip (\%) = (V_1 - V_0) \times C / m \times 100$$

Avec :

$I_p$  : Indice de peroxyde

$V_1$  : le volume de thiosulfate de sodium (en ml) nécessaire pour le dosage

$V_0$  : le volume de thiosulfate de sodium (en ml) nécessaire pour l'essai à blanc

$C$  : la concentration de la solution de thiosulfate de sodium (en mol/l)

$m$  : La masse de la prise d'essai (en g).

### 2.2.9.2. Acidité libre

#### a. Principe

L'acidité est un indicateur qui permet d'évaluer l'altération de la matière grasse, consécutive à de mauvais traitements ou une mauvaise conservation. En effet, les triglycérides, au cours du temps, s'hydrolysent lentement pour donner le glycérol et des acides gras libres.

L'acidité est exprimée par le pourcentage d'acides gras libres, conventionnellement en pourcentage d'acide oléique. Elle est mesurée par la quantité de soude nécessaire à la

neutralisation des acides gras libres, contenus dans un gramme de corps gras (Faghim *et al.*, 2017).

### **b. Mode opératoire**

L'acidité libre a été déterminée, selon la Norme ISO 660, (1996) :

- Dans un Erlenmeyer, faire dissoudre 5 g de prise d'essai, dans 20 ml d'alcool jouant le rôle de solvant ;
- Après agitation, doser avec une solution de NaOH (0.1 N), en présence de quelques gouttes de phénolphtaléine.

## **2.3. Paramètres biochimiques mesurés**

### **2.3.1. Estimation de la protéolyse par Electrophorèse SDS-PAGE (Sodium Dodécyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis)**

#### **a. Principe**

La séparation des protéines myofibrillaires a été réalisée par Electrophorèse sur gel de polyacrylamide, en présence de Dodécyl Sulfate de Sodium. C'est une méthode employée pour la séparation des protéines sous l'effet d'un champ électrique sur un gel de polyacrylamide. Cette technique permet d'estimer la protéolyse des protéines, en conditions dénaturantes (Laemmli, 1970).

Le principe de l'électrophorèse (Figure 18) consiste à la séparation des protéines, suivant leur mobilité, sur un support qui est le gel de polyacrylamide, et en présence d'un agent dénaturant, le sodium dodécyl sulfate, SDS. Les protéines demandent à être chargées négativement, en vue de migrer à travers les pores du gel, quand elles sont sujettes au champ électrique (Jalali *et al.*, 2017). Le SDS confère aux protéines une charge négative et il les dénature, par chauffage. D'autre part, le dithiothréitol (DTT) ou le  $\beta$ -mercaptoéthanol, a pour rôle de réduire les ponts disulfures des protéines, ce qui a pour effet, de les dissocier en sous-unités polypeptidiques. Les protéines ainsi solubilisées migrent dans un système d'électrophorèse constitué de deux gels de polyacrylamide, de porosités différentes et tamponnés à des pH électriques différents (Jalali *et al.*, 2017).

Les gels polyacrylamides, sont des gels réticulés, obtenus par polymérisation d'acrylamide qui forment des chaînes, et de bis-acrylamide qui pontent les chaînes d'acrylamide. La réaction de polymérisation est initiée par la formation de radicaux libres, par le persulfate d'ammonium, catalysée par le TEMED (N,N,N,N,N'-tetraméthylènediamine).

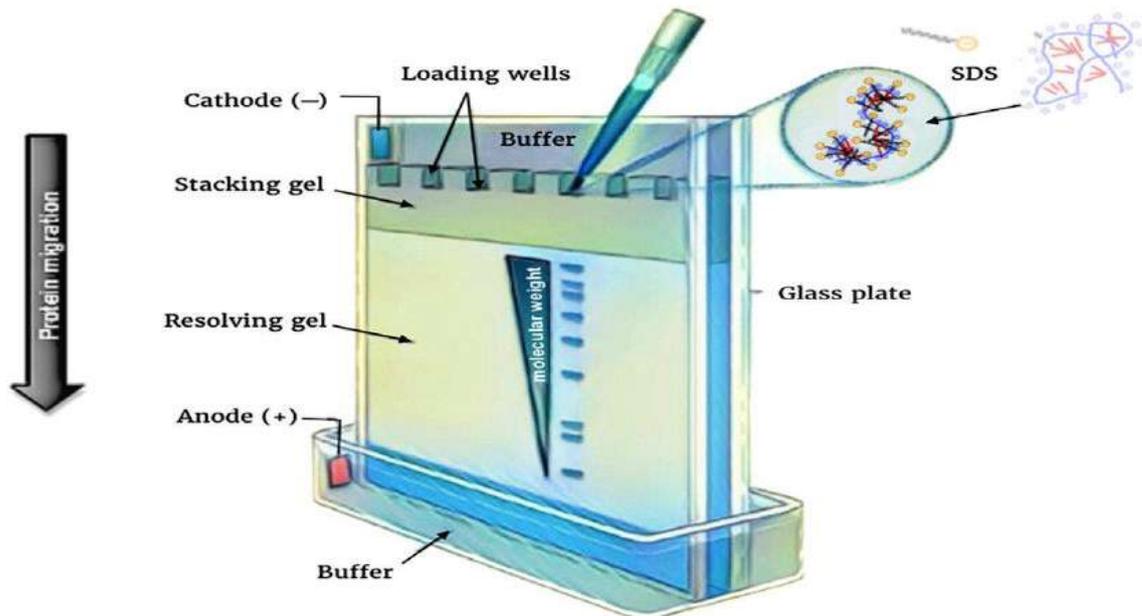
La taille des pores gel est régulée par le rapport et la concentration de polyacrylamide et bis-polyacrylamide et doit être ajustée, à la taille de la protéine d'intérêt.

Plus le pourcentage d'acrylamide est élevé, plus la densité des chaînes est élevée. Les mailles du réseau sont serrées, séparant ainsi, les plus petites protéines et vice versa.

Il existe deux principaux types de gels couramment utilisés, le gel de concentration (stacking gel) et le gel de séparation (resolving gel). Le gel de concentration a un pourcentage plus faible en acrylamide, un pH inférieur et une composition ionique différente qui aide à « compresser » les protéines (Jalali *et al.*, 2017).

Les gels sont coulés et polymérisés dans un système vertical « en sandwich » entre 2 plaques de verre. L'échantillon est déposé, au-dessus du gel de concentration tamponné au pH 6.8 par du Tris-HCl, et de réticulation très lâche. Dans ces conditions, la présence de glycine, dans la cuve d'électrophorèse permet de concentrer les protéines, dans le gel au cours de la migration. A pH 6.8, la glycine est faiblement chargée et présente une faible mobilité, à l'inverse du  $\text{Cl}^-$  qui est complètement ionisé et doté d'une forte mobilité. Lorsqu'une tension est appliquée, les ions  $\text{Cl}^-$  migrent plus vite, dans le gel. Ils laissent derrière eux, une zone de faible conductivité, un gradient de tension important et un pH plus élevé, accélérant la migration de la glycine, suivie des ions  $\text{Cl}^-$ . Les protéines chargées négativement par le SDS possèdent une vitesse de migration intermédiaire, et vont de ce fait, se trouver emprisonnées, donc concentrées dans la fine zone délimitée par les ions  $\text{Cl}^-$  et les ions glycine.

Les protéines ainsi concentrées sont ensuite séparées, en fonction de leur taille dans le gel de séparation, tamponné à pH 8.8, avec des pores plus petits. La migration des protéines dans ces pores va être ralentie jusqu'à devenir plus faible, que les ions glycine. Le pH 8.8 a pour effet d'augmenter la vitesse de migration des ions glycine qui vont alors devancer les protéines et se retrouver juste derrière les ions  $\text{Cl}^-$ . Les protéines ne sont plus emprisonnées dans la fine zone et sont alors séparées suivant leur taille, par migration vers la cathode. La comparaison du profil de migration des protéines aux marqueurs de taille de poids moléculaires connus permet d'identifier la masse moléculaire des protéines séparées.



**Figure 18** : Principe de l'électrophorèse SDS-PAGE (Jalali *et al.*, 2017)

## b. Mode opératoire

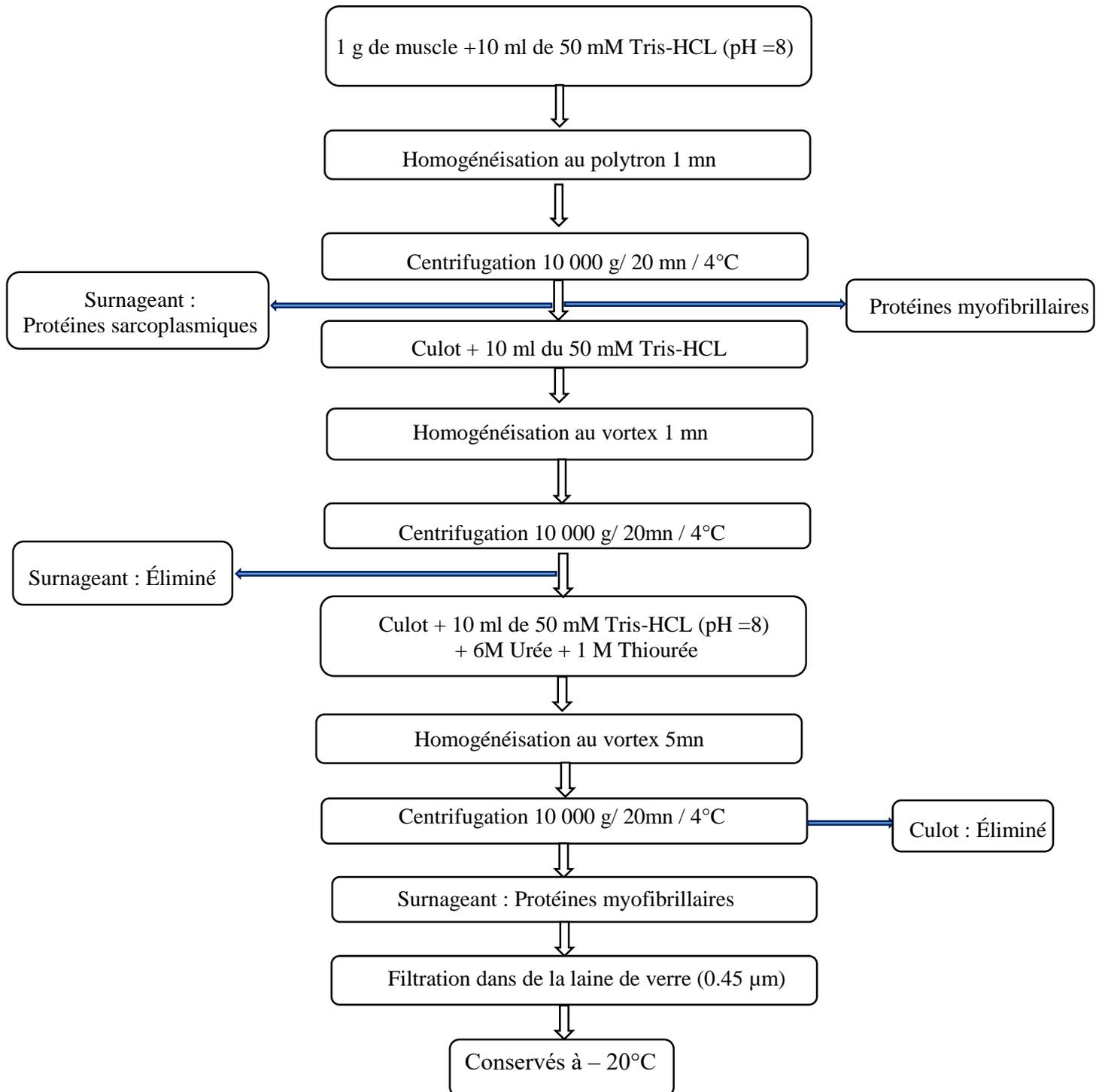
La préparation des échantillons pour l'électrophorèse comprend trois étapes qui sont ;

1. Extraction des protéines ;
2. Dosage des protéines ;
3. Dénaturation des protéines.

### 2.3.1.1. Extraction des protéines

L'extraction des protéines myofibrillaires a été effectuée, comme décrit par Sentandreu *et al.*, (2010) : 1 g de muscle est homogénéisé avec 10mL du 50mM Tris-HCl (pH 8,0), à l'aide d'un Polytron (KINEMATICA AG, Luzern, Switzerland) pendant 1 minute. L'homogénat est ensuite centrifugé à 10.000 g pendant 20min, à 4°C dans une centrifugeuse Allegra X-22R (Beckman, Fullerton, CA). Le surnageant contenant les protéines sarcoplasmiques a été récupéré. Le culot contenant les protéines myofibrillaires est solubilisé avec 10mL du 50mM Tris-HCl (pH 8.0) puis homogénéisé, au vortex pendant 1 mn. Après centrifugation à 10.000 g pendant 20 mn à 4°C, le surnageant a été éliminé et le culot est dissout dans 10 mL de Tris-HCl (pH 8.0), 50mM contenant 6M d'urée et 1M de thiourée. Ensuite, il est homogénéisé, au vortex pendant 5 mn, afin de solubiliser les protéines myofibrillaires. L'homogénat est ensuite centrifugé à 10.000 g, pendant 20 min à 4°C. Le surnageant contenant les protéines

myofibrillaires est récupéré et filtré dans de la laine de verre 0.45  $\mu\text{m}$  (Scharlab, Barcelona, Spain). Les protéines sont conservées à  $-20^{\circ}\text{C}$  (Figure 19).



**Figure 19** : Extraction des protéines myofibrillaires (Sentandreu *et al.*, 2010)



**Figure 20** : Filtration dans de la laine de verre (0.45  $\mu\text{m}$ )



**Figure 21** : Échantillons obtenus après filtration des protéines myofibrillaires

### 2.3.1.2. Dosage des protéines par la méthode de Bradford (1976)

#### a. Principe

La concentration des protéines a été déterminée par la méthode de Bradford (1976). Cette méthode est un dosage colorimétrique, basé sur le changement d'absorbance qui se fait à 595 nm, se manifestant par le changement de la couleur de " Bradford Coomassie brilliant blue G-250 protein-binding dye", après liaison (par complexation), avec les acides aminés basiques (arginine, histidine, lysine) et les résidus d'acides aminés hydrophobes, présents dans les protéines. Le pigment ("*dye*") existe sous forme cationique, neutre et anionique. Ce pigment forme un complexe, avec les protéines. Sa structure est modifiée par cette interaction et sa longueur d'onde d'absorbance maximale est déplacée de 465 à 595 nm.

La couleur du réactif seul (en absence de protéines) est marron. Plus la concentration en protéine s'élève, plus la couleur du complexe formé l'est aussi, elle vire progressivement au bleu. Mais le changement de cette couleur n'est proportionnel à la concentration en protéine que dans une gamme de quantité limitée. Au-delà, il n'y a plus de proportionnalité, d'où l'importance d'établir une gamme d'étalonnage.

#### b. Mode préparatoire : Préparation de la gamme d'étalonnage

Une solution d'Albumine du Sérum Bovin (BSA), avec une concentration de 1 mg/ml a été adoptée, pour le dosage des protéines (tableau 4). Cette solution de concentration connue permet de constituer une gamme d'étalonnage : Il s'agit d'une série de tubes qui contiennent

un volume identique et des concentrations croissantes et connues (de 0 mg/ml à 1 mg/ml), de la protéine de référence (BSA).

En parallèle, une série de tubes, contenant différents volumes de prise d'essai de la protéine dont on veut déterminer la concentration, est préparée. Nos échantillons ont été dilués au 1/10 (10  $\mu$ L de l'échantillon + 90  $\mu$ L de l'eau MilliQ).

5 ml de la solution du réactif de Bradford, dilué à 1/10, est ajouté, simultanément, dans tous les tubes afin que la coloration se développe, sous les mêmes conditions, pour la gamme étalon et les échantillons à doser.

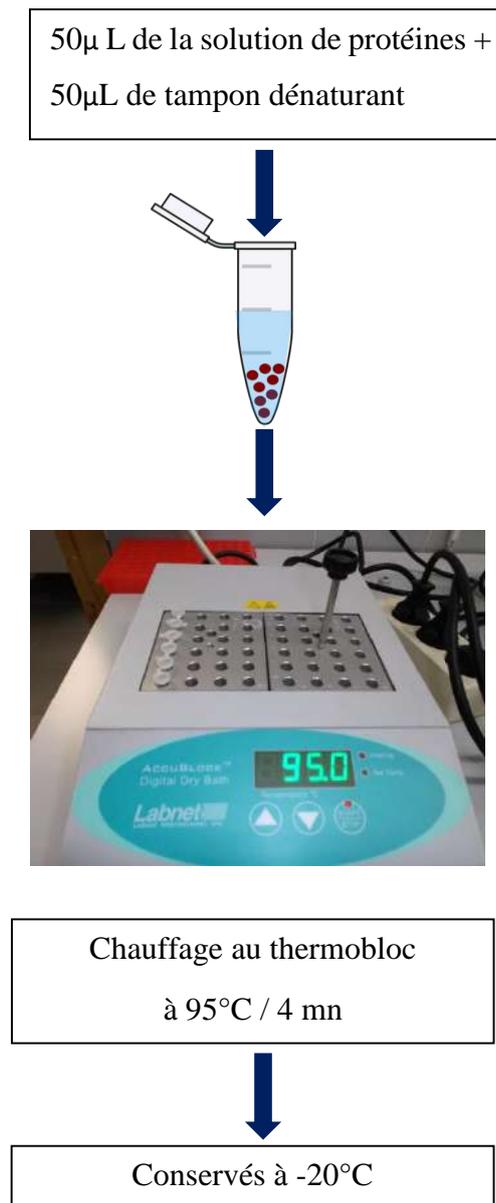
Conserver les tubes dans l'obscurité, pendant 20 mn, puis mesurer l'absorbance au spectrophotomètre, à la longueur d'onde de 595 nm. Les valeurs obtenues, à partir des tubes de la gamme d'étalonnage permettent de tracer une courbe d'étalonnage (Annexe 3).

**Tableau 4 :** Gamme d'étalonnage pour le dosage des protéines myofibrillaires.

Concentration de protéine (mg/ml)	<b>0</b>	<b>0.05</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>
Volume de la solution de BSA (1 mg/ml) en $\mu$ L	0	5	10	20	30	40	60	80	100
Volume d' H <sub>2</sub> O MilliQ en $\mu$ L	100	95	90	80	70	60	40	20	0
Abs. 595 nm									

### 2.3.1.3. Dénaturation des protéines

Pour dénaturer les échantillons de protéines dosés, 50  $\mu$ L de l'échantillon à analyser est mélangé, à 50  $\mu$ L du tampon dénaturant. La composition du tampon dénaturant est mentionnée, en annexe 2. Les échantillons sont par la suite chauffés au thermobloc thermostaté, à 95°C, pendant 4 minutes (Figure 22). Les échantillons dénaturés sont conservés à -20°C.



**Figure 22** : Dénaturation des protéines

#### 2.3.1.4. Electrophorèse sur gel de polyacrylamide

L'électrophorèse a été menée en utilisant un gel de séparation, de 8% de polyacrylamide et de 12% de polyacrylamide et un gel de concentration (4% polyacrylamide). La composition des gels est signalée en annexe 2, sur un appareil d'électrophorèse de marque SE260 Mighty Small electrophoresis unit (Hoefer, San Francisco) (Figure 23).

Les gels sont coulés dans un système vertical « en sandwich » entre 2 plaques de verre, fixées sur un support. Après la préparation des gels Stacking et Résolving, on débute par le

remplissage des plaques, avec le resolving gel. Puis, on remplit le vide, avec une solution de propanol (1 ml), pour obtenir, après polymérisation, une surface de gel lisse et droite. Après polymérisation, on élimine le propanol et on rince avec 1 ml d'eau MilliQ pour éliminer toutes traces d'alcool. On coule par la suite le stacking gel avec une micropipette de 1 ml.

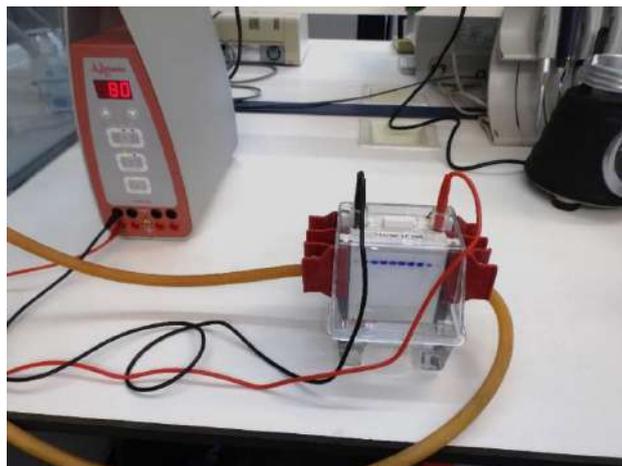
Les peignes et les pinces sont placés. Après polymérisation du gel, les peignes sont retirés formant ainsi, des puits. La taille et le nombre des dents des peignes sont variables, ce qui permet de déposer des volumes variant de 10  $\mu$ L à 30 $\mu$ L d'échantillon de protéines, à séparer.

Les marqueurs de taille de Bio-Rad (réf. 161-0374) sont par ordre croissant, et de tailles moléculaires (kDa), respectives : 250 ; 150 ; 100 ; 75 ; 50 ; 37 ; 25 ; 20 ; 15.

Les échantillons de protéines dénaturées, décongelés et homogénéisés, au vortex sont injectés dans les puits. La cuve d'électrophorèse est par la suite remplie, avec le tampon de migration (pH 8,6). Sa composition est donnée en annexe 2.

La migration électrophorétique est assurée en reliant la cuve d'électrophorèse, à un générateur de courant électrique. Le voltage est d'abord réglé à 80 volts, pendant environ 30 mn pour concentrer les protéines dans le stacking gel. Par la suite, le voltage est augmenté à 125 ou à 130 volts, pendant environ 4 h (durée de migration), l'ampérage étant compris, entre 30 à 50 mA.

Après migration, le gel est démoulé. Les protéines sont fixées, puis révélées par deux types de coloration, à savoir le nitrate d'argent et le bleu de Coomassie.



**Figure 23** : Séparation des protéines par électrophorèse

### **2.3.1.5. Coloration des gels obtenus au nitrate d'argent**

Les étapes de coloration au nitrate d'argent sont les suivantes :

#### **a. Fixation :**

Le gel est mis dans 100 ml d'une solution de fixation (Annexe 2), durant une nuit et sous agitation.

#### **b. Sensibilisation**

Le gel est mis dans une solution de sensibilisation (Annexe), pendant 30 mn et sous agitation, ensuite effectuer un lavage 3 fois/ 10 mn, dans 200 ml d'eau MilliQ.

#### **c. Coloration au nitrate d'argent**

Faire sortir la solution du nitrate d'argent du réfrigérateur, la déposer à température ambiante. Préparer une dilution, dans une éprouvette avec 99 ml d'eau MilliQ (ultra pure) + 1 ml du nitrate d'argent (20%). Mettre un parafilm et agiter l'éprouvette. Verser la dilution sur le gel, mettre sous agitation et à l'obscurité, pendant 30 mn. Rincer le gel à l'eau MilliQ, pendant une minute, en agitant.

#### **d. Développement**

Préparer la solution du développement (Annexe 2), 10 mn à l'avance. Verser la moitié de la solution sur le gel, une fois qu'elle sature, changez-la et mettre la deuxième moitié. Agiter en un mouvement de va-et-vient, pour bien développer, durant environ 20 mn.

#### **e. Stop**

Préparer la solution stop, dans un même temps, que la solution de développement à raison de 1% de glycine. Mettre fin à l'étape de développement par la solution stop, cette étape dure entre 20mn à 1 heure. Au final, mettre les gels dans l'eau MilliQ et les conserver au frigo entre 4 à 5°C.

### **2.3.1.6. Coloration au bleu de Coomassie**

Après la migration, le gel est démoulé, et les protéines sont fixées dans une solution de fixation (Annexe 2) ; le gel est ensuite mis dans une solution de coloration au bleu de Coomassie pendant, au moins 20 mn sous agitation.

### **2.3.1.7. Estimation des poids moléculaires (UN-SCAN IT)**

Les poids moléculaires des bandes protéiques apparues sur le gel ont été estimés à l'aide du logiciel Un-Scan-It gel 6.5 (Silk Scientific, Orem, UT).

### 2.3.1.8. Séchage et conservation des gels

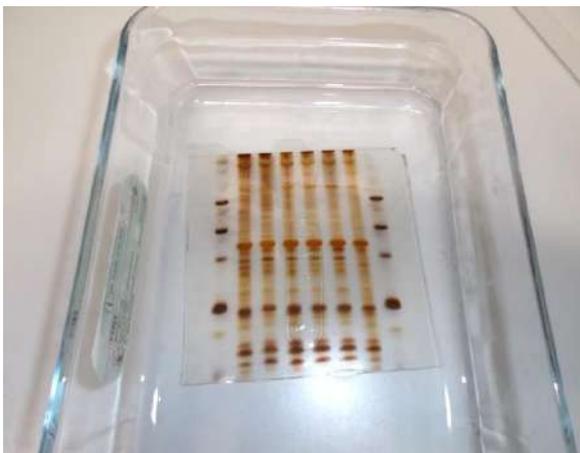
Enfin, Les gels peuvent être séchés et conservés comme suit ; Pour le séchage des gels, on a utilisé une solution composée de 25% d'éthanol et 3% de glycerol.



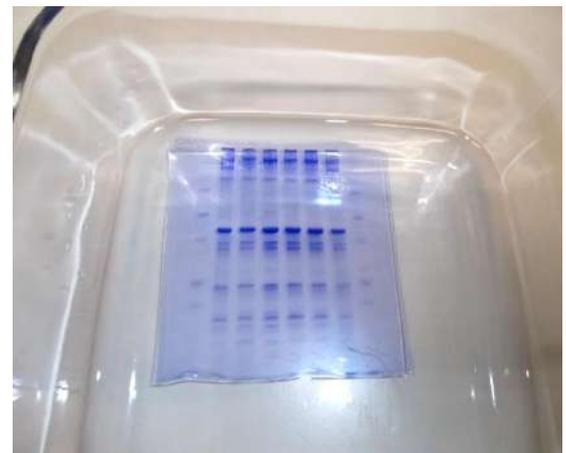
**Figure 24** : Étape de fixation des protéines



**Figure 25** : Révélation des protéines au Bleu de Coomassie



**Figure 26** : Gel révélé au nitrate d'argent



**Figure 27** : Gel révélé au bleu de coomassie

### 2.3.2. Identification des protéines par spectrométrie de masse MALDI-TOF

#### a) Principe

La spectrométrie de masse est une technique analytique éprouvée en chimie organique. Elle permet de détecter et d'identifier des molécules d'intérêt, et de caractériser la structure chimique des molécules en les fragmentant. Son principe (Figure 28), réside dans la séparation en phase gazeuse de molécules chargées (ions), en fonction de leur rapport masse/charge ( $m/z$ ). Il consiste en deux étapes :

- ❑ La première repose sur l'ionisation (par un faisceau laser) des peptides de digestion des protéines. La protéine est ensuite hydrolysée en peptides par la trypsine. Le mélange peptidique obtenu est déposé sur une cible en présence de matrice, puis il est analysé par MALDI (*Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization*) –TOF (*Time of Flight*).
- ❑ La deuxième étape consiste en la mesure du temps de vol des ions formés, dans un tube de vol, dans lequel est réalisé un vide poussé ( $10^{-7}$  millibare).

Cette méthode permet d'analyser une large gamme de masse (0.5 à 300 kDa), en effet, l'acquisition des données est rapide.

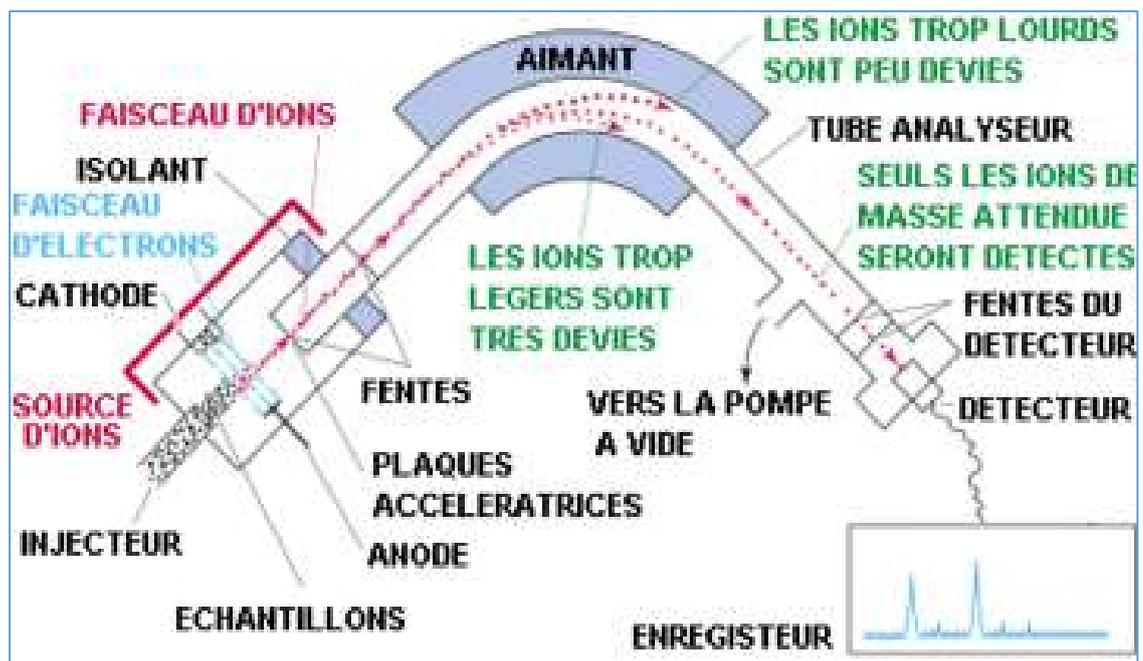


Figure 28 : Structure d'un spectromètre de masse

## b) Mode opératoire

Pour être identifiées, par spectrométrie de masse, 12 bandes d'intérêt à différents temps de préparation et d'affinage d'El Gueddidi, sont prélevées sur deux gels d'électrophorèse (8 bandes sur un gel coloré au bleu de coomassie et 4 bandes sur un gel coloré au nitrate d'argent).

Le protocole détaillé de la préparation des bandes est le suivant :

### 1. Préparation des bandes

#### Jour 1 :

- Rincer à l'eau MilliQ, une boîte de pétri en verre (grande format) ;
- Y mettre quelques gouttes d'eau MilliQ ;
- Déposer le gel d'intérêt ;
- Préparer des tubes eppendorfs, bien les identifier ;
- A l'aide de scalpels stérilisés, exciser les bandes : couper le haut, puis le bas, puis coupé à gauche puis à droite ;
- Mettre la bande sur une plaque en verre propre ;
- Couper la bande en 3 morceaux ;
- Mettre les morceaux dans un tube eppendorf de 0.5 ml.

#### Remarque :

Si les gels sont colorés au nitrate d'argent, il n'est pas nécessaire de procéder à une décoloration des gels.

- Équilibration** : Ajouter 50  $\mu$  L de bicarbonate d'ammonium 50 mM fraîchement préparée (annexe 4).
- Homogénéiser le vortex puis mettre sous agitation pendant 10 mn.
- Éliminer le tampon. Réaliser cette étape une deuxième fois.
- Séchage** : sécher les morceaux de gel, en ajoutant 50  $\mu$  l d'acétronitril 100%. A la fin de l'étape finale dévoile des morceaux de gels plus petits et opaques. Réaliser cette étape une seconde fois.
- Séchage 2** : compléter le séchage dans un spped vac (dry vaccum) pendant 30 mn.
- Ajouter 15  $\mu$  l de la solution de Trypsine (12.5  $\mu$ g/ml), puis agiter pendant 5 mn.
- Une fois que le gel a gonflé (réhydraté), ajouter 15  $\mu$  L de bicarbonate d'ammonium 50 mM.
- Homogénéiser le vortex puis centrifuger, à la centrifugeuse de la paillasse Sonicate pendant 15mn.

- ❑ **Incubation** : Incuber toute la nuit (12-16h) à 37°C, à faible agitation.

**Jour 2 :**

- ❑ **Recover peptides : Recouvrement des peptides** : Ajouter 25 µ L de 50 % ACN/, 50% H<sub>2</sub>O avec 0.1 % TFA, aux morceaux de gel afin de rincer le gel et récupérer les peptides. Vortexer des tubes Ependorf pendant 30 sec, puis centrifuger pendant 15 mn. Récupérer le surnageant (il contient les peptides) dans un tube Ependorf aseptisé. Ajouter aux morceaux de gel, une autre quantité de la même solution 25 µ L de 50 % ACN/ 50% H<sub>2</sub>O avec 0.1 % TFA et répéter l'opération. Récupérer le liquide pour l'ajouter à la solution précédente, contenant les peptides.
- ❑ **Concentration** : sécher la solution par speed vac, jusqu'à un volume final d'environ 5 µ L ou complètement séché. Redissoudre dans 40 µ L de 0.1 % de TFA.

**2. Identification des protéines**

Pour l'identification des protéines une interrogation de banques de données est faite. Les empreintes peptidiques obtenues seront comparées à une base de données (UniProt/SwissProt, dans notre cas). L'identification consiste à comparer les spectres de masse fournis par l'appareil à des spectres théoriques. La comparaison consiste à évaluer la similarité entre un spectre expérimental et un spectre théorique. Par exemple, un critère de similarité peut être le nombre de pics en commun : plus le nombre de pics en commun est important, plus les spectres (et donc les protéines) seront supposés similaires. La manière d'évaluer la similarité entre un spectre expérimental et un spectre théorique est donné par un score. Le décalage entre les pics, l'intensité, les pics manquants, sont autant d'éléments pouvant être pris en compte dans le score.

