

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITÉ FRÈRES MENTOURI CONSTANTINE 1

**INSTITUT DE LA NUTRITION, DE L'ALIMENTATION
ET DES TECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES
I.N.A.T.A.A.**



N° d'ordre : 68 / DS / 2022

N° de série : 69 / DS / 2022

**Thèse de Doctorat en Sciences
Spécialité : Sciences alimentaires**

Présentée par :

Hanane SMILI

**Dromadaire algérien : situation de la filière et
caractéristiques de la qualité de la viande**

Soutenue le : 13 / 07 / 2022

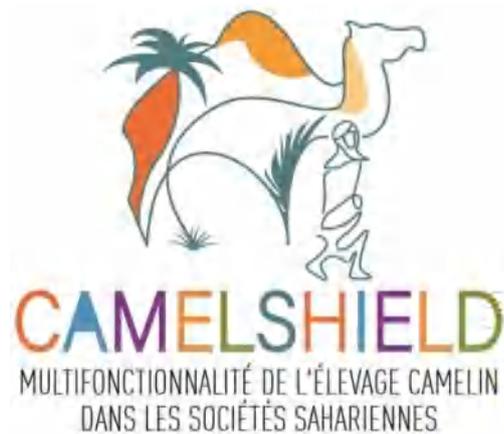
Devant le Jury composé de :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation
Président :	BOUDJELLAL Abdelghani	Prof.	I.N.A.T.A.A. – U.F.M. Constantine 1
Rapporteur :	BECILA-HIOUAL Samira	Prof.	I.N.A.T.A.A. – U.F.M. Constantine 1
Examineurs:	BISSATI-BOUAFIA Samia	Prof.	Université Kasdi Merbah Ouargla
	BARKAT Malika	Prof.	I.N.A.T.A.A. – U.F.M. Constantine 1
	SENOUSSI Hakim	Prof.	Université Kasdi Merbah Ouargla
	SENTANDREU Miguel Ángel	Dr.	Institut d'Agrochimie et Technologie des Aliments de Valencia (CSIC), Espagne

Année universitaire 2021/2022

La présente **Thèse de Doctorat** est inscrite
dans le projet de partenariat International intitulé :

***Camel breeding systems: actors in the sustainable economic
development of the northern Sahara territories through innovative
strategies for natural resource management and marketing.***



Entrant dans le cadre du programme **PRIMA**



A la mémoire de mes grands-parents

A mes parents, ma sœur et mes frères

À Hossem

Remerciements

Cette thèse est le fruit de travaux réalisés, à travers des collaborations entre plusieurs institutions à savoir : le laboratoire BIOQUAL de l'INATAA, université Frères Mentouri Constantine 1, le laboratoire des Bioressources Sahariennes Préservation et Valorisation, des laboratoires pédagogiques de la faculté de Médecine et de Biologie de l'université Kasdi Merbah Ouargla et le laboratoire de production animale de l'université de Foggia. Elle est aussi l'aboutissement, suite au financement du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, dans le cadre du Programme National Exceptionnel 2018-2019.

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres du jury, pour avoir pris le temps d'évaluer et d'aider à l'amélioration de ce rapport de thèse :

Monsieur Pr. BOUDJELLAL Abdelghani, qui me fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance.

Mesdames Pr. BISSATI-BOUAFIA Samia et Pr. BARKAT Malika et Mon sieurs Pr. SENOUSSE Hakim et Dr. SENTANDREU Miguel Ángel, votre présence pour examiner et juger la thèse est un honneur.

Merci à Pr. BECILA-HIOUAL Samira, ma directrice de thèse, pour vos précieux conseils vos orientations et votre présence tout au long de ces années de thèse et de formation. Merci de m'avoir guidée avec bienveillance et initiée à la recherche, dans le domaine des viandes, la confiance que vous m'avez accordée est l'une des plus rares.

Mes remerciements particuliers à Pr. ADAMO A., de m'avoir accompagnée tout le long de ces années de formation.

Merci à Pr. Rosaria MARINO pour votre accueil, au sein de l'équipe de production animale, à l'université de Foggia, ainsi que vos conseils et votre soutien pour la finalisation de la thèse.

J'exprime également ma reconnaissance aux chercheurs et collègues de l'université de Foggia, Italie, pour votre accueil et la transmission de vos compétences. Je pense notamment au directeur du laboratoire Pr. Sevi A. et Pr Albenzio M., Pr Santillo A., Dr. D'angelo F. Mes remerciements les plus distingués s'adressent à Antonella della Malva et Martina Di Corsa, votre présence et votre aide au laboratoire ont été précieuses. Merci également à l'ensemble des doctorants et des post-doctorants que j'ai rencontrés là-bas :

Maria Giovanna Cheliberti, Lucia Filiogla, Francesco Ciampi et Sadaallah Raouf pour leur sympathie.

Merci à tous les agents techniques de l'abattoir communal de Ouargla, à leur tête monsieur l'inspecteur vétérinaire Khamra El Boti et Baissa Babelhadj.

Je remercie les membres de l'équipe Maquav de l'I.N.A.T.A.A, ainsi qu'à RADJEB Ayed de m'avoir aidée à mener à bien l'échantillonnage et à M^{lle} CHAKOU Sabrinelle, pour l'organisation des évaluations sensorielles, votre soutien a été précieux.

A mes chers parents, vous avez tant sacrifié pour la réussite de mes études, nul remerciement ne saura exprimer la grâce de votre présence et de votre soutien. A mes frères Farid et Ryan et ma sœur Sonia, qui étaient toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, Merci.

A mon cher mari Hossem SAHRAOUI, tout le long de ces années de combat tu as su me transmettre de la force et de la positivité pour persévérer, merci pour ta bonté et ton authenticité.

Merci à mes grands-parents, mes oncles, mes tantes et ma belle-famille pour vos encouragements.

Merci à madame Fatiha, à Chahra, Hayette et Nadjette de m'avoir ouvert les portes de votre demeure, pour la finalisation de ce travail.

Merci à tout ceux et celles qui ont contribué, encouragé ou aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

« Je remercie Allah de m'avoir fait traverser les déserts dans tous leurs sens et contre-sens mais toujours dans le bon sens » Youcef AKAM -Regard nomade-.

Table des matières

Table des matières

Liste des publications et des communications

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 3

Préambule 3

Chapitre I. Dromadaire dans le monde et en Algérie 4

I.1. Histoire et taxonomie 4

I.2. Répartition géographique 6

I.2.1. Dans le monde 6

I.2.2. En Algérie..... 6

I.3. Races camelines algériennes 7

I.4. Importance socio-économique du dromadaire 9

I.5. Production de la viande cameline 10

I.5.1. Dans le monde 10

I.5.2. En Algérie..... 11

I.6. Structure de la filière viande de dromadaire..... 12

I.6.1. Élevage (production) des animaux 13

I.6.2. Abattage..... 14

I.6.3. Distribution et commercialisation 14

I.6.4. Consommation..... 15

Chapitre II. Propriétés du muscle et sa transformation en viande..... 16

II.1. Présentation générale du muscle strié squelettique 16

II.2. Principales protéines du muscle strié squelettique 18

II.2.1. Protéines myofibrillaires 18

II.2.2. Protéines sarcoplasmiques 19

II.2.3. Protéines de la matrice extracellulaire..... 19

II.3. Transformation du muscle en viande..... 19

II.4. Facteurs influençant la transformation du muscle en viande 21

II.5. Relation entre propriétés du muscle et qualité sensorielle de la viande 21

III. Chapitre III. Qualité de la viande de dromadaire..... 24

III.1. Qualité nutritionnelle..... 24

III.2. Qualité organoleptique 27

III.3. Qualité technologique..... 28

MATÉRIELS ET MÉTHODES..... 31

Préambule 31

I. Démarche méthodologique de la partie enquête..... 32

I.1.	Collecte de données	33
I.2.	Présentation de la région de l'étude.....	33
I.3.	Élaboration des questionnaires	34
I.4.	Échantillonnage et déroulement des enquêtes	35
I.5.	Analyse statistique des données de l'enquête.....	36
II. Démarche méthodologique de la partie caractérisation de la qualité de la viande		
37		
II.1.	Matériel biologique	38
II.2.	Présentation de la population et des animaux étudiés	38
II.3.	Prélèvement et préparation des muscles.....	39
II.4.	Mesures des paramètres physico-chimiques, biochimiques et sensoriels	40
II.4.1.	Température.....	40
II.4.2.	Mesure du pH	41
II.4.3.	Paramètres déterminant la jutosité de la viande	41
II.4.4.	Paramètres déterminant la dureté de la viande	43
II.4.5.	Mesure de la couleur.....	54
II.4.6.	Appréciation sensorielle de la qualité de la viande	55
II.5.	Analyses statistiques.....	55
II.5.1.	Analyse descriptive des paramètres suivis en cinétique.....	55
II.5.2.	Analyse de variance à deux facteurs (effets âge et temps <i>post mortem</i>)	56
II.5.3.	Analyse des corrélations.....	57
II.5.4.	Analyse en composantes principales	57
RÉSULTATS ET DISCUSSIONS		58
Préambule		58
I. Caractérisation de la filière viande cameline dans la région de Ouargla.....		
59		
I.1.	Segment de l'élevage.....	59
I.1.1.	Situation socio-économique des éleveurs.....	59
I.1.2.	Conduite du cheptel	60
I.2.	Segment de l'abattage.....	66
I.2.1.	Présentation de l'abattoir	66
I.2.2.	Processus de production de la viande cameline.....	66
I.2.3.	Taux d'abattage dans l'abattoir de Ouargla	68
I.3.	Segment de la commercialisation	69
I.3.1.	Activités socio-professionnelles des bouchers	69
I.3.2.	Pratiques de commercialisation de la viande cameline	71
I.4.	Segment de la consommation	76
I.4.1.	Types de viandes consommées, quantités et critères d'achat de la viande cameline	77
I.4.2.	Modes de consommation de la viande cameline	80
I.5.	Contraintes pesant sur la filière viande cameline	81
I.5.1.	Segment de l'élevage.....	81
I.5.2.	Segment de l'abattage.....	82
I.5.3.	Segment de la commercialisation	83
I.5.4.	Segment de la consommation	83

I.6.	Quelques stratégies pour promouvoir la filière viande cameline	83
II.	Caractérisation de la qualité de la viande de dromadaire.....	85
II.1.	Cinétiques d'évolution de la température et du pH au cours de la maturation....	85
II.2.	Paramètres déterminant la jutosité de la viande	88
II.2.1.	Capacité de rétention d'eau	88
II.2.2.	Perte de poids à la réfrigération.....	89
II.2.3.	Pertes de poids à la cuisson	90
II.3.	Paramètres déterminant la dureté de la viande	90
II.3.1.	Teneur en collagène.....	90
II.3.2.	Indice de fragmentation myofibrillaire (MFI).....	91
II.3.3.	Estimation de la protéolyse des protéines myofibrillaires.....	93
II.3.4.	Estimation de la protéolyse des protéines sarcoplasmiques	97
II.3.5.	Mise en évidence de la dégradation de l'actine.....	100
II.3.6.	Mise en évidence de la dégradation de la troponine T	103
II.3.7.	Dureté de la viande par Warner-Bratzler.....	106
II.4.	Couleur de la viande	107
II.5.	Qualité sensorielle de la viande	108
III.	Biomarqueurs de la qualité de la viande de dromadaire.....	110
	Conclusion et perspectives	114
	Références bibliographiques.....	117
	Productions scientifiques	
	Annexes	
	Résumé	

Liste des publications et des communications

Liste des publications et des communications

1. Publications scientifiques

- **Smili H.**, Becila S., della Malva A., Redjeb A., Albenzio M., Sevi A., Santillo A., Babelhadj B., Adamou A., Boudjellal A., Marino R., 2022, *Post mortem* Muscle Protein Changes as a Tool for Monitoring Sahraoui Dromedary Meat Quality Characteristics, *Foods* 2022, Volume 11, Issue 5, 732, <https://doi.org/10.3390/foods11050732>.

- **Smili H.**, Becila S., Boudida Y., Babelhadj B., Idder M., Chehma A., Adamou A., Boudjellal A., Sentandreu M. A., Ouali A. (2022). Early *postmortem* degradation of actin muscle protein in Algerian Sahraoui dromedaries, *Food Science and Technology International*, <https://doi.org/10.1177/10820132221097879>.

- Becila S., Boudida Y., Gagaoua M., Hafid K., Boudchicha H., **Smili H.**, Belachehabe R., Herrera-Mendez C.H., Sentandreu M.A., Labas R., Astruc T., Boudjellal A., Picard B. and Ouali A., (2017), Cells Shrinkage and Phosphatidylserine Externalization in *Post mortem* Muscle by Fluorescence Microscopy, In: A.Y. Oral and Z.B. Bahsi Oral (eds.), 3rd International Multidisciplinary Microscopy and Microanalysis Congress (InterM), Springer Proceedings in Physics 186, 53-63, DOI 10.1007/978-3-319-46601-9_7.

- Benaissa A., Babelhadj B., Bayoussef Z., **Smili H.**, Becila S., Ould el hadj-Khellil A., The electrophoretic profile myofibrillar proteins extracted from camel muscles, kept in various modes, 2017, *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, Vol-2, Issu-2, 553-557.

2. Communications scientifiques

2.1. Communications orales

- **Smili H.**, Becila S., Adamou A., Boudjellal A., Marino R. (2021), An overview about dromedary meat quality characteristics, Magistral conference at the Final Meeting of the CARAVAN Project, Online, June 9-10th 2021.

- **Smili H.**, Becila S., Ayad R., Chakou F. Z., Albenzio M., Caroprese M., Santillo A., Sevi A., Babelhadj B., Adamou A., Boudjellal A., Marino R. (2019), Dromedary meat

properties: case of Algerian Sahraoui dromedary, Italian Journal of Animal Science volume 18 (1), 64-65. 23rd ASPA congress, June 11–14, Sorrento, Italy.

2.2. Communications affichées

- **Smili H.**, Becila S., Ayad R., della Malva A., Albenzio M., Sevi A., Adamou A. Boudjellal A., Marino R. (2019), Sensory properties of Sahraoui dromedary meat and relationship with quality traits, myofibrillar and sarcoplasmic proteins, 65th International Congress on Meat Science and Technology, 4-9 August, Berlin, Germany.

- **Smili H.**, Becila S., Babelhadj B., Adamou A. et Boudjellal A. (2018), potentialités du dromadaire en matière de production carnée, 4^e MGI BR Workshop international, les parties prenantes du secteur du dromadaire : caractéristiques, points critiques et potentialités, Université de Tlemcen, Algérie.