Les meilleurs scores correspondent aux comparaisons les plus fiables. La meilleure protéine étant considérée comme l'identification correcte, si le nombre de pics en commun est suffisant (Cliquet, 2011).

## 2.4. Caractérisation microbiologique d'El Gueddid

### 2.4.1. Préparation des échantillons

Pour procéder aux analyses microbiologiques des produits solides, il est généralement nécessaire de préparer une solution dite suspension mère du produit. Elle sera par la suite diluée pour ensemercer les milieux utilisés pour le dénombrement des microorganismes.

La méthode utilisée pour la préparation de cette suspension mère, consiste à prélever, dans un environnement stérile, 25g de muscle de chaque échantillon à analyser. Ils sont placés, dans un Erlen Meyer qui sont homogénéisés, en présence de 225 ml de l'eau péptonée tamponnée, à l'aide d'un polytron à 22000 rpm (PT-MR 2100), durant 1min, de façon à obtenir, la solution mère ( $10^{-1}$ ).

Une série de dilutions décimales (1 ml dans 9 ml d'eau physiologique), est réalisée à partir de la solution mère, pour obtenir différentes séries de dilutions. Dans le cadre de cette étude, nous avons procédé à des dilutions successives, avec de l'eau physiologique, jusqu'à la dilution  $10^{-5}$ . Les différentes dilutions ainsi obtenues ont été utilisées, pour ensemercer les milieux de culture.

### 2.4.2. Flores microbiennes recherchées

Il serait intéressant d'étudier l'évolution des caractéristiques microbiologiques tout au long du procédé de préparation d'El Gueddid de manière à savoir si la flore contaminante ou présente dans ce produit est réduite sous l'action du salage et séchage. Alors, les analyses microbiologiques ont consisté à déterminer la nature et l'importance de la charge microbienne, ainsi que son évolution, durant la préparation et l'affinage d'El Gueddid.

Les flores microbiennes recherchées sont : La Flore Aérobie Mésophile Totale (FTAM), les coliformes totaux, les bactéries lactiques, les levures, les moisissures, Salmonelles et *Staphylococcus aureus*.

#### 2.4.2.1. Flore Aérobie Mésophile Totale (FTAM)

La Flore Aérobie Mésophile Totale (FTAM) est un indicateur microbiologique qui permet d'évaluer la charge microbienne totale présente dans un aliment. La FTAM correspond à un bon nombre de microbes qui se développent à température ambiante (entre 20°C et 40°C). Le milieu PCA (Plate Count Agar) a été utilisé pour le dénombrement de la FTAM.

L'ensemencement se fait en profondeur. 1ml de l'échantillon à analyser est versé dans des boîtes de Pétri stériles, puis 15ml de milieu en surfusion sont coulés. Des mouvements circulaires sont effectués aux boîtes pour homogénéiser le milieu. Elles sont ensuite laissées sur

la paillasse, pour que le milieu se solidifie. Puis, les boîtes sont retournées pour éviter la condensation. L'incubation se fait à 30°C pendant 72h (Guiraud, 1998).

#### **2.4.2.2. Coliformes totaux**

Les coliformes sont recherchés dans les denrées alimentaires car ils sont considérés comme des bons indicateurs de la qualité hygiénique, liée à la manipulation de ces aliments. Ce sont des bactéries présentes dans le tube digestif de l'homme et des animaux.

Le milieu de culture gélosé Violet Red Bile Glucose (VRBG), permet d'identifier les coliformes. 1 ml d'inoculum (Solution mère) et de ses dilutions décimales successives sont ensemencés, puis incubés à 37°C, pendant 24h (Guiraud, 2003).

#### **2.4.2.3. Levures et moisissures**

Nous nous sommes intéressés à la détermination de la flore fongique, tout au long de la fabrication et l'affinage d'El Gueddid, comme pour toutes les autres flores, notamment, avant et après séchage, afin d'évaluer l'impact du séchage, sur ces microorganismes.

L'ensemencement s'établit en surface, de 0.1ml de la solution mère et des dilutions décimales successives, sur le milieu de culture Oxytetracycline Glucose Agar (OGA) additionné à 0.1 g/l de chloramphenicol. L'incubation se fait à 25°C, pendant 5 jours (Guiraud, 1998).

#### **2.4.2.4. Bactéries lactiques**

L'ensemencement des bactéries lactiques se fait en profondeur. 1ml de la solution mère et des dilutions est versé dans une boîte de Petri, puis environ 15ml de milieu MRS (Gélose de Man, Rogosa et Sharpe Agar) en surfusion sont versés. Le tout est homogénéisé, par des mouvements circulaires. L'incubation se fait à 30°C, pendant 72h (Petit *et al.*, 2014).

#### **2.4.2.5. *Staphylococcus aureus***

Ce sont des germes ubiquistes que l'on trouve aussi bien sur la peau des animaux que chez l'homme (au niveau des muqueuses, du rhino- pharynx, des plaies et des abcès, etc.). Pour l'isolement et le dénombrement des staphylocoques, un ensemencement en surface, sur le milieu sélectif de Chapman a été réalisé. L'incubation a été réalisée à 37°C, pendant 48 h. Les colonies jaunes et petites sont comptabilisées (Dennai, 2001).

#### **2.4.2.6. Salmonelles**

La recherche des Salmonelles a été réalisée selon les étapes suivantes :

➤ Pré-enrichissement :

La solution-mère (voir plus haut) est incubée à 37°C durant 24h dans l'eau peptonée.

➤ Enrichissement sélectif

2 ml de la culture pré-enrichie ci-dessus, est transféré dans 20 ml de bouillon au sélénite de sodium. Le mélange est ensuite incubé à 37°C pendant 24h.

➤ Isolement

Les cultures dans le milieu Bouillon au sélénite de sodium sont inoculées à la surface (0.1 ml) de milieu sélectif la gélose SS. Les boîtes sont retournées et incubées pendant 24h à 37°C.

Sont considérées comme colonies présomptives de *Salmonella*, les colonies incolores et jaunâtres, avec ou sans centre noir (production de H<sub>2</sub>S) se traduisant par un noircissement de la gélose (Dennai, 2001).

## 2.5. Caractérisation sensorielle d'El Gueddid

L'analyse sensorielle fait l'objet d'une définition par l'AFNOR : c'est « l'examen des propriétés d'un produit par les organes des sens ». Ainsi, elle représente une méthode subjective d'analyse des aliments. Elle suit des règles bien définies, avec l'intervention d'un jury, c'est-à-dire de personnes expérimentées aptes, à évaluer les qualités organoleptiques d'un produit. Son but n'est pas de décrire les réactions du futur consommateur, mais de décrire et mesurer les qualités d'un aliment. Les qualités organoleptiques sont caractérisées par l'aspect, l'arôme, la saveur et la texture de l'aliment (Coibion, 2008).

Pour ce faire, il faut :

- Un jury, comprenant quelques personnes sélectionnées, entraînées à pratiquer l'analyse sensorielle ;
- Un environnement adapté à la pratique de l'analyse sensorielle ;
- Des méthodes variables selon le but de la dégustation.

Divers tests sont utilisés pour apprécier les qualités organoleptiques d'un aliment. Leur choix dépend essentiellement du produit testé et de l'objectif de cette épreuve (Coibion, 2008). Pour notre étude, nous avons utilisé ce qu'on appelle une épreuve descriptive du profil. L'analyse descriptive consiste à décomposer et à mesurer la nature et l'intensité d'un produit, pour un ensemble de perceptions. On obtient ainsi un « profil » du produit (Coibion, 2008).

L'établissement du profil sensoriel d'El Gueddid a été réalisé durant une séance d'analyse sensorielle, par un jury de 10 dégustateurs originaires de différentes wilayas du pays, de sexe féminin, d'une moyenne d'âge, comprise entre 21 ± 1.69 an.

Les membres du panel ont déjà bénéficiés d'un module d'évaluation sensorielle, dans le cadre de la formation de Licence en Technologies Alimentaires de L'INATAA.

Ils ont été sélectionnés pour leur capacité à l'évaluation sensorielle, pour leur disponibilité. De plus, ces individus sont familiarisés aux attributs sensoriels d'El Gueddid,

Trois échantillons d'El Gueddid (Figure 29) : G1 : El Gueddid, juste après séchage, G2 : El Gueddid, à un mois de conservation, et G3 : El Gueddid, à un an de conservation. Ces échantillons sont fournis par trois ménages de la wilaya de Constantine. Les échantillons d'El Gueddid sont présentés aux dégustateurs coupés en portions d'environ 10 g.

La séance de l'analyse sensorielle a été effectuée entre 10 h à 11 h du matin. Pour conserver une sensibilité constante, les dégustateurs prennent soin de rincer leur bouche à l'eau minérale en début de séance et entre chaque dégustation.

L'établissement du profil sensoriel d'El Gueddid a été effectué par un test de description des attributs sensoriels suivants : l'aspect visuel (Couleur marron), tendreté, goût salé, goût gras, goût de rance, odeur, appréciation globale.

L'intensité des attributs a été noté, sur une échelle d'intensité structurée de 0 à 10 points (0 = absence de perception et 10 = perception très intense). La fiche des descripteurs des attributs sensoriels est donnée en annexe 5.



**Figure 29** : Les trois échantillons d'El Gueddid ayant servi pour l'analyse sensorielle. De gauche à droite : (G1 : juste après séchage, G2 : à un mois de conservation, et G 3 : à un an de conservation).

### 3. Analyses statistiques des données

Pour étudier la significativité des changements perçus du pH et de la teneur en eau, durant le processus de fabrication d'El Gueddid, une analyse du Test de *Student* a été effectuée, au niveau de confiance de 95% ( $P < 0.05$ ), utilisant le logiciel XLSTATPremium software.

Pour l'analyse sensorielle, Les résultats ont été traités à l'aide du logiciel XLSTAT version 2014.5.03. Les notes des dégustateurs pour chaque paramètre ont été soumises, à un test de l'ANOVA, avec un intervalle de confiance de 95% ( $P < 0.05$ ).

# ***Résultats et discussion***

## **1. Résultats de l'enquête de terrain**

Notre enquête menée auprès des familles des différentes wilayas, nous a permis d'obtenir des informations qualitatives sur la préparation traditionnelle d'El Gueddid ainsi que sur le mode de sa conservation et de sa consommation. Le suivi de son procédé de préparation, lors de nos visites pour certains ménages, nous a aidés à identifier les différentes étapes de préparation, de répertorier et de peser les ingrédients, entrant dans sa préparation ce qui nous a permis de tracer son diagramme de fabrication.

Nous allons présenter, dans cette partie le profil des familles enquêtées, la préparation traditionnelle d'El Gueddid, depuis la matière première jusqu'au produit fini, ainsi que son mode de conservation et de consommation. Au final, un diagramme type de préparation traditionnelle obtenu sera établi.

### **1.1. Profil des familles enquêtées**

La population enquêtée est constituée de 307 familles réparties sur 21 wilayas. La majorité des familles enquêtées sont des wilayas de Batna, de Bejaïa, de Constantine et de Ghardaïa. Notre enquête a touché 61 communes, les résultats sont présentés dans le tableau 5.

**Tableau 5 : Communes touchées par l'enquête**

Wilayas de l'Etude	Communes touchées par notre étude / Total des communes	
<b>Batna</b>	Seriana, Tazoult, Marouana, Batna, Lazrou, Ain Djassar, Ain Touta, Arris, Fesdis, Barika, Oued El Ma, NGaous, Zanet El Beïda, Timgad, Oued Taga, El Madher	16/61
<b>Bejaïa</b>	Aokas, Barbacha, Béjaïa, Kendira, Oued Ghir, Akbou, El Kseur, Smaoun, Amizour, Benimachouche	10/52
<b>Constantine</b>	El Khroub, Constantine, Hamma Bouziane, Ain Abid	4/12
<b>Ghardaïa</b>	El Mniaa	1/13
<b>Souk Ahras</b>	Sedrata, Zaarouria, Souk Ahras	3/26
<b>Jijel</b>	Jijel, Taher, Kaous, Ziama Mansouriah	4/28
<b>Adrar</b>	Adrar, Timimoun, Timekten	3/28
<b>Sétif</b>	Ain Lahdjer, El Eulma, Bousselam.	3/60
<b>Tamanrasset</b>	Tamanrasset	1/10
<b>Mila</b>	Ain Baida Harrich, Tleghma, Sidi Khelifa.	3/13
<b>Guelma</b>	Houari Boumedian, Tamlouka, Guelma, Oued Zenati	4/34
<b>Bordj-Bou Arreridj</b>	Collo, Haraza	2/34
<b>Tizi-Ouzou</b>	Makouda	1/67
<b>Skikda</b>	Ain Cherchar	1/38
<b>Bouira</b>	Bouira	1/45
<b>Ooum-Bouaghi</b>	Ain El Beïda	1/29
<b>Biskra</b>	Oumache	1/33
<b>Khenchela</b>	Khenchela	1/21
<b>Annaba</b>	Berrahal	1/12
<b>Ouargla</b>	Ouargla	1/19
<b>Illizi</b>	Illizi	1/6

Dans le tableau 6, sont exposées les caractéristiques et la structure sociodémographique des femmes enquêtées. L'âge des femmes interrogées varie de 24 à 93 ans, avec une moyenne de 55±11 ans. Nous les avons classées en 4 catégories selon leur âge. La majorité de ces femmes (89%) a plus de 42 ans. La population enquêtée a été classée par la suite selon leur niveau d'instruction. 38% des enquêtées sont sans niveau d'instruction, 28% des interrogées sont des

universitaires. Pour l'activité des femmes interrogées, 80% sont au foyer et 20 % sont actives. La majorité des enquêtées est mariée (95%).

**Tableau 6 :** Caractéristiques et structure sociodémographique des femmes interrogées

<b>Classes d'âge</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage %</b>
24-41	33	11
42-59	165	54
60-77	104	34
78-95	05	02
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>100</b>
<b>Niveau d'instruction</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage%</b>
Illettré	118	38
Universitaire	87	28
Secondaire	61	20
Moyen	31	10
Primaire	10	03
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>100</b>
<b>Activités</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage %</b>
Non actives	245	80
Actives	62	20
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>100</b>
<b>Statut familial</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage %</b>
Mariées	291	95
Célibataires	4	01
Veuves	12	04
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>100</b>

## 1.2. Préparation d'El Gueddid

Dans cette partie, nous traitons les différentes étapes de préparation d'El Gueddid en vue d'observer l'importance accordée à ce produit traditionnel. Selon les déclarations des femmes enquêtées, El Gueddid est considéré comme un héritage qui leur a été communiqué par leurs ancêtres. Pour sa préparation elles suivent le même procédé traditionnel qui leur a été transmis.

### 1.2.1. Appellations d'El Gueddid

Lors de notre enquête nous avons relevé plusieurs appellations d'El Gueddid selon les régions, que nous présentons dans le tableau suivant :

**Tableau 7** : Appellations d'El Gueddid selon les régions

Appellations	Régions
El Gueddid Khliaa	Nord-Est algérien
L'Ham Yabes	Sud algérien (Adrar, Guardaia, Tamanrasset)
Achedlouh Achernoun Akssoum Tatamrarrath Tachadlouhat Akhessoum Melhen Akaddid	La Kabylie (Béjaïa, Tizi Ouzou)
Achellouh	Jijel
Aksoum Akouren	Bouira
Achedlouh Tacharnount	Sétif, Borj Bouarrerij

### 1.2.2. Type de viande utilisée pour la préparation d'El Gueddid

Nous remarquons, à partir des résultats illustrés dans le tableau 8 qu'El Gueddid est surtout préparé avec la viande ovine, selon 81% des familles enquêtées. Généralement après l'Aïd Al Adha où la viande est disponible à profusion, pour pérenniser cet usage culinaire. 9% des familles enquêtées déclare qu'elles utilisent la viande bovine ou ovine dans la préparation d'El Gueddid. Cela dépend de l'animal sacrifié durant l'Aïd Al Adha dans les ménages, c'est-à-dire le mouton ou le veau. 5% des familles (soit 14 familles de la wilaya de Béjaïa) utilisent la viande bovine pour la préparation d'El Gueddid. Selon nos résultats, la viande caprine peut être aussi utilisée dans la préparation d'El Gueddid, selon la déclaration de 2% des familles interrogées, réparties dans les wilayas suivantes : Annaba, Batna, Guelma, Béjaïa, Tamanrasset, Ghardaïa et Adrar. Selon notre enquête, la viande cameline peut être utilisée aussi par les familles des wilayas du Sud algérien à savoir : Adrar, Illizi et Tamanrasset. La viande de gazelle semble être employée, selon les déclarations, dans la wilaya de Tamanrasset.

Le résultat du test du *Khi-Deux* montre que le type de viande utilisé pour la préparation d'El Gueddid dépend significativement des wilayas ( $\chi^2 = 233,99$  ;  $P < 0,0001$ ).

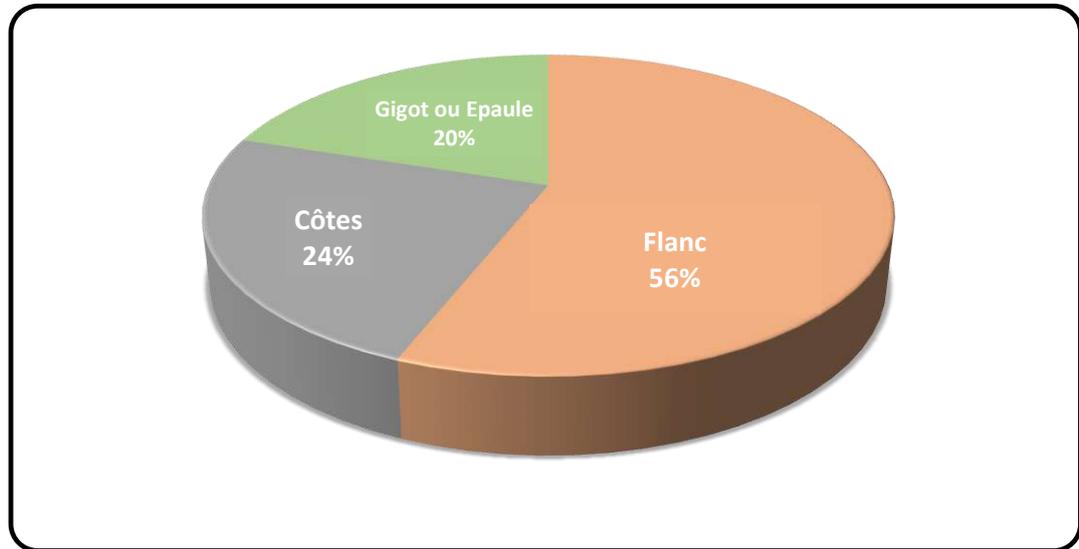
Nous pouvons conclure jusqu'ici, qu'El Gueddid peut être préparé à partir de viandes ovine, bovine, caprine, cameline et de gazelle (Selon l'ordre des réponses). Cela est dû principalement à la nature du cheptel de chaque région, mais aussi aux préférences et traditions de chaque famille.

**Tableau 8** : Types de viande utilisée selon les wilayas

Wilayas	Types de viande	Effectif	Pourcentage
Adrar	Cameline	1	20%
	Caprine	1	20%
	Ovine	3	60%
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>
Annaba	Ovine	1	100%
Batna	Bovine	1	1%
	Bovine ou Caprine	1	1%
	Caprine	1	1%
	Ovine, Bovine ou Caprine	1	1%
	Ovine	96	93%
	Ovine ou Bovine	2	2%
	Ovine ou caprine	1	1%
	<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>100%</b>
Bordj-Bou-Argeridj	Ovine	3	100%
Béjaïa	Bovine	14	16%
	Caprine	1	1%
	Ovine	52	60%
	Ovine ou Bovine	19	22%
	<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>100%</b>
Biskra	Ovine	1	100%
Bouira	Ovine	2	100%
Constantine	Ovine	51	91%
	Ovine ou Bovine	5	9%
	<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>100%</b>
Ghardaïa	Caprine	1	8%
	Ovine	10	83%
	Ovine ou caprine	1	8%
	<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100%</b>
Guelma	Caprine	1	25%
	Ovine	3	75%
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>
Illizi	Ovine ou Cameline	1	100%
Jijel	Ovine	6	100%
Khenchela	Ovine	1	100%
Mila	Ovine	3	75%
	Ovine ou Bovine	1	25%
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>
Ouargla	Ovine	1	100%
Oum Bouaghi	Ovine	2	100%
Sétif	Ovine	3	75%
	Ovine ou Bovine	1	25%
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>
Skikda	Ovine	2	100%
Souk Ahras	Ovine	7	100%
Tamanrasset	Cameline ou caprine	1	25%
	Caprine	1	25%
	Gazelle	1	25%
	Ovine	1	25%
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>
Tizi Ouzou	Ovine	1	50%
	Ovine ou caprine	1	50%
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>
<b>Total</b>		<b>307</b>	

### 1.2.3. Partie de la carcasse utilisée pour la préparation d'El Gueddid

La figure 30 récapitule les parties de la carcasse les plus utilisées dans la préparation d'El Gueddid. Nous remarquons que 56% des familles enquêtées utilisent le flanc pour la préparation d'El Gueddid, suivi par les côtes utilisées par 24% des familles enquêtées et 20% préférant le gigot ou l'épaule.



**Figure 30 :** Parties de la carcasse utilisées dans la préparation d'El Gueddid selon les enquêtées.

### 1.2.4. Critères de choix de la partie de viande utilisée pour la préparation d'El Gueddid

Les résultats obtenus révèlent que les critères de choix de la partie de viande utilisée pour la préparation d'El Gueddid dépendent de la présence ou l'absence de gras et d'os et de l'épaisseur.

Pour la moitié des familles interrogées, soit 52%, l'absence du gras dans les morceaux utilisés est recherchée. Selon elles, la présence du gras prolonge la durée de séchage de la viande et provoque son rancissement. Par contre, chez 33% des femmes, la présence du gras est souhaitable et le rancissement contribue à l'élaboration des propriétés organoleptiques particulières et recherchées dans El Gueddid.

La présence d'os est recherchée selon la déclaration de 44% des femmes interrogées. Mais 33% des enquêtées préfèrent les parties de la carcasse exemptes d'os, afin d'éviter le développement des vers dans d'El Gueddid.

Pour l'épaisseur, la majorité des femmes interrogée déclare que les morceaux de viande doivent avoir une faible épaisseur (telle que le flanc et les côtes) pour assurer un séchage rapide et à cœur.

Nous avons constaté que les parties utilisées pour la préparation d'El Gueddid varient, selon les régions à savoir :

- Pour les wilayas du Nord-Est, les familles préfèrent les parties de viandes ne servant pas dans la cuisson (les parties non nobles), comme le flanc ou les parties, pas très charnues telles que les côtes qui seront faciles à sécher ;
- Pour les wilayas du Sud, ainsi que certaines familles de la wilaya de Béjaïa, les familles préfèrent, en revanche, les parties les plus charnues telles que l'épaule ou le gigot.

### 1.2.5. Procédé de préparation d'El Gueddid

La viande choisie pour préparer El Gueddid, à savoir le flanc (56% des familles interrogées utilisent le flanc) est coupée en lanières très longues (ayant la forme d'une corde ou d'une guirlande) d'environ 20 cm de long, d'une largeur de 3 à 4 cm, et de faible épaisseur 1,33 cm (valeurs moyennes).

#### 1.2.5.1. Ingrédients entrant dans la préparation d'El Gueddid

A partir des résultats obtenus, nous constatons que le sel est l'ingrédient principal utilisé pour la préparation d'El Gueddid, dans toutes les familles interrogées.

L'ajout d'épices est facultatif, il est surtout lié aux habitudes culinaires des différentes régions. Pour l'utilisation des épices, nos résultats démontrent que :

- 61% des familles enquêtées n'utilisent pas d'épices pour préparer El Gueddid, elles se contentent uniquement de sel, notamment pour les régions de Constantine et de la Kabylie (Béjaïa et Tizi Ouzou) ;
- 39% des familles utilisent plusieurs épices pour assaisonner El Gueddid (Certaines régions du Nord-Est et essentiellement les wilayas du Sud algérien notamment ; Ghardaïa, Adrar et Tamanrasset).

Le test du *Khi-Deux*, confirme qu'il y a un lien entre l'utilisation des épices et la situation géographique des familles enquêtées ( $\chi^2=31,41$  ;  $P < 0,0001$ ).

Les épices utilisées sont, avant tout : Poivre noir, poivre rouge, ail moulu, coriandre, Ras El Hanout (Mélange de poudre d'épices), paprika, clou de girofle et curcuma.

Au-delà de leur contribution dans l'aromatisation des produits carnés, les épices mélangées au sel présentent beaucoup d'intérêts. Le poivre noir et le piment rouge ont des pouvoirs antioxydants. Le clou de girofle a une action antiseptique ainsi que l'ail qui a des actions antimicrobiennes sur une large gamme de microorganismes.

Le vinaigre est, aussi utilisé par certaines familles des wilayas du Sud. Il possède une action bactériostatique vu l'abaissement du pH exercé par l'acide acétique.

Les quantités d'épices utilisées varient selon les familles, les goûts et la quantité de viande utilisée. Selon les familles, l'assaisonnement d'El Gueddid, consiste à recouvrir en quantité suffisante les lanières de viande d'épices. Les quantités approximatives pour un kg de viande sont : une cuillère à café de poivre noir, une cuillère à café de piment rouge, et une cuillère à café de coriandre. Pour Ras El Hanout et le vinaigre une cuillère à soupe, et pour l'ail 3 à 4 gousses bien moulus.

Selon les familles enquêtées des wilayas d'Adrar et Tamanrasset, les femmes utilisent une marinade au vinaigre. La composition de cette marinade, ainsi que les quantités d'ingrédients utilisés sont variables d'une famille à une autre. La formule suivante est une recette moyenne, formulée dans le tableau 9, à titre d'exemple.

**Tableau 9 :** Recette de préparation d'une marinade utilisée par certaines familles des wilayas du Sud algérien lors de la préparation d'El Gueddid

Ingrédients	Quantités/kg de viande
Sel	300-400 g
Piment rouge	Cuillère à café
Coriandre	Cuillère à café
Clou de girofle moulu	Cuillère à café
Vinaigre	Cuillère à soupe

Tous ces ingrédients sont mélangés puis appliqués sur les lanières de viande. Concernant la quantité de sel ajouté durant l'étape de salage, la majorité des femmes enquêtées déclare qu'il faut saler copieusement la viande. Pour elles, la quantité de sel est appréciée visuellement et qu'elle dépend fortement de la quantité de viande utilisée.

### 1.2.5.2. Salage de la viande

Nos résultats montrent que 61% des familles enquêtées (soit 187 familles), procèdent à un saumurage de la viande. Par contre, 39 % des familles (soit 120) effectuent un salage à sec (Figure 31).

Au cours du suivi du procédé de préparation d'El Gueddar, lors de nos visites aux seins de trois ménages de la wilaya de Constantine, à travers les réponses des femmes enquêtées, les explications obtenues et nos pesées, nous avons pu obtenir des quantités moyennes du sel utilisées à savoir :  $305\text{g} \pm 166\text{ g}$  pour un kg de viande pour le cas du salage à sec, et en moyenne de  $412,5 \pm 85\text{ g/ kg}$  de viande pour le saumurage. Généralement et selon nos résultats, la proportion du sel à ajouter à la viande pour préparer El Gueddar constitue environ 1/3 la quantité de viande utilisée (g/g).

Après le salage, et afin que tous les morceaux de viande soient uniformément imprégnés du sel, les lanières de viande sont marinées, pendant 24 heures en moyenne et à température ambiante selon 95% des enquêtées. Pour 5% des familles, la viande est marinée au réfrigérateur, principalement en été.

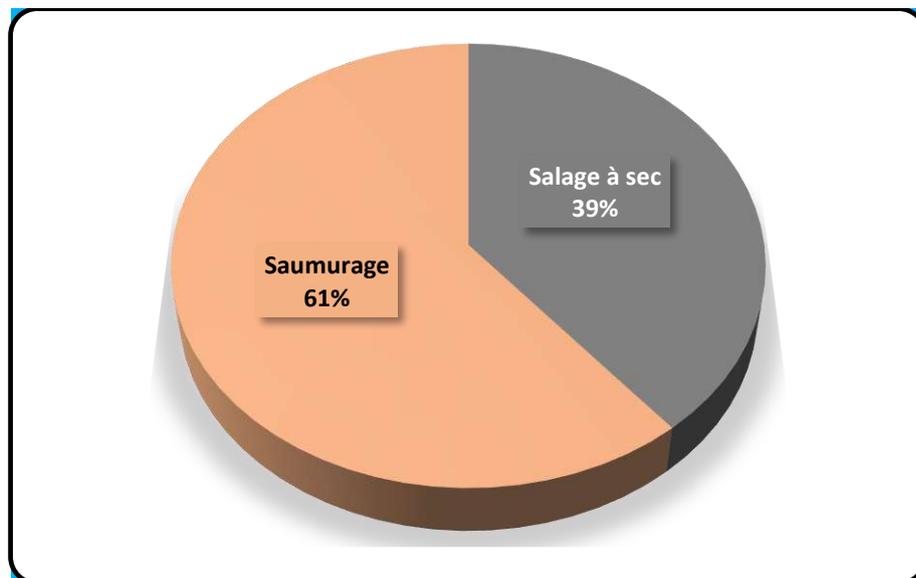


Figure 31 : Mode de salage de la viande

### 1.2.5.3. Séchage de la viande

Après le salage de la viande, suit l'étape de séchage. Le support utilisé lors de séchage de la viande, et selon nos résultats, est une corde à linge, par la majorité des enquêtées (soit 85% des familles enquêtées). La viande sèche dans un endroit propre et aéré de la maison. Et cela afin d'éviter tout contact, avec toute source de contamination d'une part, d'autre part, cela

permet un meilleur séchage des lanières de viande, et une exposition optimale, à l'air. Selon les femmes interrogées, l'air joue un rôle important dans le processus de séchage.

Selon 15% des familles interrogées, les lanières de viande sont étalées sur un plateau en bois couvert d'un tamis (*Gerbel*) ou d'un tissu pour les protéger des contaminants environnants (poussière, insectes, rongeurs) et mises dans un endroit aéré de la maison.

Nous avons constaté et selon nos résultats, que la manière de séchage de la viande est variable selon la saison de préparation d'El Gueddid et le degré d'ensoleillement des régions.

Alors, le séchage peut se faire de trois manières :

1. A l'ombre selon 45% des familles enquêtées ;
2. Au soleil selon 35% des déclarations ;
3. A l'ombre puis au soleil, qui est le cas de 20% des familles enquêtées. Selon les femmes interrogées, le séchage de la viande se fait à l'ombre durant les deux ou trois premiers jours, ensuite il est achevé au soleil.

Nos résultats, montrent que le mode de séchage varie suivant les régions :

- La majorité des familles des wilayas du Sud procède à un séchage à **l'ombre** selon :
  - 100% des familles enquêtées des wilayas de Biskra, Ouargla et Tamanrasset ;
  - 83% des familles de la wilaya de Ghardaïa ;
  - 40% des familles de la wilaya d'Adrar.
- Pour les familles des wilayas du Nord-Est, le séchage se fait comme suit :
  - \***Au soleil selon :**
    - 100% des familles de la wilaya d'Annaba ;
    - 75% de la wilaya de Guelma ;
    - 67% des wilayas de BBA et Jijel ;
    - 50% des familles des wilayas de Mila, Sétif, Skikda et Tizi-Ouzou.
  - \***A l'ombre puis au soleil selon :**
    - 100% des familles de Khenchela ;
    - 50% des familles de la wilaya de Tizi-ouzu ;
    - 43% des familles de Souk Ahras.

Le test du *Qui-Deux*, montre un lien significatif entre le mode de séchage de la viande et la situation géographique des familles interrogées ( $\chi^2 = 55,75$  ;  $P = 0,001$ ).

Généralement, pendant les saisons chaudes ou bien dans les régions du Sud algérien, le séchage se fait à l'ombre. Lors des saisons froides au contraire, le séchage se fait en exposant directement les lanières de viande au soleil et à l'air libre.

L'opération de séchage, s'effectue par exposition des lanières de viande au soleil ou à l'ombre dans un endroit aéré. Ce processus est donc tributaire des conditions climatiques (Température, hygrométrie et vitesse de l'air).

Selon les déclarations des enquêtées, la durée de séchage varie de 2 à 60 jours avec une moyenne de  $19 \pm 11,47$  jours. Cette durée dépend de la saison de la préparation d'El Gueddidi, ainsi que des régions.

Pendant les saisons froides, le temps de séchage est assez long. Par contre, et selon les déclarations des femmes enquêtées, l'été est la période la plus propice au séchage d'El Gueddidi.

La couleur et l'aspect cassant de la viande séchée sont les critères les plus utilisés par l'ensemble des femmes enquêtées, pour juger de la fin de séchage d'El Gueddidi.

Selon nos résultats, durant le séchage ;

- 52% des femmes interrogées déclarent qu'elles récupèrent El Gueddidi le soir et le matin du lendemain le réexpose de nouveau pour séchage. Selon elles, cela permet d'éviter sa réhydratation d'une part, d'autre part pour des raisons hygiéniques ;
- 48% des femmes enquêtées déclarent qu'elles ne récupèrent pas la viande jusqu'au séchage complet, surtout celles utilisant un tamis ou un tissu pour couvrir les lanières de viande.

#### **A) Problèmes rencontrés lors de séchage de la viande**

Le séchage de la viande est une étape clé du processus de préparation d'El Gueddidi. Certains défauts peuvent être rencontrés notamment, les problèmes liés à la prolifération microbienne. Les causes sont diverses, notamment et selon les déclarations des familles enquêtées :

- Quantité du sel insuffisante ;
- Lanières de viande trop épaisses ;
- Faible température de séchage notamment pendant les saisons de pluies où le temps de séchage est plus long ;
- Mauvaise aération ;
- Manque d'hygiène et du savoir-faire.

Ces conditions peuvent engendrer certains défauts que nous avons récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau 10** : Défauts rencontrés lors de séchage de la viande

Défauts rencontrés	Effectif	Pourcentage %
Odeur putride	151	49
Pas de problèmes rencontrés	56	18
Développement de vers	55	18
Présence de vers et d'odeur putride	45	15
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>100</b>

Selon le tableau 10, 49% des familles enquêtées déclarent qu'elles rencontrent une présence d'odeur putride et désagréable durant le séchage de la viande. 18% des familles se prononcent en faveur, d'un développement de vers sur la viande. 15% déclarent qu'elles ont l'habitude de rencontrer les deux problèmes, présence d'odeur putride et développement de vers à la fois sur la viande. Par contre, 18% des familles interrogées, affirment, ne pas rencontrer ce type de problèmes. Selon elles, une quantité suffisante de sel, une bonne aération, de bonnes conditions d'hygiène, et un bon savoir-faire, lors de la préparation d'El Gueddidi, permettent d'écarter tous ces problèmes. Certaines familles, des wilayas du Sud, déclarent que l'utilisation du vinaigre permet aussi de contourner ces défauts.

Dans ces différentes situations, les femmes préparatrices d'El Gueddidi réagissent comme suit :

- 48% des femmes déclarent que dans le cas où la viande présente une odeur putride avec développement de vers, la viande est jetée et procèdent à une nouvelle fabrication d'El Gueddidi ;
- 34% des femmes, déclarent que dans le cas d'une faible altération de la viande, un rajout de sel est nécessaire, et réexposent de nouveau la viande au séchage. Les parties fortement altérées sont impropres à la consommation. Elles réduisent aussi l'épaisseur des lanières de viande. Certaines femmes des wilayas du Sud rapportent qu'elles frictionnent la viande avec de l'oignon et de l'ail ;
- Les autres familles soit, 18%, n'ont pas l'habitude de rencontrer ce genre de problèmes.

#### 1.2.5.4. Mode de conservation d'El Gueddidi

Concernant le type d'emballage utilisé pour le conditionnement d'El Gueddidi, ainsi que la température de conservation, les résultats sont résumés dans le tableau 11. Une fois séché, El Gueddidi est conditionné dans des récipients ou sachets en plastique selon 48% des familles enquêtées, dans des sacs en toile, selon 35% des familles, dans des bocaux en verre, selon 10%

des familles. 5% des familles interrogées ont recours à des récipients ou jarre en terre cuite hermétiquement fermées. El Gueddidi peut se conserver aussi dans du papier, au dire de, 2% des déclarations, et enfin, certaines familles des wilayas du Sud utilisent des couffins pour le conserver, soit 1% des familles enquêtées.

**Tableau 11** : Type d'emballage et température de conservation d'El Gueddidi

<i>Emballage</i>	<i>Effectif</i>	<i>Pourcentage%</i>
Plastique	147	48
Tissu	107	35
Verre	31	10
Jarre en terre cuite	14	5
Papier	6	2
Couffin	2	1
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>100</b>
<i>Température de conservation</i>	<i>Effectif</i>	<i>Pourcentage %</i>
Température Ambiante	167	54
Congélateur	97	32
Réfrigérateur	43	14
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>100</b>

Pour la température de conservation d'El Gueddidi, plus de la moitié des familles enquêtées, soit 54% déclarent conserver El Gueddidi à température ambiante dans un endroit sec, 32% des familles préfèrent conserver El Gueddidi au congélateur, et 14% au réfrigérateur.

Chez plus de la moitié, soit 58% des familles enquêtées (soit 179 familles) El Gueddidi est préservé jusqu'à un an. Au moment de l'Aïd El Adha elles procèdent à une nouvelle fabrication d'El Gueddidi. La durée moyenne de conservation selon nos résultats est de 10 mois.

#### **1.2.5.5. Mode de consommation d'El Gueddidi**

Plus de la moitié des familles enquêtées soit 52% (tableau 12) déclare que le goût caractéristique que prend El Gueddidi quelques mois après sa préparation est très apprécié. Selon elles plus le temps passe plus le goût d'El Gueddidi s'affirme et s'accroît.

Ainsi, ces familles commencent à cuisiner El Gueddidi dans leurs plats, après un certain temps de conservation ou d'affinage, selon leurs dires, au minimum un mois. D'après 46% des familles enquêtées, elles le consomment juste après son séchage, et 2% déclarent que les deux cas sont possibles, elles commencent à utiliser El Gueddidi, soit après quelques mois de conservation ou bien juste après son séchage.

**Tableau 12** : Moment propice d'utilisation culinaire d'El Gueddid

Moment de consommation	Effectif	Pourcentage%
Après conservation	159	52
Juste après séchage	142	46
Les deux cas sont possibles	6	2
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>100</b>

Une fois prêt, El Gueddid peut relever le goût de nombreux plats que nous avons recensé selon les wilayas ;

Pour les wilayas du Nord-Est algérien, les principaux mets préparés avec El Gueddid sont le couscous, M'kartfa, El-Aïch appelé aussi Berkoukès, Chekhchoukhet errezam (Il s'agit d'une galette préparée, à base de semoule, d'eau et de sel, puis émietée et servie avec une sauce rouge à base d'El Gueddid).

Dans la wilaya de Jijel, El Gueddid s'immisce dans le couscous au lait, D'chicha et vermicelle cuit à la vapeur.

À Béjaïa, El Gueddid peut être utilisé dans de nombreuses préparations culinaires à savoir : Couscous, Aïch, Aftir Oukssoul (soupe), Avissar, Abazine, Tikourbabin (Ce plat se compose de boulettes de semoule, de forme ronde ou ovale, cuites dans une sauce rouge. Ce plat est surtout préparé pour la femme allaitante).

Pour les wilayas du Sud algérien, El Gueddid entre dans la préparation du Merdoud qui est appelé Aïche dans les wilayas du Nord, El H'sa (Soupe de blé grossièrement broyé), Khobz yabes (ou galette préparée avec des morceaux d'El Gueddid).

Selon nos résultats El Gueddid est consommé en moyenne cinq fois par an. Il est avant tout préparé pendant les saisons froides notamment l'hiver, le printemps, et d'autres occasions aussi comme : Achoura (le 10<sup>e</sup> jour de Muharram), Yanayer (Nouvel an Tamazight : 12 Janvier), El Mawlid Anabawi, le 7<sup>e</sup> jour de naissance du nouveau-né (donné pour la femme allaitante), au mois du Ramadhan selon les familles enquêtées de la wilaya de Tamanrasset.

#### 1.2.5.6. Achat d'El Gueddid

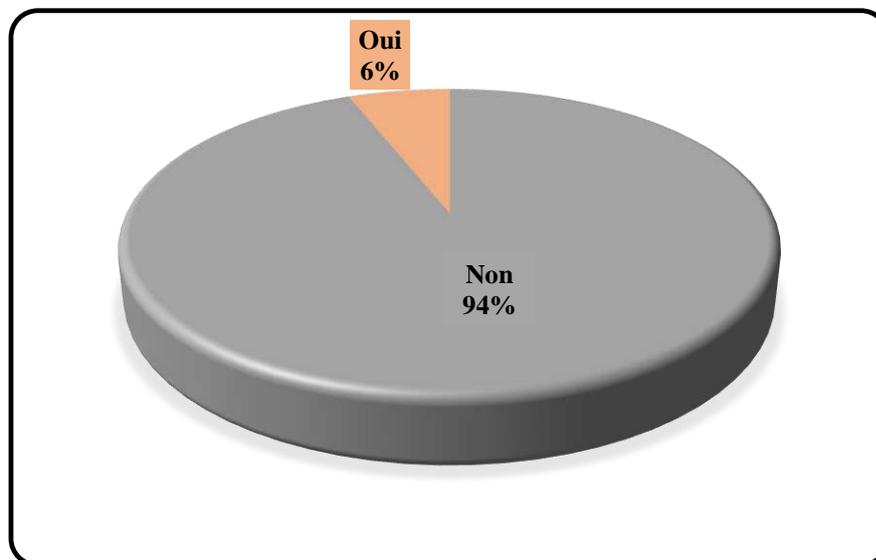
Notre résultat illustré dans la figure 32, montre que la majorité des familles enquêtées soit 94% (290 familles), préfèrent préparer El Gueddid elles-mêmes à la maison. Ces familles avancent les raisons suivantes :

- Elles ignorent la disponibilité d'El Gueddid, sur le marché ;
- Son processus de fabrication est simple, ne demande pas beaucoup de temps, ni beaucoup d'ingrédients ;

- La préparation d'El Gueddid est une pratique traditionnelle qu'il faut préserver et transmettre aux nouvelles générations. Ses femmes saisissent l'occasion de l'Aïd Al Adha pour pérenniser cet usage culinaire et faire apprendre leurs filles ou belles-filles, sa préparation ;
- Pour des raisons purement hygiéniques, elles préfèrent le préparer chez elles.

6% uniquement des femmes enquêtées qui préfèrent l'acheter, notamment les femmes actives, ou celles qui ne maîtrisent pas le savoir-faire, de sa préparation. D'après elles, son prix est raisonnable par rapport à la viande fraîche, il est disponible en magasin à tout moment.

Le test du *Qui-Deux*, montre qu'il n'y a pas de lien entre l'achat d'El Gueddid et l'activité des femmes enquêtées ( $\chi^2 = 3,84$  ;  $P = 0,31$ ).



**Figure 32 :** Vouloir d'achat d'El Gueddid par les familles enquêtées

### 1.3. Conclusion des résultats de l'enquête et diagramme de préparation traditionnelle d'El Gueddid

Notre enquête a porté sur 307 familles, majoritairement des wilayas de Batna, Béjaïa, Constantine et Ghardaïa. Selon les femmes enquêtées, la préparation d'El Gueddid est une tradition et un savoir-faire transmis de génération en génération, au sein des ménages. L'âge des femmes interrogées varie de 24 à 93 ans avec une moyenne de  $55 \pm 11$  ans. Lors de notre enquête, nous avons relevé plusieurs dénominations d'El Gueddid, en fonction des régions, à savoir ; *El Gueddid, Khlia, L'Ham Yabes, Akssoum Tatamraret, Achernoun, Tachadlouhat, Akhessoum Melhen, Achellouh, Aksoum Akouren, Achedlouh, Tacharnount.*

Concernant le procédé traditionnel de préparation d'El Gueddid, de notre étude, il ressort que ce produit peut être préparé (Après la fête religieuse Aid Al Adha) à partir de viande ovine, bovine, caprine ou cameline et dans un faible pourcentage, de viande de gazelle (selon l'ordre de réponses). Les parties de la carcasse les plus utilisés pour préparer El Gueddid, sont le flanc, suivi par les côtes, le gigot ou l'épaule. La viande est coupée en fines lanières très longues, en forme de guirlande d'environ, 20 cm de long, d'une largeur de 3 à 4 cm, et de faible épaisseur 1,33 cm (valeurs moyennes).

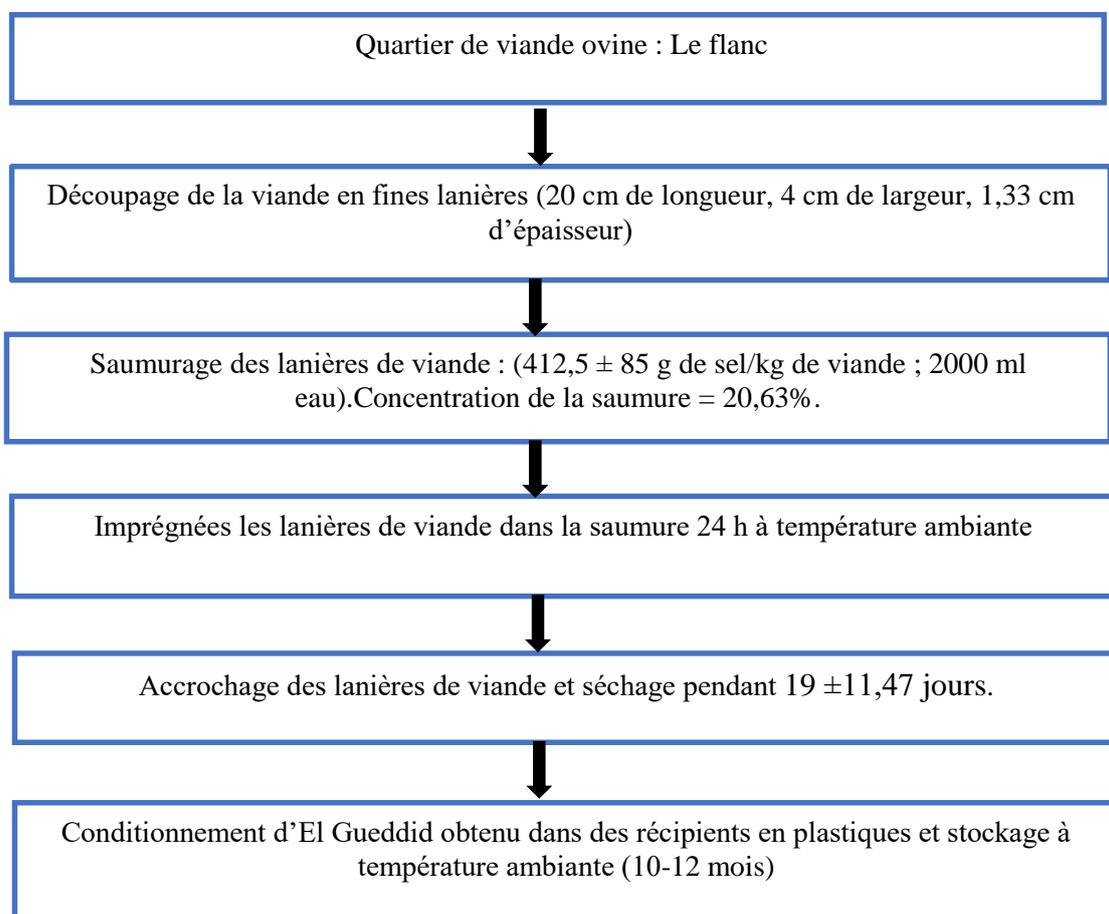
Chez la majorité des familles enquêtées (61%), le sel est l'ingrédient principal utilisé pour la préparation d'El Gueddid, pour elles, l'ajout d'épices est rarement marqué. 39% des familles enquêtées utilisent plusieurs épices pour assaisonner El Gueddid, à savoir : poivre noir ou rouge, ail moulu, coriandre, Ras El Hanout (Mélange de poudre d'épices), paprika, clou de girofle, curcuma et vinaigre. Nos résultats indiquent que 61% des familles enquêtées procèdent à un saumurage et 39% font un salage à sec. Selon les déclarations des enquêtées, et durant les visites effectuées au sein de certains ménages, nous avons pu identifier les quantités de sel et d'épices utilisées. La proportion du sel utilisée pour un kg de viande est en moyenne de  $305 \pm 166$  g par kg de viande, pour le salage à sec et  $412,5 \pm 85$  g par kg de viande, pour le saumurage. Globalement, il représente environ 1/3 de la quantité de viande utilisée (g/g).

Pour les épices, les quantités approximatives sont : une cuillère à café de poivre noir, une cuillère à café de piment rouge, et une cuillère à café de coriandre. Pour Ras El Hanout et le vinaigre, une cuillère à soupe, l'ail, 3 à 4 gousses.

Après le salage, les lanières de viande sont laissées mariner à température ambiante, pendant 24 heures en moyenne, afin que tous les morceaux de viande soient uniformément imprégnés du sel. Après le salage, les morceaux de viande sont suspendus sur une corde à linge et séchés, dans un endroit propre et aéré. Selon notre enquête, le séchage de la viande peut s'effectuer soit, à l'ombre, ou au soleil. Selon notre enquête, il se fait les premiers jours à l'ombre, ensuite achevé au soleil. La durée moyenne de séchage est de  $19 \pm 11,47$  jours. Cette durée est variable selon les saisons et les régions. Une fois séché, El Gueddid, se conserve dans des récipients ou sachets en plastique, dans des sacs en toile, dans des bocaux en verre, dans des jarre en terre cuite, dans du papier ou des couffins chez certaines familles des wilayas du sud (selon l'ordre de réponses). El Gueddid peut se préserver, à température ambiante dans un endroit sec, au congélateur ou au réfrigérateur (selon l'ordre de réponses des enquêtées). La durée de conservation d'El Gueddid peut s'étendre, jusqu'à un an selon 58% des familles enquêtées (avec une durée moyenne de 10 mois), au moment de l'Aid El Adha, elles procèdent à une nouvelle préparation d'El Gueddid.

El Gueddid est un produit qui est encore apprécié, dans beaucoup de régions algériennes et marque sa présence dans différentes préparations culinaires, essentiellement en hiver, lors de multiples occasions (Achoura, Yanayer, El Mawlid Anabawi, etc.), il est donné aussi aux femmes allaitantes. Il est consommé en moyenne cinq fois par an. La majorité des familles enquêtées, soit 94% préfèrent préparer El Gueddid, à la maison, pour des raisons d'hygiène et le maintien de cet usage culinaire séculaire, en vue de le transmettre à leurs filles et leurs belles-filles.

Nous pouvons enfin dégager un diagramme commun de fabrication traditionnelle d'El Gueddid que nous présentons dans la figure 33.



**Figure 33** : Diagramme type de préparation traditionnelle d'El Gueddid



**Figure 34** : Flanc, partie de la carcasse utilisée pour préparer El Gueddid



**Figure 35** : Flanc coupé en lanières



**Figure 36** : Lanières de viande obtenues



**Figure 37** : Ingrédients utilisés pour la préparation d'El Gueddid



**Figure 38** : Pesée de la viande



**Figure 39** : Pesée du sel



**Figure 40** : Préparation de la saumure



**Figure 41 :** Saumurage des lanières de viande



**Figure 42 :** Lanières de viande imprégnées dans la saumure



**Figure 43 :** Lanières de viande suspendues sur une corde à linge pour séchage solaire



**Figure 44 :** El Gueddidi obtenu



**Figure 45 :** Plats préparés au Gueddidi : Couscous à gauche, Aïche à droite

## 2. Résultats de la caractérisation expérimentale d'El Gueddid

La caractérisation expérimentale d'El Gueddid était basée sur l'appréciation de ses qualités physicochimique, biochimique, microbiologique et sensorielle. A cet effet, des analyses ont été effectuées et à différents stades de préparation d'El Gueddid. Les points de prélèvements étaient en général réalisés sur de la viande fraîche, après salage, durant le séchage, durant l'affinage et le stockage.

### 2.1. Caractérisation physicochimique d'El Gueddid

L'objectif dans cette partie est de suivre l'évolution en cénétique de certains paramètres essentiels dans la stabilité et la conservabilité d'El Gueddid à savoir le pH et l'humidité d'une part. D'autre part connaître la composition chimique d'El Gueddid en déterminant sa teneur en NaCl, en cendres totales, en protéines, en lipides, en acides gras, ainsi qu'une caractérisation de la fraction lipidique d'El Gueddid à savoir, l'indice de peroxyde et l'acidité libre.

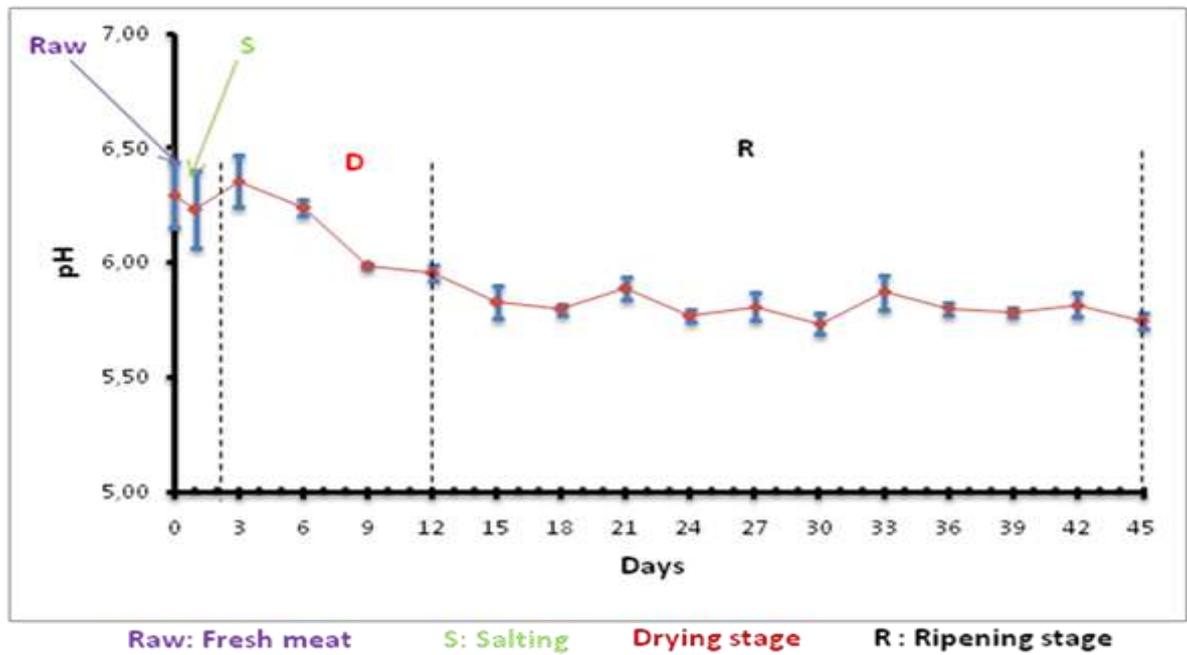
#### 2.1.1. pH

L'évolution du pH durant le processus de préparation et d'affinage d'El Gueddid est présentée dans la figure 46. Le pH de la viande fraîche utilisée, dans la préparation d'El Gueddid est de  $6,29 \pm 0,14$ . Nous pouvons constater une légère augmentation de cette valeur à  $6,35 \pm 0,11$  après la phase de salage (saumurage dans une solution saline de 20,63%). Selon Chabbouh *et al.* (2013), après 24 h de salage de la viande dans une saumure de concentration en NaCl de 21% la valeur de pH était évaluée à  $5,3 \pm 0,10$ .

Par la suite, la valeur du pH diminue pendant le séchage de la viande pour atteindre une valeur de  $5,95 \pm 0,03$  à la fin de cette phase (après 11 jours de séchage). La vitesse de chute du pH durant le séchage est de 0,03 unités/jour. Cette diminution du pH peut s'expliquer par l'accumulation de l'acide lactique produit par les bactéries lactiques. La diminution du pH dans El Gueddid durant cette phase contribue à freiner le développement des germes indésirables et pathogènes.

Durant la phase d'affinage, nous pouvons remarquer une stabilité de la valeur de pH. Sa vitesse de chute est de 0,01 unités/jour (depuis le 12<sup>e</sup> jour de préparation au 45<sup>e</sup> jour). Cette vitesse est faible par rapport à sa vitesse de chute durant le séchage. Cependant, le pH peut hausser durant l'affinage et le stockage d'El Gueddid, en raison de la formation de composés basiques, probablement, comme une conséquence de la protéolyse (Kaban, 2013 ; Spaziani *et al.*, 2009). Nous pouvons conclure, quant à ce résultat, le changement du pH durant les

différentes phases étant non significative ( $P > 0,05$ ). La valeur de pH d'El Gueddid, à un mois de préparation est en moyenne de  $5,73 \pm 0,04$ , qui est selon les résultats de notre enquête de terrain, le moment propice du début d'utilisation culinaire de ce produit.



**Figure 46 :** Évolution du pH durant la préparation et l'affinage d'El Gueddid

En comparaison avec l'allure d'évolution de pH du Gueddid marocain durant le séchage, selon Bennani *et al.* (2000), nous pouvons constater, que le pH est passé de 6,3 au jour 1 jusqu'à 5,5, après 11 jours de séchage. Puis, au 18<sup>e</sup> jour, la valeur de pH est d'environ 5 (pour notre Gueddid, au 18<sup>e</sup> jour de préparation, le pH =  $5,79 \pm 0,02$ ), des valeurs donc de pH, légèrement inférieures par rapport aux valeurs de pH de notre produit. Selon Chabbouh *et al.* (2013), le pH d'El Gueddid (produit fini) obtenu par séchage traditionnel (séchage solaire) est plus élevé (pH = 5,33), que le pH d'El Gueddid séché par convection (pH = 5,20). Cette différence peut se traduire (selon cette étude), par le temps du séchage solaire étant plus long (5 jours) comparativement, au séchage conventionnel, estimé à 27 h. Une durée de séchage plus longue favorise le développement et l'activité de bactéries protéolytiques, dont les métabolites libérées engendrent une élévation du pH.

Pour le Pastirma et selon Ozturk (2015), durant le processus de préparation traditionnel de ce produit carné, il y a élévation du pH passant de 5,50 au 5,82, dans le produit fini.

Nous présentons dans le tableau 13, le pH d'El Gueddidi et de certains produits carnés traditionnels obtenus par salage et séchage.

**Tableau 13 :** pH d'El Gueddidi et de quelques produits carnés obtenus par salage/séchage

Produits carnés	pH	Références
El Gueddidi : À un mois de préparation (prêt à consommer)	5,73 ± 0,04	Benlacheheb <i>et al.</i> (2019)
El Gueddidi marocain	5,32 ± 0,02	Bennani <i>et al.</i> (1995)
El Gueddidi tunisien	5,30 ± 0,10	Chabbouh <i>et al.</i> (2013)
Goat meat (viande de chèvre, Portugal)	5,80± 0,23	Teixeira <i>et al.</i> (2011)
Salted lamb meat blanket of petrolina (Brésil) (Viande d'agneau salée)	6,22 ±0,22	Nely <i>et al.</i> (2013)
Biltong (Afrique du Sud)	5 - 6,26	Petit <i>et al.</i> (2014)
Pastirma (Turquie)	5,82	Ozturk (2015)

### 2.1.2. Humidité

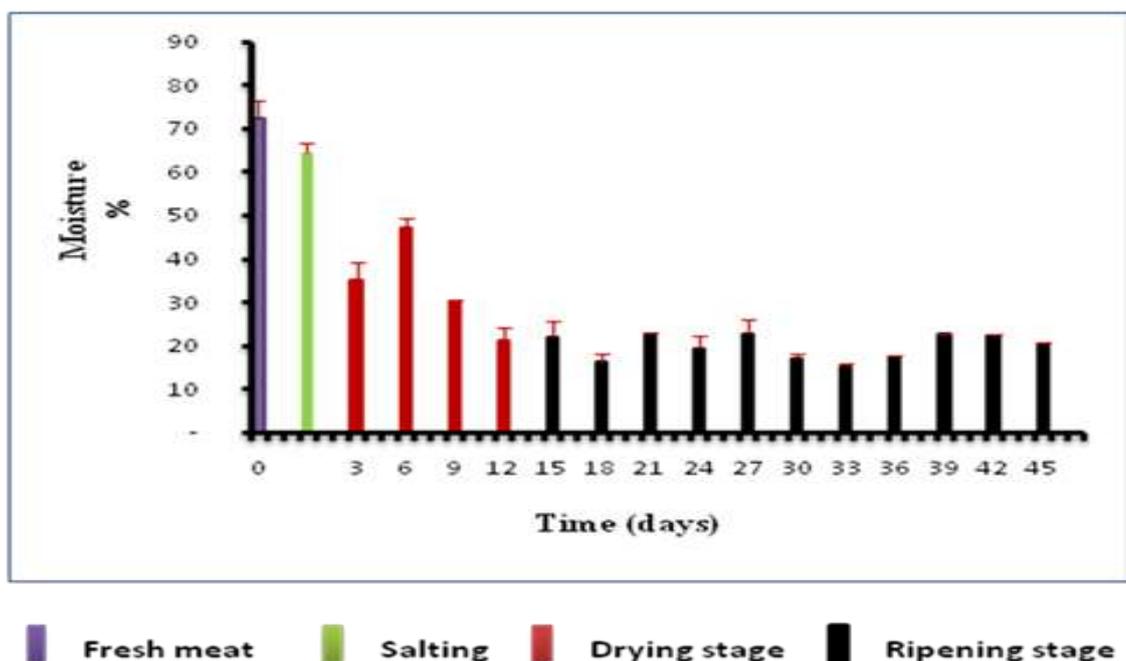
Le séchage est l'un des procédés les plus anciens de conservation de la viande. Le principe est très simple et moins onéreux (Cassens, 1994). Le séchage de la viande provoque une forte diminution de la teneur en eau. Les changements physicochimiques et biochimiques sont aussi minimisés durant le stockage de la viande séchée. La microflore est souvent stabilisée dans la viande ayant subi un séchage. Selon Bennani *et al.* (2000) ; Chabbouh *et al.*, (2013), l'humidité est un facteur très important à contrôler durant le processus de séchage. Elle doit être réduite dans El Gueddidi pour arrêter ou réduire le développement microbien.

La figure 47 montre qu'après le salage de la viande, la teneur en eau diminue de 72,18% ± 4,08 à une valeur de 64,47% ±2,06. Cette diminution est largement liée à la perte d'eau de la viande, due à la différence de gradient de concentration entre la viande et la saumure (rôle du salage est principalement la déshydratation de la viande par phénomène d'osmose). Durant le séchage, l'humidité diminue de manière très rapide, et la vitesse de diminution est de 3,92% /jour (depuis le premier jour de séchage jusqu'au 12<sup>e</sup> jour). La diminution de la teneur en eau, durant cette phase est significative (P<0.05). Selon Cassens (1994), si l'eau ne s'est pas

éaporée rapidement, durant cette étape, cela conduit au développement de microorganismes indésirables dans la viande.

A la fin du séchage (au 12<sup>e</sup> jour), la teneur en eau trouvée dans El Gueddid est de 20,37% ± 0,36. Ce résultat est en adéquation, avec celui obtenu par Bennani *et al.* (2000). Ainsi la teneur en eau ultime, trouvée par ces auteurs, à la fin de séchage était de 20%. Durant le séchage de notre produit, nous avons remarqué qu'au 6<sup>e</sup> jour de préparation d'El Gueddid (durant son séchage), une légère augmentation de l'humidité dans le produit. Ceci peut avoir pour cause, les conditions de séchage (une réhydratation de produit durant le séchage).

Durant la phase d'affinage d'El Gueddid, la réduction de la teneur en eau devient de plus en plus faible. La vitesse de chute de l'humidité durant cette phase est de 0,03%/ jour (depuis le jour 12 au jour 45). La diminution de la teneur en eau durant cette phase est non significative ( $P > 0,05$ ), d'où une stabilité de l'humidité, durant la phase d'affinage d'El Gueddid. Selon Zuka et Incze, (2010), durant la première phase de séchage, la teneur en eau des couches externes de la viande diminue, alors que les couches internes perdent leur eau, vers la fin de séchage. Plusieurs facteurs peuvent affecter le séchage des produits carnés (Toldra ,2002). Certains de ces facteurs sont intrinsèques au produit, à savoir le pH (un pH bas favorise un séchage rapide), la quantité du gras intramusculaire, pouvant constituer une barrière, devant la diffusion d'eau, le poids de la viande à sécher, etc. (Toldra, 2002). Les fluctuations de l'humidité d'El Gueddid observées durant son affinage peuvent signifier des conditions de stockage, à savoir l'humidité relative de l'air et la température



**Figure 47** : Évolution de l'humidité durant la préparation et l'affinage d'El Gueddid

A un mois de préparation d'El Gueddid, sa teneur en eau était en moyenne de l'ordre de  $16,76 \pm 1,15$  %. Après un an de conservation, nous avons constaté que son taux d'humidité était de  $14,94 \pm 2,11$ % (tableau 14), probablement dues aux bonnes conditions de stockage du produit, empêchant sa réhydratation.

Nous présentons dans le tableau 14, le taux d'humidité d'El Gueddid et de certains produits carnés traditionnels obtenus par salage et séchage.

**Tableau 14 :** Humidité d'El Gueddid et de quelques produits carnés obtenus par salage/séchage

Produits carnés	Humidité %	Références
El Gueddid : À un mois de préparation (Prêt à consommer)	$16,76 \pm 1,15$	Benlacheheb <i>et al.</i> (2019)
El Gueddid : Après un an de stockage	$14,94 \pm 2,11$	Benlacheheb <i>et al.</i> (2019)
El Gueddid marocain	$10,38 \pm 2,31$	Bennani <i>et al.</i> (2000)
El Gueddid tunisien	$11,10 \pm 8,10$	Chabbouh <i>et al.</i> (2013)
Salted lamb meat blanket of petrolina (Brésil) (Viande d'agneau salée)	$69,86 \pm 2,26$	Pedrosa <i>et al.</i> (2014)
Biltong (Afrique du sud)	21,5-25,3	Petit <i>et al.</i> (2014)
Pastirma (Turquie)	47,80	Ozturk (2015)

### 2.1.3. Activité d'eau (Aw)

La stabilité des denrées alimentaires est étroitement liée à leur activité d'eau (Aw). Selon Toldra (2002), les réactions chimiques, enzymatiques et microbiennes dépendent toutes de l'Aw. En général, on considère qu'une Aw inférieure à 0,6 protège les produits contre les réactions de dégradation (Tom, 2015). En effet, la croissance des microorganismes est inhibée et les enzymes sont inactivées (Tom, 2015).

Selon Santchurn *et al.* (2012) la réduction de l'Aw de la viande jusqu'à une valeur de 0,6 ou 0,7- 0,75 [appelée valeur de sécurité (Safe value)] peut empêcher le développement microbien.

Les résultats obtenus concernant l'Aw d'El Gueddidi (d'un mois de préparation et après un an de conservation) sont présentés dans le tableau 15, avec les valeurs d'Aw d'autres produits carnés traditionnels.