- **Smili H.**, Chakou F. Z., Becila S., Babelhadj B., Adamou A., Boudjellal A., (2018), quelques caractéristiques de la viande du dromadaire Sahraoui, 4^e MGI BR Workshop international, les parties prenantes du secteur du dromadaire : caractéristiques, points critiques et potentialités, Université de Tlemcen, Algérie.

- **Smili H.**, Becila S., Babelhadj B., Gagaoua M., Boudida Y., Ider M., Adamou A., Boudjellal A., Ouali A., (2016), Actin degradation in camel meat during the first hour of tenderisation according to animal age, 5^e *Workshop sur l'agriculture Saharienne, situation de l'élevage camelin en Algérie : entre passé et avenir*, Ouargla, Algérie.

- Benaïssa A., Ould el hadj-Khellil A., Adamou A., Babelhadj B., Mehiriq M., Boufaghes B., **Smili H.**, Becila S., (2015), Le profil protéique du muscle *Semitendinosus* du dromadaire, conservé par réfrigération au cours de la maturation, 7^e Séminaire International de Médecine Vétérinaire : Santé animale et sécurité alimentaire, Université Constantine 1, Algérie.

- **Smili H.**, Becila S., Gagaoua M., Boudida Y., Ider M., Babelhadj B., Adamou A., Boudjellal A., Ouali A., (2015), Characterization of *Longissimus lumborum* muscle of an Algerian camel: the case of Sahraoui population, 7^e Séminaire International de Médecine Vétérinaire : Santé animale et sécurité alimentaire, Université Constantine 1, Algérie.

Liste des abréviations

ATP: Adénosine Tri Phosphate

DSA : Direction des Services Agricoles

DTT: Dithiothréitol

EDTA: Acide Ethylène Diamine Tétracétique

F.A.O: Food and Agriculture Organisation

ISO : International Organization for Standardization

kDa: Kilo Dalton

M.A.D.R : Ministère d'Agriculture et Développement Rural

M: molaire

ml: millilitre

°C: degré Celsius

pH: Potentiel d'Hydrogène

Rf : Rapport frontal

SDS-PAGE : Sodium Dodécyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis

Liste des figures

Figure 1. Carte de migration de la famille historique des camélidés....	4
Figure 2. Systématique et distribution des camélidés.....	5
Figure 3. Évolution des effectifs camelins en Algérie de 1999 à 2019.....	6
Figure 4. Principales populations de dromadaires en Algérie	8
Figure 5. Production de la viande cameline dans le monde....	10
Figure 6. Quantités de viandes rouges produites au cours des vingt dernières années en Algérie	11
Figure 7. Évolution de la production de viande de dromadaire en Algérie (2000 – 2019)..	12
Figure 8. Structure du muscle strié squelettique.....	16
Figure 9. Représentation schématique du sarcomère	17
Figure 10. Phases de transformation du muscle en viande.....	19
Figure 11. Contribution des caractéristiques musculaires à la qualité sensorielle de la viande (couleur, jutosité, tendreté et flaveur).....	21
Figure 12. Démarche méthodologique pour l'étude de la situation de la filière viande cameline.....	32
Figure 13. Situation géographique de la zone de l'étude.....	33
Figure 14. Démarche méthodologique choisie pour la caractérisation de la qualité de la viande de dromadaire.....	37
Figure 15. Dromadaire de la population Sahraoui.....	38
Figure 16. Échantillon de la dernière vertèbre lombaire utilisée pour le prélèvement du muscle <i>Longissimus lumborum</i>	39
Figure 17. Mesure de la capacité de rétention d'eau par pression.....	42
Figure 18. Etapes de l'estimation de la protéolyse <i>post mortem</i>	45
Figure 19. Extraction des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques	47
Figure 20. Schéma illustrant l'électrotransfert des protéines.....	50
Figure 21. Appareil d'électrotransfert utilisé pour le Western Blot révélant l'actine.....	51
Figure 22. Principe de la révélation par chimiluminescence.....	52
Figure 23. Instrument d'acquisition d'images Chemi Doc EQ, BioRad.	54
Figure 24. Nombre d'années d'expérience dans l'élevage camelin des éleveurs enquêtés.	59
Figure 25. Espèces animales élevées par les éleveurs enquêtés.	60

Figure 26. Évolution des cheptels camelin, caprin, ovin et bovin dans la région de l'étude de 2010 à 2015.....	61
Figure 27. Évolution des effectifs camelins à Ouargla de 2010 à 2016	61
Figure 28. Principales populations élevées à Ouargla.	62
Figure 29. Raisons de réforme des dromadaires.....	63
Figure 30. Produits de supplémentation alimentaire utilisés par les éleveurs.	64
Figure 31. Types d'aides ou d'actions jugées nécessaires pour le développement de l'élevage.	65
Figure 32. Etapes de préparation des carcasses camelines.	67
Figure 33. Taux de la viande cameline produit par rapport aux autres viandes rouges pour l'année 2015 à Ouargla.....	69
Figure 34. Niveau d'instruction des bouchers enquêtés.	69
Figure 35. Nombre d'années d'expérience professionnelle en boucherie.....	70
Figure 36. Taux de vente des différentes espèces bouchères dans les boucheries enquêtées.	71
Figure 37. Critères d'achat des dromadaires vivants.	72
Figure 38. Quantité de viande de dromadaire vendue par jour.	73
Figure 39. Clientèle des bouchers enquêtés.....	73
Figure 40. Les parties de la carcasse cameline les plus demandées.	74
Figure 41. Critères de qualité de la viande de dromadaire.	74
Figure 42. Facteurs limitant la consommation de la viande cameline.....	75
Figure 43. Types de transformation de la viande cameline.	75
Figure 44. Facteurs limitant le développement de la transformation de la viande cameline.	76
Figure 45. Types de viandes consommées.	77
Figure 46. Différences entre la viande cameline et les autres viandes rouges.	77
Figure 47. Motivations de l'achat de la viande cameline.....	78
Figure 48. Critères d'achat de la viande cameline.	78
Figure 49. Types de viandes consommées durant les périodes festives ou exceptionnelles.	79
Figure 50. Fréquence d'achat de la viande cameline.	79
Figure 51. Parties les plus fréquemment achetées.	80
Figure 52. Modes cuisson de la viande cameline.	81

Figure 53. Facteurs pouvant augmenter la consommation de la viande cameline.....	81
Figure 54. Evolution de la température du muscle <i>Longissimus lumborum</i> des dromadaires Sahraouis, au cours du temps <i>post mortem</i> , en fonction de l'âge à l'abattage.	85
Figure 55. Évolution du pH du muscle <i>Longissimus lumborum</i> des dromadaires Sahraouis, au cours du temps <i>post mortem</i> et en fonction de l'âge à l'abattage.	86
Figure 56. Capacité de rétention d'eau du muscle au cours du temps <i>post mortem</i> , selon l'âge à l'abattage.....	88
Figure 57. Pertes à la réfrigération chez les dromadaires jeunes et adultes au cours du temps <i>post mortem</i>	89
Figure 58. Teneur en collagène total du muscle <i>Longissimus lumborum</i> de dromadaires jeunes et adultes à 6, 12, 24, 48 et 72 h <i>post mortem</i>	90
Figure 59. Indice de fragmentation myofibrillaire du muscle <i>Longissimus lumborum</i> de dromadaires jeunes et adultes à 6, 8, 10, 12, 24, 48 et 72h <i>post mortem</i>	92
Figure 60. SDS-PAGE (8-18%) représentatif des protéines myofibrillaires du muscle <i>Longissimus lumborum</i> des dromadaires jeunes et adultes après 6, 8, 10, 12, 24, 48 et 72 h <i>post mortem</i>	93
Figure 61. Pourcentage (%) des principales protéines myofibrillaires du muscle <i>Longissimus lumborum</i> des dromadaires jeunes et adultes à 6, 8, 10, 12, 24, 48, et 72h <i>post mortem</i>	95
Figure 62. SDS-PAGE (8-18 %) représentatif d'extrait de protéines sarcoplasmiques du muscle <i>Longissimus Lumborum</i> après 6, 8, 10, 12, 24, 48 et 72 h <i>post mortem</i> , chez les dromadaires jeunes et adultes.	97
Figure 63. Pourcentage (%) des principales protéines sarcoplasmiques du muscle <i>Longissimus lumborum</i> des dromadaires jeunes et adultes à 6, 8, 10, 12, 24, 48 et 72h <i>post mortem</i>	98
Figure 64. Protéolyse de l'actine dans le muscle <i>Longissimus lumborum</i> de dromadaires Sahraouis jeunes et adultes, au cours du temps <i>post mortem</i>	101
Figure 65. Western Blot représentatif de la troponine-T du muscle <i>Longissimus lumborum</i> des dromadaires jeunes et adultes après 6, 8 10, 12, 24, 48 et 72 heures <i>post mortem</i>	104
Figure 66. Analyse en composantes principales du pH, MFI, WHC et de l'intensité relative des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques.	112

Liste des tableaux

Tableau 1. Composition en acides aminés du muscle <i>Longissimus thoracis</i> de dromadaire comparée à d'autres espèces (mg/100 g de muscle).....	25
Tableau 2. Contenance en vitamines de la viande de différentes espèces.....	26
Tableau 3. Qualité sensorielle de la viande de dromadaire et les facteurs de variation étudiés.....	27
Tableau 4. Atributs de la qualité technologique de la viande de dromadaire.....	30
Tableau 5. Pertes à la cuisson du muscle <i>Longissimus lumborum</i> de dromadaire Sahraoui en fonction de l'âge d'abattage.....	90
Tableau 6. Résultats quantifiés de l'actine et de ses produits de protéolyse dans <i>Longissimus lumborum</i> en fonction de l'âge des dromadaires et du temps <i>post mortem</i> ...	103
Tableau 7. Résultats quantifiés (%) de la troponine T et de ses produits de protéolyse dans <i>Longissimus lumborum</i> en fonction de l'âge des dromadaires et du temps <i>post mortem</i> ...	105
Tableau 8. Dureté instrumentale du muscle <i>Longissimus Lumborum</i> du dromadaire Sahraoui, en fonction de l'âge d'abattage.....	106
Tableau 9. Coordonnées de la couleur du muscle <i>Longissimus Lumborum</i> (LL) des dromadaire après 6 et 24 heures <i>post mortem</i> selon l'âge à l'abattage.....	108
Tableau 10. Propriétés sensorielles de la viande de dromadaire, selon l'âge à l'abattage.	109
Tableau 11. Corrélations entre les propriétés sensorielles étudiées.	109
Tableau 12. Corélations entre les paramètres physicochimiques, biochimiques et sensoriels de la viande de dromadaire.....	111

**Introduction : Contextes,
enjeux et objectifs de la
thèse**

Introduction

Le dromadaire est une source intéressante de viande particulièrement, dans les régions où le climat entrave la production efficace des autres animaux de boucherie. Ses caractéristiques physiologiques uniques permettent d'avoir des rendements élevés en carcasse, sous des systèmes de gestion peu onéreux (Souilem & Barhoumi, 2009 ; Ali *et al.*, 2019). L'exploitation de ce potentiel pour la couverture des besoins nutritionnels, en protéines animales est plus que nécessaire (Adamou, 2008). Par ailleurs, il est indispensable de prendre en compte le développement actuel de la société et de l'environnement, pour l'établissement d'un plan de gestion adéquat aspirant à la fois, à la préservation de l'espèce et au développement durable de la production.

L'effectif camelin a été évalué à 416 519 têtes en 2019, plaçant l'Algérie au 14^{ème} rang mondial. Les volumes d'abattage du camelin sont en continuelle augmentation passant de 4 500 tonnes en 2009 à 6 514 tonnes en 2019 (FAOstat, 2021). Cette production de viande cameline est caractérisée par son aspect régional du fait de la répartition naturelle de l'espèce et de sa consommation massive dans les régions arides. La demande croissante en viande cameline étant en partie liée à la croissance démographique, à l'urbanisation des régions arides, mais également, à un besoin élémentaire en protéines animales (Adamou, 2009). En effet, la viande de dromadaire est une source intéressante de protéines qu'il faudrait exploiter au mieux, vu son rendement élevé en carcasse sous des systèmes de gestion peu onéreux (Kadim *et al.*, 2008, Kadim & Purchas, 2019). Néanmoins, le dépassement du confinement régional passe par la maîtrise de l'image du produit qui est en partie due aux caractéristiques de la viande et probablement à des aspects socioéconomiques. De ce fait, cerner les potentialités du dromadaire en matière de production carnée, à travers l'étude des différents segments de cette filière et la caractérisation de la qualité de la viande, est nécessaire pour promouvoir la consommation de la viande et des produits carnés camelins.

La recherche dans le domaine de la qualité des viandes a bien démontré que cette dernière est la résultante d'une multitude de facteurs liés d'une part à l'animal, son alimentation et aux conditions d'élevage et d'autre part, aux traitements technologiques *post mortem*. Après l'abattage, les muscles sont le siège de modifications physico-chimiques et biochimiques qui contribuent à l'élaboration des qualités organoleptiques de la viande (Lawrie & Ledward, 2006). Avec le développement actuel des connaissances

dans le domaine des propriétés organoleptiques des viandes et la disponibilité de marqueurs biologiques de la qualité (Huff-Lonergan *et al.*, 2010 ; Ouali *et al.*, 2013 ; Lana & Zolla, 2016), la viande cameline est restée en marge de ce développement et très peu d'études ont été entreprises sur sa caractérisation (Kadim *et al.*, 2006, Smili *et al.*, 2014 ; Zahedi *et al.*, 2016 ; Sahraoui *et al.*, 2017).

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris ce projet de thèse avec l'objectif d'étudier la filière et de caractériser la qualité de la viande du dromadaire. L'étude sera présentée en deux volets :

- Situation de la filière viande cameline dans la région de Ouargla, étudiée à travers des enquêtes menées auprès des différents acteurs de la filière (producteurs, bouchers et consommateurs). Ce premier volet de la thèse a donc pour intérêt d'éclaircir l'organisation de la filière viande, par la caractérisation des ses différents segments. Des suggestions pour la promotion de la filière ont par la suite été proposées.

- Quant au second volet, il a pour objectif la caractérisation de la qualité de la viande du dromadaire Sahraoui. L'effet de l'âge à l'abattage et du temps *post mortem* sur les propriétés de physico-chimiques, biochimiques et sensorielles de la viande ont été investigués. Des biomarqueurs potentiels de la qualité de la viande de dromadaire ont été mis en évidence.