L'Aw d'El Gueddidi d'un mois de préparation est de l'ordre de  $0,72 \pm 0,03$ , ce résultat est supérieur par rapport à celui trouvé, dans El Gueddidi marocain ( $0,54 \pm 0,06$ ) par Bennani *et al.* (1995), et de celui trouvé dans El Gueddidi tunisien ( $0,669 \pm 0,001$ ) par Chabbouh *et al.* (2013). Les mêmes résultats sont applicables pour l'Aw du *Biltong* ( $0,65-0,68$ ) trouvé par Petit *et al.* (2014).

Cependant, notre résultat est inférieur par rapport à l'Aw constaté par Teixeira *et al.* (2011) dans la viande de chèvre salée/ séchée ainsi que celle observé par Pedrosa *et al.* (2014) dans la viande d'agneau salée. L'Aw de notre produit semble également inférieur par rapport à celui du Pastirma, établi par OzTürk (2015).

**Tableau 15 :** Activité d'eau (Aw) d'El Gueddidi et de quelques produits carnés obtenus par salage/séchage

Produits carnés	Aw	Références
El Gueddidi : A un mois de préparation (Prêt à consommer)	$0,72 \pm 0,03$	Benlacheheb <i>et al.</i> (2019)
El Gueddidi : après un an de stockage	$0,48 \pm 0,02$	Benlacheheb <i>et al.</i> (2019)
El Gueddidi marocain	$0,54 \pm 0,06$	Bennani <i>et al.</i> (1995)
El Gueddidi tunisien	$0,669 \pm 0,001$	Chabbouh <i>et al.</i> (2013)
Goat meat (viande de chèvre, Portugal)	$0,98 \pm 0,009$	Teixeira <i>et al.</i> (2011)
Salted lamb meat blanket of petrolina (Brésil) (Viande d'agneau salée)	$0,97 \pm 0,02$	Pedrosa <i>et al.</i> (2014)
Biltong (Afrique du sud)	$0,65-0,68$	Petit <i>et al.</i> (2014)
Pastirma (Turquie)	0,90	OzTürk (2015)

Pour El Gueddidi d'un an de conservation, nous avons remarqué une faible Aw soit  $0,48 \pm 0,020$ . Cette valeur est inférieure à celles trouvées dans les autres produits carnés traditionnels. Cette baisse de la valeur de l'Aw peut être liée à l'abaissement de la teneur en eau dans El Gueddidi, durant sa conservation ( $14,94 \pm 2,11\%$ ).

Selon les valeurs d'Aw ( $0,72 \pm 0,03$ ) et d'humidité d'El Gueddidi ( $16,76 \pm 1,15$  %), et selon Bennani *et al.* (1995), Santchurn *et al.* (2012), Chabbouh *et al.* (2013) et Petit *et al.* (2014), El Gueddidi peut être considéré comme un aliment à humidité intermédiaire.

#### 2.1.4. Analyse de la composition chimique d'El Gueddidi

Les résultats de notre enquête ont montré que le moment propice d'utilisation culinaire d'El Gueddidi a lieu à partir d'un mois de préparation, d'une part. D'autre part ce produit peut se conserver jusqu'à un an, et au-delà. A l'issue de ces résultats, dans cette partie, des échantillons d'El Gueddidi obtenus après un mois de préparation et après un an de stockage ont fait l'objet d'analyses chimiques. Ces analyses ont porté sur la détermination de la teneur en NaCl, en cendres totales, en protéines, en lipides, en acides gras, ainsi qu'une caractérisation de la fraction lipidique d'El Gueddidi à savoir, l'indice de peroxyde et l'acidité libre.

Nous présentons dans le tableau 16, les caractéristiques chimiques d'El Gueddidi (teneur en NaCl, en cendres, en protéines et en lipides) comparées à celles de la viande fraîche. Autrement dit, la composition d'El Gueddidi d'un mois de fabrication (Préparé en mars 2018, analysé en d'avril 2018) et la composition d'El Gueddidi après 12 mois de conservation (préparé fin avril 2017 et analysé au mois d'avril 2018).

**Tableau 16 :** Composition chimique d'El Gueddidi

<b>Composants chimiques (g/100g)</b>	<b>Viande fraîche (Agneau)</b> (Table de composition Ciquel 2020)	<b>El Gueddidi de 1 mois</b>	<b>El Gueddidi de 12 mois</b>
NaCl	0,22	$12,86 \pm 1,18$	$17,93 \pm 0,06$
Cendres totales	1,13	$12,40 \pm 0,32$	$17,56 \pm 0,25$
Protéines	20,6	$37,30 \pm 0,13$	$35,12 \pm 0,11$
Lipides	6,11	$44,63 \pm 0,42$	$41,82 \pm 0,55$

Nous pouvons constater, par comparaison à la viande fraîche que les teneurs en différents composants, dans El Gueddidi ont augmentée. Cette augmentation peut s'interpréter par la réduction de la teneur en eau dans la viande par le séchage et par conséquent une concentration des différents nutriments et composants biochimiques.

Une différence des teneurs des différents composés a été constatée entre El Gueddid obtenu après un mois et El Gueddid stocké pendant un an.

**Pour la teneur en sel (NaCl)**, elle est de 0,22 g/100 dans la viande fraîche. Dans El Gueddid, à un mois de fabrication, sa teneur est évaluée à  $12,86 \pm 1,18$  g/100, et de  $17,93 \pm 0,06$  g/100 g dans El Gueddid, de 12 mois. Cette évolution de la teneur en sel est due à la diminution de la quantité d'eau dans le produit ainsi qu'au salage.

Il est à noter que ces valeurs finales des teneurs en sel obtenues dans El Gueddid contribuent à la stabilité de produit. Au moment de sa consommation, ce dernier subit un dessalement pour éliminer l'excès de sel, généralement par un trempage dans l'eau.

Selon Chbbouh *et al.* (2012), la concentration du sel doit être supérieure à 10%, afin d'empêcher la croissance des microorganismes indésirables dans les produits carnés. Notre produit répond bien, à cette condition. Bien que le sel soit nécessaire à notre organisme, la consommation élevée de sodium est un facteur favorisant l'hypertension et les problèmes cardiovasculaires (Picouet et Munoz, 2013). La valeur maximale recommandée par l'OMS (Organisation Mondiale de la santé), est de 5g/jour.

Les aliments qui contribuent le plus à l'apport journalier de sodium sont les produits carnés (26,16%), suivi du pain (19,06%) et des produits laitiers (15,60%) (Picouet et Munoz, 2013). Selon Tan, (2018), la réduction de la teneur en sel est au cœur des problématiques des produits transformés. Les industries de la viande tentent de réduire la teneur en sel, dans les produits carnés pour répondre, aux attentes des consommateurs et aux demandes des autorités sanitaires (Picouet et Munoz, 2013).

Selon Tan, (2018), la teneur moyenne en chlorure de sodium dans le jambon de Parme est passée graduellement de 6,1% à 5,7% entre 1996 et 2007.

Nous présentons dans le tableau 20, la teneur en sel (NaCl) trouvée dans notre produit et celle de quelques produits carnés traditionnels.

Le tableau 17, montre que la teneur en NaCl dans notre Gueddid ( $12,86 \pm 1,18\%$  d'un mois de préparation et  $17,93 \pm 0,06$  après un an de stockage) est supérieure à celle trouvée dans El Gueddid marocain ( $10,21 \pm 1,68$ ). Sachant que, et selon ces auteurs, ce produit est obtenu par salage à sec et épicé.

Pour El Gueddid tunisien selon (Chabbouh *et al.*, 2013), la teneur en sel, dans le produit fini est nettement supérieure à notre valeur, bien qu'il soit obtenu selon le même procédé de fabrication que notre produit (Saumurage dans une solution saline non épicée de concentration de 21%).

**Tableau 17 :** Teneur en sel (NaCl) d'El Gueddid et de quelques produits carnés obtenus par salage/séchage

Produits carnés	NaCl (%)	Références
El Gueddid : À un mois de préparation (prêt à consommer)	12,86 ±1,18	Benlacheheb <i>et al.</i> (2019)
El Gueddid d'un mois de stockage	17,93 ± 0,06	Benlacheheb <i>et al.</i> (2019)
El Gueddid marocain	10,21±1,68	Bennani <i>et al.</i> (1995)
El Gueddid tunisien	37,13±3,32	Chabbouh <i>et al.</i> (2013)
Salted lamb meat blanket of petrolina (Brésil) (Viande d'agneau salée)	1,93±0,64	Pedrosa <i>et al.</i> (2013)
Biltong (Afrique du sud)	5,5–7,9	Petit <i>et al.</i> , (2014)

**Pour les cendres**, la teneur en cendres dans El Gueddid d'un mois de préparation est de (12,40 ± 0,32%), pour El Gueddid d'un an de stockage, elle est évaluée à 17,56 ± 0,25%. Ces valeurs sont aussi élevées comparées, à celle de la viande fraîche (1,13%) et supérieures au *Kilichi* (9,6%), mais proche de celle trouvé dans le *Charqui* (13,8%).

Cette teneur élevée en cendre dans El Gueddid est attribuée à la quantité du sel utilisée, dans la production d'El Gueddid.

**Pour les protéines**, l'intérêt nutritionnel et incontestable de la viande réside dans son apport protéique très élevé et à la haute valeur biologique de ces protéines qui contiennent tous les acides aminés indispensables, en proportions adéquates (Lebret et Picard, 2015). La teneur en protéines, est de 20,6 g/100 dans la viande fraîche, de l'ordre de 37,30 ± 0,13g/100 dans El Gueddid, d'un mois de préparation et de 35,12 ± 0,11g/100 g dans El Gueddid de 12 mois. Cette évolution de la teneur protéinique (entre la viande fraîche et le produit fini) est due à la diminution de la quantité d'eau dans El Gueddid. Cette teneur fait d'El Gueddid un produit carné hautement protéique.

Nous remarquons également, une diminution de la teneur en protéines dans El Gueddid stocké, pendant 12 mois, en comparaison à El Gueddid obtenu après un mois.

Ce résultat signifie une dégradation des protéines par protéolyse durant le stockage. Selon (Mora et Toldra, 2013), après 12 mois d'affinage du jambon salé séché, la majorité des protéines myofibrillaires sont totalement hydrolysées.

Nos valeurs de la teneur en protéines sont plus faibles par rapport aux teneurs en protéines trouvées dans le *Kilichi* soit 50,2 % (Igene *et al.*, (1990) cité par Tom, 2015). Le *Kilichi* est un produit carné connu dans les zones sahéliennes d'Afrique Centrale et de l'Ouest, fabriqué à base de viande de bœuf découpée en lanières fines puis séchées. Le *Charqui*, aussi présente une teneur en protéines plus élevée à celle d'El Gueddidi, elle est de l'ordre de 45% selon Torres *et al.* (1994) cité par Tom (2015) c'est est un produit carné traditionnel brésilien, à base de viande de bœuf salée et séchée.

**Pour les lipides**, la teneur en lipides est le paramètre le plus variable de la composition de la viande. Elle dépend essentiellement des facteurs intrinsèques de l'animal (race, sexe, âge) et des facteurs extrinsèques (régime alimentaire, facteurs d'élevage et d'abattage). La teneur en lipides dépend, en effet du type de muscle : elle est plus élevée dans les muscles oxydatifs ou à forte activité métabolique. Or, chez l'agneau, le *Longissimus dorsi* (Côtelettes) tend à avoir une activité métabolique plus élevée que le *Biceps femoris* (Gigot) (Belabbes et Boudroua1, 2017). La teneur en lipides dans la viande fraîche d'agneau est en moyenne de 6,11 g, pour El Gueddidi, d'un mois de préparation, est en moyenne de l'ordre de  $44,63 \pm 0,42$  g. Cette valeur est nettement supérieure à celle dans la viande fraîche et qui peut être expliquée, par la réduction de la teneur en eau, dans El Gueddidi, d'où cette concentration. Pour El Gueddidi analysé après un an de stockage, nous avons remarqué une diminution de la teneur en lipides pour atteindre une valeur moyenne évaluée à  $41,82 \pm 0,55$ g. Cette réduction est vraisemblablement due à, une perte d'une partie des lipides, dans notre produit, et pour cause, la lipolyse. Comparativement avec le *Charqui* dont la teneur en lipides est de 6,7% ainsi qu'avec celle du *Kilichi* qui est de 17,8% (Tom, 2015), nos valeurs sont plus élevées. C'est le fait que ces produits carnés sont obtenus à partir de viande de bœuf. Leur teneur en matières grasses de ces viandes fraîches utilisées ont des teneurs en lipides comprises entre 1,5 et 2,5%. Ces teneurs sont inférieures par rapport à la teneur en lipides, dans la viande d'agneau qui est généralement la plus utilisée dans la préparation d'El Gueddidi (6,11 %).

### **2.1.5. Profil en acides gras d'El Gueddid**

Le tableau 18 présente la composition en Acides Gras (AG) d'El Gueddid. Concernant la composition en (AG), la viande rouge est caractérisée par sa richesse en lipides, à majorité saturés AGS (49 à 52%) des Acides Gras Totaux (AGT), dominé essentiellement par C16 :0 (Acide Palmitique) et le C 18:0 (Acide Stéarique).

Nos résultats montrent que la teneur en (C 16 :0), dans El Gueddid obtenu après un mois de préparation est de 24,7% des AGT, cette valeur augmente pour se chiffrer à 28,7% dans El Gueddid conservé pendant un an. Pour l'acide Acide Stéarique (C 18 :0), sa teneur est de 12,9%, dans El Gueddid prêt à consommer (d'un mois de préparation) et de 12,8% dans El Gueddid d'un an, sa valeur est stable. L'acide Laurique (C12) et l'acide myristique (C14) sont présents en quantités infimes.

Pour les acides Gras Monoinsaturés (AGMI), ils sont représentés principalement par C18 :1. L'acide oléique (C18 :1) représente une fraction de 40% des AGMI. Ces teneurs sont proches, dans El Gueddid prêt à consommer ou stocké pendant un an. Ces valeurs sont respectivement de 43,6% et 44,0%.

Les Acides Gras Polyinsaturés (AGPI) prédominants dans la viande rouge d'agneau sont l'oméga 6 et l'oméga 3. Le tissu adipeux intramusculaire contient des proportions intéressantes d'AGPI. Ces lipides intramusculaires contiennent 2 à 3% d'AGPI, chez les ruminants contre 20 à 25% chez la volaille (Elaffifi, 2015). Les acides gras à longues chaînes, tels que l'acide eicosapentanoïque (EPA), l'acide docosapentanoïque (DPA) et l'acide docosahexanoïque (DHA) dont l'acide linoléique sont les précurseurs. Ils ont des effets stimulants, sur la fonction cognitive chez les mammifères. Ces acides gras sont des composants majeurs des membranes neurales, et ils améliorent la vision, la neurotransmission et la faculté d'apprentissage.

Une alimentation, chez l'homme, riche en AGPI (n-3) limite les risques de maladies cardiovasculaires et de cancer. L'acide linoléique (C 18 :2) est évalué à 3,9%, dans El Gueddid prêt à consommer (d'un mois de préparation). Pour El Gueddid stocké pendant un an, sa valeur est de 1,5%. Cette valeur a diminué presque de moitié. Cette diminution est une perte de l'acide linoléique, par oxydation. Selon Lebret et Picard (2015), les lipides de la viande peuvent subir des transformations chimiques appelées peroxydation. Ces réactions conduisent à la formation de plusieurs produits terminaux dont les composés volatils. Lorsque l'intensité de peroxydation est modérée, les composés formés ont un effet bénéfique sur la flaveur de la viande (goût et odeur). Toutefois, des niveaux trop importants de peroxydation sont associés à la production de composés induisant une altération de la qualité nutritionnelle.

L'acide eicosapentaénoïque (C 20 :5) a une valeur de 0,02%, dans El Gueddid d'un mois et dans El Gueddid d'un an, elle est de 0,4%.

**Tableau 18 :** Composition en acides gras d'El Gueddid

<b>Acides Gras (AG)</b>	<b>El Gueddid d'1 mois (% AG des AGT)</b>	<b>El Gueddid de 12 mois (% AG des AGT)</b>
Acide laurique (C 12 :0)	0,3	0,08
Acide myristique (C 14 :0)	4,4	3,9
Acide myristoléique (C 14 :1)	0,3	1,2
Acide pentadécanoïque (C 15 :0)	1,4	0,4
Acide palmitique (C 16 :0)	24,7	28,7
Acide palmitoléique (C 16 :1)	1,8	4,0
Acide margarique (C 17 :0)	3,5	1,0
Acide heptadécinoïque (C 17 :1)	2,9	1,3
Acide stéarique (C 18 :0)	12,9	12,8
Acide oléique (C 18 :1)	43,6	44,0
Acide linoléique (C 18 :2)	3,9	1,5
Acide linoléique (C 18 :3)	0,3	0,3
Acide eicosapentaénoïque (C 20 :5)	0,02	0,4

AG : Acide Gras ; AGT : Acides Gras Totaux

## 2.1.6. Caractéristiques chimiques de la fraction lipidique d'El Gueddid

### 2.1.6.1. Indice de peroxyde

Le goût typique et caractéristique d'El Gueddid peut être due à la lipolyse et à l'oxydation des acides gras libres (Bennani *et al.*, 2000).

L'oxydation des lipides est connue comme étant un problème important lors de la conservation ou lors des procédés de transformation des produits carnés. C'est également la cause la plus significative de la dégradation des qualités sensorielle et nutritionnelle (la peroxydation des lipides touche principalement les AGPI), de la viande et des produits carnés (Jeuge *et al.*, 2012). Les produits primaires de l'oxydation conduisent à des produits secondaires (aldéhydes, cétones, etc.) qui peuvent modifier les caractéristiques sensorielles des produits alimentaires en développant un goût de « rance » (Tom, 2015).

L'oxydation affecte principalement les phospholipides. L'hydrolyse des phospholipides libère des acides gras polyinsaturés qui prédisposent la viande à l'oxydation au cours des traitements technologiques. Les phospholipides donnent naissance à de nombreux composés volatils, issus de l'oxydation de leurs acides gras insaturés. Ces composés, lorsqu'ils sont présents en concentrations importantes, sont la cause d'apparition de saveurs désagréables caractéristiques des produits rances (Coibion, 2008).

Nos résultats montrent un taux de peroxyde de 45,75 méq d'O<sub>2</sub>/kg dans El Gueddid, d'un mois de préparation. Comparativement à la viande fraîche, dont le taux de peroxyde est de 9,82 méq d'O<sub>2</sub>/kg. Le traitement utilisé à savoir, le séchage solaire lors de la fabrication d'El Gueddid induit une forte oxydation des lipides. Selon Tom (2015), cette oxydation est essentiellement due à l'impact du rayonnement solaire. Les rayons UV sont connus pour leur effet pro-oxydant sur les lipides. Le même auteur montre, que de nombreux travaux ont prouvé l'impact du rayonnement solaire sur les propriétés biochimiques de la viande et en particulier l'oxydation des lipides (Ahn *et al.*, 2000, cité par Tom, 2015). Plusieurs facteurs intervenant au cours de la transformation et la conservation de la viande pourraient être impliqués, dans ce phénomène dont la température, le pH, la pression partielle en oxygène et l'Aw, le taux de NaCl. En effet, l'activité de l'eau d'un système influence les réactions d'oxydation des lipides (Bennani *et al.*, 1995). La vitesse d'oxydation étant la plus grande aux Aw comprises entre 0,6 et 0,8. Selon Bennani *et al.*, (1995). L'oxydation des acides gras dans El Gueddid est favorisée par sa faible Aw, d'où la réciprocity avec le résultat évoqué par Lauridsen *et al.* (2000) cité par Tom (2015). Dans le kitoza salé/séché, il était plus oxydé que le kitoza salé/fumé dans la mesure où l'Aw des kitoza salés/séchés est plus faible.

Le taux de peroxyde trouvé dans El Gueddid d'un mois (prêt à consommer) est supérieur à celui détecté dans le Kilichi qui est de 39,10 méq d'O<sub>2</sub>/kg (Tom, 2015).

El Gueddid stocké pendant un an semble avoir subi une forte oxydation des lipides et cela se traduit par la valeur élevée du peroxyde trouvée, évaluée à 232,5 méq d'O<sub>2</sub>/kg. Selon Tom (2015), le suivi de l'évolution de l'oxydation des lipides dans le Kilichi pendant 60 semaines (15 mois) a montré qu'il n'y a pas d'oxydation des lipides, s'expliquant par l'utilisation, pour la préparation du Kilichi, des ingrédients qui ont des propriétés antioxydantes tels l'oignon et les épices.

#### **2.1.6.2. Acidité libre**

L'acidité est un paramètre qui permet d'évaluer le degré d'altération de la matière grasse, consécutive à des mauvais traitements ou une mauvaise conservation.

L'acidité est formulée par le pourcentage d'acides gras libres exprimé conventionnellement en pourcentage d'acide oléique.

L'analyse de ce paramètre a montré que l'acidité libre d'El Gueddid d'un mois de préparation est de 2,11% d'acide oléique. Pour El Gueddid d'un an de stockage, elle est passée à 7,84% d'acide oléique. En effet, au cours du temps, les triglycérides s'hydrolysent lentement pour donner le glycérol et des acides gras libres. Ce résultat montre que les triglycérides ont subi une hydrolyse, durant le stockage. Ce résultat est proche de celui trouvé dans El Gueddid marocain par Bennani *et al.* (1995) qui était de l'ordre de 8,12%. Cette valeur élevée montre une forte lipolyse dans El Gueddid et qui se traduit par une accumulation des acides gras libres dans ce produit. Selon ces auteurs, la lipolyse joue un rôle dans la qualité organoleptique d'El Gueddid.

## **2.2. Caractérisation biochimique d'El Gueddid**

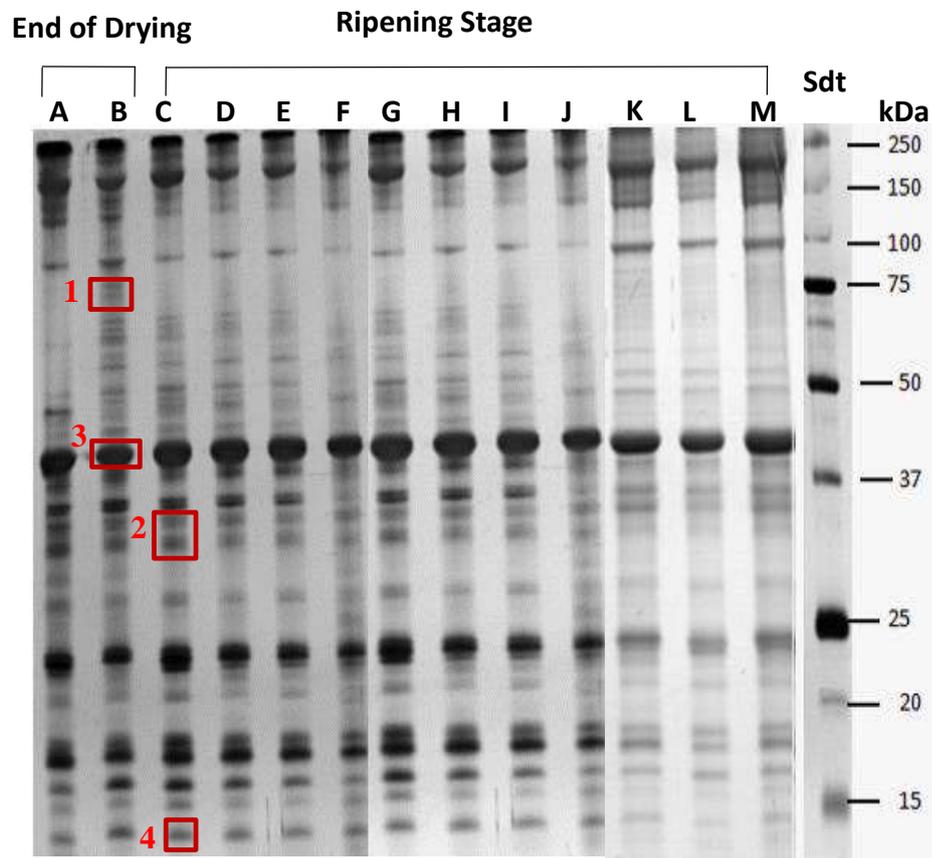
### **2.2.1. Protéolyse durant le processus de préparation et d'affinage d'El Gueddid**

De nombreuses réactions biochimiques tiennent place durant le processus de préparation et d'affinage des produits carnés. La protéolyse constitue le principal phénomène biochimique (Toldra, 1998). Ainsi les changements au niveau de la structure des protéines et leur relation avec l'évolution de la texture et la saveur de ces produits ont fait l'objet de nombreuses études, par plusieurs auteurs (Toldra, 1998 ; Sentandreu *et al.*, 2007; Mora *et al.*, 2010 ; Bermúdez *et al.*, 2014a, 2014b, 2015). La protéolyse, durant l'affinage des produits carnés contribuent non seulement au changement sur la texture du produit fini mais aussi au développement de l'arôme et de saveur caractéristiques, de ces produits (Chabbouh *et al.*, 2013). El Gueddid se caractérise

par une forte saveur, due à lipolyse et à l'oxydation des acides gras (Bennani *et al.*, 2000). La protéolyse peut également contribuer au développement de saveur des produits carnés (Bennani *et al.*, 2000 ; Chabbouh *et al.*, 2013; Bermúdez *et al.*, 2014b).

Les profils électrophorétiques des protéines myofibrillaires durant la préparation et l'affinage d'El Gueddid sont présentés dans les figures 48 et 49.

Dans la figure 48, une disparition de certaines bandes protéiques a été révélée, dans l'intervalle de poids de 85 - 73 kDa, au fin de séchage, au 12<sup>ème</sup> jour (Bande 1), et dans un même temps, une diminution de l'intensité des bandes de protéines entre 33 kDa (Bande 2) et 14 kDa (Bande 4) 15<sup>ème</sup> jour de préparation. L'intensité de la bande 3, correspondant à l'actine (Ouali *et al.*, 2013), diminue aussi, durant tout le processus de préparation d'El Gueddid ces bandes ont été confirmé par spectrométrie de masse (voir plus loin, tableau 19) .



**Figure 48:** Profil électrophorétique des protéines myofibrillaires durant la préparation et l'affinage d'El Gueddid (à 12% de polyacrylamide).

J 9 (A), J 12 (B), J 15 (C), J 18 (D), J 21 (E), J 24 (F), J 27 (G), J 30 (H), J 33 (I),  
J 36 (J), J 39 (K), J 42 (L), J 45 (M).

J: Jour

La protéolyse dans le muscle de viande est le phénomène, d'intérêt majeur, qui se produit durant la fabrication et l'affinage des produits carnés (Sentandreu *et al.*, 2007). Les principaux enzymes responsables de la dégradation des protéines musculaires durant le salage et le séchage sont les endopéptidases, notamment les calpaines et les cathepsines. Les exopeptidases dégradent la majorité des polypeptides générés par les endopéptidases (Mora *et al.*, 2013). Toldra (2002) ; (Sentandreu *et al.*, 2007) et (Bermùdz *et al.*, 2014), reportent que la protéolyse a un très grand impact sur la qualité organoleptique du jambon, à savoir sa texture et sa flaveur, par la dégradation des protéines myofibrillaires. La conséquence est une accumulation importante des peptides de faibles poids moléculaires et des acides aminés qui contribuent de façon directe ou indirecte (en tant que précurseurs de composés aromatiques) dans l'évolution de la flaveur unique du jambon.

Kaban (2013), a observé que la protéolyse est le phénomène essentiel, durant la fabrication du pastirma, conséquence directe sur sa qualité sensorielle finale.

Pour El Gueddidi, Bennani *et al.* (1995), ainsi que Chabbouh *et al.* (2012), pensent également que la protéolyse, durant les différentes étapes de préparation d'El Gueddidi peut avoir un effet sur certains composés odorants qui contribuent dans la genèse de la flaveur caractéristique de ce produit.

Bermudez *et al.* (2014), pense que durant le processus de fabrication du jambon salé séché *Celta* (produit carné traditionnel du Nord-ouest de l'Espagne), dans les muscles internes (*Biceps femoris*), muscle couvert d'une fine couche du gras subcutanée, le sel diffuse progressivement mais lentement. Ce qui favorise une plus grande activité protéolytique, et qui affecte beaucoup les propriétés texturales dans ce produit.

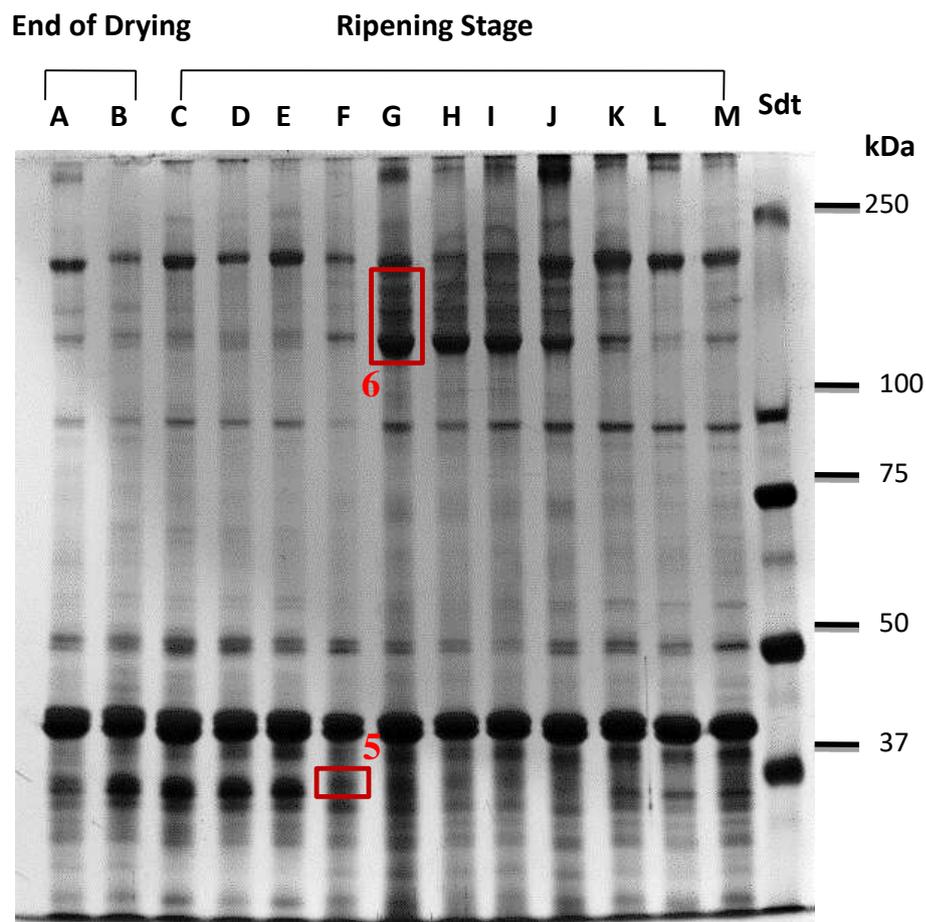
Dans El Gueddidi et selon Chabbouh *et al.* (2012), les saumures de faibles concentrations en NaCl (15%) provoquent une solubilisation des protéines myofibrillaires. Alors qu'un salage à sec ou des saumures concentrées (21% à 26%), provoquent une protéolyse intense des protéines myofibrillaires, qui est directement responsable du changement de texture et du développement de flaveur dans El Gueddidi.

Dans la figure 49, le profil électrophorétique des protéines myofibrillaires d'El Gueddidi montre ce qui suit :

Au 24<sup>e</sup> jour d'affinage d'El Gueddidi, une diminution de l'intensité de la bande protéique dont le poids est d'environ 37 kDa est observée (Bande 5). Confirmée par spectrométrie de masse (voir tableau 19).

Pendant l'affinage et au 27<sup>e</sup> jour (Bande 6), on constate une augmentation des bandes situées entre 180–140 kDa, due à la protéolyse de la myosine de chaîne lourde (Confirmée par

spectrométrie de masse). Cette observation est en adéquation avec celle obtenue par Chabbouh *et al.* (2012) dans El Gueddid tunisien. Ces auteurs ont montré une réduction de la myosine de chaîne lourde, et que cette réduction augmente avec des saumures concentrées (21% à 26%), pour El Gueddid la saumure utilisée à une concentration en NaCl de 21%. La même constatation faite par Spaziani *et al.* (2009), ces auteurs ont reporté aussi une diminution de la myosine de chaîne lourde et une augmentation de la bande d'environ 145 kDa durant l'affinage de saucisses sèches.



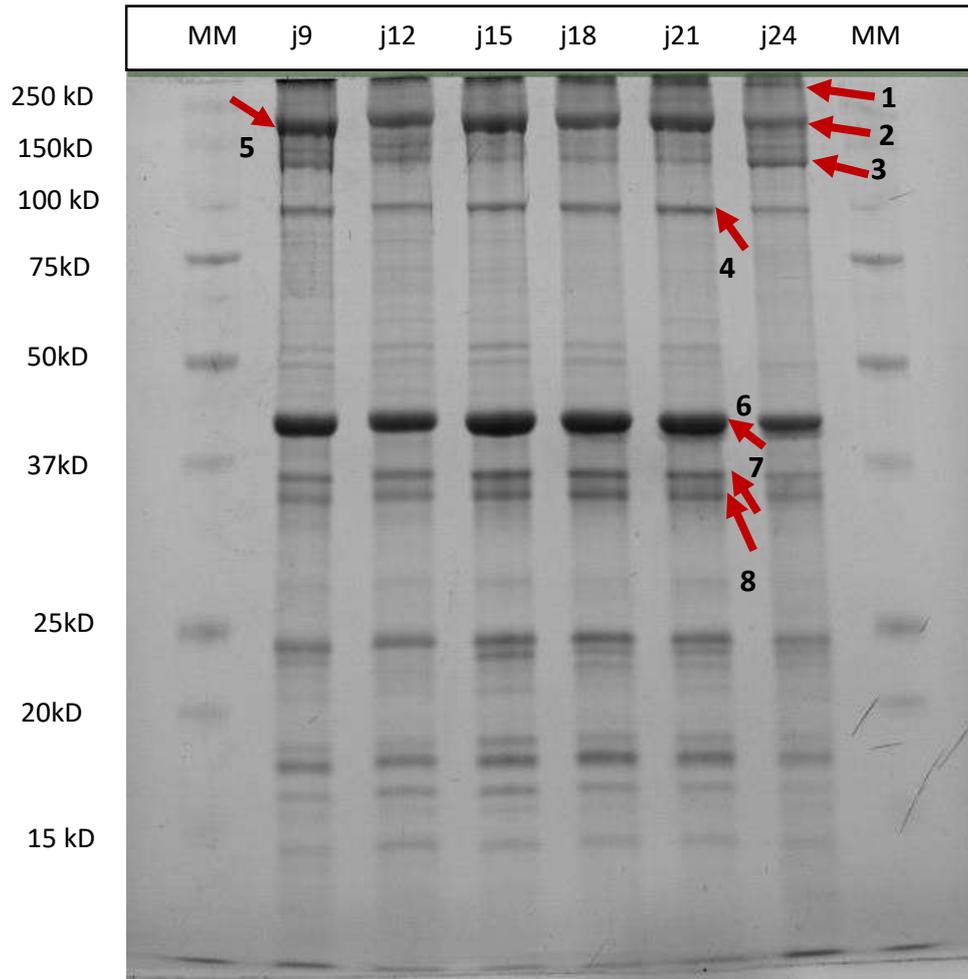
**Figure 49:** Profil électrophorétique des protéines myofibrillaires durant la préparation et l'affinage d'El Gueddid (à 8% de polyacrylamide).  
 J 9 (A), J 12 (B), J 15 (C), J 18 (D), J 21 (E), J 24 (F), J 27 (G), J 30 (H), J 33 (I), J 36 (J), J 39 (K), J 42 (L), J 45 (M). J : Jour

### 2.2.2. Résultats de la spectrométrie de masse

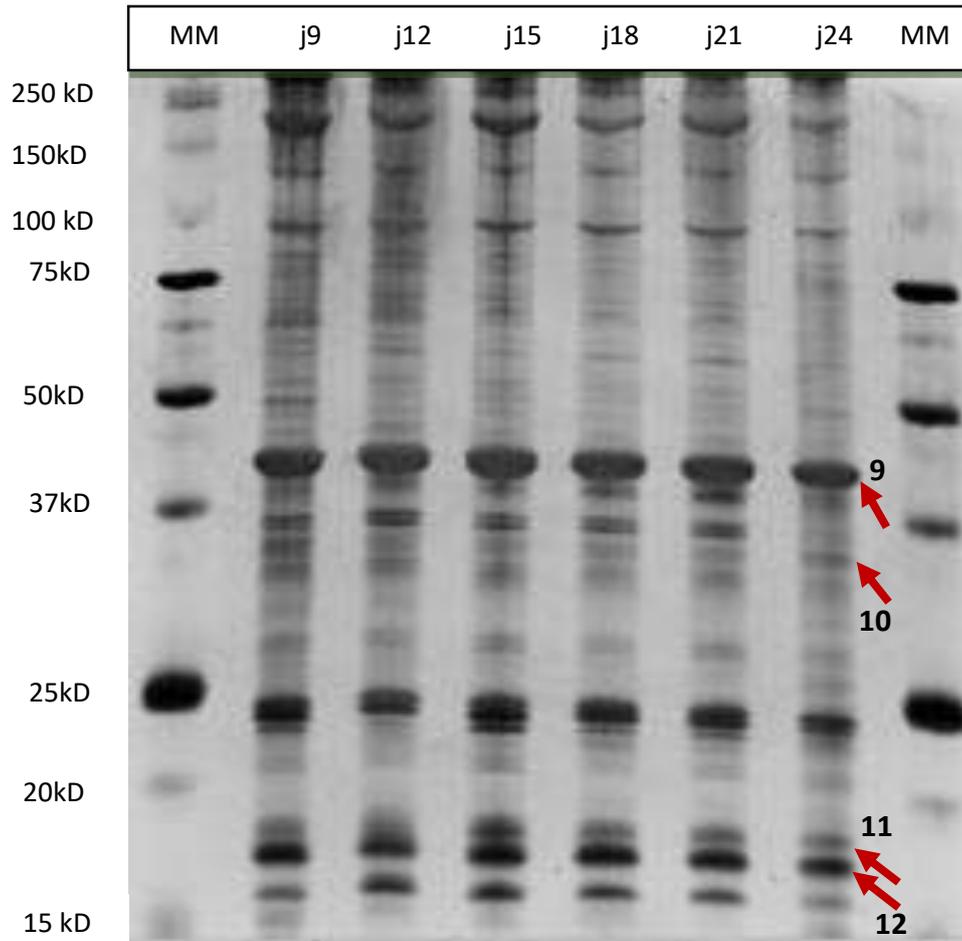
Les modifications des protéines (protéolyse) durant l'affinage des produits carnés sont liées à l'apparition des composés responsables de la texture et la flaveur typiques de ces produits (Sentandreu *et al.*, 2007 ; Mora *et al.*, 2009 ; Chabbouh *et al.*, 2012).

Nous présentons dans les figures 50 et 51 les bandes révélées par la spectrométrie de masse *LC/MS/MS*. Et dans le tableau 19, les protéines myofibrillaires identifiées et leurs poids moléculaires. La figure 50, montre la dégradation de la myosine présentée par les bandes 1, 2, 3 et 5 pendant l'affinage d'El Gueddid. Selon Sentandreu *et al.*, (2007) ; Mora *et al.*, (2009) , la protéolyse est le plus important phénomène qui est observé durant la maturation de viande mais surtout durant le salage et séchage (dry-curing), il est de nature enzymatique. Ces auteurs reportaient que les Cathepsines D sont spécialement actives contre la myosine, actine, tropomyosine, etc. Ces auteurs pensaient que cette enzyme reste active malgré les concentrations élevées en NaCl dans les produits carnés salés séchés, et des pH loin du pH optimal de cette enzyme. Car les essais *in vitro*, qui ont montré l'inhibition des fortes concentrations du sel sur l'action protéolytique des Cathepsine D, ne présentent pas les conditions réelles établies dans les produits carnés où le sel diffuse lentement des parties externes vers l'intérieur de la viande. Alors que dans ces essais expérimentaux l'enzyme est présente en solution avec le NaCl.

Au 24<sup>e</sup> jour d'affinage d'El Gueddid, une diminution de l'intensité de la bande protéique dont le poids est d'environ 37 kDa est observée, l'identification par spectrométrie de masse de cette bande est faite au 21<sup>e</sup> jour (bandes 7 et 8 dans la figure 50), ces bandes correspondent aux Tropomyosin bêta chaîne, Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase et Creatine kinase M-type, et leurs poids moléculaires sont donnés dans le tableau 19.



**Figure 50:** Les bandes identifiées par Spectrométrie de masse de 1 à 8.



**Figure 51:** Les bandes identifiées par Spectrométrie de masse de 9 à 12.

La bande 6 dans la figure 50 ou la bande 9 dans la figure 51, a été identifiée par Spectrométrie de masse, cette bande correspond au Creatine kinase M-type et Actine, les poids moléculaires sont donnés dans le tableau 19.

Selon Sentandreu *et al.*, (2007), plusieurs études ont reporté la dégradation progressive de l'actine durant la maturation de la viande (meat aging) mais c'est surtout durant le salage et séchage (dry-curing), où la majorité des protéines myofibrillaires sont intensivement dégradé.

Et le phénomène indicateur de l'intense protéolyse dans les produits carnés est la flaveur typique de ces produits.

**Tableau 19** : Protéines myofibrillaires identifiées par Spectrométrie de masse

Différentes bandes	Identified Proteins (Mr Da) (UniprotKB/Swissprot)	Score
Bande 1	A) Myosin-2, <i>Bos taurus</i> ; 223 180 Da B) Titin, <i>Mus musculus</i> ; 390 4053 Da	219 175
Bande 2	Myosin-2, <i>Bos taurus</i> ; 223 180 Da	4066
Bande 3	Myosin-2, <i>Bos taurus</i> ; 223 180 Da (fragment)	2709
Bande 4	Alpha-actinin-3, <i>Bos Taurus</i> ; 103 086 Da	1599
Bande 5	Myosin-2, <i>Bos taurus</i> ; 223 180 Da	4573
Bande 6	A) Creatine kinase M-type, <i>Bos taurus</i> ; 42962 Da B) Actin, alpha skeletal muscle, <i>Bos taurus</i> ; 42 024 Da	1257 885
Bande 7	A) Tropomyosin beta chain, <i>Bos taurus</i> ; 32 817 Da B) Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase <i>Bos taurus</i> ; 35 845 Da C) Creatine kinase M-type, <i>Bos Taurus</i> ;42962 Da (Fragment)	767 404 197
Bande 8	A) Tropomyosin alpha-1 chain ; <i>Bos taurus</i> 32,695 Da B) Creatine kinase M-type ; <i>Bos Taurus</i> (Fragment); 42 989 Da	480 410
Bande 9	A) Creatine kinase M-type ; <i>Bos Taurus</i> ; 42 989 Da B) Actin, alpha skeletal muscle; <i>Bos Taurus</i> ; 42 051 Da	547 441
Bande 10	Tropomyosin alpha-1 chain, <i>Bos taurus</i> ; 32 695 Da	256
Bande 11	Myosin regulatory light chain 2, skeletal muscle isoform; <i>Bos Taurus</i> ; 19,013 Da	118
Bande 12	Myosin regulatory light chain 2, skeletal muscle isoform <i>Bos Taurus</i> ; 19,013 Da	316

### 2.3. Caractérisation microbiologique d'El Gueddid

Dans cette partie, nous allons déterminer la nature et l'importance de la charge microbienne, l'évolution de cette dernière durant la préparation et l'affinage de ce produit d'une part, et d'autre part, comprendre l'action du salage et du séchage sur l'évolution de ces flores microbiennes.

Le tableau 20 rapporte l'évolution, durant la préparation et l'affinage d'El Gueddid, des flores microbiennes suivantes : La Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT), les coliformes totaux, les levures et moisissures, les bactéries lactiques, les salmonelles et *le staphylococcus aureus*.

**Tableau 20** : Profil microbiologique d'El Gueddid durant sa préparation et son affinage.

Flores microbiennes (ufc/g)	Étapes du processus de préparation d'El Gueddid			
	Viande fraîche	Après salage	Séchage	Affinage
FAMT	7,24 x10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	2x 10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>
Coliformes totaux	7 x10 <sup>3</sup>	a	a	a
Bactéries lactiques	a	2,18 x 10 <sup>6</sup>	1,77 x10 <sup>6</sup>	1,54x10 <sup>7</sup>
Levures	a	2,81 x10 <sup>7</sup>	4,36 x10 <sup>6</sup>	2,81x10 <sup>7</sup>
Moisissures	a	a	a	a
<i>Salmonella</i>	a	a	a	a
<i>Staphylococcus aureus</i>	a	6,16 x 10 <sup>7</sup>	2,18x10 <sup>7</sup>	7,94 x 10 <sup>7</sup>

a: Absence

L'analyse du tableau 20 permet de constater ce qui suit :

### 2.3.1. Flore Aérobie Mésophile Total (FAMT)

La flore totale est évaluée à  $7,24 \times 10^5$  ufc/g, dans la viande fraîche entrant dans la préparation d'El Gueddidi. On note que cette charge a évolué en augmentation après le salage et durant l'affinage de ce produit pour atteindre  $10^6$  ufc/g. Ceci peut s'expliquer par la charge élevée en bactéries lactiques, levures et *staphylococcus aureus* dans le produit. Ce résultat est légèrement supérieur par rapport à celui trouvé par Bennani *et al.*, (2000) dans El Gueddidi marocain ( $7,5 \times 10^5$  cfu/g). Néanmoins, notre résultat est en adéquation avec Petit *et al.* (2014) dans le *Biltong* (produit carné salé séché Sud-africain), et inférieur aux résultats de Ratsimba (2012) dans le *Kitoza* (produit carné salé séché et/ou fumé Malgache).

### 2.3.2. Coliformes totaux

En ce qui concerne les coliformes totaux, ces bactéries sont des indicateurs de contamination fécale. Leur présence est le signe de mauvaises conditions d'hygiène, durant l'élaboration d'un aliment. A travers nos résultats, il ressort que la charge microbienne des coliformes totaux est faible dans la viande fraîche ( $7 \times 10^3$  ufc/g). Ces bactéries sont ensuite éliminées, après quelques jours. Ce résultat est en adéquation avec Petit *et al.* (2014) et Boudechicha *et al.* (2017). Selon Lorenzo *et al.* (2015), le NaCl a une action sélective sur les microorganismes, en favorisant le développement des bactéries halotolérantes (*Staphylococcus aureus*), ainsi que des bactéries lactiques et provoque une élimination des coliformes.

### 2.3.3. Bactéries lactiques

Le tableau 20 permet de constater l'absence de bactéries lactiques dans la viande fraîche, s'ensuit une augmentation de leur charge durant le processus de préparation.

Durant la phase d'affinage, la charge microbienne des bactéries lactiques est évaluée à  $1.54 \times 10^7$  ufc/g. Ce résultat est en concordance avec ceux obtenus par Bennani *et al.* (2000) et Petit *et al.* (2014). Ces auteurs ont observé des niveaux élevés de bactéries lactiques dans leurs produits. La même constatation est faite par Ratsimba (2012) dans le *Kitoza*, où tous les échantillons analysés contiennent des bactéries lactiques.

Selon Bennani *et al.* (1995), les bactéries lactiques sont beaucoup plus présentes dans les produits carnés fermentés que dans El Gueddidi. Selon ces auteurs, aucune suggestion ne peut être déduite à travers le résultat obtenu (une charge élevée des bactéries lactiques dans El Gueddidi). Selon ces auteurs, leur rôle dans El Gueddidi, nécessite d'être revu, en détail pour expliquer ce phénomène.

Selon Todorov *et al.*, (2007) cité par Petit *et al.* (2014), les microorganismes ne participent pas dans l'élaboration du *Biltong*, ni dans sa qualité finale. Selon ces auteurs, peu de références dans la littérature décrivent la présence et le rôle des bactéries lactiques dans le *Biltong*. Selon eux, le *Biltong* est une viande non fermentée et obtenue exclusivement par le salage et le séchage. Mais selon l'étude menée sur le *Bilton* par Petit *et al.* (2014), ils supposent que les microorganismes peuvent avoir un rôle dans l'élaboration de ce produit, avant tout avec, la présence des bactéries lactiques.

Cette charge élevée en bactéries lactiques peut contribuer à un abaissement du pH, ce qui empêche le développement de microorganismes indésirables. Selon Petit *et al.* (2014), leurs présences, durant le processus de fabrication du *Biltong* peut contribuer à une meilleure stabilité microbiologique et une meilleure qualité hygiénique de ce produit, en plus du rôle apporté par le séchage. De plus, ces bactéries peuvent produire des substances inhibitrices (les bactériocines) contre des germes pathogènes (E. Coli, Salmonelles, etc.). Ces mêmes auteurs ont montré le lien observé entre la présence des levures et des bactéries lactiques, dans le *Biltong*. Cette coexistence peut indiquer une relation de synergie entre ces deux types de germes, s'accordant avec les résultats obtenus dans El Gueddidi (charge élevée des levures et des bactéries lactiques).

Dans les travaux menés sur El Gueddidi tunisien, (Essid et Mnasser, 2013), des souches de bactéries lactiques et de *Staphylococcus aureus* ont été isolées d'El Gueddidi et utilisées, comme starters dans la fabrication des saucissons secs fermentés traditionnels (dry fermented Sausage). Selon Fonseca *et al.* (2013), la croissance des bactéries lactiques et *Staphylococcus aureus*, durant l'affinage des produits carnés est majeure, pour la mise en place des qualités organoleptique et hygiénique de certains produits carnés.

#### **2.3.4. Levures et moisissures**

Les levures sont les microorganismes les plus tolérants à des concentrations élevées de sel et de faible activité d'eau (Bennani *et al.*, 1995). Nos résultats montrent une charge élevée de levures, après le salage. Ensuite, cette charge connaît une augmentation, au niveau de la phase de séchage et d'affinage ( $1,54 \times 10^7$  ufc/g). Nos résultats sont proches de ceux trouvés par Bennani *et al.*, (1995) dans El Gueddidi marocain ( $3 \times 10^7$  ufc/g), et Petit *et al.*, (2014) dans le *Biltong*.

Selon Tan *et al.* (2015), les levures et les moisissures se développent rarement sur les produits carnés à humidité intermédiaire (le cas de notre produit, El Gueddidi). Cependant, et selon Tom (2015) la viande séchée au soleil (comme Le *Kilichi par exemple*) contient une

charge en levures et en moisissures de  $9,76 \times 10^4$  ufc/g, alors que le *Kilichi* séché au laboratoire n'en contient pas. Cette différence, selon ce même auteur, pourrait se justifier par les conditions de séchage traditionnel (à l'air libre) qui exposent la viande à des risques de contamination plus importants (poussières, mouches, insectes, etc.) ou par le développement des levures et des moisissures entre le temps de prélèvement des échantillons, ou encore par les traitements post séchage subis par la viande. Par ailleurs, Bennani *et al.* (1995) et Toldrá (2002), rapportent que la présence des levures, dans les produits carnés peut contribuer aux caractéristiques organoleptiques finales de ces produits, à travers la libération de lipases et/ou protéases, durant la phase d'affinage.

Concernant les moisissures, on note une absence totale durant tout le processus de fabrication d'El Gueddid. Ces résultats corroborent, avec ceux obtenus par Petit *et al.* (2014

Ces auteurs ont reporté que l'analyse des levures et moisissures montre une prédominance des levures. Le développement des levures et moisissures peut avoir lieu aussi lors de la période de stockage des produits carnés transformés (Tan *et al.*, 2015).

### 2.3.5. *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* était parmi les microorganismes les plus abondants dans El Gueddid. Ces bactéries sont halotolérantes et peuvent survivre dans des milieux contenant de fortes concentrations en sel d'une part. D'autre part, *Staphylococcus aureus* est un germe très tolérant aux faibles Aw (Incze, 1998), qui est le cas de notre produit El Gueddid.

Dans la viande fraîche, ces germes étaient absents, par la suite leur nombre s'élèvera, rapidement après le salage, pour atteindre durant la phase d'affinage  $7,94 \times 10^7$  ufc/g. Cette valeur est plus élevée par rapport à celle trouvée par (Bennani *et al.*, 2000) dans El Gueddid marocain qui est de  $6,2 \times 10^5$  ufc /g. Nos résultats concernant la présence de ces germes sont en adéquation avec ceux de Ratsimba (2012) dans le *Kitoza*.

Cette charge microbienne de *Staphylococcus aureus* dépasse les recommandations concernant les limites microbiologiques dans la viande et les dérivés, concernant *Staphylococcus aureus* qui est de l'ordre de  $5 \times 10^3$  ufc/g, selon le *journal officiel de la république algérienne* N\_39, 2017.

Il est connu que lorsque la charge microbienne de *Staphylococcus aureus* dépasse  $10^6$  ufc/g, l'aliment est considéré comme potentiellement dangereux, d'une part. D'autre part, une forte contamination par *Staphylococcus aureus* peut indiquer une possible production d'enterotoxine thermostable (Pedrosa *et al.*, 2014). Cependant, la concentration élevée du NaCl

dans El Gueddid ( $12,86\% \pm 1,18$ ), ainsi que sa faible  $A_w$  ( $0,72 \pm 0,03$ ) vont constituer une véritable barrière, au risque de toxinogénèse.

Pedrosa *et al.* (2014), rapportent que la synthèse de toxines staphylococciques nécessite d'abord des valeurs d' $A_w$  comprises entre 0,86 à 0,93. Ensuite et selon Bennani *et al.* (2000) et Chabbouh *et al.* (2012), une concentration en NaCl supérieur à 10% permet d'empêcher le développement de microorganismes indésirables ou pathogènes dans El Gueddid. Selon Fonseca *et al.* (2013), la croissance des bactéries lactiques et *Staphylococcus aureus*, durant la phase d'affinage des produits carnés est primordial pour leur conférer des propriétés organoleptiques caractéristiques particulières.

### 2.3.6. Salmonelles

De nombreux auteurs ont reporté que les produits carnés peuvent contenir des germes pathogènes, durant leur processus de préparation ainsi que dans le produit fini (Moore, 2004 ; Santos *et al.*, 2005). En ce qui concerne les salmonelles, on note leur absence dans la viande fraîche et durant le processus de préparation d'El Gueddid. Notre résultat est en accord, avec celui trouvé par Bennani *et al.*, (2000) dans El Gueddid marocain. Selon ces auteurs, l'absence des salmonelles, durant le processus de préparation d'El Gueddid n'est pas une donnée pertinente sur l'inactivation de ces bactéries par le salage et le séchage. Pour étudier l'effet du procédé de préparation d'El Gueddid à savoir, le salage et le séchage sur les salmonelles ou autres germes pathogènes, il est nécessaire d'inoculer la viande fraîche par des concentrations bien déterminées de germes pathogènes puis procéder à leur dénombrement durant la préparation d'El Gueddid. Par ailleurs, et selon Molenat *et al.* (1983) cité par Ratsimba (2012), les paramètres physicochimiques et microbiologiques dans un aliment sont corrélés. L' $A_w$  seuil, en dessous de laquelle les microorganismes indésirables, dans les produits carnés ne se développent pas est de 0,94. Donc l'absence de salmonelles serait due à la valeur d' $A_w$  inférieure à 0,94 d'El Gueddid ( $0,72 \pm 0,03$ ). D'autre part, plusieurs auteurs (Nortje' *et al.*, 2006 ; Aymerich *et al.*, 2008; Kanatt *et al.*, 2005; Brewer, 2009 cité par Tom, 2015) ont démontré l'impact positif du rayonnement solaire (effet du séchage solaire) sur les qualités microbiologiques et organoleptiques des produits carnés. Des études également ont prouvé l'action destructrice des rayons ultra-violets, sur certains microorganismes présents dans ces produits carnés (Gailunas *et al.*, 2008, Stermer *et al.*, 1987 cité par Tom, 2015).

### 2.3.7. Conclusion du profil microbiologique d'El Gueddid

Les analyses microbiologiques effectuées sur El Gueddid (depuis la matière première jusqu'au produit fini) ont permis de constater que la charge de la Flore Aérobie Mésophile Totale est quelque peu élevée ( $10^6$  ufc/g). Cependant, nous avons noté une faible charge microbienne des coliformes totaux dans la viande fraîche puis leur élimination après quelques jours de préparation d'El Gueddid. Pour les levures et les bactéries lactiques, nous avons remarqué une coexistence de ces germes, ce qui peut expliquer une relation synergétique entre ces microorganismes.

Pour *Staphylococcus aureus*, une absence de ces bactéries dans la viande fraîche a été observée, leur nombre a augmenté, dans les autres étapes de processus de fabrication d'El Gueddid. Les conditions physicochimiques établies dans El Gueddid (pH, Aw) peuvent constituer une barrière contre la production de toxines staphylococciques.

Une absence totale des salmonelles et des moisissures, au niveau de tous les stades de fabrication d'El Gueddid représente un résultat satisfaisant.

Les résultats de nos analyses microbiologiques et en comparaison avec les recommandations concernant les limites microbiologiques du *journal officiel de la république algérienne N\_39, 2017*, révèlent l'obtention d'un produit carné stable d'un point de vue microbiologique. Nos résultats sont aussi en adéquation avec les constatations de Durand *et al.*, (2012) et Jeuge *et al.*, (2012). Selon ces auteurs, les procédés technologiques de transformation de la viande (Salage et séchage par exemple) améliorent la qualité microbiologique, en réduisant les flores pathogènes. Le faible taux de germes pathogènes tels que les salmonelles, la disparition des coliformes au cours de séchage sont à retenir. Cependant, la présence d'une flore saprophyte (flore lactique) et *Staphylococcus aureus* est parfois inévitable.

#### 2.4. Caractérisation sensorielle d'El Gueddid (Profil sensoriel)

Les préférences sensorielles de la viande et des produits carnés sont dépendants des consommateurs et sont liées aux diverses caractéristiques du produit telles que l'apparence, l'odeur, la perception en bouche, la texture et le goût de la viande (Furnols et Guerrero, 2015).

Pour évaluer la manière dont El Gueddid est perçu par les consommateurs, une analyse sensorielle a été réalisée sur trois échantillons obtenus, à différentes périodes préparés par trois ménages. Les profils sensoriels résultant de cette analyse sont présentés en figure 52, il en résulte que :

Les attributs sensoriels perçus par les dégustateurs sont la couleur, le goût et l'odeur qui semblent les plus intenses.

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe une différence significative ( $P < 0,05$ ) de sensation des différents attributs sensoriels entre les trois échantillons d'El Gueddid.

Pour l'aspect visuel de notre produit, la couleur, est l'un des facteurs les plus importants pour le consommateur. Pour la viande fraîche, généralement, une couleur rouge-pourpre est associée à un produit frais tandis qu'une couleur brune, à un produit moins frais (Furnols et Guerrero, 2015).

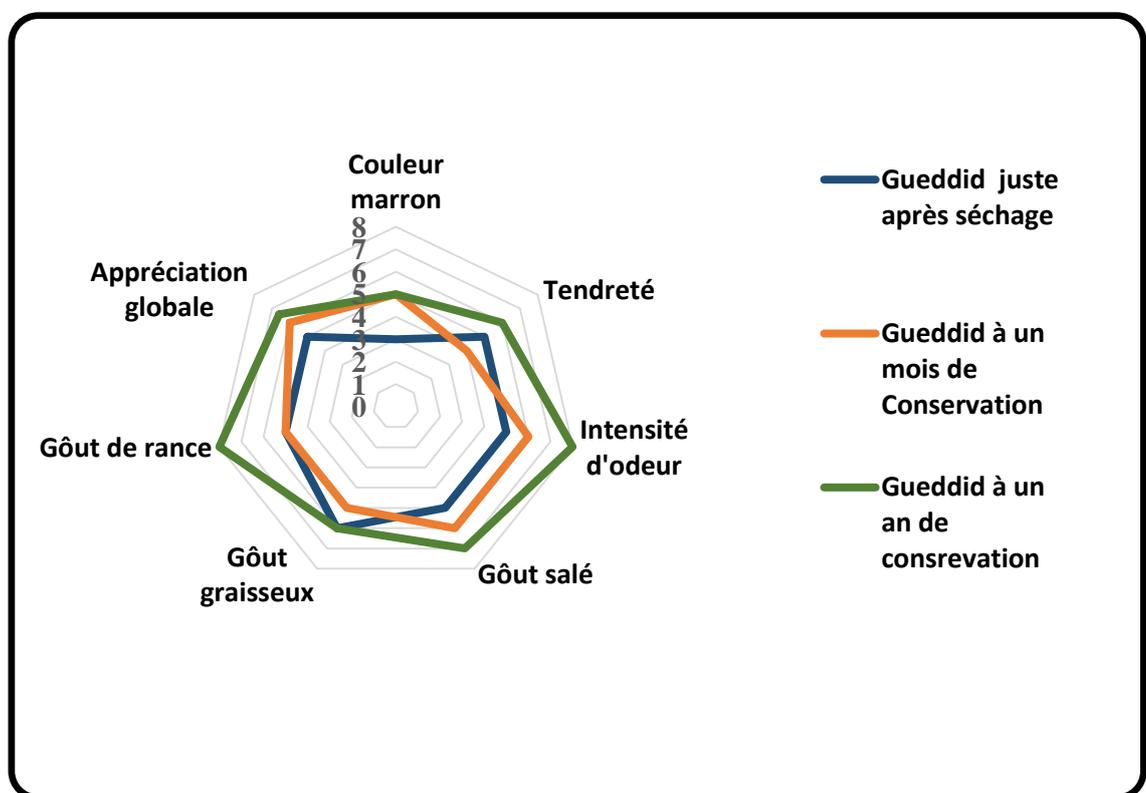


Figure 52 : Intensité des attributs sensoriels des trois échantillons d'El Gueddid

L'intensité de la coloration de la viande est liée à la teneur et à l'état chimique (l'état réduit) du pigment essentiel, la myoglobine, qui transporte l'oxygène dans le muscle (Coibion, 2008). Sachant que l'oxydation, par exposition à l'air des surfaces de coupe tend à faire perdre la teinte rouge vif, au profit d'une nuance marron plus ou moins foncé et terne (Coibion, 2008 ; Lebret et Picard, 2015). Ainsi, durant le procédé de fabrication d'El Gueddid, les lanières de viande subissent un brunissement, produit de couleur, généralement brun (marron). Ce brunissement selon Tan *et al.*, (2018), est le résultat direct du séchage qui, par diminution de la teneur en eau, entraîne une concentration des métabolites responsables de la couleur, au sein des échantillons de produit. Teixeira *et al.*, (2011), ont montré l'effet du procédé de salage et séchage sur la couleur de la viande de chèvre. Ainsi, cette étude a montré que le temps de salage a un effet significatif sur la couleur de viande (oxydation de la myoglobine). Il en va de même, durant le séchage, et l'affinage, la viande devient plus sombre (brune) et moins lumineuse. Selon nos résultats, les échantillons 2 et 3 d'El Gueddid ont eu les scores les plus élevées, au niveau de l'intensité de la couleur marron.

Pour la tendreté, cet attribut, est une des composantes majeures de la texture de la viande. La texture en bouche est liée à un certain nombre d'attributs qui affectent la perception et l'acceptabilité de la viande, par le consommateur. De nombreuses études montrent que les consommateurs préfèrent les viandes les plus tendres et les plus juteuses (Furnols et Guerrero, 2015). La tendreté dépend essentiellement du collagène et des protéines myofibrillaires (dont la fragilisation par les enzymes protéolytiques entraîne un attendrissement de la viande pendant la maturation) (Ouali, 1991), mais tout autant, de la quantité du gras. Selon nos résultats, l'échantillon 3 semble le moins dur, compte tenu des autres échantillons, il a été affecté par le score le plus élevé (6/10).

Concernant l'odeur, les échantillons 2 et 3 ont obtenu les meilleures notes, (6/10) et (8/10) respectivement, par rapport à l'échantillon 1 (5/10). Ce résultat montre clairement que cette caractéristique sensorielle d'El Gueddid s'accroît avec le temps.

Pour le goût salé, en effet, l'échantillon 3 est décrit par les dégustateurs comme le plus salé. Alors que les échantillons 1 et 2 ont été considérés, comme étant « peu salés ». Ces résultats ne sont pas surprenants puisque, comme précisé précédemment, les teneurs en sel relevées sur El Gueddid, à un mois de conservation sont moins significatives, que celles obtenues pour El Gueddid, d'un an de conservation.

Pour le goût grasseux, les échantillons 1 et 3 semblent avoir un goût grasseux plus intense, par rapport à l'échantillon 2.

Pour le goût de rance, les lipides de la viande peuvent subir des transformations chimiques appelées peroxydation. Ces réactions conduisent à la formation de plusieurs produits terminaux dont les composés volatils (Lebret et Picard, 2015). Lorsque l'intensité de peroxydation est modérée les composés formés ont un effet bénéfique sur la flaveur de la viande (goût et odeur). Toutefois, des niveaux trop importants de peroxydation sont associés à la production de composés induisant une altération de la qualité sensorielle de la viande, comme la flaveur par l'apparition d'une odeur de rance (Lebret et Picard, 2015). Pour les produits transformés, tels que El Gueddid, cette altération est recherchée par le consommateur.

Nous avons remarqué que l'échantillon 3 a un goût de rance, plus prononcé par comparaison aux échantillons 1 et 2.

Du point de vue de l'appréciation globale, les échantillons 2 et 3 ont obtenu des notes plus élevées (note de 6/10 et 7/10 respectivement).

Donc, les caractéristiques organoleptiques des produits montrent que les échantillons 2 et 3 se distinguent de l'échantillon 1 par le goût salé, une odeur intense et un goût de rance plus prononcé.

En définitive, l'aspect organoleptique de cette étude révèle qu'il existe une différence significative de sensation de tendreté, d'aspect visuel du produit (couleur marron), d'odeur et du goût entre les trois échantillons d'El Gueddid.

Ce produit est caractérisé par une couleur sombre (marron), une odeur intense, un goût salé et un goût de rance prononcé.

## **2.5. Fiche signalétique d'El Gueddid**

Les caractérisations physicochimique, microbiologique et sensorielle d'El Gueddid et en complément des résultats de l'enquête sur terrain, nous ont permis d'établir la fiche signalétique ou technique qui englobe l'ensemble des caractéristiques de ce produit carné traditionnel (Tableau 21).