Synthèse bibliographique

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Préambule

Cette partie sera consacrée à la présentation de la filière viande et des connaissances actuelles sur les propriétés de la viande. Elle est constituée de trois chapitres.

Le premier chapitre présentera le dromadaire et son importance socio-économique, la production de la viande cameline dans le monde et en Algérie et enfin les acteurs de la filière viande cameline.

Le deuxième chapitre sera dédié à la structure du muscle strié squelettique et sa composition. La transformation du muscle en viande ainsi que les facteurs qui l'influencent seront abordées afin de pouvoir comprendre les mécanismes ayant lieu dans le muscle au cours du temps *post mortem* et leur relation avec la qualité sensorielle de la viande.

Le troisième chapitre abordera quelques caractéristiques et particularités de la viande de dromadaire, à savoir les caractéristiques nutritionnelles, organoleptiques et technologiques.

Chapitre I. Dromadaire dans le monde et en Algérie

I.1. Histoire et taxonomie

L'origine des camélidés remonte à la fin de l'Éocène, il y a environ 40 millions d'années, où les premiers ancêtres de la famille des camélidés ont été trouvés en Amérique du Nord (Figure 1). De ce noyau d'origine, deux migrations – l'une vers l'Amérique du Sud par l'isthme de Panama, l'autre vers le continent asiatique via le détroit de Béring – ont donné naissance aux deux grands rameaux actuels de la famille des camélidés, respectivement les petits camélidés andins (groupe Lamini) et les grands camélidés (groupe Camelini). Les grands camélidés à leur tour se sont divisés en dromadaire (chameau à une bosse) et Bactriane (chameau à deux bosses), il y a 4-5 millions d'années, les premiers migrant vers les terres plus chaudes de la Péninsule arabique, les seconds vers les terres plus froides du centre de l'Asie. Une dernière divergence s'est opérée, il y a moins d'un million d'années entre le chameau de Bactriane et le chameau sauvage. Vers l'an 3000 avant Jésus-Christ, la domestication du dromadaire a commencé dans la péninsule arabique. Depuis lors, il s'est dispersé dans tout l'Afrique via la Corne de l'Afrique (Ramadan & Inoue-murayama, 2017; Burger, 2019; Faye *et al.*, 2022).

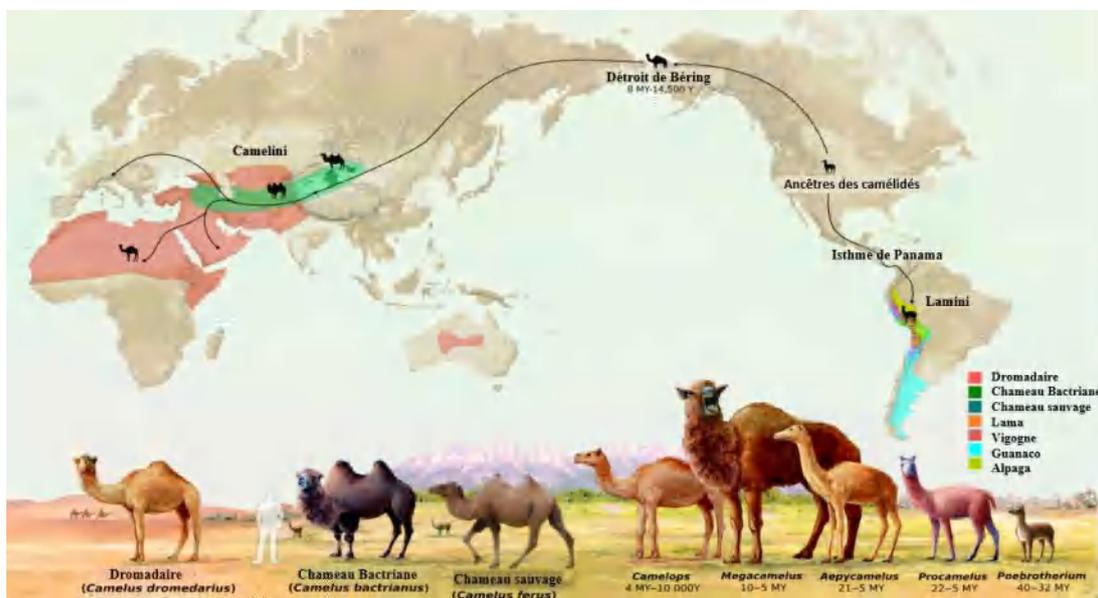


Figure 1. Carte de migration de la famille historique des camélidés (Burger *et al.*, 2019)

La famille des camélidés appartient à la classe des mammifères, ordre Artiodactyles (à nombre pair de doigt), sous-ordre des tylopodes (animaux aux pattes rembourrées). Vu

les particularités anatomiques et physiologiques qui différencient les camélidés des autres ruminants, entre autres, l'anatomie du pied, le système de l'estomac et l'absence de cornes, ils sont classés dans le groupe des pseudo-ruminants. La famille des camélidés, comprend les genres : *Camelus*, *Lama* et *Vicugna* (figure 2). Le genre *Camelus* comprend les espèces : dromadaire (*Camelus dromedarius*) appelé aussi le chameau d'Arabie ou chameau à une bosse, Bactriane (*Camelus bactrianus*) ou chameau à deux bosses, parfois dénommé chameau d'Asie et le chameau de Tartarie (*Camelus ferus*) ou chameau sauvage. Les genres *Lama* et *Vicugna* se trouvent dans les Cordillères des Andes en Amérique du sud où quatre espèces sont distinguées (les espèces de ce genre sont toutes sans bosse) : *Lama glama* (lama) ; *Lama guanacoe* (guanaco) ; *Lama pacos* (alpaga ou alpaca) ; *Lama vicugna* (vigogne) (Mukasa-Mugerwa, 1985; Faye, 1997; Hoter *et al.*, 2019). D'après les études cytologiques, toutes ces espèces camelines sont très proches les unes des autres sur le plan génétique avec 37 paires de chromosomes ($2n = 74$). Mais les formes de ces chromosomes diffèrent d'une espèce à l'autre (Alshanbari *et al.*, 2019).

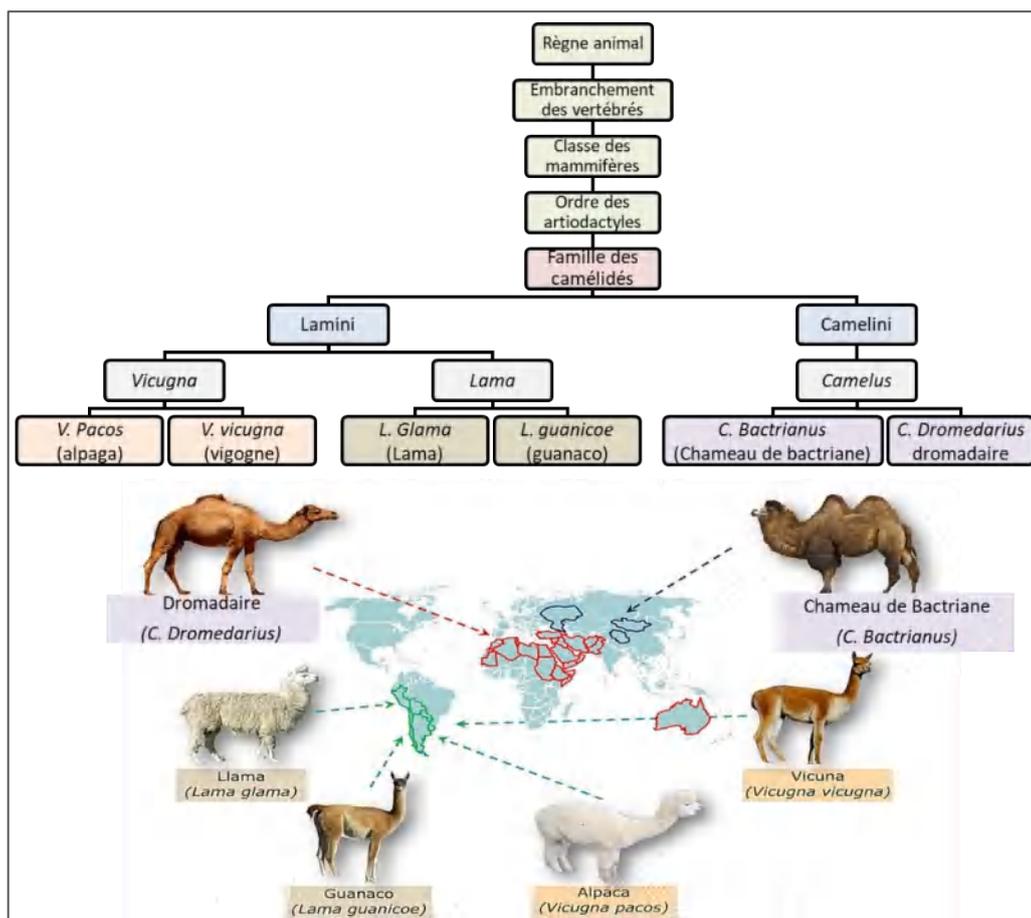


Figure 2. Systématique et distribution des camélidés (Hoter *et al.*, 2019; Mukasa-Mugerwa, 1985)

I.2. Répartition géographique

I.2.1. Dans le monde

La population mondiale du dromadaire est estimée en 2020 à environ 38 millions de têtes, soit 97% de l'effectif global des grands camélidés. Son aire de répartition géographique est située dans les zones tropicales et subtropicales sèches du nord de l'Afrique, de l'ouest du continent asiatique et du nord-ouest de l'Inde (figure 2). Il est répertorié dans 35 pays « originaires » s'étendant du Sénégal à l'Inde et du Kenya à la Turquie. Une implantation massive de dromadaires a été faite, au siècle dernier en Australie. Des introductions très ponctuelles ont également été réalisées aux Etats-Unis, en Amérique centrale et aux Caraïbes, en Afrique du Sud et en Europe (Faye, 1997, 2020; Zarrin *et al.*, 2020; Faye *et al.*, 2022).

I.2.2. En Algérie

L'Algérie est parmi les pays connaissant une augmentation régulière en effectif camelin, avec une croissance annuelle moyenne de 3% estimée entre 1961 et 2018 (Faye, 2020). L'effectif camelin est estimé à 416 519 têtes en 2019, plaçant ainsi l'Algérie au 14^e rang mondial (FAOstat, 2021). L'évolution des effectifs, au cours des vingt dernières années est présentée dans la figure 3.

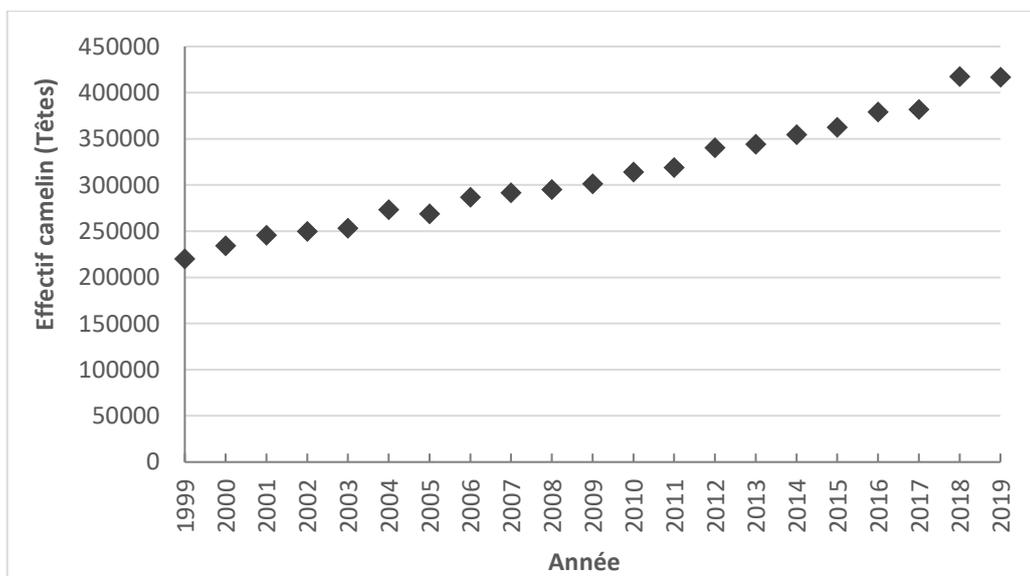


Figure 3. Évolution des effectifs camélins en Algérie de 1999 à 2019 (FAOstat, 2021)

L'effectif camelin algérien est réparti sur 17 wilayas, avec 94,24 % du cheptel dans les dix wilayas sahariennes : Ouargla, Ghardaïa, Laghouat, El-Oued, Tamanrasset, Illizi, Adrar, Tindouf, Béchar et Biskra et 5,76 % du cheptel, dans sept wilayas steppiques : Tébessa, Khenchela, Batna, Djelfa, El-Bayadh, Naâma, et M'sila (MADR, 2013). L'analyse de l'évolution des effectifs camelins, durant la période 2000-2015, a révélée que cette dernière varie selon la zone bioclimatique. Une tendance à la régression est notée dans les territoires steppiques. Cependant, une expansion des effectifs est observée dans les territoires hyperarides. Cette augmentation serait liée à la forte demande en produits camelins (lait et viande) des populations autochtones (Meguellati-Kanoun *et al.*, 2018).

I.3. Races camelines algériennes

Le cheptel camelin algérien est constitué de populations qui se distinguent par des critères phénotypiques et écologiques. Les critères de classification des dromadaires généralement utilisés sont : leurs mensurations, la couleur de la robe, leur origine géographique et leur utilisation (Ben Aïssa, 1989; Belkhir *et al.*, 2013; Cherifi *et al.*, 2013; Harek *et al.*, 2022). Cependant, peu de données sont disponibles sur la caractérisation génétique des populations (Cherifi *et al.*, 2017; Harek *et al.*, 2017).