**Tableau 21** : Fiche signalétique d'El Gueddid

<p><b>Dénominations :</b>  <i>El Gueddid, Khlia, L'Ham Yabes, Akssoum Tatamraret, Achernoun, Tachadlouhat, Akhessoum Melhen, Achellouh, Aksoum Akouren, Achedlouh, Tacharnount.</i></p>	<p>4. Température et temps de salage :          Mariner à température ambiante/ 24 h          5. Séchage.          6. Conditionnement : récipients en plastiques, sacs en toile, bocaux en verre, jarre en terre cuite, papier ou couffins          7. Conservation : 12 mois</p>
<p><b>Aspect physique :</b></p> 	<p><b>Modes de consommation :</b> relève le goût de nombreux plats : Couscous Aiche, etc.</p> 
<p><b>Pays :</b> Algérie</p>	<p><b>Caractéristiques et composition :</b></p>
<p><b>Zones de préparation :</b> Nord-est algérien, Sud-est.</p>	<p>pH = 5,73</p>
<p><b>Type de viande :</b> ovine, bovine, caprine ou cameline</p>	<p>Humidité (%) :</p>
<p><b>Ingrédients :</b> Sel, épices (Ail, coriandre, vinaigre, poivre noir, paprika, clou de girofle, curcuma)</p>	<p>El Gueddid d'un mois : 16,76          El Gueddid de 12 mois : 14,94</p>
<p><b>Préparation traditionnelle :</b>          1. Partie de la carcasse utilisée :          Le flanc, les côtes, le gigot ou l'épaule, coupée en lanières :          Longueur : 20 cm          Largeur : 3 à 4 cm          Épaisseur : 1,33 cm          2. Ingrédients utilisés :          ✓ Sel uniquement          ✓ Sel et épices (poivre noir, poivre rouge, ail moulu, coriandre, ras el hanout, paprika, clou de girofle, curcuma, vinaigre)          3. Salage : Saumurage : <math>412,5 \pm 85</math> g de sel/kg de viande ; 2000 ml eau. Concentration de la saumure = 20,63%          Ou salage à sec : <math>305 \pm 166</math> g/ kg de viande</p>	<p>Aw:          El Gueddid d'un mois : 0,72          El Gueddid de 12 mois : 0,48</p> <p><i><b>El Gueddid, est un aliment à humidité intermédiaire</b></i></p> <p>NaCl (%) :</p> <p>El Gueddid d'un mois : 12,86          El Gueddid de 12 mois : 17,93</p> <p>Cendres (%) :</p> <p>El Gueddid d'un mois : 12,40          El Gueddid de 12 mois : 17,56</p> <p>Protéines (%) :</p> <p>El Gueddid d'un mois : 37,30          El Gueddid de 12 mois : 35,12</p> <p>Lipides (%) :</p> <p>El Gueddid d'un mois : 44,63          El Gueddid de 12 mois : 41,82</p>
<p><i>Microbiologiquement</i> stable et de qualité satisfaisante dans l'ensemble.</p>	<p><b>Profil sensoriel :</b>          Caractérisé par une couleur sombre (marron), une odeur intense, un goût salé et un goût de rance prononcé.</p>



# El Gueddid, a traditional Algerian dried salted meat: Physicochemical, microbiological characteristics and proteolysis intensity during its manufacturing process and ripening

Radhia Benlacheheb<sup>1</sup>, Samira Becila<sup>1</sup>, Miguel A Sentandreu<sup>2</sup>,  
Kahina Hafid<sup>1</sup>, Hiba-Ryma Boudechicha<sup>1</sup> and  
Abdelghani Boudjellal<sup>1</sup>

## Abstract

El Gueddid is a traditional salted and dried meat with high popularity in Algeria. It is used as an ingredient in various dishes. In this study, different samples of El Gueddid were analyzed at different processing times to follow up their microbiological and physicochemical properties. Changes in the protein profile were also demonstrated by electrophoretic study of myofibrillar proteins. Microbiological determinations included the total viable count, coliforms, *Staphylococci*, lactic acid bacteria, yeasts, and molds, whereas physicochemical properties were characterized by pH, moisture, salt content and water activity. The results showed that microbial profiles were elevated for all the studied micro-organisms. *Staphylococci* and lactic acid bacteria were the most abundant micro-organisms in the product. Total coliforms were found in low numbers in fresh meat, being eliminated at the post salting stage of process. The physicochemical characteristics showed that the moisture content decreased in the product during the drying period. The pH also decreased during the drying period, then remained almost unchanged during the rest of the ripening period. Moreover, El Gueddid showed low water activity and high salt content. One of the most important changes in the profile of myofibrillar proteins was a reduction in the myosin heavy chain content.

## Keywords

Meat products, dry-curing, salting, ethnical foods, protein hydrolysis

Date received: 26 July 2018; accepted: 26 December 2018

## INTRODUCTION

Traditional foods constitute a heritage transferred from one generation to another for ages. They represent historical and typical products surrounded by expertise. Traditional foods are consumed locally or regionally and can be considered as an expression of culture, history, and lifestyle (Chabbouh et al., 2013). Various traditional meat products have long been known in North African countries, Middle East, and Southern

Asia. They were made as a means to preserve meat when it was available in large quantities, exceeding immediate needs (Benkerroum, 2013). Several fermented meat products have been analyzed throughout the world, especially in the case of dry-cured ham. With the increasing proliferation of meat products labeling guarantee of origin as a way to assess their quality,

Food Science and Technology International 25(4) 347–355

© The Author(s) 2019 Article reuse guidelines:

sagepub.com/journals-permissions

DOI: 10.1177/1082013219825892

journals.sagepub.com/home/fst



<sup>1</sup>Equipe MaQuaV, Laboratoire BioQuAI, Institut de Nutrition d'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Université des Frères Mentouri Constantine 1, Algeria

<sup>2</sup>Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, CSIC, Spain

### Corresponding author:

Miguel A Sentandreu, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Calle Agustín Escardino, 7 Paterna, Valencia 46980, Spain.

Email: ciesen@iata.csic.es

there are several renowned dry-cured ham types in the world. Most of them are produced in the South European area such as Spanish “Ibérico” and “Serrano”, Italian “Parma” and “San Danielle”, or French “Bayonne” ham (Sentandreu et al., 2007).

El Gueddid is a typical meat product of the Maghreb countries (Algeria, Morocco, and Tunisia). The preparation of this product varies from one country to another; however, the same name is kept. In Algeria, this product is still widely used and appreciated. It is a heritage of expertise involving soil, animals, and rural population, which requires protection and conservation as a local biological resource.

El Gueddid can be prepared from lamb meat, beef, or goat meats depending on the geographical area. In Figure 1, the samples used for different analysis were prepared from lamb meat in the region of Constantine. The meat is cut into pieces (flank, leg, shoulder, or

chops) then salted. There are two main types of salting methods that can be used, dry salting and brining. For dry salting, a mixture of salt and spices, such as coriander and pepper are added to a piece of meat, and the latter is left for 12 hours at 4 °C. For brining, the pieces of meat are immersed in a solution which contains salt and water. In Tamanrasset (South of Algeria), region, people also add vinegar to the solution. The cut meat is then dried by exposition to the sun by hanging. The obtained product is called El Gueddid. Obtained by this traditional practice, El Gueddid can be stored at room temperature for more than a year (Chabbouh et al., 2013). For consumption, El Gueddid is desalted by immersion in water to make it tender before use in various dishes, such as Couscous, Aiche, Marloga in the region of Ghardaia (the South of Algeria), and Elhessa in the region of Tamanrasset (the South of Algeria). A good preservation of El Gueddid is related to the lowering of the water activity (aw) and salting during processing.

The development of flavor in meat products is a very complex process due to the high number of reactions involved. Proteolysis constitutes the main biochemical reaction affecting flavor and texture of meat products, resulting in a final sensorial quality highly appreciated by consumers (Kaban, 2013; Prevolnik et al., 2014; Toldrá, 1998).

El Gueddid is characterized by a strong flavor due to fat lipolysis and free fatty acid oxidation (Bennani et al., 2000). Proteolysis can also help in flavor development by releasing some amines or amino acids (Bermúdez et al. 2014b). Protein hydrolysis in dry cured ham during dry-cured processing and ripening, together with changes in structural proteins and their relation with texture evolution and flavor perception were studied by many authors (Bermúdez et al., 2014a, 2014b, 2015; Mora et al., 2010; Sentandreu et al., 2007; Toldrá, 1998). On the other hand, post-mortem proteolysis occurring during dry-cured processing and ripening of El Gueddid is still unknown. In the present work, physicochemical and microbiological characteristics of El Gueddid were studied. In addition, protein separation on polyacrylamide gel electrophoresis was used for monitoring changes in myofibrillar proteins during the manufacturing process of El Gueddid.

## MATERIALS AND METHODS

### Samples

Samples of El Gueddid were collected and prepared in the region of Constantine (North East of Algeria) by a maker using the traditional manner: Fresh lamb meat samples (flank) were taken at 48 hours postmortem. The meat is cut into pieces (20 cm × 4 cm × 1.33 cm)

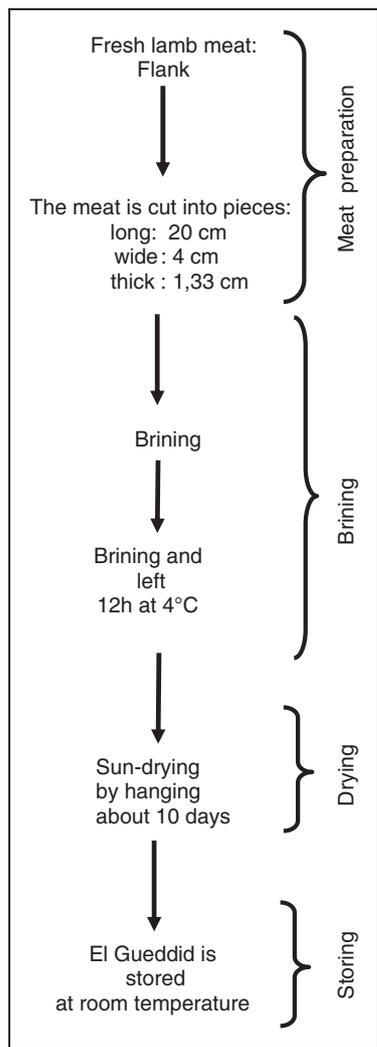


Figure 1. Traditional preparation process of Algerian Gueddid.

then salted by brining. The pieces of meat are immersed in a saline solution in a 0.5 w/v ratio (500 g of meat/1000 mL of brine solution). The Saline solution was prepared by mixing sodium chloride with water at a salt concentration of 21% (w/w). Brined meat samples were stored at 4 °C for 12 hours according to the traditional conditions of the salting stage. The cut meat is then dried by exposition to the sun at approximately 30 °C for about 10 days by hanging. After drying, El Gueddid is stored at room temperature (Figure 1). The end of the drying period of El Gueddid was characterized by changes in both the texture of the product, which became harder, and the color of meat. This step corresponded to a level of moisture of 20%.

These samples were analyzed at different times to follow up the physicochemical, microbiological, and biochemical properties. Determinations included (in triplicate): moisture, pH, sodium chloride content and water activity, total viable count, total coliforms, lactic acid bacteria (LAB), yeasts, molds, and *Staphylococci*. Changes in myofibrillar proteins during the manufacturing process of El Gueddid were also assessed as described in *Polyacrylamide gel electrophoresis* section.

### Physicochemical determination

Moisture content was determined by drying 3 g of the product at 105 °C to constant weight (AOAC, 2000). The pH of samples was measured using a digital pH-meter (BANTE). One gram of each sample was homogenized with 10 mL of distilled water in a polytron at 22,000 r/min (PT-MR 2100) for 15 seconds (Lorenzo et al., 2008). Sodium chloride content in El Gueddid samples (1 and 12 months after processing) was measured using the ammonium thiocyanate and silver nitrate method with ferrous sulphate as indicator (AOAC, 2000). Water activity ( $a_w$ ) was measured by  $a_w$  meter (FA-st1, GBX France Scientific Instrument, France) at 23 °C ± 1 °C (Table 2).

### Microbiological determination

Twenty-five grams of each sample were added aseptically to 225 mL of sterile buffer peptone water and were homogenized in a polytron homogenizer at 22,000 r/min (PT-MR 2100) for 1 minute to prepare the initial dilution (1/10). Appropriate decimal dilutions were prepared in sterile saline water (0.9% NaCl) in tubes for microbial enumeration.

**Standard plat count.** Total viable counts on Plate Count Agar (PCA) incubated at 30 °C for 72 hours. Total coliforms were determined on Violet Red Bile Glucose (VRBG), incubated at 37 °C for 24 hours. LAB were determined on Man Rogosa Sharp Agar

(MRS) incubated at 30 °C for 72 hours. *Yeasts and molds*: They were determined on Oxytetracycline Glucose Agar (OGA) supplemented with 0.1 g/L of chloramphenicol, incubated at 25 °C for 5 days. *Staphylococci* were determined on Chapman Agar, incubated at 37 °C for 48 hours.

### Extraction of meat proteins

Extraction of muscle proteins was carried out as described by Sentandreu et al. (2010) with some modifications: 1 g of each muscle sample was homogenized with 10 mL of 50 mM Tris-HCl buffer (pH 8.0) in a Polytron® homogenizer (KINEMATICA AG, Luzern, Switzerland) for 1 minute. The homogenate was then centrifuged at 10,000 g for 20 minutes at 4 °C in an Allegra X-22 R centrifuge (Beckman, Fullerton, CA).

The supernatant was collected, constituting the sarcoplasmic protein fraction. The pellet was washed in 10 mL of the same buffer and then homogenized with a vortex for 1 minute. After centrifugation at 10,000 g for 20 minutes at 4 °C in the Allegra X-22 R centrifuge, the supernatant was discarded, collecting the precipitate, which was re-dissolved in 10 mL of 50 mM Tris-HCl (pH 8.0) containing 6 M urea and 1 M thiourea, and further homogenized in a vortex for 5 minutes in order to solubilize myofibrillar proteins. The homogenate was finally centrifuged at 10,000 g for 10 min in the Allegra X-22 R centrifuge, collecting the supernatant that constituted the myofibrillar protein extract. Myofibrillar extracts were filtered through 0.45 µm membrane filters (Scharlab, Barcelona, Spain) prior to use. Protein concentration of extracts was determined by the method of Bradford (Bradford, 1976).

### Polyacrylamide gel electrophoresis

Protein separation was carried out by polyacrylamide gel electrophoresis in reducing and denaturant conditions (SDS PAGE), according to Laemmli (1970) using a separation gel (12% polyacrylamide) and a stacking gel (4% polyacrylamide). A volume of 10 µL (1 mg/mL of protein) of myofibrillar proteins was mixed with 10 µL of sample buffer solution (0.5 M Tris-HCl pH 6.8, 50% v/v glycerol, 10% w/v SDS, 0.2 M DTT, and 0.05% bromophenol blue), then heated at 95 °C for 4 minutes. Bio-Rad Precision Plus Protein Standards (ref. 161-0374) were used as molecular weight markers. Electrophoresis was performed on a SE260 Mighty Small electrophoresis unit (Hofer, San Francisco) at 220 V until the front reached the gel baseline. Gels were fixed overnight in a solution containing 30% ethanol and 10% acetic acid to be further revealed by silver nitrate as follows: Sensitization for 30 minutes in 70 mL water, 30 mL

ethanol, 8 mM sodium thiosulfate, and 0.5 M sodium acetate; washing 3 times  $\times$  10 minutes in water; Staining in 0.2% silver nitrate solution for 30 minutes in the dark; washing with water for 1 minute and then color development in a solution containing 230 mM sodium carbonate and 37% of formaldehyde. Color reaction was stopped with 1% glycine. Proteins and their degradation products were elucidated according to their molecular weights estimated from their relative electrophoretic mobilities compared to the electrophoretic position of the molecular weight standards. The relative amount of each protein band was obtained by densitometry analysis using UN SCAN-IT gel 6.1 software.

**Statistical analysis**

In order to study the significant modifications of different parameters between the different sampling points during the manufacturing process of El Gueddidi, an analysis of student test was performed, with a confidence interval of 95% ( $P < 0.05$ ) using the XLSTAT-Premium software. All assayed parameters at different steps of the traditional process of El Gueddidi were analyzed in triplicate.

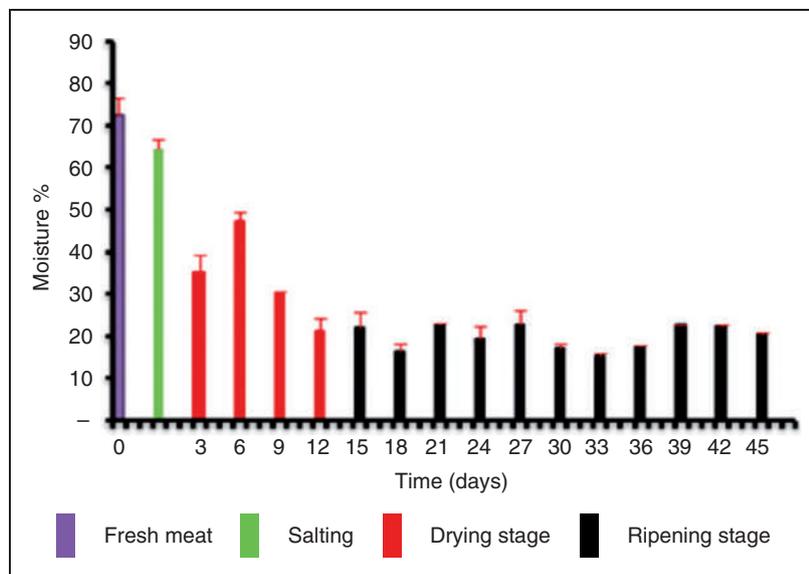
**RESULTS AND DISCUSSION**

**Moisture**

Drying as a means of preservation is a very old technique (Cassens, 1994). This process is applied to improve meat stability, since it considerably decreases microbiological activity and minimizes physical and chemical changes during meat storage. Moisture must be reduced to stop or to delay the development of microorganisms

in El Gueddidi (Chabbouh et al., 2013). Figure 2 shows that during the salting step moisture decreased from  $72.18\% \pm 4.08$  to  $64.47\% \pm 2.06$ . This decrease in the content of water is largely due to the water loss because of the larger concentration gradient between meat and the brine. The aim of the salting step is mainly meat dehydration. Simple air drying is the most common process used for traditional meat products such as El Gueddidi. During drying, moisture decreased faster, and the decreasing speed of water content is  $3.92\%/day$  (from day 1 to 12). The decrease of water content in El Gueddidi during this stage was significant ( $P < 0.05$ ).

According to Cassens (1994), if surface water is not evaporated rapidly enough, meat will collect it, allowing the possibility of undesirable microorganisms to grow. The final water content found at day 12 of preparation was  $20.37\% \pm 0.36$ . In relation to this, Bennani et al. (2000), established a similar moisture decrease pattern in a Moroccan Gueddidi, being the ultimate found value of 20%. In the sixth day of preparation, a slight increase of humidity was found, which can be explained by the drying conditions. The decrease turned slower during the ripening step of El Gueddidi compared to the drying step, being the decreasing speed of water content of  $0.03\%/day$  (from day 12 to 45). The decrease of water content in El Gueddidi during this stage is nonsignificant ( $P > 0.05$ ), so there is a stability of the humidity in the product. In the initial phase of drying, the moisture content of the outer layers decreased, while the inner layers lost water in the later periods (Zukál and Incze, 2010). As reported by Toldrá (2002), the drying rate of some meat products like sausage or ham is affected by several factors.



**Figure 2.** Evolution of moisture throughout the manufacture and ripening of El Gueddidi.

Some of them are intrinsic to the product such as pH (when pH drops, meat rapidly dries faster), and the amount of intramuscular fat which can constitute a barrier to water diffusion. The weight of meat is another factor, which contributes to extending the time of drying. Fluctuations observed in moisture during ripening can be explained by the conditions of temperature and relative humidity.

## pH

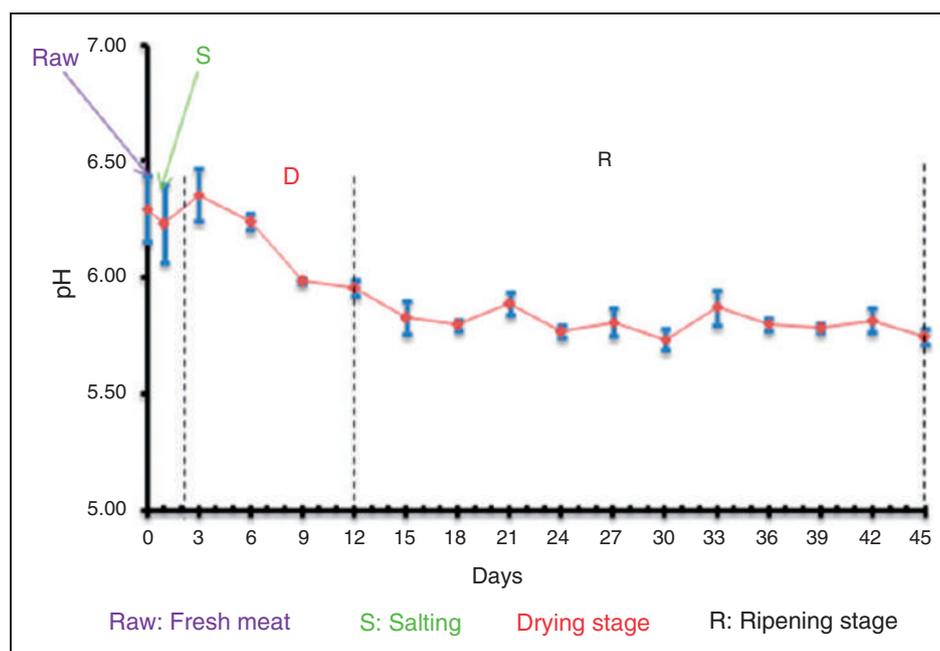
The evolution of pH through processing of El Gueddid is shown in Figure 3. As can be observed, there is a slight increase of pH, starting at  $6.29 \pm 0.14$ , to increase to about  $6.35 \pm 0.11$  during the post-salting phase. After this, the pH decreased during the drying period. At the end of this period, the pH value was  $5.95 \pm 0.032$  and the decreasing speed of pH in this phase is 0.03 units/day. This decrease in pH is related to the accumulation of lactic acid produced by LAB during El Gueddid preparation (Table 1). pH reduction prevents the growth of undesirable microflora like pathogenic and spoilage microorganisms. As shown in Figure 3, pH remained almost unchanged during the ripening period (The decreasing speed of pH in this phase is 0.01 units/day, from day 12 to 45). However, pH may increase during the ripening period due to the formation of basic compounds, probably as a result of proteolysis (Kaban, 2013; Spaziani et al., 2009). During the different stages of manufacturing of El Gueddid, the changes in the pH were nonsignificant ( $P > 0.05$ ).

## Sodium chloride content

Salt is the main curing agent. It has several roles in the final quality of meat product, an effect on microbiological, physicochemical, and sensorial characteristics (Toldrá, 2002). Results showed a sodium chloride content in the range of  $12.86\% \pm 1.18$  in El Gueddid ready to eat (obtained after 1 month of elaboration). Salt content found in El Gueddid after 1 year of storage increased to a value of  $17.93\% \pm 0.06$  (Table 2). These data are in accordance with previous published data where salt content was found between 7.43% and 12.40% for Moroccan Gueddid (Bennani et al., 1995). These results are higher than data found for dry biltong (5.5%–7.9%). These high salt values can be explained by the high brine salt concentration used during processing. One of the main roles of salt is the decrease in water activity, but it exerts also remarkable effects in both the solubility and degradation of myofibrillar proteins (Chabbouh et al., 2012).

## Water activity ( $a_w$ )

Kinetics of chemical, enzymatic, and microbial reactions are dependent on water activity (Toldrá, 2002). The obtained results showed an average water activity value of  $0.48 \pm 0.02$  for El Gueddid ready to eat. For El Gueddid stored after 1 year,  $a_w$  was in the range of  $0.72 \pm 0.03$  (Table 2). These results are coherent with data found in Moroccan Gueddid by Bennani et al. (1995). These authors reported a value of water activity in the average of  $0.54 \pm 0.06$ . Our results are in



**Figure 3.** pH decrease pattern throughout the manufacture and ripening of El Gueddid.

**Table 1.** Evolution of microbial counts in El Gueddid during processing and ripening.

Microbial group(cfu/g)	Processing step			
	Fresh meat	After salting	Drying stage	Ripening stage
<i>Standard plat count</i>	$7.24 \times 10^5$	$10^6$	$2 \times 10^5$	$10^6$
<i>Total coliforms</i>	$7 \times 10^3$	a	a	a
<i>Lactic acid bacteria</i>	a	$2.18 \times 10^6$	$1.77 \times 10^6$	$1.54 \times 10^7$
<i>Yeasts</i>	a	$2.81 \times 10^7$	$4.36 \times 10^6$	$2.81 \times 10^7$
<i>Molds</i>	a	a	a	a
<i>Staphylococci</i>	a	$6.16 \times 10^7$	$2.18 \times 10^7$	$7.94 \times 10^7$

<sup>a</sup>Not found.

**Table 2.** Physicochemical parameters NaCl and a<sub>w</sub> determined for El Gueddid at both 1 and 12 months after processing.

	El Gueddid		Moroccan Gueddid (Bennani et al., 1995)	Biltong (Petit et al., 2014)	Blanket of Petrolina-Pernambuco, Brazil (Pedrosa et al., 2014)
	1 Month	1 Year			
NaCl (%)	$12.86 \pm 1.18$	$17.93 \pm 0.06$	$10.21 \pm 1.68$	5.5–7.9	1.72–2.5
a <sub>w</sub>	$0.72 \pm 0.03$	$0.48 \pm 0.02$	$0.54 \pm 0.06$	0.65–0.68	$0.97 \pm 0.02$

Note: Comparison with data reported for other dry-cured meat products.

accordance to those found by Petit et al. (2014) for dry biltong, for which they reported a<sub>w</sub> values of in the range of 0.65–0.68. According to data reported by Bennani et al. (1995) and Petit et al. (2014), El Gueddid can be classified as an intermediate moisture food. The low a<sub>w</sub> found can be explained by the combined employ of drying/salting steps during the elaboration process of El Gueddid (Bennani et al., 1995).

**Microbiological characteristics**

The microbial profiles of El Gueddid during the different processing steps are plotted in Table 1. The total viable count level in El Gueddid changed from  $7.24 \times 10^5$  cfu/g (in fresh meat to reach numbers around 106 cfu/g during ripening stage. This result would indicate the presence of a high level of fermentative bacteria, which is in agreement with the result found by Petit et al. (2014). It is assumed that coliforms determine the sanitary conditions of food handling and manipulation. In the present work, total coliforms were found in low numbers in fresh meat, then being eliminated after 3 days. This result is coherent with data found by Boudechicha et al. (2017) during the preparation of Khliia Ezir (a traditional cured meat product of Algeria). This may be due to the dual action of salting and drying. As reported by Lorenzo et al. (2015), NaCl induce selective multiplication of salt-tolerant

bacteria and LAB, while suppressing the growth of coliforms.

*Staphylococci* and LAB were between the most abundant microorganisms in the product, together with yeast (Table 1). *Staphylococci* are halophilic microorganisms that may survive in high salt concentrations. They were not detected in raw material prior to El Gueddid preparation. After salting, the results showed a rapid increase to reach high levels during the ripening stage ( $7.94 \times 10^7$  cfu/g), above the *Staphylococci* level of  $6.2 \times 10^5$  cfu/g determined in El Gueddid in previous works (Bennani et al., 2000). These rates exceeded the Algerian standard of  $5 \times 10^3$  cfu/g (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°39, 2017). It is assumed that, when level of staphylococci reach  $10^6$  cfu/g, the food is considered as potentially hazardous. High contamination by *Staphylococcus aureus* could indicate a possible production of thermostable enterotoxin. However, the high salt concentration in El Gueddid (average value of NaCl in El Gueddid was  $12.86\% \pm 1.18\%$ ) together with the low water activity (average value of a<sub>w</sub> in El Gueddid was  $0.72 \pm 0.03$ ) will constitute an effective barrier to this risk. In that respect, Pedrosa et al. (2014) reported minimum values of water activity ranging from 0.93 to 0.86 to preclude the production of this enterotoxin, which is the case of EL Gueddid (Table 2). On the other hand,

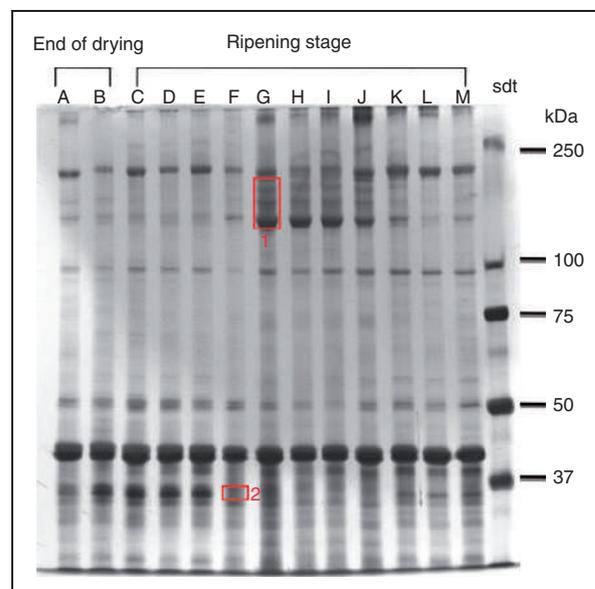
and according to Chabbouh et al. (2012), a salt concentration higher than 10% can delay microbial growth. In this subsection, there are no recommended standards for LAB. However, results obtained are coherent with data published by Bennani et al. (2000) and Petit et al. (2014). Both of them reported the presence of a high level of fermentative bacteria in the analyzed products.

LAB and yeasts were also found in El Gueddid (Table 1). These microorganisms were revealed to exist in high numbers,  $1.54 \times 10^7$  and  $2.81 \times 10^7$  cfu/g during the ripening stage, respectively. The elevated counts of LAB contribute to the pH decrease in El Gueddid, which can help to delay the growth of undesirable microorganisms. In a previous study (Essid and Mnasser, 2013), strains of LAB and *Staphylococci* were isolated from a Tunisian Gueddid to be used as starters for the manufacture of a dry fermented sausage. According to Fonseca et al. (2013), growth of LAB and *Staphylococci* during ripening is important to set the final sensorial, safety, and nutritional characteristics of dry fermented meat products.

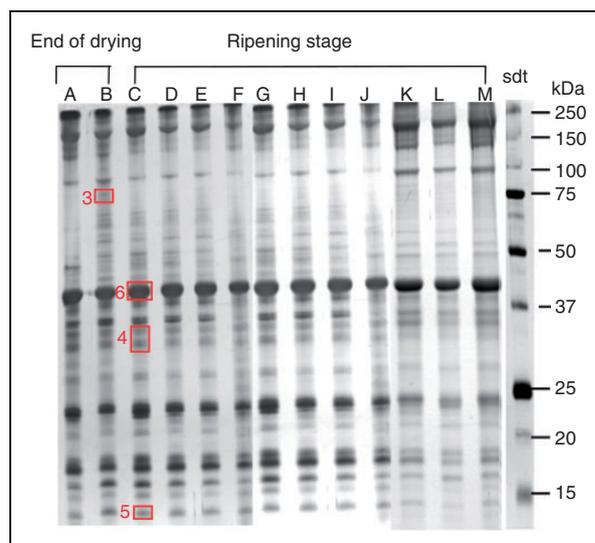
Yeasts are the most tolerant microorganisms to high salt concentrations and to low  $a_w$  values. In fermented meats, they contribute to the final flavor by their proteolytic and lipolytic activity (Toldrá, 2002). Compared to molds, the obtained results showed a strong predominance of yeasts, showing agreement with results found by Petit et al. (2014). In El Gueddid, the presence of some yeast could have a role in the biochemical processing through the release of lipases and/or proteases into the product during the ripening period, as reported by Bennani et al. (1995).

### Proteolysis

Protein profiles of El Gueddid myofibrillar proteins during both drying and ripening stages are shown in Figures 4 and 5. Muscle proteolysis is the most important phenomenon occurring during both meat aging and dry-curing (Sentandreu et al., 2007). The main enzymes responsible for the degradation of muscle proteins during dry-curing are endopeptidases, mainly calpains and cathepsins. Exopeptidases degrade the large polypeptides generated by endopeptidases (Mora et al., 2013). Toldrá (2002) reported that proteolysis has a high impact in the quality of dry-cured ham characteristics such as texture, by breakdown of the myofibrillar proteins, together with the generation of peptides and free amino acids that will have a strong influence on the final taste and aroma profile. Other authors such as Kaban (2013) observed that proteolysis is an important phenomenon during pastirma processing with consequences for the final sensory quality. For El Gueddid, Bennani et al. (1995), together with Chabbouh et al. (2012), think that proteolysis during ripening and



**Figure 4.** SDS-PAGE (8%) profile of myofibrillar proteins throughout the manufacture of El Gueddid. Day 9 (A), day 12 (B), day 15 (C), day 18 (D), day 21 (E), day 24 (F), day 27 (G), day 30 (H), day 33 (I), day 36 (J), day 39 (K), day 42 (L), and day 45 (M).



**Figure 5.** SDS-PAGE (12%) profile of myofibrillar proteins throughout the manufacture of El Gueddid. Day 9 (A), day 12 (B), day 15 (C), day 18 (D), day 21 (E), day 24 (F), day 27 (G), day 30 (H), day 33 (I), day 36 (J), day 39 (K), day 42 (L), and day 45 (M).

curing may give rise to some flavor compounds that improve the organoleptic characteristics of this product.

In Figure 4, the electrophoretic profile of El Gueddid myofibrillar proteins at the end of drying and ripening

stages displayed the following: At day 27 of ripening (Lane G), there was an increase of bands in the range about 180–140 kDa (Band group 1, Figure 4). These results can be explained by the proteolysis of myosin heavy chain. This observation is in agreement with the one reported by Chabbouh et al. (2012) in Tunisian Gueddid. In the same line, Spaziani et al. (2009) reported a decrease in myosin heavy chain during the ripening of dry sausages and the increase of a 145 kDa band throughout ripening. Also, at day 24 of ripening of El Gueddid, a decrease in the intensity of a protein band with molecular weight of about 37 kDa was observed (Band group 2, Figure 4). In Figure 5, the disappearance of proteins bands was observed in the range 85–73 kDa at the beginning of the ripening stage (Band group 3, Figure 5), together with a decrease of the intensity of proteins bands around 33 kDa (Band group 4, Figure 5) and 14 kDa (Band group 5, Figure 5). The intense 42 kDa protein band (Band group 6, Figure 5), ascribed to be actin (Ouali et al., 2013), showed also a decrease in intensity during the whole process, though this is not so evident due to the high amount of this protein in each gel lane.

## CONCLUSION

During the processing of El Gueddid, there is a decrease in moisture content and pH. The reduction of water content is faster during the first period of drying. The decrease was slower during the following days. The pH decreased during the drying period. This decrease can be related to the accumulation of lactic acid produced by LAB in the product. *Staphylococci* and LAB were abundant in the product. Coliforms were found in low numbers in fresh meat, and then were eliminated during post-salting stage. The physico-chemical characteristics showed that the moisture content decreased in the product during the drying period. The pH also decreased during the drying period, then remained almost unchanged during the rest of the ripening period. El Gueddid showed a low water activity and high salt content. The most important changes in the profile of myofibrillar proteins showed the increase of bands in the ranges of 180–140 kDa, a decrease in the intensity of a protein band with molecular weight of about 37 kDa, the disappearance of proteins bands of about 85–73 kDa at the beginning of the ripening stage and a decrease of the intensity of proteins bands of 33 and 14 kDa. A decrease in the intensity of actin during the whole process was also evident despite the high amount of this protein in the myofibrillar extract. The present obtained results related to the proteolysis carried out during the processing of El Gueddid will have to be further refined by mass spectrometry approaches in near future, a step that is

necessary for a complete characterization of both protein substrates and naturally generated peptides during El Gueddid processing.

## ACKNOWLEDGEMENT

Special thanks to the institute of Agrochemistry and Food Technology (CSIC), Valencia (Spain).

## DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

## FUNDING

The author(s) disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: Project AGL2012-32146 from the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness.

## REFERENCES

- AOAC (2000). *Official Methods of Analysis*, 17th edition. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Benkerroum N. (2013). Traditional fermented foods of North African countries: Technology and food safety. Challenges with regard to microbiological risks. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12: 54–89.
- Bennani L, Zenati Y, Faid M and Ettayebi M. (1995). Physico-chemical and microbiological characteristics of a dried salted meat product (Kaddid) in Morocco. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 201: 528–532.
- Bennani L, Faid M and Bouseta A. (2000). Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: Control of the microorganisms. *European Food Research and Technology* 211: 153–157.
- Bermúdez R, Franco D, Carballo J and Lorenzo JM. (2014a). Physicochemical changes during manufacture and final sensory characteristics of dry-cured Celta ham. Effect of muscle type. *Food Control* 43: 263–269.
- Bermúdez R, Franco D, Carballo J, Sentandreu MA and Lorenzo JM. (2014b). Influence of muscle type on the evolution of free amino acids and sarcoplasmic and myofibrillar proteins through the manufacturing process of Celta dry-cured ham. *Food Research International* 56: 226–235.
- Bermúdez R, Franco D, Carballo J and Lorenzo JM. (2015). Influence of type of muscle on volatile compounds throughout the manufacture of Celta dry-cured ham. *Food Science and Technology International* 21: 581–592.
- Bradford MM. (1976). Rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248–254.
- Boudechicha HR, Nasril I, Bennaceur Z, Sellama M, Hafid K, Boudjellal A and Gagaoua M. (2017). Microbiological changes during the preparation steps of Khliia Ezir: a

- traditional cured meat product of Algeria. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism* 4(6): 1–5.
- Chabbouh M, Ben Hadj Ahmed S, Farhat A, Ali Sahli A and Bellagha S. (2012). Studies on the salting step of Tunisian kaddid meat: Experimental kinetics, modeling and quality. *Food Bioprocess and Technology* 5: 1882–1895.
- Chabbouh M, Sahlia A and 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: 3634–3641.
- Cassens R.G. (1994). *Meat Preservation. Preventing Losses and Assuring Safety*. Trumbull, CT: Food & Nutrition Press.
- Essid I and Mnasser H. (2013). Effect of inoculation of selected *Staphylococcus xylosus* and *Lactobacillus plantarum* strains on biochemical, microbiological and textural characteristics of a Tunisian dry fermented sausage. *Food Control* 32: 707–714.
- Fonseca S, Cachaldora A, Gómez M, Franco I and Carballo J. (2013). Monitoring the bacterial population dynamics during the ripening of Galician chorizo, a traditional dry fermented Spanish sausage. *Food Microbiology* 33: 77–84.
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°39 (2017). Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires. Viandes rouges et dérivés.
- Laemmli UK. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680–685.
- Lorenzo JM, García Fontán MC, Franco I and 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 JM, Bermúdez R, Domínguez R, Guiotto A, Franco D and Purriños L. (2015). Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacon salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Food Control* 50: 763–769.
- Kaban G. (2013). Sucuk and pastirma: Microbiological changes and formation of volatile compounds. *Meat Science* 95: 912–918.
- Mora L, Sentandreu MA and Toldrá F. (2010). Identification of small troponin T peptides generated in dry-cured ham. *Food Chemistry* 123: 691–697.
- Mora L, Fraser PD and Toldrá F. (2013). Proteolysis follow-up in dry-cured meat products through proteomic approaches. *Food Research International* 54: 1292–1297.
- Ouali A, Gagaoua M, Boudida Y, Becila S, Boudjellal A, Herrera-Mendez CH and Sentandreu MA. (2013). Biomarkers of meat tenderness: Present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. *Meat Science* 95: 854–870.
- Pedrosa NdA, Madruga MS, Costa RG, Medeiros GR, Duarte TF, Voltolini TV and Martins SS. (2014). Salted lamb meat blanket of Petrolina-Pernambuco, Brazil: Process and quality. *Food Science and Technology* 34: 44–50.
- Prevolnik M, Andronikov D, Žlender B, Font-i-Furnols M, Novič M, Škorjanc D and Čandek-Potokar M. (2014). Classification of dry-cured hams according to the maturation time using near infrared spectra and artificial neural networks. *Meat Science* 96: 14–20.
- Petit T, Caro Y, Petit AS, Santchurn SJ and Collignan A. (2014). Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Science* 96: 1313–1317.
- Sentandreu MA, Armenteros M, Calvete JJ, Ouali A, Aristoy MC and Toldrá F. (2007). Proteomic identification of actin-derived oligopeptides in dry-cured ham. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 3613–3619.
- Sentandreu MA, Fraser PD, Halket J, Patel R and Bramley PM. (2010). A proteomic-based approach for detection of chicken in meat mixes. *Journal of Proteome Research* 9: 3374–3383.
- Spaziani M, Del Torre M and Stecchini ML. (2009). Changes of physicochemical, microbiological, and textural properties during ripening of Italian low-acid sausages. Proteolysis, sensory and volatile profiles Italy. *Meat Science* 81: 77–85.
- 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.
- Zukál E and Incze K. (2010). In: Toldra F (ed.) *Drying Handbook of Meat Processing*. Hoboken, NJ: John Wiley.

# ***Conclusion et perspectives***

## **Conclusion générale et perspectives**

L'objectif du présent travail de thèse s'était inscrit dans une dynamique, qui est de préserver les produits du terroir algérien. Nos objectifs consistent d'étudier et caractériser El Gueddid, préparé dans différentes régions d'Algérie afin de pouvoir établir son diagramme de préparation traditionnelle, recueillir des informations relatives aux modes de consommation de ce produit, suivre l'évolution des paramètres physicochimiques, biochimiques et microbiologiques, durant sa préparation et son affinage et établir son profil sensoriel.

Différentes approches analytiques ont été adoptées afin de répondre à la problématique des objectifs fixés.

Les résultats du travail sur terrain réalisé dans 21 wilayas a permis d'établir son diagramme type de préparation. Les résultats de l'enquête ont révélé qu'il peut être préparé à partir de viande ovine, bovine, caprine ou cameline et dans un faible pourcentage, à base de viande de gazelle. Les parties de la carcasse les plus utilisées, dans sa préparation, sont le flanc, les côtes, le gigot ou l'épaule.

Le sel est l'ingrédient principal, cependant l'ajout d'épices est rarement marqué. Le saumurage est la méthode de salage la plus pratiquée par les familles enquêtées, mais le salage à sec demeure le procédé préféré dans certaines familles. Les quantités du sel utilisé sont appréciées visuellement. Nous avons pu identifier les quantités de sel et d'épices éventuellement utilisées, la proportion de sel ainsi utilisée pour un kg de viande est en moyenne de  $305 \pm 166$  g par kg de viande pour le salage à sec et  $412,5 \pm 85,0$  g par kg de viande pour le saumurage.

Le séchage, s'effectue les premiers jours à l'ombre, ensuite achevé au soleil. La durée moyenne de séchage est de  $19 \pm 11,47$  jours. Cette durée est variable selon les saisons et les régions. Une fois séché, avec un taux d'humidité de  $16,76 \pm 1,15\%$ , il se conserve dans des récipients ou des sachets en plastique. El Gueddid est conservé à température ambiante dans un endroit sec, au congélateur ou au réfrigérateur. Sa durée de conservation peut s'étendre jusqu'à un an.

L'étude physicochimique d'El Gueddid marque une différence des paramètres indicateurs de la qualité de viande à savoir le pH, la teneur en eau, l'activité d'eau ( $A_w$ ), la teneur en cendres, en sel, en protéines, en lipides et en acides gras.

Durant le séchage, le pH diminue pour atteindre une valeur de  $5,95 \pm 0,03$ , à la fin de cette phase. La vitesse de chute du pH, durant le séchage est de 0,03 unités/jour. Durant la phase d'affinage, nous avons remarqué une stabilité de la valeur du pH. Sa vitesse de chute est de 0,01

unités/jour. Cette vitesse est faible par rapport à sa vitesse de chute, durant le séchage. La valeur de pH d'El Gueddid à un mois de préparation est en moyenne de  $5,73 \pm 0,04$ .

L'humidité diminue de manière très rapide, durant le séchage et la vitesse de diminution est de 3,92% /jour (depuis le premier jour de séchage, jusqu'au 12<sup>e</sup> jour). La diminution de la teneur en eau durant cette phase est significative ( $P < 0,05$ ).

Durant la phase d'affinage d'El Gueddid, la réduction au niveau de la teneur en eau chute. La vitesse de réduction de l'humidité durant cette phase est de 0,03%/ jour. La diminution de la teneur en eau, durant cette phase est non significative ( $P > 0,05$ ).

À un mois de préparation, sa teneur en eau de  $16,76 \pm 1,15\%$ , et après un an de stockage elle est de  $14,94 \pm 2,11\%$ . À un mois, son  $A_w$  est de l'ordre de  $0,72 \pm 0,03$ . Nous avons remarqué une baisse de l' $A_w$  durant son stockage après 12 mois, son  $A_w$  a été évalué à  $0,48 \pm 0,020$ .

Selon les valeurs de l'activité d'eau ( $A_w$ ) ( $0,72 \pm 0,03$ ) et d'humidité ( $16,76 \pm 1,15\%$ ), ce produit peut être considéré comme un aliment à humidité intermédiaire.

La teneur en NaCl, en cendres totaux, en protéines, en lipides, en acides gras, ainsi qu'une caractérisation de sa fraction lipidique, à savoir, l'indice de peroxyde et l'acidité libre ont été réalisés.

Nous pouvons constater, par comparaison à la viande fraîche, que les teneurs en différents composants dans cet aliment ont augmenté.

Une différence des teneurs des différents composés a été constatée entre El Gueddid obtenu après un mois et celui stocké pendant un an.

Pour la teneur en sel (NaCl), elle est de 0,22 g/100g de viande fraîche, à un mois de préparation sa teneur augmente à  $12,86 \pm 1,18$  g/100g, et passe à  $17,93 \pm 0,06$  g/100 g, à un an de stockage.

Pour les protéines, leur teneur, est de 20,6 g/100 dans la viande fraîche, dans El Gueddid à un mois de préparation sa teneur est en moyenne de l'ordre de  $37,30 \pm 0,13$ g/100, et elle est de  $35,12 \pm 0,11$ g/100 g pour 12 mois de stockage.

La teneur en lipides, dans la viande fraîche est de 6,11 g, pour un mois de préparation est en moyenne de l'ordre de  $44,63 \pm 0,42$  g. Pour un an de stockage, nous avons constaté une teneur en lipides diminuée, pour atteindre une valeur moyenne de  $41,82 \pm 0,55$ g.

Pour le profil en Acides Gras (AG) d'El Gueddid, nos principaux résultats montrent que la teneur en acide Palmitique (C 16 :0), obtenu après un mois de préparation est de 24,7% des AGT. Cette valeur augmente et atteint l'ordre de 28,7% dans El Gueddid conservé pendant un an. Pour l'acide Acide Stéarique (C 18 :0), sa teneur est de 12,9% dans ce produit prêt à la consommation (d'un mois de préparation) et de 12,8%, à un an de conservation. L'acide

Laurique (C12) et l'acide myristique (C14) sont présents en quantités infimes. Les acides Gras Monoinsaturés (AGMI) sont représentés principalement par C18 :1. L'acide oléique (C18 :1) représente une fraction de 40% des AGMI. Ces teneurs sont proches dans El Gueddidi prêt à être consommé ou stocké pendant un an. Ces valeurs sont respectivement, 43,6% et 44,0%.

Les Acides Gras Polyinsaturés (AGPI) prédominants dans la viande rouge d'agneau sont l'oméga 6 et l'oméga 3. L'acide Linoléique (C 18 :2) est évalué à 3,9% dans El Gueddidi prêt à consommer (d'un mois de préparation), pour son stockage pendant un an, sa valeur est de 1,5%. L'Acide Eicosapentaénoïque (C 20 :5) a une valeur de 0,02%, à un mois et à un an, elle est évaluée à 0,4%.

El Gueddidi est un produit qui se caractérise par une forte flaveur qui peut être due à la lipolyse, ainsi qu'à l'oxydation d'acides gras libres. Pour le degré d'oxydation des lipides, nos résultats montrent un taux de peroxyde de 45,75 méq d'O<sub>2</sub>/kg dans El Gueddidi d'un mois. Comparativement à la viande fraîche, dont le taux de peroxyde est de 9,82 méq d'O<sub>2</sub>/kg. Cette denrée stockée, pendant un an semble avoir subi une forte oxydation des lipides et cela se traduit par la valeur élevée du peroxyde trouvée, qui est de l'ordre de 232,5 méq d'O<sub>2</sub>/kg.

Pour l'acidité libre dans El Gueddidi d'un mois de préparation est de 2,11% d'acide oléique. Pour El Gueddidi d'un an de stockage elle est passée à 7,84% d'acide oléique.

La protéolyse peut aussi aider au développement de la flaveur d'El Gueddidi par la libération de peptides et d'acides aminés.

A la fin de séchage et au 12<sup>ème</sup> jour, nous avons constaté, une disparition de certaines bandes protéiques dans l'intervalle de poids de 85 - 73 kDa.

Pendant son affinage, et au 27<sup>e</sup> jour, nos résultats ont révélé une augmentation de protéolyse de la myosine générant des bandes situées entre 180–140 kDa. Et en parallèle, une diminution de l'intensité des bandes de protéines comprises entre 33 kDa et 14 kDa. L'intensité de l'actine diminue aussi durant tout le processus de préparation d'El Gueddidi. Ces résultats ont été confirmés par une spectrométrie de masse *LC-MS/MS*.

Les analyses microbiologiques d'El Gueddidi, pendant la préparation et l'affinage, ont porté sur la présence et la cinétique d'évolution de certaines flores microbiennes à savoir ; la Flore Mésophile Aérobie Totale, les coliformes totaux, les bactéries lactiques, les levures et moisissures, les Salmonelles et *Staphylococcus aureus*. Il en ressort, de notre étude que la charge de la Flore Aérobie Mésophile Totale est quelque peu élevée (10<sup>6</sup> ufc/g). Cependant, nous avons noté une faible charge microbienne des coliformes totaux dans la viande fraîche puis leur élimination après quelques jours de préparation d'El Gueddidi. Pour les levures et les

bactéries lactiques, nous avons remarqué une coexistence de ces germes, ce qui peut expliquer une relation synergétique entre ces microorganismes.

Pour *Staphylococcus aureus*, une absence de ces bactéries dans la viande fraîche a été observée, leur nombre a augmenté, dans les autres étapes de processus de fabrication d'El Gueddid. Les conditions physicochimiques établies dans El Gueddid (pH, Aw) peuvent constituer une barrière contre la production de toxines staphylococciques.

Une absence totale des salmonelles et des moisissures, au niveau de tous les stades de fabrication d'El Gueddid représente un résultat satisfaisant.

Les résultats de nos analyses microbiologiques et en comparaison avec les recommandations concernant les limites microbiologiques du *journal officiel de la république algérienne N\_39, 2017*, révèlent l'obtention d'un produit carné stable d'un point de vue microbiologique. Nos résultats sont aussi en adéquation avec les constatations de Durand *et al.*, (2012) et Jeuge *et al.*, (2012). Selon ces auteurs, les procédés technologiques de transformation de la viande (Salage et séchage par exemple) améliorent la qualité microbiologique, en réduisant les flores pathogènes. Le faible taux de germes pathogènes tels que les salmonelles, la disparition des coliformes au cours de séchage sont à retenir. Cependant, la présence d'une flore saprophyte (flore lactique) et *Staphylococcus aureus* est parfois inévitable.

Concernant le profil sensoriel d'El Gueddid, nos résultats ont révélé que notre produit est caractérisé par une couleur sombre (marron), une odeur intense, un goût salé et un goût de rance prononcé.

Cette étude donne un premier aperçu des différents paramètres à contrôler pendant la préparation d'El Gueddid par laquelle la procédure traditionnelle pourrait s'étendre à une production contrôlée, et à grande échelle. Notre travail mérite d'être complété, au niveau des volets suivants :

- ❖ Compléter le profil sensoriel établi par un test Hédonique, afin d'identifier ses caractéristiques sensorielles les plus appréciées par les consommateurs ;
- ❖ Identifier son profil aromatique, par le dosage des composés volatiles et non volatiles qui contribuent à l'apparition de l'arôme, propre à El Gueddid ;
- ❖ Réaliser un prototype de préparation du produit à l'échelle industrielle, en optimisant ses conditions de préparation, en collaboration avec des sociétés d'agroalimentaires exerçant, dans le domaine.

***Références***  
***Bibliographiques***

**Références Bibliographiques**

« A »

**Agouninessouk R. (2020).** Impact des teneurs en chlorure de sodium et en matière grasse animale sur l'évolution des propriétés physico-chimiques, la protéolyse et le texture de saucissons secs. Thèse en vue de l'obtention du Master 2 Nutrition, Santé et Aliments Spécialité Sciences des Aliments. HAL Id: hal-02795543. <https://hal.inrae.fr/hal-02795543>. Pp 25.

**Andriamamplania H. L., (2012).**

Production, vente et consommation du Kitoza dans la provinve d'Antananarivo. Qaulité du Kitoza de porc. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'étude approfondies en sciences de la vie. Option: (Biochimie) Biochimie appliquée aux Sciences Médicales. Pp.55.

**Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990)**

*Official methods of analysis (15th edition). USA.* Ed. Kenneth Helrich, 1-771.

**Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1995)**

*(16th edition).* Patricia Cunniff.

**Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2000)**

*Official methods of analysis of AOAC international (17th edition). USA.*

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

« B »

**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>.

**Balla A., Baragé M., (2008).** Analyses physico-chimiques de la pulpe et caractérisation de la fraction lipidique des amandes du fruit du pommier de Cayor (*Neocarya macrophylla* Sabine).

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin Numéro 61 – Septembre 2008. Pp 6.

**Barbanti, D., Pasquini, M., (2005).** Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 38(8), 895-901.

**Becila S. (2009).** Marqueurs biologiques de la qualité de la viande ovine et caractérisation de la mise en place de l'apoptose. Thèse de Doctorat en Sciences Alimentaires. INATAA. Université Mentouri de Constantine. Pp 214.

- Belabbes M., Boudroua K., (2017).** Composition et sensibilité à l'oxydation de la viande d'agneau. Effects de alimentation et du type de muscle sur la teneur en lipides et la peroxydation lipidique de la viande d'agneau. Viandes & Produits Carnés. VPC-2017-33-4-3
- Benaissa A., (2011).** Etude de la qualité microbiologique des viande cameline et ovine conservées selon différents modes. Pp 65.
- Bennani L, Zenati Y, Faid M and Ettayebi M. (1995).** Physico-chemical and microbiological characteristics of a dried salted meat product (Kaddid) in Morocco. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung 201: 528–532.
- Bennani L, Faid M and Bouseta A. (2000).** Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: Control of the microorganisms. European Food Research and Technology 211: 153–157.
- Benkerroum N. (2013).** Traditional fermented foods of North African countries: Technology and food safety. Challenges with regard to microbiological risks. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 12: 54–89.
- Bergdoll, M. S. (1989).** *Staphylococcus aureus*. In M. P. Doyle (Ed.), Foodborne bacterial pathogens (cap. 11, pp. 463-523). New York: Marcel Dekker.
- Bermúdez R., Franco D., Carballo J. et Lorenzo J.M., (2014a).** Physicochemical changes during manufacture and final sensory characteristics of dry-cured Celta ham. Effect of muscle type. Food Control 43: 263–269.
- Bermúdez R., Franco D., Carballo J, Sentandreu M.A. et Lorenzo J.M., (2014b).** Influence of muscle type on the evolution of free amino acids and sarcoplasmic and myofibrillar proteins through the manufacturing process of Celta dry-cured ham. Food Research International 56: 226–235.
- Bermúdez R., Franco D., Carballo J., et Lorenzo J.M., (2015).** Influence of type of muscle on volatile compounds throughout the manufacture of Celta dry-cured ham. Food Science and Technology International 21: 581–592.
- 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 viande et produits carnés, ab corp international. Vol 34 (3-8), Pp.1-19.
- Boudechicha H., R. (2019).** Valorisation d'un produit carné traditionnel Algérien « Khliaa Ezir ». Thèse de Doctorat. Sciences Alimentaires. Pp.145.

**Bradford M.M., (1976).** Rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248–254.

**Brian S. Smith (2012).** Marination: Ingredient Technology.479-92p. *In Handbook of MEAT AND MEAT PROCESSING.* Edited by Y. H. Hui. EDITION CRC Press Taylor group.london, New York. Pp 979.

« C »

**Camirand, G., (2004).** Développement d'un protocole d'induction de tolérance immunologique applicable à la transplantation de myoblastes comme traitement de la dystrophie musculaire de Duchenne. Ph.D. Université de Laval, Canada (<http://theses.ulaval.ca>) (consulté le 11.12.2019).

**Cartier., (1997).** Importance, origine et mode d'appréciation de la contamination salmonellique de la carcasse des Bovins. Examen de 222 vaches de réforme. *Viandes et Prod. Carnés*, 14, Pp 35-38.

**Cassens R. G. (1994).** Meat preservation. Preventing losses and assuring safety. Food & Nutrition Press, INC. Trumbull, Connecticut 06611 USA. 133 Pp. ISBN: 0-91- 7678-34.

**Chabbouh M., Ben Hadj Ahmed S., Farhat A. Ali Sahli A., et Bellagha S., (2012).** Studies on the Salting Step of Tunisian Kaddid Meat: Experimental Kinetics, Modeling and Quality. *Food Bioprocess Technol.*5 :1882–1895.DOI 10.1007/s11947-011-0635-2.

**Chabbouh M, Sahlia A and 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: 3634–3641.

**Christienas S., Denis C., Hanin A., Stahl V., (2014).** Comportement des germes sporulés aérobies (*Bacillus*) dans le Chorizo- Impact de la réduction de la teneur en sel en présence et en absence de substituts. 15<sup>ème</sup> Journées Sciences du muscle et Technologies des viandes- 4 et 5 novembre 2014- Clermont –Ferrand.

**Cliquet F., (2011).** Des spectres MS/MS à l'identification des protéines - Interprétation des données issues de l'analyse d'un mélange de protéines d'un organisme non séquencé. Thèse de Doctorat. Sciences et Technologies de l'Information et de Mathématiques.Université de Nantes. 131Pp.

**Coibion L., (2008).** Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine. Adaptation à la demande du consommateur. THESE pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire. Diplôme d'Etat. Université Paul-Sabatier de Toulouse. Pp 96.

« D »

**Dennai N., Kharrati B., el Yachioui M., 2001.** Appréciation de la qualité microbiologique des carcasses de bovins fraîchement abattus. *Ann. Méd. Vét.*, 2001, 145, 270-274.

**Douglas L. Marshal L., Farid M., et Bal'a A., (2001).** Microbiology of Meats

*In* : Y. H. Hui Wai-Kit Nip Robert W. Rogers Owen A. Young (ed) *Meat Science and Applications*.

**Durand P., (2005).** Technologies des produits de charcuterie et des salaisons. Ed : Technique et documentation -Lavoisier, Paris.515p

**Durand D., Gobert M., et Gatellier P., (2012).** Oxydation des lipids et des proteins des viands au cours des processus de transformation: Mécanismes, consequences et prevention.

14èmes Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes - 13 et 14 novembre 2012 – Caen.

« E »

**Elaffifi M., (2015).** Qualité Des Lipides Et Des Acides Gras De La Viande D'agneau De Race Locale Nourri A Base D'herbe Des Pâturages En Algérie. Thèse de Doctorat en sciences. Filière: Sciences Agronomiques. Option: Technologie Alimentaire Et Nutrition. Pp. 163.

**El rammouz R., (2005).** Étude des changements biochimiques post mortem dans le muscle de volailles - contribution au déterminisme de l'amplitude de la diminution du pH. Thèse Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse.

**Escribá-Pérez C., Baviera-Puig A., Buitrago-Vera J., Montero- Vicente L., (2017).** Consumer profile analysis for different types of meat in Spain. *Meat Sci.*, 129: 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.015>.

**Essid I., Mnasser H., (2013).** Effect of inoculation of selected *Staphylococcus xylosus* and *Lactobacillus plantarum* strains on biochemical, microbiological and textural characteristics of a Tunisian dry fermented sausage. *Food Control* 32: 707-714.

« F »

**Faghim J., Guasmi F., Ben Mohamed M., Ben Ali S., et al., (2017).** Comparaison de la composition physicochimique d'huile d'olive chez la variété Chemlai sous l'effet d'irrigation.

- Revue des Régions Arides n°43 (3/2017) – Numéro spécial – Actes du 5ème Meeting International sur l’Aridoculture et les Cultures Oasiennes : Biotechnologie végétale en zones arides et oasiennes Zarzis (Tunisie), 19-21 décembre 2016.
- FAO, (1990).** Manual on simple methods of meat preservation. Animal production and health paper, 91, FAO, Rome, Italie, Pp 45.
- Fonseca S., Cachaldora A., Gómez M., Franco I., et Carballo J., (2013).** Monitoring the bacterial population dynamics during the ripening of Galician chorizo, a traditional dry fermented Spanish sausage. *Food Microbiology* 33: 77-84.
- Fosse. J.A.S., (2003).** Les dangers pour l’homme liés à la consommation des viandes. Evaluation de l’utilisation des moyens de maîtrise en abattoir. Thèse de l’Ecole nationale vétérinaire de NANTES. Pp 24-46. Viande et produits carnés, 11.281-290.
- Furnols M. F.i-, Guerrero L., (2015).** Déterminismes de la consommation de viande. La consommation de viande et de produits carnés : préférences, comportement et perception du consommateur. *Viandes & Produits Carnés* –Août 2015. Pp 8.
- « G »**
- Gault, N.F.S., (1991).** Marinated meat in: Lawrie, R. (Ed.), *Developments in Meat Science-5*. Elsevier Applied Science, London, Pp. 191-246.
- Ghennai N., (2014).** Etude des rapports et des corrélations entre le régime bioclimatique et les incendies de forêts (cas de l’Est algérien). Mémoire de fin d’étude en vue de l’obtention du diplôme de Magister. Filière : Ecologie et Environnement. Option : Pathologie des Ecosystèmes Forestiers. Université Constantine 1. Pp 91.
- Greaser M. L., (2001).** Postmortem Muscle Chemistry. *In Meat Science and Applications*. Edited by Y H. Hu. Science Technology System West Sacramento, California Wai-Kit Nip University of Hawaii at Manoa Honolulu, Hawaii Robert W. Rogers. Mississippi State University Mississippi State, Mississippi, Owen A. Young MIRINZ Centre AgResearch Hamilton, New Zealand. 474p.
- Guillemin, N., Cassar-Malek, I., Hocquette, J. F, Jurie, C, Micol, D, Listrat, A, Levezirel, H, Renand, G. et Picard, B., (2009).** La maîtrise de la tendreté de la viande bovine: Identification de marqueurs biologiques. *INRA Productions Animales* 22 (4): 331-344.
- Guiraud J.P., (1998).** Microbiologie alimentaire. Dunod, paris, Pp 652.

**Guiraud J.P., (2003).** Microbiologie alimentaire. Dunod – RIA. Pp 696.

« H »

**Harkous R., (2014).** Effet du salage et du séchage sur la dynamique d'évolution de la protéolyse, de la structure et de la texture lors de la fabrication d'un jambon sec. Développement d'un modèle de « jambon numérique » couplant transferts d'eau, de sel et protéolyse.

**Honikel K.O., (2009).** Composition and Calories. In : Nollet L.M.L. et Toldra F. (ed) *Handbook of Muscle Foods Analysis*. pp. 369- 384.

**Ho Thi N. T., (2008).** Etude de la flore lactique nem Chau produit carné fermenté cru traditionnelle du sud de Vietnam et maîtrise du processus de fermentation par ajout de souches lactiques sélectionnées spécifiques du produit. Thesis. L'université de Bordeaux 1. 201p.

**Huff-Lonergan E.J., Lonergan S.M., (1999).** Postmortem mechanisms of meat tenderization: The roles of the structural proteins and the calpain system. In: *Quality Attributes of Muscle Foods*. C.T.H.a.F.S.Y.L. Xiong (Ed). Kluwer Academic/Plenum Press, New-York, USA, 229-252.

**Huff – Lonergan E. J., (2010).** Chemistry and Biochemistry of Meat. 5- 25.

In *Handbook of Meat Processing*. Toldra F. 584Pp. Blackwell Publishing. USA.

« I »

**Incze K., (1998).** Dry fermented sausage. *Meat Science*. 49,169-177.

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

« J »

**Jalali M., Francesca Y.L. Saldanha F. Y. L., Jalali M., (2017).** Basic Science Methods for Clinical Researchers. Elsevier. ISBN: 978-0-12-803077-6. Chennai, India. Pp.355.

**Jeantet R., Croguennec T., Schuck P., et Brule G., (2006).** Science des aliments – biochimie – microbiologie – procédés – produit, Volume 1 : stabilisation biologique et physico-chimique. Edition: TEC&DOC, Londres, Paris, New York. Pp 79 – 255.

**Jeuge S., Carlier M., Vendevre J. L., Nassy G., (2012).** L'oxydation des produits carnés: Méthodes de mesures et moyens de maîtrise. Rapport d'étude. Pole viande et charcuterie.

**Journal officiel de la république algérienne N\_39, 2017.** Arrêté' interministériel du 2

Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires. Viandes rouges et dérivés.

**Juneja Vijay K., Martin Valenzuela-Melendres , Dilek Heperkan , Derrick Bautista , David Anderson, Cheng-An Hwang , Aida Peña-Ramos , Juan Pedro Camou , Noemi Torrentera-Olivera (2016).** Development of a predictive model for *Salmonella* spp. reduction in meat jerky product with temperature, potassium sorbate, pH, and water activity as controlling factors. *International Journal of Food Microbiology* 236.1–8.

« **K** »

**Kaban G., (2013).** Sucuk and pastirma: Microbiological changes and formation of volatile compounds. *Meat Science* 95: 912–918.

**Kalilou S., (1997).** Transformation traditionnelle de la viande en kilishi au Niger. Optimisation du procédé. Thèse de doctorat en Génie des procédés de l'Ecole Nationale Supérieure des Industries Alimentaires, Massy. Montpellier, France, Pp137.

**Kauffman R.G. (2001).** Meat Composition. In *Meat Science and Applications*. edited by Y H. Hu. Science Technology System West Sacramento, California  
Wai-Kit Nip University of Hawaii at Manoa Honolulu, Hawaii Robert W. Rogers.  
Mississippi State University Mississippi State, Mississippi, Owen A. Young MIRINZ Centre  
AgResearch Hamilton, New Zealand. Pp 474.

**Keeton J. T. et Eddy S. (2004).** Chemical and physical characteristics of meat. 210-18.  
*In the Encyclopedia of Meat Sciences*. Werner Klinth Jensen, Carrick Devine and Michael Dikeman. 1383p. EDITOR-IN-CHIEF. Werner Klinth Jensen Danish Meat Research Institute (retired) Roskilde Denmark.

**Kpoviessi D.S.S., Georges C. Accrombessi , Cosme Kossouh, Mohamed M. Soumanou , Mansourou Moudachirou (2004).**  
Propriétés physico-chimiques et composition de l'huile non conventionnelle de pourghère (*Jatropha curcas*) de différentes régions du Bénin. *C. R. Chimie* 7 (2004) 1007–1012.

« **L** »

**Laemmli UK. (1970).** Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680–685.

**Lawrie, R.A. (1998).** Chemical and Biochemical Constitution of Muscle, Pp. 58-94.

**Lebret B., Picard B. (2015).** Les principales composantes de la qualité des carcasses et des viandes dans les différentes espèces animales. *INRA Prod. Anim.*, 28 (2), 93-98.

**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.

« M »

**Maddock R., (2012).** Meat and meat products. *In* Meat processing and meat preservation. Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Japan, Pp. 74-85.

**Marschall D.L. et Bal'a M.F. (2001).** Microbiology of Meats. *In* Meat Science and Applications. edited by Y H. Hu. Science Technology System West Sacramento, California Wai-Kit Nip University of Hawaii at Manoa Honolulu, Hawaii Robert W. Rogers. Mississippi State University Mississippi State, Mississippi, Owen A. Young MIRINZ Centre AgResearch Hamilton, New Zealand. 474Pp.

**Martin J-LUC., (2003).** Sel et technologie en charcuterie-salaison ; p : 13-16.

**Mbawala A., Daoudou B. Ngassoum M.B. (2010).** Qualité microbiologique du kilishi (produit carné séché) produit dans la ville de Ngaoundéré (Cameroun). *TROPICULTURA*. 28, 3, 153-160.