Selon Ben Aïssa (1989) et Harek *et al.*, 2017, les différentes races rencontrées en Algérie se retrouvent également au Maroc et en Tunisie, ce sont des races de selle, de bât et de trait (figure 4). Il s'agit des races suivantes :

- Chaâmbi: utile pour le transport, moyen pour la selle. Sa répartition va du grand erg occidental, au grand erg oriental. On le retrouve aussi dans le Metlili des Chaâmbas.
- Ouled Sidi Cheikh: c'est un animal de selle. On le trouve dans les hauts plateaux du grand erg occidental.
- Sahraoui: il est issu du croisement Chaâmbi et Ouled Sidi Cheikh. C'est un excellent méhari. Son territoire va du grand erg occidental, au centre du Sahara.
- Ait Khebach : c'est un animal de bât. On le trouve dans l'aire Sud-ouest.
- Chameau de la steppe: il est utilisé pour le nomadisme rapproché. On le trouve aux limites sud de la steppe.
- Tergui ou race des Touaregs du nord, excellent méhari, animal de selle par excellence souvent recherché au Sahara comme reproducteur. Il est réparti dans le Hoggar et le Sahara central.

- Ajjer: bon marcheur et porteur, on le situe, dans le Tassili N'Ajjer.
- Reguibi: c'est un très bon méhari. Il est réparti dans le Sahara occidental, le Sud oranais (Béchar, Tindouf).
- Chameau de l'Aftouh : Utilisé comme animal de trait et de bât. On le trouve aussi dans la région des Reguibet (Tindouf, Béchar).

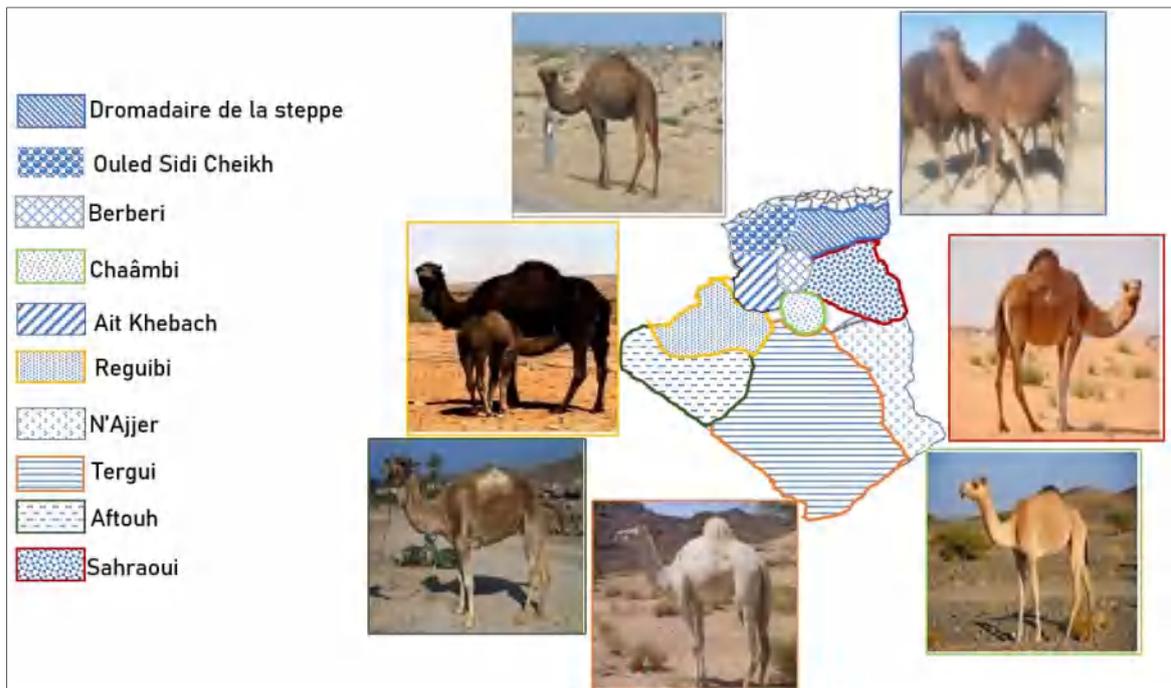


Figure 4. Principales populations de dromadaires en Algérie (d'après Ben Aissa, 1989, Harek *et al.*, 2017)

Cependant, Oulad Belkhir (2018) évoque des populations regroupées en groupes:

- Telli ou le dromadaire de la steppe (Ait Khebach, Oulad Naïl et ftouh) ;
- Sahraoui (Chaâmbi ou Arbi-Arabe-, Chaâmbi Béni Abbas, Ouled Sidi-Cheikh) ;
- Reguibi ;
- Targui (Amenas Nahaguar -dromadaire du Hoggar-, Amenas N'Tamesna - dromadaire du Tamesna- et Amenas Nadghagh - dromadaire d'Adrar).

De nos jours, la biodiversité des populations camelines présentes en Algérie est menacée, certaines races sont en déclin progressif, à cause du comportement des sociétés pastorales qui pousse les éleveurs à se tourner vers des races à forte valeur marchande (Harek *et al.*, 2022).

I.4. Importance socio-économique du dromadaire

Le dromadaire est un animal unique, sa morphologie, sa physiologie et son comportement particuliers lui permettent de mieux s'adapter, que n'importe quel autre animal d'élevage, aux conditions extrêmes du désert (Souilem & Barhoumi, 2009 ; Ali *et al.*, 2019 ; Hoter *et al.*, 2019).

C'est un animal polyfonctionnel, il joue des rôles économique et social appréciables pour la population saharienne. Ses productions et son utilisation légendaire dans les transports caravaniers ont permis aux populations de ces zones de s'adapter aux rigueurs du climat et de vivre des maigres ressources que leur offre la terre (Faye, 2013, 2015).

En effet, par sa graisse, son lait et surtout sa viande, le dromadaire fournit des ressources alimentaires appréciables de hautes valeurs nutritives. Sa peau et son poil (*oubar*) ont toujours été valorisées en une gamme de produits de terroirs diversifiés (Kadim *et al.*, 2008; Faye, 2013, 2015; Zarrin *et al.*, 2020). Son emploi essentiel était de servir de capital, de monture (selle), d'aider à la production agricole (tracter des charrues, puiser l'eau des puits), également utilisé pour le bât. Il a permis des communications régulières entre les différents groupes humains, ce qui lui a valu d'être surnommé le "vaisseau du désert". Par ailleurs, il est de plus en plus utilisé pour la course et le tourisme (Faye *et al.*, 1995; Ahmad *et al.*, 2010; Senoussi, 2012).

La polyfonctionnalité du dromadaire se voit retreinte, vu le développement du transport et les changements de la société. Les croissances démographique et urbaine, le besoin de stabilité des éleveurs pour la scolarisation de leurs enfants ainsi que l'évolution des régimes alimentaires sont autant de facteurs qui ont contribué à l'évolution du système d'élevage du dromadaire qui se trouve actuellement, principalement orienté vers la production alimentaire. L'intérêt pour l'élevage camelin est de plus en plus important dans les différentes régions sahariennes en Algérie. Son impact sur le plan socio-économique et en particulier la sécurité alimentaire n'est pas négligeable. En effet, il constitue une source principale de protéines par ses productions en lait et en viande (Adamou & Faye, 2007; Senoussi, 2012; Mammeri *et al.*, 2014; Sadoud *et al.*, 2019).

Le rôle du dromadaire, symbole de la survie de l'homme dans le désert, ne se limite pas seulement à la dimension socio-économique. En effet, cet animal joue aussi, un rôle

d'équilibre écologique important dans les écosystèmes arides et semi arides (Trabelsi *et al.*, 2017). Il permet la valorisation des zones écologiques, où les faibles disponibilités en eau et en couvert végétal rendent la présence d'autres espèces d'animaux domestiques incertaine. En réalité, il tire l'essentiel de son alimentation d'une végétation en général, rejetée par d'autres ruminants (Longo-Hammouda *et al.*, 2007; Slimani *et al.*, 2013). Le dromadaire est donc un élément essentiel d'équilibre entre les ressources naturelles, la productivité agricole et le maintien d'une vie rurale dans les marges désertiques de la planète, un atout des durabilités économique et écologique des régions faiblement productives, notamment face aux changements climatiques. C'est un facteur indispensable des écosystèmes désertiques, soumis comme tous les autres, aux contraintes des changements climatiques (Faye, 2009; Faye *et al.*, 2017).

I.5. Production de la viande cameline

I.5.1. Dans le monde

La production mondiale de viande cameline est en continuelle augmentation au cours des dix dernières années. Elle a été estimée, en 2009, à 445 314 tonnes et en 2019, à 681 486 tonnes (figure 5). En Afrique, cette production est estimée en 2019, à 422 980 tonnes soit 64,76 % de la production mondiale en viande cameline. L'Asie vient en seconde position, avec une production d'environ 230 012 tonnes, soit 35 % de la production mondiale, cependant, uniquement 143 tonnes, soit 0,02 % est produite en Europe (FAOstat, 2021).

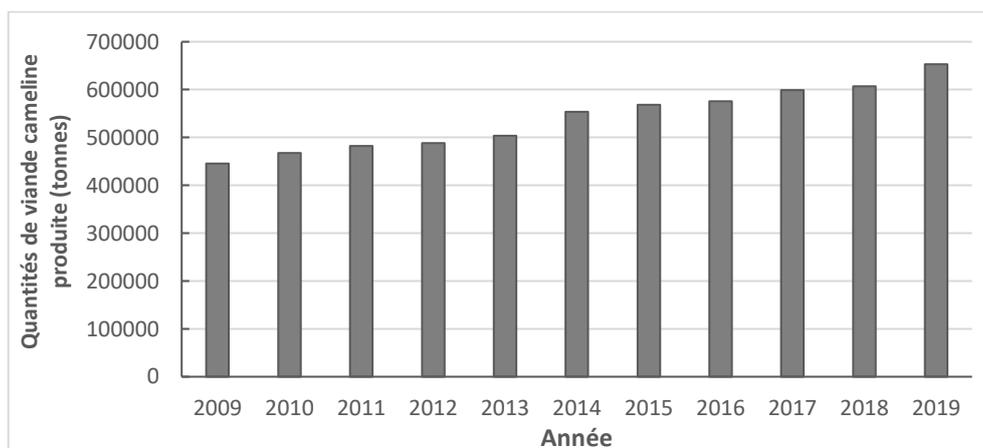


Figure 5. Production de la viande cameline dans le monde (FAOstat, 2021)

La divergence des préférences en matière de qualité de la viande cameline, d'un pays à l'autre, a conduit à différents systèmes d'élevage à savoir : l'élevage extensif pastoral principalement utilisé, pour la production de viandes de dromadaires adultes (en Somalie et en Éthiopie) et l'élevage intensif, dans des parcs d'élevage pour la production de viande de jeunes dromadaires (en Arabie Saoudite, aux Emirats Arabes Unis et en Tunisie). D'autres part, les dromadaires sauvages d'Australie sont capturés pour la production de viande et son exportation vers la péninsule arabique (Faye *et al.*, 2013; Burger, 2019).

I.5.2. En Algérie

En Algérie, la filière des viandes rouges repose sur des élevages bovins et ovins alors que les élevages camelins et caprins demeurent marginaux (figure 6). Le camelin constitue une espèce pourvoyeuse en viande rouge, pour le consommateur algérien après l'ovin, le bovin et le caprin, avec un taux de l'ordre de 4 % de la production nationale et 33 % de la production des régions arides.

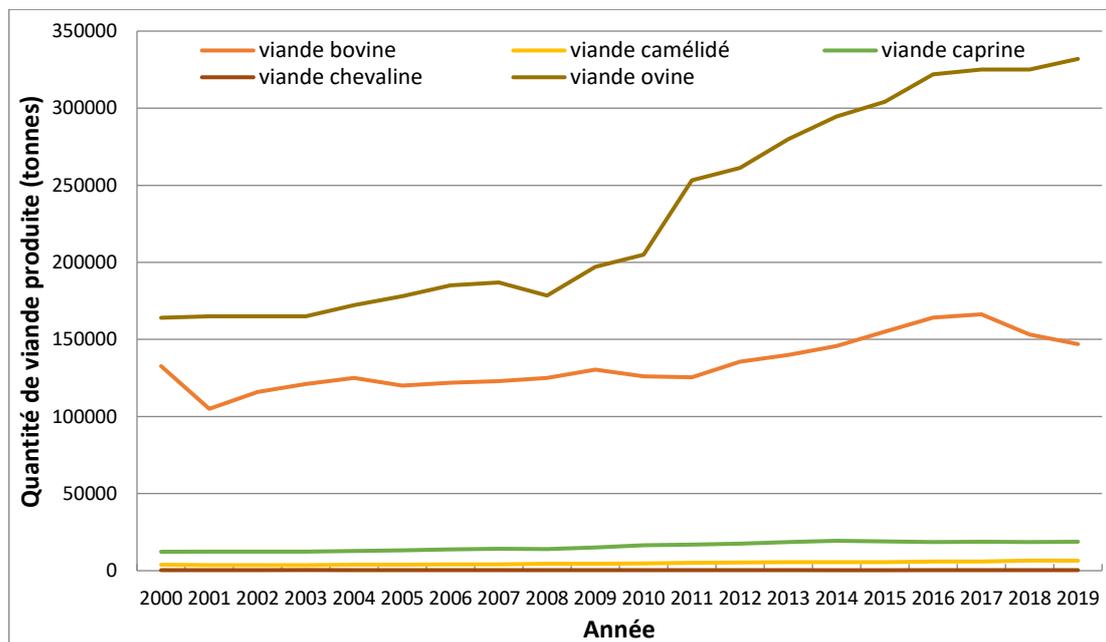


Figure 6. Quantités de viandes rouges produites au cours des vingt dernières années en Algérie (FAOstat, 2021)

D'après les statistiques de la FAO, en 2019, l'Algérie a produit 6 514 tonnes de viande cameline, issue de 43 923 têtes abattues. Cependant, au cours des vingt dernières années, on assiste à une augmentation de sa production (figure 7).

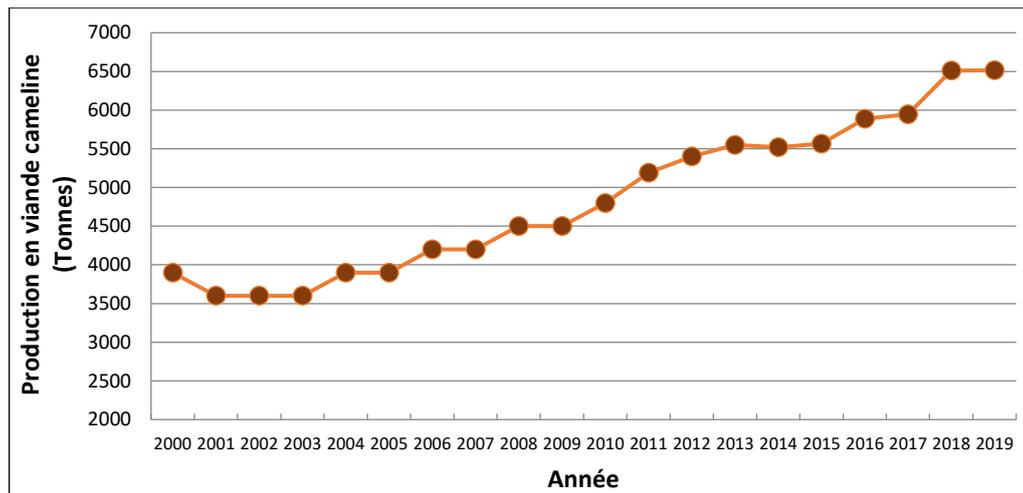


Figure 7. Évolution de la production de viande de dromadaire en Algérie, de 2000 à 2019 (FAOstat, 2021)

Les changements socio-économiques vécus en Algérie ont fait que la viande cameline qui était destinée à l'autoconsommation où occasionnellement à la vente, est actuellement vendue tout au long de l'année afin d'alimenter la trésorerie quotidienne des ménages. Elle a gagné les grands centres urbains, via les boucheries, alors qu'elle était commercialisée par le passé, uniquement dans les marchés proches des lieux de production, et était destinée aux couches sociales à faible revenu (Adamou & Faye, 2007). Ces changements se sont répercutés sur son prix qui a fortement augmenté. En effet, ce prix qui ne dépassait pas la moitié de celui de l'agneau, il y a moins de 10 ans, le talonne actuellement (1300 vs 1600 DA).

I.6. Structure de la filière viande de dromadaire

La filière se définit comme l'ensemble des opérations nécessaires pour passer d'une matière première à un produit final. Elle est donc centrée sur un produit et recouvre l'ensemble des activités de production, de transformation, de distribution et de consommation. L'ensemble des acteurs de la filière sont interdépendants. Ces interdépendances se manifestent autant sur, les plans financier, économique, productif, social qu'environnemental. L'étude de filière permet donc de connaître de manière approfondie, les tenants et les aboutissants, de tout l'environnement d'un produit, mettant en évidence entre autres, les points forts et les points faibles du système et à partir de là établir précisément les politiques et les actions à mener pour renforcer les aspects positifs

et supprimer les contraintes (Terpend, 1997; Bencharif & Rastoin, 2007; Rastoin & Gheri, 2010).

La filière des viandes rouges englobe les viandes de différentes espèces. Elle constitue une branche d'activités très diversifiées occupant une place de première importance, dans les économies agricole et agro-alimentaire. C'est la succession d'étapes au cours desquelles, s'effectue le passage progressif des animaux de boucherie, à la viande et aux produits carnés (Girard & Valin, 1988). Dans la filière viande, la qualité est une notion extrêmement variable et évolutive, à l'image de la transformation de l'animal vivant, en carcasse puis en viande. Les attentes qualitatives relatives aux carcasses ou aux viandes varient, selon l'acteur concerné (Cartier & Moevi, 2007).

La filière viande cameline est marquée par sa spécificité régionale du producteur au consommateur (Kamoun, 2011 ; Faye *et al.*, 2013). L'organisation et les caractéristiques de ces différents maillons (production, abattage, commercialisation et consommation) ainsi que les relations entre ces acteurs diffèrent d'un pays à un autre (Faye *et al.*, 2013; Alary *et al.*, 2021) et d'une région à l'autre en Algérie (Oulad Belkhir *et al.*, 2013).

I.6.1. Élevage (production) des animaux

Les éleveurs sont le point de départ de la filière et œuvrent dans les accroissements des effectifs d'animaux. Très souvent, ils opèrent individuellement, mais acceptent de se regrouper en coopératives ou associations pour défendre leurs intérêts. Ils peuvent être naisseurs et/ou engraisseurs, en fonction de l'objectif de détention des dromadaires. C'est un maillon central en connexion avec tous les autres acteurs de la filière (Oulad Belkhir *et al.*, 2013; Bedda *et al.*, 2015; Alary *et al.*, 2021).

L'élevage camelin se fait dans un cadre extensif où le pâturage naturel intervient majoritairement dans l'alimentation des animaux. Néanmoins, l'engraissement des dromadaires en vue de leur abattage prend de l'ampleur. Il existe en amont de la production d'autres acteurs devenant nécessaires pour l'amélioration de l'activité d'élevage dont les fournisseurs d'intrants (aliments concentrés, fourrage, résidus de récolte, ...) et les services vétérinaires (Senoussi, 2012; Bedda *et al.*, 2015).

I.6.2. Abattage

L'abattage est le processus de la première transformation des animaux dans la production de viande. Il consiste en la succession d'opérations unitaires, conduisant d'un animal vivant considéré sain, à la production de carcasse jugée propres à la consommation humaine. La découpe de la carcasse facilite sa manipulation et sa valorisation (Kamoun, 1995, 2011; Kadim *et al.*, 2008; Faye *et al.*, 2013).

L'abattoir est l'établissement d'abattage. C'est un lieu de travail immatriculé, agréé et contrôlé par les agents des services vétérinaires. Ces agents procèdent à l'examen *ante-mortem* des animaux, surveillent le respect des règles de protection animale et de l'hygiène des manipulations au cours de l'abattage et enfin, réalisent l'inspection sanitaire *post-mortem* de chaque carcasse et de ses viscères. Le maillon de l'abattage joue un rôle majeur pour le contrôle sanitaire, et permet une meilleure maîtrise des flux pour réguler le marché (Benfrid, 1998; Babelhadj & Benaïssa, 2015; Sadoud *et al.*, 2019).

I.6.3. Distribution et commercialisation

Selon Oulad Belkhir *et al.* (2013), quatre types de circuits de distribution ont été identifiés pour la filière viande cameline dans le Sahara septentrional algérien. Le circuit moyen est le plus dominant, particulièrement dans la wilaya de Ghardaïa et à un degré moindre, dans la wilaya de Ouargla. Ces quatre circuits sont :

- Circuit court : Boucher producteur - Consommateur. Dans ce cas, le producteur est boucher;
- Circuit moyen : Producteur - Boucher - Consommateur ;
- Circuit long : Producteur – Revendeur (maquignon ou chevillard) – Boucher - Consommateur;
- Circuit très long : Producteur - Maquignon - Chevillard - Boucher - Consommateur.

Les bouchers interviennent juste avant le consommateur, ils constituent un maillon important de distribution et commercialisation de la viande. Différentes pratiques de commercialisation sont adoptées pour la vente de la viande cameline (Oulad Belkhir *et al.*, 2013; Zakaria *et al.*, 2020).

I.6.4. Consommation

Le développement des modes de vie et l'urbanisation croissante des régions sahariennes ont contribué à l'augmentation de la consommation de la viande cameline. La spécificité régionale quant à cette consommation est à signaler, par exemple, dans la région du Hoggar la viande cameline représente 85% du tonnage des viandes rouges consommées alors qu'elle est de 36% dans la région de Ouargla. Cependant, elle reste marginale au niveau national. Les non autochtones des régions sahariennes refusent à tort la viande de dromadaire croyant qu'il s'agit d'une viande dure, difficile à digérer et sans grande valeur nutritive (Adamou, 2011; Sadoud *et al.*, 2019; Zakaria *et al.*, 2020).

Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de changements de la situation. En effet, la compréhension du comportement du consommateur est essentielle, à la fois pour mettre au point des produits qui répondent, de manière satisfaisante, aux besoins des consommateurs et pour modifier et adapter les produits et les services aux besoins changeants de la société. De nos jours, le consommateur est de plus en plus informé, et de ce fait plus, exigeant. Afin de prévoir les actes d'achats et de consommation, il est donc important de comprendre et d'étudier la demande et les besoins du consommateur.

Chapitre II. Propriétés du muscle et sa transformation en viande

Par définition, la viande est la chair des animaux dont on a coutume de se nourrir. Dans ce vocabulaire, on inclut la chair des mammifères, des oiseaux et parfois, des poissons. Les viandes sont principalement constituées de muscles striés squelettiques qui comportent aussi d'autres tissus, en quantités très variables. Ce sont surtout les tissus: conjonctif, adipeux, parfois les os et la peau (Staron, 1982).

Les muscles représentent 35 à 60 % du poids vif des animaux. Ils contiennent environ 75 % d'eau, 20 % de protéines, 1 à 10 % de lipides et 1 % de glycogène. Après la mort de l'animal, le muscle se transforme en viande. La structure du muscle strié squelettique, sa composition et les changements biochimiques *post mortem* ayant lieu, sont déterminant pour le développement des qualités sensorielles et technologiques de la viande (Jurie et Listrat, 2010; Listrat *et al.*, 2015).

II.1. Présentation générale du muscle strié squelettique

Le muscle strié squelettique est essentiellement composé de fibres musculaires enveloppées dans plusieurs niveaux de tissu conjonctif (Figure 8). De l'extérieur vers l'intérieur, le muscle est recouvert d'une enveloppe fibreuse de tissu conjonctif (dense) appelée épimysium. Ce dernier, sépare un muscle de l'autre et lie la plupart des muscles à l'os, à travers le tendon. Vers l'intérieur, se trouve le tissu conjonctif intramusculaire (lâche) appelé périmysium, qui regroupe les fibres musculaires en faisceaux. Le périmysium est formé de cellules et de matrice extracellulaire contenant les lipides intramusculaires et le système vasculaire et nerveux alimentant les fibres. Il s'étend jusqu'à l'endomysium, qui entoure la fibre musculaire (Lawrie, 1995; Listrat *et al.*, 2015).

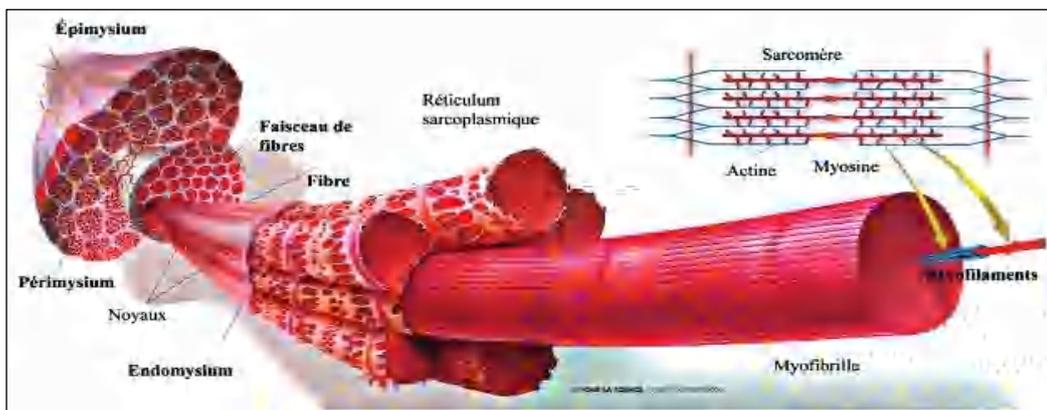


Figure 8. Structure du muscle strié squelettique (Listrat *et al.*, 2015)

Les fibres musculaires sont des cellules plurinucléées de 10 à 100 μm de diamètre, et dont la longueur peut varier de plusieurs millimètres à plus de 30 cm. Chaque fibre musculaire est délimitée par une membrane plasmique appelée sarcolemme. Son cytoplasme, ou sarcoplasme, contient 75 à 85% d'eau, jusqu'à 100 noyaux, des mitochondries, des protéines solubles, des granules de glycogène et des myofibrilles. Les myofibrilles occupent la presque totalité du volume intracellulaire, elles ont un diamètre d'environ 1 μm et sont constituées de myofilaments. Observées en coupes longitudinales par microscopie électronique, les myofibrilles présentent une alternance de zones sombres (bandes A, anisotropes) et de zones claires (bandes I, isotropes) (figure 9-a). La partie centrale de la bande I est marquée par la strie Z. Une bande A délimitée par deux demi-bandes I est appelée sarcomère (Choi & Kim, 2009; Listrat *et al.*, 2015).

Le sarcomère est l'unité structurale et contractile de base du muscle strié. Il s'étend entre deux disques Z, sa longueur au repos est d'environ 2 μm . La structure ordonnée de chaque sarcomère est basée sur l'alignement des myofilaments (figure 9-b). Les filaments fins (α -actine et protéines associées) s'interpénètrent entre les filaments épais (myosine et protéines associées) parallèlement à l'axe des fibres musculaires. Les filaments fins sont maintenus ensemble, dans un réseau latéral, au niveau du disque Z tandis que la bande M relie les filaments épais (Lana & Zolla, 2016; Ertbjerg & Puolanne, 2017; Mukund & Subramaniam, 2020).

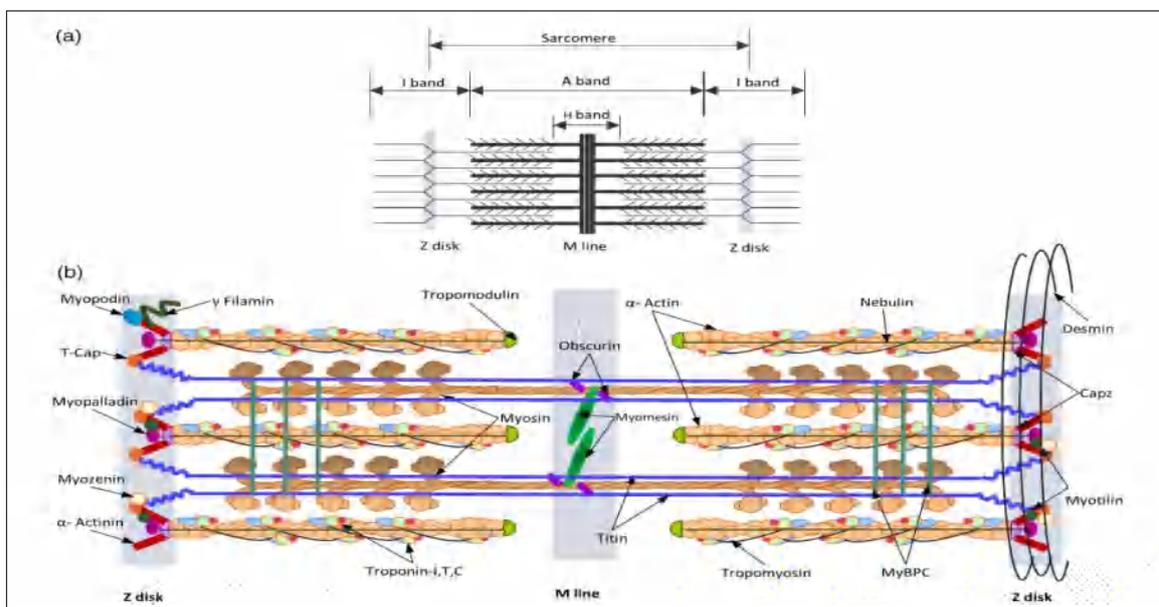


Figure 9. Représentation schématique du sarcomère (Mukund & Subramaniam, 2020)

II.2.Principales protéines du muscle strié squelettique

Les protéines du muscle strié squelettique peuvent être classées en : protéines myofibrillaires, protéines sarcoplasmiques et protéines de la matrice extracellulaire.