**Mikami M., (1990).** Meat processing and meat preservation. Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Japan, Pp. 74-85.

**Mills J., (2012).** Sources and Control of Microbial Contamination on Red Meat. 277-285. *In* Handbook of Meat and Meat Processing. 957p. Edited by Y. H. Hui, Ph D. Handbook.

**Monin G., (1991).** Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Prod. Anim.* 4 [2], 151-160.

**Mora L., Sentandreu M.A., et Toldra F. (2010).** Identification of small troponin T peptides generated in dry-cured ham. *Food Chemistry* 123: 691–697.

**Mora L, Fraser PD et Toldra F. (2013).** Proteolysis followup *in* dry-cured meat products through proteomic approaches. *Food Research International* 54: 1292–1297.

**Mora L, and Toldra F. (2013).** Dry-Cured Ham, Pp. 147-152. *in* Food microbiology and safety. Edited by **Toldra F ; Leo M.L. Nollet.** Protéomiques in foods. Principales and applications. Springer. Pp. 589.

**Moore J. (2004).** Gastrointestinal outbreaks associated with fermented meats. *Meat Sci.* 67,565-568.

« N »

**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.

**Noumi, G. B., Yolande Mireille Njouokam, Njiné C. B., (2011).** Effets du séchage sur le rendement et la qualité de l'huile extraite de la pulpe de safou., 2011, *Tropicultura*, 29, 3, 138-142.

« O »

**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.

**ONS (2015).** Office National des Statistiques. STATISTIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT. Par - La Direction Technique Chargée des Statistiques Régionales et de la Cartographie. Collections Statistiques N° 177/2013 Série C : Statistiques Régionales et Cartographie. Pp 82.

**Ouali A., (1992).** Proteolytic and physico-chemical mechanisms involved in meat texture development. *Biochimie*, 74, 251-265.

**Ouali A., Herrera-mendez C., Becila S. et Boudjellal A. (2006a).** Maturation des viandes : Une nouvelle donne pour la compréhension de la maturation des viandes. *Viandes et produits carnés* 24, 205-13.

**Ouali A, Gagaoua M, Boudida Y, Becila S, Boudjellal A, Herrera-Mendez CH and Sentandreu MA. (2013).** Biomarkers of meat tenderness: Present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. *Meat Science* 95: 854–870.

**Ozturk I., (2015).** Presence, changes and technological properties of yeast species during processing of pastirma, a Turkish dry-cured meat product. Food Control 50 (2015) 76-84.

« P »

**Pedrosa NdA, Madruga MS, Costa RG, Medeiros GR, Duarte TF, Voltolini TV et Martins SS. (2014).** Salted lamb meat blanket of Petrolina-Pernambuco, Brazil: Process and quality. Food Science and Technology 34 (1): 44–50.

**Pearson A. M., (1994).** Introduction to quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. In Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products (pp. 1-33). Springer US.

**Pearson A.M. et Gillett T.A., (1996).** Processed Meats, 3rd Ed. Springer Science & Business Media, Dordrecht. Pp 458.

**Pearson A.M ; Gillett T.A., (1999).** Processed Meats, 3rd edn. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland.

**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, 1313–1317.

**Picouet P., Munoz I., (2013).** Technologies de procédé et de contrôle pour réduire la teneur en sel du jambon sec et des saucissons. 45e Journées de la Recherche Porcine. Paris 5 et 6 février 2013. Ed. IFIP, INRA.

**Prevolnik M, Andronikov D. Z., lender B., Font-i-Furnols M., Novic M, S., korjanc D., et C. andek-Potokar M., (2014).** Classification of dry-cured hams according to the maturation time using near infrared spectra and artificial neural networks. Meat Science 96: 14–20.

« R »

**Ranken M.D., (2000).** Handbook of meat product technology. BSc Tech, CChem, MChemA, MFC, FRSC, FTFST, FInstM Consultant Food Technologist. 202 p.

**Ratisimba A. I. (2012).** Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du Kitoza de Boeuf. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'étude approfondie (D.E.A) de biochimie. Option: Biochimie appliquée aux sciences médicales. Université d'Antananrivo. Madagascar.Pp 55.

« S »

**Salifou C.F.A., Boko K.C., Attakpa Y.E. , Agossa R. et al., (2013).**

Evaluation de la qualité bactériologique de viande fraîche de bovins abattus aux abattoirs de Cotonou- Porto-Novo au cours de la chaîne de distribution.

Journal of Animal & Plant Sciences, 2013. Vol.17, Issue 2: 2567-2579.

**Santchurn S.J., Collignan A., Petit T. et Trystram G. (2005).** Innovation en matière de salaison de venaison en milieu tropical. Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius. Pp 65-70.

**Santchurn S. J., Arnaud E., Zakhia-Rozis N., et Collignan A., (2012).** Drying : Principles and Applications.505-19p. *In Handbook of MEAT AND MEAT PROCESSING.* Edited by Y. H. Hui. EDITION CRC Press Taylor group.london, New York. Pp 979.

**Sebranek J. G. (2009).** Basic Curing Ingredients. 1-23p. *In Ingredients in Meat Products Properties, Functionality and Applications.* Rodrigo Tarté. Meat Science Research Research, Development & Quality Kraft Foods Inc. 910 Mayer Avenue Madison, Wisconsin 53704.USA. 419.

**Sentandreu M.A., Armenteros M., Calvete J.J., Ouali A., Aristoy M.C. et Toldra F., (2007).** Proteomic identification of actin-derived oligopeptides in dry-cured ham. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55: 3613–3619.

**Santos E., Diez A., Gonzalez-Fernandez C. (2005).** Microbiological and sensory changes in "Morcilla de Burgos" preserved in air, vacuum and modified atmosphere packaging. Meat Sci. 71,249-255.

**Sharedeh D., (2015).** Analyses du Transfer de la matière et des modifications biochimiques et structurales de tissu musculaire lors de marinage, saumurage et malaxage de viande. Pp 259 .

**Skandamis P.N., Gounadaki A.S., (2009).** DRIED MEATS, POULTRY AND RELATED PRODUCTS. pp. 83-94 PP. *In : MICROBIOLOGY HANDBOOK MEAT PRODUCTS.* R. Fernandes (Ed). 302 Pp. Royal Society of Chemistry Thomas Graham House, Science Park, Milton Road, Cambridge, CB4 0WF, UK. 366.

**Spaziani M, Del Torre M and Stecchini ML. (2009).** Changes of physicochemical, microbiological, and textural properties during ripening of Italian low-acid sausages. Proteolysis, sensory and volatile profiles Italy. *Meat Science* 81: 77–85.

**Sperber, W. (1983).** Influence of water activity on foodborne bacteria a review. *Journal of Food Protection*, 46(2), 142-150.

**Staron T., (1982),** viandes et alimentation humaine, APRIA, Paris, 110p.

« T »

**Tan M., Caro Y., Regnier T., Petit T., (2018).** Transformation d'une viande bovine selon un procédé de type biltong. Etude physico-chimique, microbiologique et sensorielle de la transformation d'une viande bovine selon un procédé de type *Biltong*, un produit traditionnel Sud-Africain. *Viandes & Produits Carnés.*

**Teixeira A., E. Pereira, E.S. Rodrigues (2011).** Goat meat quality. Effects of salting, air-drying and ageing processes. *Small Ruminant Research* 98.55–58.

**Toldra 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. 244 pages. Food & Nutrition Press. USA. ISBN: 0-91 7678-54-0.

**Tom A., (2015).** Contribution au séchage solaire des produits carnés : Modélisation et réalisation d'un séchoir adapté aux pays tropicaux. Génie des procédés. Thèse de Doctorat. Ecole nationale supérieure d'arts et métiers - ENSAM, Français. Pp.231.

**Torres, E., Pearson, A. M., Gray, J. I., Ku, P. K., & Shimokomaki, M. (1989).** Lipid oxidation in charqui (salted and dried beef). *Food Chemistry*, 32, 257-268.

**Toumi I., (2018).** La viande du scinque (*Scincus Scincus*) de la region du souf (Algérie); consommation, valeur nutritionnelle et caractéristiques physic-chimiques et biochimiques. Thèse de Doctorat en sciences. Spécialité: Sciences biologiques. Option: Biochimie. Université Kasdi Merbah Ouargla. Pp 137.

**Tzou-Chi Huang ; Wai-Kit Nip, (2001).** Intermediate-Moisture Meat and Dehydrated Meat. In *Meat Science and Applications*. Y. H. Hui, Wai-Kit Nip, Robert W. Rogers, Owen A. Young (Ed). NEW YORK.

« V »

**Vierling E., (2003).** Aliment et boissons, Filières et produits. Doinéditeurs, CRDP. Aquitaine, France, Bordeaux cedex, Pp 270.

« Z »

**Zuka' l E and Incze K. (2010).** In: Toldra F (ed.) *Drying Handbook of Meat Processing*. Hoboken, NJ: John Wiley.

### Sites Web

1. (<http://www.andi.dz/index.php/fr/statistique/demographie-algerienne-2017>). Consulté le 05/01/2021).
2. (<https://agronomie.info/fr/origine-de-lovin-en-algerie>). Consulté le 11/01/2021).
3. (<http://www.jepensedonjecute.com/2016/08/saler-oui-mais-au-bon-moment.html>)
4. Saler oui mais au bon moment. Consulté le 02/12/2018).
5. ([http://www.viepayanneautrefois.free.fr/chapitres/ch04/413\\_ConservFroid](http://www.viepayanneautrefois.free.fr/chapitres/ch04/413_ConservFroid)). Consulté le 02/12/2018).
6. (<http://www.filiere.fr/maison-filiere-qualite.html>). Consulté le 02/12/2018).
7. (<https://s3.amazonaws.com/images.ecwid.com/images/18952260/1438452909.jpg>). Consulté le 28.12.2021).
8. Ciquial Table de composition nutritionnelle des aliments (anses.fr). Consulté le 09/03/2021).

9. ([https://th.bing.com/th/id/OIP.-VFEwJd05NJ3b\\_BFK-4SPgHaE8?pid=ImgDet&rs=1](https://th.bing.com/th/id/OIP.-VFEwJd05NJ3b_BFK-4SPgHaE8?pid=ImgDet&rs=1)). Consulté le 28.12.2021.
10. (<https://embutidosmarsan.es/754/89.jpg>). Consulté le 28.12.2021).
11. (<https://th.bing.com/th/id/OIP.rBaoi6s30uBNeaRzUyyqIwHaHa?pid=ImgDet&rs=1>). Consulté le 28.12.2021).

# ***Annexes***

**Annexe 1 : Questionnaire de l'enquête****Questionnaire sur la préparation et la consommation d'El Gueddid (Viande salée et séchée)**Questionnaire N° : Date : **I. Identification de la personne enquêtée :**

<b>Age</b>	
<b>Adresse : Wilaya et commune</b>	
<b>Situation familiale</b>	
<b>Niveau d'instruction</b>	
<b>Fonction</b>	

**II. Informations sur d'El Gueddid :**

1. Connaissez-vous El Gueddid ?

Oui  Non 

2. Est-ce que vous avez d'autre appellation pour ce produit, si oui laquelle :

.....

3. Dans votre foyer, consommez-vous El Gueddid ?

Oui  Non 

4. Est-ce que vous le préparez dans votre ménage :

Oui  Non 

5. qui s'occupe de la préparation d'El Gueddid dans votre foyer, et quel est son âge ?

.....

6. Quand est-ce que vous préparez El Gueddid ?

.....

**III. Préparation d'El Gueddid :**

1. Quel type de viande utilisez-vous pour préparer El Gueddid :

.....

2. Quelle est la partie de la carcasse que vous utilisez :

.....

3. Pourquoi cette partie ?

- a- Absence du gras                      c- Absence d'os
- b- Présence du gras                    d- Présence d'os
- e- Autre réponse :

.....

4. Ingrédients et quantités utilisés dans la préparation d'El Gueddid

Citez svp les ingrédients entrant dans la préparation d'El Gueddid et les quantités approximatives :

Ingrédients			
Quantités			

5. Comment préparer vous la viande avant le salage ?

.....

6. Quel est le mode de salage que vous utilisez ?

- a- Salage à sec                      b- Saumurage

7. Est-ce que vous rajoutez des épices ?

Oui                       Non

Si oui lesquels : .....

8. Quelle est la durée de salage de la viande ?

9. quelle est la température du salage ?

- a- Température ambiante                      b- Au réfrigérateur

10. Séchage de la viande salée, quel est le mode de séchage de la viande :

- a- A l'ombre                      c- Ombre puis au soleil

b- Au soleil

d- Autre réponse :

.....

11. Comment choisissez-vous l'endroit de séchage de la viande :

a- Endroit propre et aéré

b- Autre réponse :

.....

12. Le séchage se fait :

a- Suspendre la viande

b- Mettre la viande dans un plateau

c- Autre réponse :

.....

13. Est-ce que vous récupérez la viande le soir et la réexposer au soleil le lendemain ?

Oui  Non

Pourquoi :.....

14. Quelle est la durée approximative de séchage de la viande ?

15. Comment appréciez-vous la fin de séchage de la viande ?

a- La viande devient dure et cassable

b- Changement de la couleur de la viande

d- Autre réponse :

.....

16. Quels sont les problèmes que vous rencontrez lors de séchage de la viande :

a- Développement de vers

b- Odeur putride ou couleur anormale

17. Comment réagissez-vous dans ces situations ?

.....

18. Conservation et conditionnement d'El Gueddidi :

Comment vous conditionnez El Gueddidi ?

a- Boîte en plastique c- Bocal en verre

b- sachet en plastique d- Tissus

e- Autre réponse :

.....

19. A quel température conservez-vous El Gueddidi?

a- Température ambiante c- Congélateur

b- Réfrigérateur

d- Autre réponse :

.....

20. Quelle est la durée de conservation d'El Gueddidi ?

.....

21. Quels sont les plats dans lesquels vous utilisez El Gueddidi ?

.....

22. Quels sont les occasions de consommation d'El Gueddid ?

.....

23. Combien de fois consommez-vous El Gueddid dans votre foyer ?

.....

24. Avant d'utiliser El Gueddid dans vos préparations culinaires, est ce que vous procédez à un dessalement ? Si oui comment ?

.....

25. Quand est-ce que vous commencez à utiliser El Gueddid dans vos préparations culinaires ?

.....

26. A votre avis, préférez-vous préparez El Gueddid à la maison ou l'acheter du commerce ?

Oui  Non

Pourquoi ?

.....

*Merci pour votre collaboration.*

## استطلاع حول تحضير واستهلاك القديد (اللحم المملح والمجفف بالطريقة التقليدية)

التاريخ: .....

رقم الاستطلاع: .....

القسم الأول: معلومات شخصية:

العمر:	
العنوان: الولاية والبلدية	
الحالة العائلية:	
المستوى الدراسي	
المهنة	

القسم الثاني: معلومات عن القديد: (اللحم المملح والمجفف):

1- هل تعرفون هذا النوع من الطعام؟

ب: لا. أ: نعم

2- هل تطلقون عليه اسم آخر؟ ما هو هذا الاسم:

.....

3- في بيتكم هل من عاداتكم الغذائية استهلاك القديد؟

ب: لا. أ: نعم

4- هل تقومون بتحضير القديد في بيتكم؟

ب- لا. أ- نعم

إذا كانت الإجابة نعم: من تقوم بتحضيره وكم تبلغ من العمر؟

.....

5- متى تقومون بتحضير القديد؟

.....

(مثلا: في عيد الأضحى).

القسم الثالث: طريقة تحضير القديد:

1- ما نوع اللحم الذي تستعملونه من أجل تحضير القديد؟

.....

2- ما هو الجزء من (الجزرة) الذي تستعملونه؟

.....

3- لماذا هذا الجزء بالذات أو ما هي مقاييس اختياركم له؟:

ب- لاحتوائه على الشحوم أ- لعدم احتوائه على الشحوم

د- لاحتوائه على العظم ج- لعدم احتوائه على العظم

هـ- لأسباب أخرى: اذكرها: .....

4- المكونات والمقادير المستعملة في تحضير القديد:

اذكري من فضلك المكونات كلها التي تستعملها في تحضير القديد ومنها المنكهات إذا استعملت:

المكونات	الكمية

5- اذكري باختصار كيف تقومين بتحضير اللحم قبل عملية التمليح:

.....

(مثلا: غسل اللحم وتقطيعه...إلخ).

6- اذكري من فضلك طريقتك المستعملة لتمليح اللحم:

أ: وضع الملح مباشرة على اللحم.

ب: وضع اللحم في الماء المملح.

ج: طريقة أخرى اذكرها إذا وجدت:

.....

7- هل تقومين بإضافة منكهات مع الملح أو تستعملين الملح فقط:

ب: لا. أ: نعم

إذا كانت الإجابة نعم أضيف منكهات: اذكرها:

.....

8- بعد التمليح: ما هي المدة التي تتركين فيها اللحم يتشرب الملح المدة بالتقريب:

.....

درجة الحرارة: أ- داخل الثلاجة.

ب- في درجة حرارة الغرفة.

9- عملية تجفيف اللحم المملح: هل تقومين بتجفيف اللحم في:

ب: بتعريضه للشمس. أ: الظل

د: إجابة أخرى: ج: في الظل ثم تعرضه للشمس.

.....

10- ما هو اختيارك لمكان تجفيف اللحم في بيتك؟

أ- مكان نظيف ومقابل للشمس.

ب- المكان الموجود في البيت.

ج- إجابة أخرى: .....

11- اذكري من فضلك كيف تقومين بتجفيف اللحم:

أ- بنشره على حبل.

ب- وضعه في صينية مقابل الهواء والشمس.

ج- إجابة أخرى: .....

12- هل تقومين باسترجاع اللحم في الليل وإعادة تعريضه للشمس والهواء في النهار؟

ب- لا. أ- نعم

لماذا: .....

13- ما هي مدة تجفيف اللحم بالتقريب؟

.....

14- تتأكدين أن اللحم جف تماما ويجب إيقاف التجفيف: كيف:

أ- عندما يصبح اللحم صلبا تماما.

ب- عندما يتغير لونه.

ج- إجابة أخرى: .....

15- ما هي المشاكل التي قد تواجهينها أثناء تجفيفك للحم:

أ- نمو ديدان أثناء التجفيف.

ب- ظهور رائحة ولون غير عاديين.

16- كيف تقومين بمعالجة هذه المشاكل إن وجدت

.....

17- حفظ وتخزين القديد: بعد الحصول على القديد كيف تقومين بتخزينه؟

أ- بوضعه في علبة بلاستيكية.

ب- في علبة من زجاج.

ج- في كيس بلاستيكي.

د- قماش.

هـ- إجابة أخرى: .....

18- أين تضعين القديد من أجل تخزينه؟

أ- في درجة حرارة المطبخ.

ب- في الثلاجة.

ج- في المجمد.

د- إجابة أخرى: .....

19- كم يمكن حفظ القديد في بيتك (المدة):

.....

20- ما هي الأكلات التي تستعملين فيها القديد:

.....  
21- ما هي الفصول والمناسبات التي تحضرين فيها هذه الأطباق مع القديد؟  
.....

22- ما هي عدد المرات التي تأكلون فيها القديد في بيتك؟ .....

23- قبل استعمال القديد في الطبخ هل تقومين بإزالة الملح الزائد:

ب- لا. أ- نعم

إذا كانت الإجابة نعم: كيف تقومين بذلك؟  
.....

24-متي تبدؤون في استعمال القديد في الطبخ؟  
.....

25- في رأيك: هل تفضلين تحضير القديد بنفسك في البيت أم اقتناؤه من السوق:

ب- لا. أ- نعم

لماذا: .....

.....

شكرا لتعاونكم معنا.

**Annexe 2 : Solutions et réactifs utilisés****1. Tampon d'extraction (Rigor buffer) pH=8. Pour préparer 200 ml**

Produits	Masse Molaire (g/mol)	Concentration (M)	Quantité (g)
Tris-HCL	121,44	0,05	1,21
Urée (CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O)	60,06	6	72,07
Thiourée (CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> S)	76,11	1	15,22

**2. Tampon de dénaturation. Pour préparer un volume de 10 ml**

Produits	Quantité
Tris-HCL (0,5 M) pH =6,8	1,76 ml
Glycerol (50%) V/V	2 ml
DTT (0,2 M)	310 mg
SDS (10%) P/V	2 ml
Eau MilliQ	4,24 ml
Bleu de bromophénol 0,05 %	

**3. Tampon de migration pour Glycine SDS-PAGE pH 8.8 à 8,9. (Protogel 5 fois concentré). Pour préparer un volume de 500 ml**

Produits	Masse Molaire (g/mol)	Concentration (M)	Quantité (g)
Tris	121,14	0,25	15,14
Glycine	75,07	1,92	72,07
SDS	76,11	0,5 %	2,5
Eau MilliQ	400 ml		

#### 4. Préparation des gels. Quantités suffisantes pour un volume total de 24 ml (suffisant pour 2 gels, 1,5 mm d'épaisseur)

Produits	Protogel 37.5 : 1 acrylamide/bis-acrylamide				
	8%	10%	12%	15%	Stacking gel (3%)
Protogel (30%)	6,4	8 ml	9,6 ml	12 ml	0,6 ml
3M Tris, pH 9,3 + 0,4% SDS	6,0	6,0	6,0	6,0	1,5 ml (1,5 M Tris, pH 6,8, 0,4% SDS)
H <sub>2</sub> O	6,5	4,9	3,3	0,9	2,6 ml
50% Glycerol	4,8	4,8	4,8	4,8	1,2 ml
10 % (100mg/ml) persulfate d'ammonium (APS)	240 µl	240 µl	240 µl	240 µl	60 µl
TEMED	24 µl	24 µl	24 µl	24 µl	6 µl

#### 5. Solution de fixation

Produits	Pourcentage
Ethanol	30%
Acide acétique	10%

#### 6. Solution de sensibilisation

Pour préparer un volume de 100 ml (Pour un gel) :

Produits	Masse Molaire (g/mol)	Concentration (M)	Quantité
Thiosulfate de Sodium	158,10	8 mM	0,125 g
Acétate de Sodium	136,08	0,5 M	6,80 g
Eau MilliQ		70 ml	
Ethanol		30 ml	

#### Préparation de la solution de sensibilisation :

Mettre dans une éprouvette le mélange suivant : 70 ml d'eau MilliQ + 30 ml d'éthanol. Verser le mélange dans un bécher et ajouter : 6,08 g d'acétate de sodium (0,5 M) et 0,125 g de thiosulfate de sodium (0,8 mM). Mettre un barreau magnétique et faire dissoudre sous agitation.

**7. Solution de Nitrate d'argent**

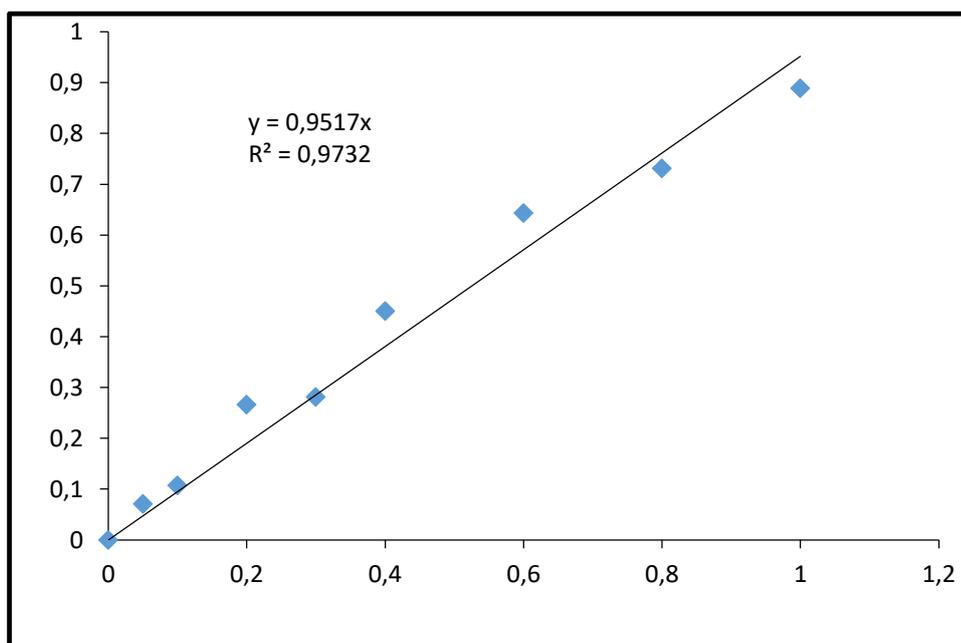
Pour préparer un volume de 100 ml (Pour un gel) :

Produits	Quantité
Nitrate d'argent (20%)	1 ml
Eau MilliQ	99 l

**8. Solution de développement**

Pour préparer un volume de 250 ml (Pour un gel) :

Produits	Masse Molaire (g/mol)	Concentration	Quantité
Carbonate de sodium	230	230 mM	6,095
Formaldehyde		37%	25 $\mu$ l

**Annexe 3 : Courbe d'étalonnage du dosage des protéiques myofibrillaires**

**Annexe 4 : Préparation des solutions pour la spectrométrie de masse**

- **Préparation de la solution de bicarbonate d'ammonium (pH= 8,0). Pour un volume V= 10 ml :**

Produits	Masse Molaire (g/mol)	Concentration	Quantité
Bicarbonate d'ammonium	79,06	50 mM	39,53 mg

- **Préparation de la solution 50 % ACN/ 50% H<sub>2</sub>O avec 0,1 % TFA. Pour un volume V= 10 ml :**

Dans un tube plastique, mettre : 5 ml d'ACN + 4,9 ml H<sub>2</sub>O + 0,1 ml TFA (acide trifluoroacétique).

Le TFA est déjà préparé à 10% dans l'eau.



## ملخص

القديد هو منتج تقليدي يستهلكه الجزائريون على نطاق واسع ويثمنه الجزائريون كثيرا، ويتم الحصول عليه من شرائح لحوم الأغنام ولحم البقر والماعز ولحم الإبل، المملح ثم المجفف. يمكن الاحتفاظ بهذا المنتج لعدة أشهر في درجة حرارة الغرفة واستخدامه في إعداد العديد من الأطباق. أهدافنا هي دراسة وتوصيف الجيد والدراسة التقليدية لهذا المنتج. ويستند نهجنا على التحقيق والتحليلات التجريبية وقد أجريت أعمال المسح بين 307 أسرة منتشرة في مناطق شمال شرق الجزائر وجنوب الجزائر. وكشفت الدراسة التي أجريت وجود هذا المنتج في عادات الأكل لدينا. ويمكن أيضا وضع الرسم البياني للإعداد الحرفي للقديد.

نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية (النشاط المائي=0.72±0.03 ومحتوى المياه =16.76±1.15%)  
وعليه تم تصنيف القديد كمنتج غذائي ذو رطوبة وسطية مع درجة الحموضة المقدرة بـ 5.73. يحتوي القديد الجاهز للاستهلاك (شهر واحد من التحضير) على محتوى بروتيني يبلغ  $37.30 \pm 0.13\%$ ، ومحتوى الدهون  $44.63 \pm 0.42\%$ . وقد انخفضت قيمها، بعد عام من التخزين. محتوى الملح يقدر بـ  $12.86 \pm 1.18\%$ .

ان تحلل البروتينات عن طريق التحليل الكهربائي إلى جانب قياس الطيف الكتلي LC-MS/MS تميز خاصة بتحليل الميوزين على وجه الخصوص كما تنخفض كثافة الأكتين طوال عملية التحضير بالنسبة لحمض الأوليك، فإن محتواه في القديد المصنع منذ شهر والمصنع منذ سنة هو على التوالي 43.6% و44.0% من إجمالي الأحماض الدهنية. بالنسبة لحمض لينولييك تقدر قيمته بـ 3.9% في القديد المصنع حديثا (شهر)، أما قيمته في القديد بعد عام من التخزين هي 1.5% من إجمالي الأحماض الدهنية. ولقد أرجعنا هذا الانخفاض في قيمة هذا الحمض الدهني إلى الأكسدة الحاصلة في الدهون جراء التجفيف تحت أشعة الشمس. إن طريقة التجفيف المستخدمة في صناعة القديد أدت إلى أكسدة عالية للدهون. والذي دل عليه المستويات العالية لكل من مؤشر البروكسيد البيروكسيد والحموضة (2.11% من حمض الأوليك).  
من حيث الجودة الميكروبيولوجية للقديد، هناك غياب لبكتيريا الكوليفورم بعد بضعة أيام من التصنيع. غياب تام لبكتيريا العفن والسالمونيلا طوال عملية إنتاج القديد. من ناحية أخرى، لاحظنا أن غالبية البكتيريا الموجودة في القديد هي الخمائر اللبنية وبكتيريا المكورات العنقودية.

*الكلمات الدالة:* منتجات اللحوم التقليدية، القديد، التملح، التجفيف، التحقيق الميداني.

## **Abstract**

El Gueddid is a traditional product widely consumed and highly appreciated by Algerians, obtained from strips of meat, sheep, beef, goat and camel meat, salted and then dried. This product can be kept for several months at room temperature and used in the preparation of many dishes. Our objectives are to study and characterize El Gueddid and the traditional know-how of this product. Our approach is based on investigation and experimental analyses. The survey work was carried out among 307 families spread over the regions of north-eastern of Algeria and southern Algeria. The survey conducted revealed the presence of this product in our eating habits. The diagram of artisanal preparation of El Gueddid could be established. From the physico-chemical point of view, the  $A_w$  of El Gueddid ( $0.72 \pm 0.03$ ) and its water content ( $16.76 \pm 1.15\%$ ) made it possible to classify this food, in the category of products, with intermediate humidity, with an estimated pH of 5.73. El Gueddid ready to consume (one month of preparation) has a protein content of  $37.30 \pm 0.13\%$ , and fat content of  $44.63 \pm 0.42\%$ . Its values have decreased, after a year of storage. The NaCl content is  $12.86 \pm 1.18\%$ . Proteolysis in El Gueddid is marked, in particular, by hydrolysis of myosin. The intensity of actin also decreases throughout the preparation process. These results were established by electrophoresis coupled with *LC-MS/MS* mass spectrometry. For the fatty acid profile of El Gueddid, our results show that its palmitic acid content, at one month of preparation is 24.7% of total fatty acids. For oleic acid, the content of this product, ready to consume is 43.6%. The content of linoleic acid is estimated at 3.9% in El Gueddid ready for consumption and 1.5%, after a year of storage. This decrease is determined, by a loss of linoleic acid, by oxidation. The treatment used, namely solar drying, during the preparation of El Gueddid induces a strong oxidation of lipids, also in view of the high values of the peroxide value (45.75 meq of  $O_2$  / kg) and the free acidity (2.11% of oleic acid).

Qualitatively and microbiologically, there is a total absence of mold and salmonella during the entire preparation process of El Gueddid. On the other hand, a predominance of lactic acid bacteria, yeasts and *Staphylococcus aureus* is observed. With regard to coliforms, a low microbial load is recorded, in fresh meat these bacteria are eliminated, after a few days of preparation.

**Keywords:** Traditional meat products, El Gueddid, salting, drying, survey.

## Résumé

El Gueddid est un produit traditionnel largement consommé et très apprécié par les Algériens, obtenu à partir de lanières de viandes, ovine, bovine, caprine et de viande de dromadaire, salées puis séchées. Ce produit, peut se conserver plusieurs mois à température ambiante et entrer dans la préparation de nombreux plats. Nos objectifs consistent à étudier et à caractériser El Gueddid et le savoir-faire traditionnel de ce produit. Notre démarche repose sur une enquête et des analyses expérimentales. Le travail d'enquête a été réalisé, auprès de 307 familles réparties sur les régions, du Nord-est algérien et du Sud algérien. L'enquête menée a révélé la présence de ce produit dans nos habitudes alimentaires. Le diagramme de préparation artisanal d'El Gueddid aussi, a pu être établi. Du point de vue physico-chimique, l'Aw d'El Gueddid ( $0,72 \pm 0,03$ ) et sa teneur en eau ( $16,76 \pm 1,15\%$ ) ont permis de classer cet aliment, dans la catégorie des produits, à humidité intermédiaire, avec un pH estimé à 5,73.

El Gueddid prêt à consommer (d'un mois de préparation) a une teneur en protéines de  $37,30 \pm 0,13\%$ , et en lipides de  $44,63 \pm 0,42\%$ . Ses valeurs ont diminué, après un an de stockage. La teneur en NaCl est de  $12,86 \pm 1,18\%$ . La protéolyse dans El Gueddid est marquée, particulièrement, par une hydrolyse de la myosine. L'intensité de l'actine diminue aussi, durant tout le processus de préparation. Ces résultats ont été établis, par électrophorèse couplée d'une spectrométrie de masse *LC-MS/MS*. Pour le profil en acides gras d'El Gueddid, nos résultats montrent que sa teneur en acide palmitique, à un mois de préparation est de 24,7% des acides gras totaux. Pour l'acide oléique, la teneur de ce produit, prêt à consommer est de 43,6%. La teneur de l'acide linoléique est évaluée à 3,9% dans El Gueddid prêt à la consommation et de 1,5%, après un an de stockage. Cette diminution est déterminée, par une perte de l'acide linoléique, par oxydation. Le traitement utilisé, à savoir le séchage solaire, lors de la préparation d'El Gueddid induit une forte oxydation des lipides, au vue aussi, des valeurs élevées de l'indice de peroxyde ( $45,75$  méq d' $O_2$ /kg) et de l'acidité libre (2,11% d'acide oléique). Sur les plans qualitatif et microbiologique, on note une absence totale de moisissures et de salmonelles, durant tout le processus de préparation d'El Gueddid. En revanche, une prédominance des bactéries lactiques, des levures et de *Staphylococcus aureus* est observée. En ce qui concerne les coliformes, une charge microbienne faible est consignée, dans la viande fraîche, ces bactéries sont éliminées, après quelques jours de préparation.

**Mots clés :** Produits carnés traditionnels, El Gueddid, salage, séchage, enquête.