II.2.1. Protéines myofibrillaires

Les protéines myofibrillaires représentent 50 à 60 % des protéines musculaires totales (voir figure 9-b). Elles sont constituées de protéines contractiles et de régulation, organisées en filaments fins et épais, et des protéines du cytosquelette, reliant les protéines contractiles entre elles et avec le sarcolemme (Boland *et al.*, 2018).

La myosine, principale protéine du filament épais, représente environ 43 % des protéines myofibrillaires. Dotée d'une activité ATPasique, elle fournit l'énergie nécessaire à la contraction musculaire. Elle existe sous différentes isoformes qui déterminent le type de fibre musculaire (Choi & Kim, 2009; Jurie et Listrat, 2010; Guo & Greaser, 2017). L'actine représente environ 22 % des protéines myofibrillaires, c'est la principale protéine du filament fin. Le monomère d'actine G se polymérise en filament en double hélice d'actine F. L'actine est associée au complexe de troponine (troponine T, TnT ; troponine C, TnC ; et troponine I, TnI) et à la tropomyosine pour former les filaments fins. Lors de la contraction musculaire, l'actine et la myosine s'associent fortement en formant le complexe d'actomyosine (Huff Lonergan *et al.*, 2010; Lana & Zolla, 2016).

Les protéines du cytosquelette représentent environ 25 % des protéines myofibrillaires. Elles assurent l'intégrité structurale et fonctionnelle de la myofibrille. Elles s'organisent en un réseau de filaments intermédiaires et longitudinaux. Les filaments longitudinaux sont essentiellement constitués de deux protéines, la titine et la nébuline. La titine forme la charpente du disque Z et s'intègre au filament épais, pour le maintenir au centre du sarcomère. La nébuline renforce les filaments fins, en y étant associée et ancrée dans les disques Z. Cependant, les filaments intermédiaires sont constitués de plusieurs protéines dont : la desmine, l' α -actinine, la tropomoduline, la myoméline et les MyBP (Myosin Binding Protein -C et -H) (Ertbjerg & Puolanne, 2017; Guo & Greaser, 2017; Boland *et al.*, 2018; Mukund & Subramaniam, 2020).

II.2.2. Protéines sarcoplasmiques

Les protéines sarcoplasmiques représentent environ 30 % des protéines musculaires totales. Elles sont constituées essentiellement d'enzymes, impliquées dans le métabolisme cellulaire, et de myoglobine qui transporte l'oxygène jusqu'aux mitochondries et pigmente les cellules en rouge (Boland *et al.*, 2018).

II.2.3. Protéines de la matrice extracellulaire

Les protéines de matrice extracellulaire représentent 10 à 20 % des protéines musculaires totales. Elles sont très peu solubles, et principalement constituées de collagène à 90 % et d'autres protéines dont l'élastine et les protéoglycanes. Les fibres de collagène sont résistantes et ne s'allongent pas à la traction, ce qui permet le maintien de l'intégrité structurale des tissus (Jurie & Listrat, 2010; Boland *et al.*, 2018; Purslow, 2020).

II.3. Transformation du muscle en viande

Après l'abattage de l'animal, le muscle est le siège de modifications biochimiques diverses responsables du développement des propriétés de la viande (Herrera-Mendez *et al.*, 2006; Ouali *et al.*, 2006, 2013; Huff Lonergan *et al.*, 2010; Paredi *et al.*, 2012; Matarneh *et al.*, 2017). Cette conversion du muscle en viande se déroule en trois phases : la phase de mort cellulaire programmée, la phase de *rigor mortis* et la phase de maturation. La figure 10, illustre la chronologie d'intervention de ces différentes phases, au cours du temps *post mortem* et leur influence sur la dureté de la viande (Ouali *et al.*, 2006).

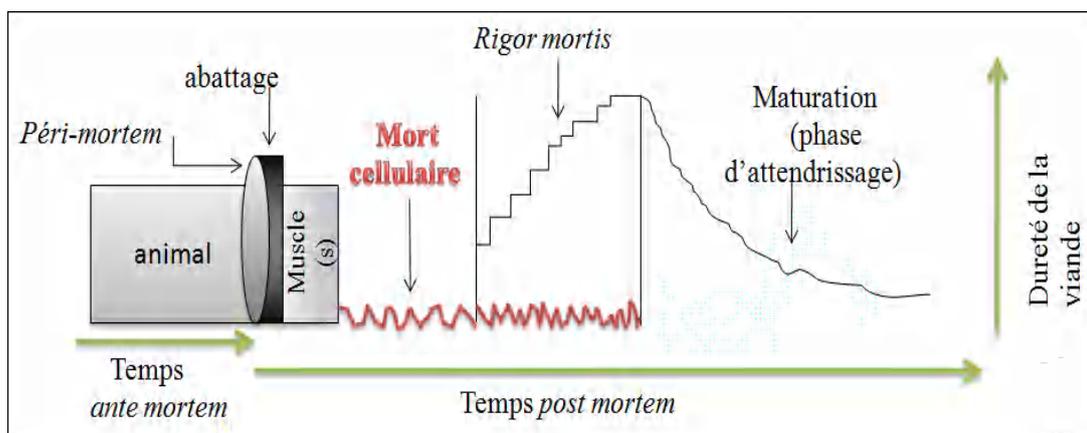


Figure 10. Phases de transformation du muscle en viande (Ouali *et al.*, 2006)

Après la saignée, les cellules musculaires se trouvent privées de nutriments et d'oxygène. Par conséquent, elles s'engagent dans le processus de mort cellulaire programmée, ou apoptose (Herrera-Mendez *et al.*, 2006; Ouali *et al.*, 2006). C'est un processus finement régulé et contrôlé par des systèmes enzymatiques qui dégradent le compartiment fonctionnel et/ou structurel de la cellule afin de l'éliminer (Kemp & Parr, 2012). L'apoptose intervient précocement, en pré-*rigor*, dure quelques minutes à quelques heures et aurait probablement une interaction active avec la protéolyse *post mortem* (Kemp & Parr, 2012; Ouali *et al.*, 2013). Elle est caractérisée par la réduction du volume cellulaire, l'inversion de la polarité membranaire, l'altération des mitochondries et la dégradation de protéines clés dans l'organisation structurale des myofibrilles (Ouali *et al.*, 2006, 2013; Kemp & Parr, 2012; Becila *et al.*, 2010, 2017).

La phase de *rigor mortis* ou rigidité cadavérique, s'installe progressivement et conjointement à la première phase. Les niveaux d'ATP musculaire sont maintenus pendant une courte période par la dégradation de la phosphocréatine et la glycolyse anaérobie. Cette dernière dégrade le glycogène, les protons et l'acide lactique générés s'accumulent conduisant à la chute du pH du muscle. L'épuisement de l'ATP disponible et l'augmentation de la force ionique, suite à l'inactivation des pompes ioniques (calcium, sodium et potassium) ATP-dépendantes, conduit à la formation irréversible des complexes actine-myosine, le muscle devient alors raide et inextensible. La dureté est maximale lorsque le pH atteint le pH ultime variant entre 5,3 et 6,0 selon l'espèce et le muscle. La durée de la *rigor mortis* est très variable en fonction du type de muscle et de l'espèce animal, elle s'installe à partir de 3-6h jusqu'à 18-36h (Lana & Zolla, 2016; Alvarez *et al.*, 2019).

La phase de maturation conduit à un attendrissement de la viande. Lors de cette phase dont la durée peut atteindre plusieurs jours, la dureté est réduite de 80 %. Elle résulte principalement de l'action des protéases endogènes sur les protéines contractiles et les constituants du cytosquelette. La protéolyse *post mortem* provoque donc l'affaiblissement des structures myofibrillaires qui résulte en l'augmentation de la tendreté de la viande. Plusieurs systèmes enzymatiques semblent intervenir : le système calpaïne/calpastatine, les caspases/serpines, les cathepsines lysosomales, le système ubiquitine-protéasome ATP dépendant et les métalloprotéinases de la matrice extracellulaire (Sentandreu *et al.*, 2002; Huff Lonergan *et al.*, 2010; Kemp *et al.*, 2010; Ouali *et al.*, 2013; Lana & Zolla, 2016).

II.4. Facteurs influençant la transformation du muscle en viande

Plusieurs facteurs peuvent influencer la maturation de la viande, ils peuvent être groupés en facteurs intrinsèques et extrinsèques. Les facteurs intrinsèques sont liés essentiellement à l'animal. L'espèce, la race et l'âge sont les facteurs les plus marquants. Les propriétés musculaires définies par la teneur en collagène et sa solubilité, les activités métabolique et contractile des fibres, la teneur et l'activité des enzymes protéolytiques sont à l'origine des différences de maturation (Hocquette, *et al.*, 2005; Paredi *et al.*, 2012). Par ailleurs, les facteurs extrinsèques sont liés aux traitements de l'animal avant et après abattage. L'alimentation des animaux, le stress associé au transport et à la manipulation avant abattage affectent les propriétés musculaires. Tandis que, la stimulation électrique et la température de manutention des carcasses causent des changements de la vitesse de chute du pH et de la dégradation des protéines. Le temps de maturation, le mode de conservation et de cuisson affectent également les propriétés de la viande (Kim *et al.*, 2018; Warner *et al.*, 2022).

II.5. Relation entre propriétés du muscle et qualité sensorielle de la viande

Les propriétés structurales et la composition du muscle ainsi que leur évolution au cours de la maturation influencent les qualités sensorielles de la viande. La qualité sensorielle de la viande est définie par sa couleur, sa tendreté, sa flaveur et sa jutosité (Lawrie, 1995; Hocquette *et al.*, 2005, 2020; Listrat *et al.*, 2015). La Figure 11 illustre la contribution des caractéristiques musculaires à de la qualité sensorielle de la viande.

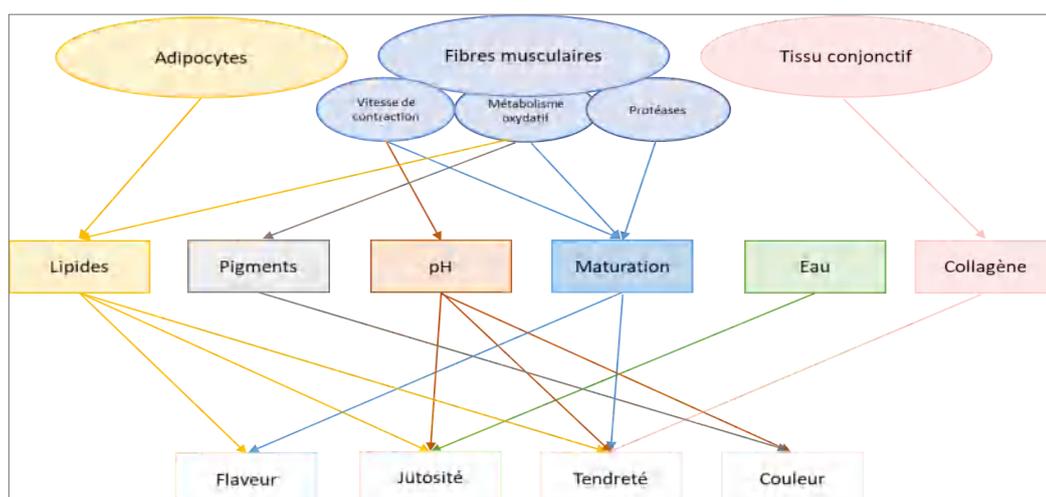


Figure 11. Contribution des caractéristiques musculaires à la qualité sensorielle de la viande (couleur, jutosité, tendreté et flaveur) (Hocquette *et al.*, 2020)

La couleur est la première caractéristique de la viande perçue par le consommateur à l'achat et qui la considère comme un critère de fraîcheur du produit (Clinquart *et al.*, 2000). La couleur de la viande dépend de la teneur et de l'état de la myoglobine du muscle. Entre autres, l'âge de l'animal et le type métabolique du muscle influencent la teneur en myoglobine. Cependant, le pH affecte l'état de la myoglobine (Mancini & Hunt, 2005; Listrat *et al.*, 2015; Mancini & Ramanathan, 2019; Purslow *et al.*, 2020).

La saveur de la viande, correspond à l'ensemble des impressions olfactives et gustatives que l'on éprouve au moment de la dégustation. Les mécanismes qui sont à l'origine de la saveur sont complexes et ne sont pas totalement élucidés. Néanmoins, le type métabolique du muscle, sa teneur en lipide, la maturation et la cuisson l'influence (Listrat *et al.*, 2015).

La jutosité est d'abord due à une libération d'eau provoquée par la mastication, puis à la stimulation de la salivation par les lipides (Hocquette *et al.*, 2005). La teneur en eau, en lipides et le pH affectent la capacité de rétention d'eau du muscle (Pearce *et al.*, 2011).

La tendreté de la viande est le critère de la qualité le plus important pour le consommateur. Elle correspond à la facilité avec laquelle la structure de la viande peut être désorganisée au cours de la mastication (Ouali *et al.*, 2006). C'est la qualité qui présente la variabilité la plus importante et la moins maîtrisée. Elle évolue au cours de la maturation et dépend des propriétés contractiles et métaboliques des fibres musculaires, du collagène, de la teneur en lipides et du rapport protéases / inhibiteurs. Les recherches sur la tendreté de la viande, bovine notamment, tentent de mettre en évidence des biomarqueurs capables de la prédire (Guillemin *et al.*, 2009, 2011; Listrat *et al.*, 2015).

Par définition, un biomarqueur, ou marqueur biologique, est une molécule biologique associée à un phénotype particulier, et qui peut être aisément utilisée afin de visualiser ce dernier. Il se réfère généralement à une mesure qui peut être utilisée comme un indicateur d'un état ou d'une condition biologique. Un biomarqueur protéique est une protéine dont la présence et/ou l'activité sont responsables d'un phénotype recherché, et qui est facilement visualisable. Plusieurs protéines ont été identifiées comme des biomarqueurs potentiels de la tendreté et elles appartiennent à différentes familles entre autres: des protéines structurales, des enzymes du métabolisme, de la protéolyse, du stress oxydant et des

protéines anti-apoptotiques (Guillemin *et al.*, 2009, 2011; Ouali *et al.*, 2013; Lana & Zolla, 2016; Nair & Zhai, 2019; Huang *et al.*, 2020; Sentandreu *et al.*, 2021).

L'identification de prédictors biologiques de la tendreté et des autres qualités de la viande permet d'améliorer la valorisation des carcasses en les orientant peu après l'abattage vers une utilisation optimale sur la base de leurs qualités potentielles. Des avancées pertinentes sont actuellement enregistrées pour la viande de différentes espèces bouchères mais aussi pour le poisson. Par ailleurs, la viande cameline est restée en marge de ces développements et très peu de données sont disponibles sur d'éventuels biomarqueurs protéiques de la qualité.

III. Chapitre III. Qualité de la viande de dromadaire

La qualité est définie comme "l'ensemble" des propriétés d'un produit / service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites (ISO 9000, 2015). Pour la viande la qualité peut être définie par un certain nombre de caractéristiques ou de facteurs objectifs qui la composent. Quatre groupes de facteurs peuvent être distingués : des facteurs nutritionnels, sensoriels, hygiéniques et technologiques (Honikel, 1991). Ce chapitre aborde uniquement certains des facteurs qui ont été étudiés pour le dromadaire et qui sont en rapport avec les objectifs de la présente thèse.

III.1. Qualité nutritionnelle

En régions arides au climat rigoureux, la viande de dromadaire est une source de protéines de haute qualité avec des teneurs moyennes variants de 17 à 23,7%. Cette variation dépend de plusieurs facteurs dont l'âge, le muscle, la race et la saison (Abdelhadi *et al.*, 2012; Kadim *et al.*, 2013; Suliman *et al.*, 2019). Cependant, chez les jeunes dromadaires la teneur en protéines est similaire à celle des jeunes bovins, ovins et caprins (Kadim & Purchas, 2019).

La composition en acides aminés de la viande cameline couvre tous les acides aminés indispensables (Abdelhadi *et al.*, 2017). D'après (Kadim & Purchas, 2019) la quantité de viande cameline nécessaire pour répondre aux besoins quotidiens en acides aminés pour un consommateur adulte est similaire à celle de l'agneau mais est inférieure à la quantité requise de bœuf. Le rapport des acides aminés essentiels aux acides aminés non essentiels était de 0,85, très similaire aux 0,86 rapportés pour le bœuf, 0,83 pour l'agneau et 0,90 pour la chèvre (Hoffman, 2008). La leucine et la lysine sont parmi les acides aminés essentiels les plus abondants de la viande cameline. Cependant, la contenance en acides aminés non-essentiels semble être similaire ou légèrement meilleure par rapport aux viandes de bœuf, d'agneau et de chèvre, le tableau 1 présente la composition en acides aminés de la viande de dromadaire comparée à d'autres espèces.

Tableau 1. Composition en acides aminés du muscle *Longissimus thoracis* de dromadaire comparée à d'autres espèces (mg/100 g de muscle) (d'après Kadim *et al.*, 2013)

Acides aminés									
Essentiels	His	Ileu	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Trp	Val
Camelin	5,6	5,9	9,5	8,9	3,5	4,7	4,8	1,8	6,3
Bovin	6,2	6,5	10,7	9,1	2,7	5,7	5,5	-	6,6
Ovin	5,9	5,8	9,6	8,5	3,3	4,9	4,2	-	5,9
Caprin	4,7	6,0	7,9	10,9	3,9	6,5	4,4	-	6,8
Non-essentiels	Ala	Arg	Asp	Glu	Gly	Pro	Ser	Tyr	
Camelin	3,9	7,1	10,8	18,6	6,1	3,9	3,2	3,8	
Bovin	7,7	7,1	10,8	16,5	6,2	4,5	4,2	4,1	
Ovin	6,7	6,9	10,3	17,9	5,5	3,8	2,9	3,5	
Caprin	4,7	7,1	10,8	15,6	5,2	3,8	3,6	5,9	

His: Histidine, Ileu: Isoleucine, Leu: Leucine, Lys: Lysine, Met: Methionine, Phe: Phénylalanine, Thr: Thréonine, Trp: Tryptophane, Val: Valine, Ala: Alanine, Arg : Arginine, Asp: Acide Aspartique, Glu: Acide Glutamique, Gly: Glycine, Pro: Proline, Ser: Serine, Tyr: Tyrosine.

Concernant la contenance en lipides, la viande cameline est une viande maigre d'excellente valeur nutritive du fait de ses faibles teneurs en matières grasses et en cholestérol (Abdelhadi *et al.*, 2017). Le taux de graisse intramusculaire dans la viande cameline varie considérablement de 0,5 à 9,8 % (Kadim *et al.*, 2006 ; 2008, Abdelhadi *et al.*, 2012). La comparaison de la teneur en graisse du muscle *Longissimus thoracis* chez le camelin et le bovin Omanais a révélée des taux significativement inférieur chez le camelin (2,8 % contre 7,8 % respectivement) (Kadim *et al.*, 2009). Par ailleurs, la comparaison de la teneur en cholestérol chez différentes espèces a révélée que la viande cameline présente une concentration en cholestérol significativement plus faible (57,67 mg / 100 g) par rapport aux viandes ovine (75,53 mg / 100 g) et caprine (70,44 mg / 100 g), suggérant qu'elle est plus saine (Alamin, 2019).

Le profil en acides gras de la viande de dromadaire a été rapporté par plusieurs auteurs (Kadim *et al.*, 2013; Maqsood *et al.*, 2015; Abdelhadi *et al.*, 2017). La concentration totale en acides gras saturés (SFA) varie de 51,5 % à 53 %, celle des acides gras monoinsaturés (MUFA) représentent près du tiers des acides gras totaux (29,9 % à 41,4 %) et les acides gras polyinsaturés (PUFA) représentent de 5,6 % à 18,6 % (Kadim & Purchas, 2019). Ces valeurs sont variables et dépendent de plusieurs facteurs dont : le type de muscle, l'âge, la race et le protocole expérimental.

Les principaux acides gras saturés présents dans la viande cameline sont l'acide palmitique (C16:0) et l'acide stéarique (C18:0). Les monoinsaturés sont dominés par l'acide

oléique (C18:1) suivi de l'acide palmitoléique (C16:1). Alors que les principaux acides gras polyinsaturés sont l'acide linoléique (C18:2 ω 6) et l'acide arachidonique (C20:4 ω 6) (Kadim *et al.*, 2013; Maqsood *et al.*, 2015).

Le rapport en acides gras polyinsaturés / acides gras saturés (PUFA / SFA) d'environ 0,3 est relativement proche de la valeur nutritionnelle recommandée pour l'alimentation humaine qui est de 0,45. Il est cependant bien supérieur aux valeurs rapportées pour la viande de bœuf (0,11) et d'agneau (0,15) (Mcafee *et al.*, 2010; Kadim *et al.*, 2013; Abdelhadi *et al.*, 2017). D'autre part, le rapport entre les acides gras oméga 6 et oméga 3 qui est de 3,96 se situe dans la plage des valeurs recommandées pour une alimentation humaine saine qui doit être inférieur à 4 (Maqsood *et al.*, 2015 ; Abdelhadi *et al.*, 2017).

La teneur en cendres de la viande de dromadaire varie entre 1,1 % et 1,4 % (Kadim *et al.*, 2006). Le profil des sels minéraux est proche de celui du bovin avec des concentrations élevées de potassium, suivis respectivement de phosphore, de sodium, de magnésium et de calcium, les autres éléments existent à de faibles concentrations. Tandis que la teneur en fer (Fe) varie de 1,16 à 3,39 mg/100 g de viande fraîche (Zamil El-Faer *et al.*, 1991 ; Kadim *et al.*, 2009; Kadim & Purchas, 2019).

La viande de dromadaire est également une source importante de plusieurs vitamines, avec particulièrement des concentrations en vitamine B6 et B12 plus élevées par rapport à celles des viandes de bœuf, d'agneau et de porc (Cashman & Hayes, 2017; Ibrahim *et al.*, 2017). Le tableau 2 présente sa contenance en quelques vitamines hydrosolubles et liposolubles en comparaison à la viande d'autres espèces.

Tableau 2. Contenance en vitamines de la viande de différentes espèces (d'après Cashman & Hayes, 2017; Kadim & Purchas, 2019)

Vitamines (en mg/100g de viande fraîche)	Dromadaire	Bœuf	Agneau	Porc
Thiamine (B1)	0,11	0,1	0,1	0,8
Pyridoxine (B6)	0,56	0,4	0,3	0,4
Acide pantothénique (B5)	0,74	0,7	1,1	1,7
Cyanocobalamine (B12)	4,39	2,3	2,2	1
Riboflavine (B2)	0,22	0,2	0,2	0,2
Rétinol (A)	0,01	2,2	9	traces
Alpha-tocophérol (E)	0,87	0,1	0,1	0,1

Par ailleurs, la viande de dromadaire est une source d'autres composés bioactifs notables sur le plan nutritionnel tels que : la carnosine, la taurine et la carnitine. De plus, il existe des croyances relatives à des effets curatifs de la viande cameline contre différentes maladies y compris : hypertension, maladies respiratoires, fièvre saisonnière, sciatique, l'opacité cornéenne, les accidents vasculaires cérébraux, le cancer et les infections. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour étayer ou réfuter ces croyances (Kadim *et al.*, 2008 ; Kadim & Sahi, 2018).

III.2. Qualité organoleptique

La viande cameline est de couleur rouge framboise et parfois brune chez les animaux âgés (Faye *et al.*, 2013). Elle est décrite comme étant dure, au goût sucré et sèche, par rapport aux autres viandes (Dawood, 1995 ; Kamoun, 1995 ; Kadim *et al.*, 2008). Cela peut être dû, en partie au fait qu'il s'agit souvent d'un sous-produit des systèmes de production traditionnels où il est principalement obtenu à partir d'animaux âgés, des mâles et des femelles, devenus moins efficaces, dans leurs rôles principaux, en fourniture de produits et de services. Néanmoins, des études affirment que les caractéristiques de qualité de la viande de dromadaire sont similaires à celles du bœuf, à condition que les animaux soient abattus à des âges comparables (Kamoun, 1995 ; Kadim *et al.*, 2008 ; Kadim & Purchase, 2019). Les données disponibles sur la qualité organoleptique de la viande de dromadaire et les facteurs l'affectant mesurée par évaluation sensorielle restent limitées et absentes concernant les races Algériennes, le tableau 3 présente les résultats de quelques études.

Tableau 3. Qualité sensorielle de la viande de dromadaire et les facteurs de variation étudiés (synthèse des données faite dans le cadre de la thèse)

Références				Notes des attributs sensoriels				Facteurs de variation étudiés			
	N	Race	Age (année)	Tendreté	Jutosité	Flaveur	Acceptabilité	Age	Muscle	Temps	Cuisson et Conservation
Kamoun, 1995	9		1-4	6,6	6,8				+		
Dawood, 1995	18	Najdi	8 mois	3,47	3,43	3,69		+	+		+
Suliman <i>et al.</i> , 2019	48	Baladi Saudi	1,5-2	3,98	3,75	3,65	3,81		+	+	

En effet, les qualités sensorielles des viandes dépendent de la composition et des propriétés structurales du muscle, et particulièrement de ces composantes majeures : la trame conjonctive, les fibres musculaires et les lipides intramusculaires (Guillemin *et al.*,

2009; Hocquette *et al.*, 2020). Elles sont également le résultat de nombreux facteurs pouvant affecter la transformation du muscle en viande, notamment la manipulation avant l'abattage, le traitement *post mortem*, les stocks de glycogène et la physiologie musculaire (Dawood, 1995; Hocquette *et al.*, 2005; Kadim *et al.*, 2013; Wicks *et al.*, 2019).

III.3. Qualité technologique

Une large gamme de poids de carcasse a été enregistrée pour les dromadaires variant de 125 à 400 kg. Cette variation étant due aux différences de condition physique, de nutrition, de sexe, de race et d'âge à l'abattage. Les carcasses de chameaux mâles sont plus pesantes, que celles des femelles de 32 à 34 % (327 contre 262 kg). Le poids de la carcasse du dromadaire (y compris la bosse) représente environ 55 % de son poids vif, mais le rendement en carcasse des dromadaires varie considérablement de 47,4 % à 62,1 %. En général, le dromadaire a un rendement en carcasse supérieure, à celui des bovins. La proportion de muscles, d'os et de graisse, chez les dromadaires est de 56 %, 19 % et 14 %, respectivement avec un rapport muscle/os allant de 2,7 à 3. La proportion de muscle, dans la carcasse de dromadaire est comparable à celle des bovins. Des revues sur l'ensemble de ces propriétés technologiques de production sont disponibles (Kadim *et al.*, 2008; Faye *et al.*, 2013; Kadim & Purchas, 2019).

Concernant les attributs de la qualité technologique les plus étudiés, le tableau 4 présente quelques attributs de la qualité de la viande de dromadaire et les facteurs de variations étudiés selon la littérature (les études ne sont pas exhaustives).

Les coordonnées de la couleur de la viande de dromadaire ont été étudiées pour différentes races, muscles, âges et autres conditions de manipulation (Kadim *et al.*, 2006; Abdelhadi *et al.*, 2017; Suliman *et al.*, 2019). Ces dernières nous informent sur la couleur de la viande qui est liée à la concentration de la myoglobine, à son état chimique et à la structure des autres protéines (Mancini & Hunt, 2005).

L'acidification du muscle, c'est-à-dire la chute du pH jusqu'au pH ultime au cours des 24 premières heures après l'abattage, est extrêmement importante car elle affecte les propriétés sensorielles et technologique de la viande (Wicks *et al.*, 2019). Le pH ultime de la viande de dromadaire varie de 5,46 à 6,64. Cette variation dépend de l'âge à l'abattage des animaux, du muscle considéré ainsi que des conditions de manipulation *pré-* et *post-*

abattage (Kadim *et al.*, 2006; Kadim *et al.*, 2013). Comparée aux autres viandes rouges, la viande cameline présente une faible capacité de rétention d'eau, plus de jus extractible et une perte à la cuisson variant de 20 à 30 %. La vitesse de chute du pH et son amplitude ainsi que la faible contenance en gras de la viande cameline affectent sa capacité de rétention d'eau (Cristofaneli *et al.*, 2004; Kadim *et al.*, 2008; Smili *et al.*, 2014).

La texture de la viande de dromadaire est considérée comme semblable à la viande bovine lorsqu'elle est issues d'animaux de moins de 3 ans (Faye *et al.*, 2013; Kadim & Purchas, 2019). Selon Kadim *et al.*, (2008) les valeurs instrumentales de la texture de la viande de dromadaire, âgés de 2-4 ans, mesurées par la force de cisaillement Warner Bratzler Shear Force (WBSF) étaient de 6,98 kg contre 6,45 kg pour la viande de bœuf. De plus, la longueur des sarcomères était respectivement de 1,89 contre 1,83 μm . Cependant, (Eskandari *et al.*, 2013) ont rapportés des valeurs de WBSF significativement supérieures chez dromadaires comparés aux bovins. L'âge à l'abattage des dromadaires affecte significativement la texture de la viande. Pour la viande de chameaux âgés de 5-8 ans la force de cisaillement étaient respectivement supérieures de 48 % et 40 % à celles des chameaux âgés de 1-3 ans et de 3-5 ans (Kadim *et al.* 2006). De plus, la teneur en collagène augmente fortement avec l'âge et sa solubilité diminue (Sahraoui *et al.*, 2017). D'autres facteurs de variation majeure de la tendreté de la viande cameline sont liés au phénomène de maturation de la viande, l'activité des protéases et de leurs inhibiteurs joue dans ce cas un rôle important (Kadim & Purchas, 2019). Quelques études sur la maturation de la viande dromadaires ont rapporté des changements de la structure du muscle. La déstructuration des cellules musculaires due à la dégradation protéolytique des protéines du cytosquelette et des protéines contractiles est souvent rapportée à travers l'indice de fragmentation myofibrillaire et parfois rapportée par microscopie (Kadim *et al.*, 2009) ou à travers les changements des profils électrophorétique des protéines extraites (Soltanizadeh *et al.*, 2008; Maqsood *et al.*, 2015; Zahedi *et al.*, 2016). En revanche, Il existe très peu d'informations sur les marqueurs protéiques de la qualité de la viande de dromadaire.

Tableau 4. Atributs de la qualité technologique de la viande de dromadaire (synthèse des données faite dans le cadre de la thèse).

Références	Attributs évalués										Coordonnées de la couleur			Facteurs de variation étudiés					
	N	Race	Age (année)	Collagène (mg/g)	Perte à la cuisson (%)	pHu	WBSF (N)	MFI (%)	Sarcomère (µm)	WHC (cm ² /g)	L*	a*	b*	Age	Temps	Muscle	Sexe		
Kadim et al., 2006	21	Omani	1-3		26,06	5,91	68,4	80,99	1,85	29,6	37,74	13,37	6,09						
			3-5		23,72	5,84	79,5	73,3	1,24	27,36	34,03	13,82	6,78						
			6-8		22,42	5,71	131,9	60,4	1,06	21,26	31,69	16,18	7,26						
Kadim et al., 2009	30	Omani	8-10		22	5,75	8,9 (Kg/cm ²)	67,3	1,60	37,4	38,1	17,6	6,29						
Eskandri et al., 2013	8	Iranien	2-3	1,6		5,75	5,43 (Kg/cm ²)		1,83										
			5-8	2,03		5,43	8,49		1,56										
Smili et al., 2014	12	Sahraoui				5,71				131%									
Al-Atiyat et al., 2016		Majaheem				6,07	4,20 (Kg/cm ²)				35,15	16,02	7,86						
						6,07	4,25					35,45	17,58	7,99					
						6,01	4,36					36,10	14,83	6,96					
Zahedi et al., 2016	8	Iranien			31,43	5,63	44,09	88,11	1,74	36,71%	34,92	12,75	6,53						
								5,99	4,29			35,80	15,88	7,91					
Abdelhadi et al., 2017	14	Soudan	2-3	3,47		6,10					24,5	15,1	5,6						
Sahraoui et al., 2017	23	Sahraoui Targui		1,67%															
Suliman et al., 2019	24	Baladi Saudi	1,5-2		31,88	5,87	29,71	41,79		0,39%	49,96	14,05	9,18						
					31,46	5,99	30,79	32,96		0,42%	49,92	14,21	8,36						
		Pakistani			34,28	5,90	46,58	39,75		0,38%	46,34	15,88	9,14						
		Somali																	

MATÉRIELS ET MÉTHODES

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Préambule

L'objectif de notre travail est de dresser l'état des lieux de la filière viande cameline dans la région de Ouargla et de caractériser la qualité de la viande du dromadaire Sahraoui en fonction de l'âge à l'abattage et du temps *post mortem*. L'étude sera présentée en deux parties.

Dans la première partie, sera présentée la démarche méthodologique adoptée, pour la réalisation de l'enquête, portant sur la filière viande cameline. Elle a été menée dans la région de Ouargla auprès des éleveurs de dromadaire, au niveau de l'abattoir, des boucheries et auprès des consommateurs de la viande cameline.

Dans la seconde partie, sera exposée la démarche adoptée pour la caractérisation de la qualité de la viande, au cours de la maturation, à travers l'étude des propriétés de la qualité de la viande, son évaluation sensorielle et la recherche d'éventuels biomarqueurs de la qualité. L'étude des paramètres d'acidification, de rétention d'eau, la mise en évidence de la dégradation de l'actine et l'appréciation sensorielle de la viande a été réalisée au sein du laboratoire de biochimie de la faculté de médecine de l'université de Ouargla et du laboratoire Bioqual, INATAA, université de Constantine. Cependant, le dosage du collagène, l'indice de fragmentation myofibrillaire, la mesure de la couleur et de la tendreté, la séparation par SDS PAGE des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires et la mise en évidence de la dégradation de la troponine T ont été réalisés au sein du laboratoire de production animale de l'université de Foggia en Italie.

I. Démarche méthodologique de la partie enquête

L'enquête sur la situation de la filière viande cameline, dans la région de Ouargla, a pour objectif de caractériser les principaux acteurs de la filière, et s'intéresse par conséquent aux éleveurs, à l'abattoir, aux boucheries et aux consommateurs. Seront également abordés l'évolution de la production dans cette région, et les facteurs l'influençant. Les contraintes du secteur et des stratégies de promotion seront proposées. La démarche méthodologique adoptée pour réaliser cette étude est présentée dans la figure 12.

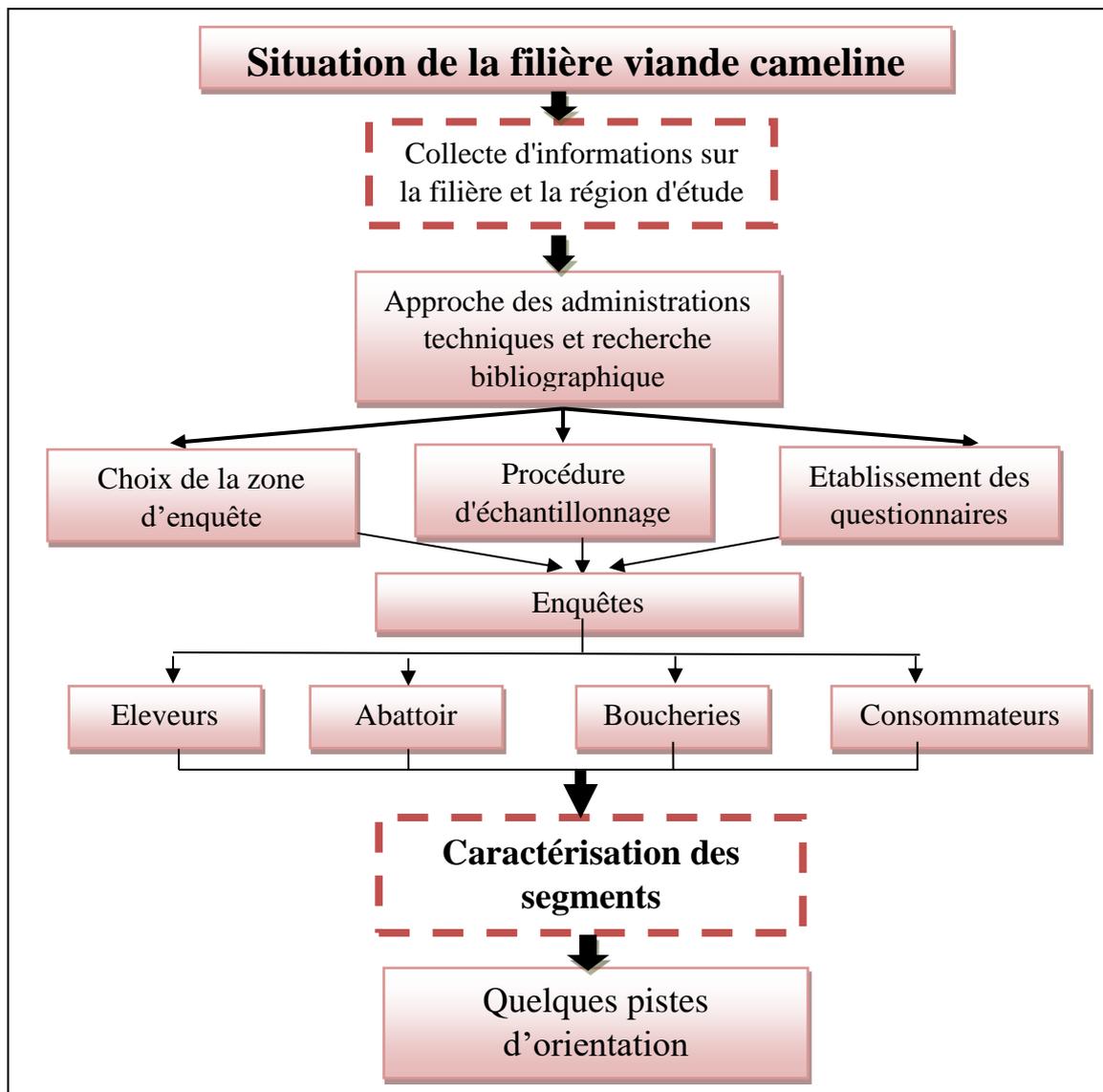


Figure 12. Démarche méthodologique pour l'étude de la situation de la filière viande cameline

I.1. Collecte de données

Elle est basée sur la mise à profit d'un ensemble d'informations bibliographiques sur la thématique, à travers un rassemblement de données préexistantes, sur la filière viande cameline (statistiques, rapport, monographie, articles, thèses, ...), et une approche des structures technico-administratives (Directions des Services Agricoles, subdivisions agricoles, ...). Ces informations permettent d'établir la liste des éleveurs et des bouchers en vue de la construction de l'échantillon d'étude et de l'élaboration d'un questionnaire, pour les besoins de l'enquête. La direction de l'abattoir et des services vétérinaires ont été contactées pour avoir l'autorisation d'accès à l'abattoir et la réalisation de l'enquête. Suite aux informations collectées et aux résultats des pré-enquêtes des questionnaires ont été établis.

I.2. Présentation de la région de l'étude

La wilaya de Ouargla est située au sud-est de l'Algérie, à environ 800 Km de la capitale algérienne. Couvrant une superficie de 163 230 Km², elle occupe la frange la plus au centre du Sahara dont elle constitue l'un des plus importants maillons. Elle est limitée au nord par les wilayas de Djelfa, Biskra et El Oued ; au sud par Illizi et Tamanrasset ; à l'est par la Tunisie et à l'ouest, par Ghardaïa. La situation administrative de la wilaya lors de la réalisation de l'enquête comportait 21 communes regroupées en 10 daïras. La région de notre étude englobe les communes suivantes : Ouargla, Rouissat, N'Goussa, Sidi Khouiled, Hassi Ben Abdallah et Aïn Beida (Voir la figure 13).

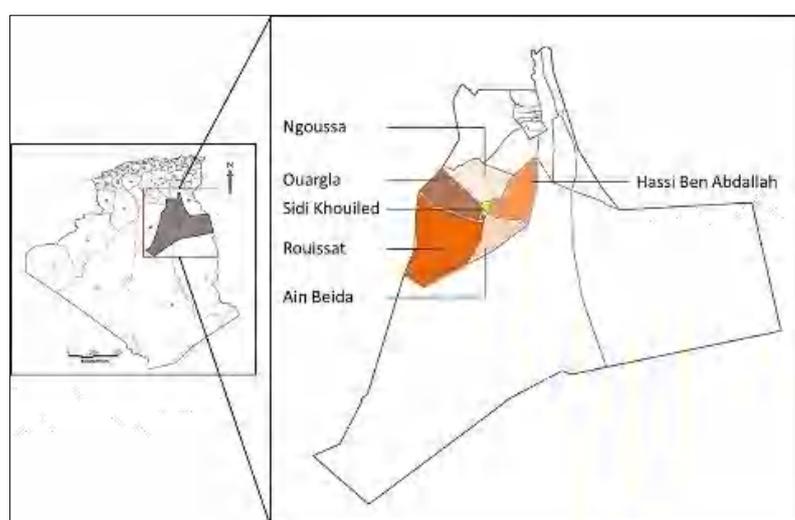


Figure 13. Situation géographique de la zone de l'étude

La population totale de la wilaya de Ouargla été estimée à 552 539 habitants. Elle est caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation et par une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème. Cependant, la production animale de la wilaya comporte les différentes espèces animales, avec un effectif camelin d'environ 34 514 têtes, en 2016 (MADR, 2016).

Le choix de la région de l'étude est basé sur des raisons pratiques, à savoir la disponibilité de la matière première, la fréquence d'abattage ainsi que, la disponibilité de laboratoires de recherche pour effectuer les analyses de la seconde partie de la thèse.

I.3. Élaboration des questionnaires

La masse d'informations collectées nous a orientés, dans la rédaction et l'établissement du questionnaire, en fonction des données bibliographiques et des questions qui nous intriguaient. Dans l'objectif de connaître la situation des différents acteurs de la filière viande cameline, nous avons élaboré quatre questionnaires destinés aux différents segments de la filière à savoir : les éleveurs (segment amont), l'abattoir (segment centre), les bouchers (segment centre), et les consommateurs (segment aval).

Les questions posées sont de type fermées (réponse directe (oui ou non), ou avec proposition de choix de réponses), et ouvertes (libre expression de l'enquêté). Nous avons tenu à ce que les questions soient simples et compréhensibles, afin de réduire la durée de l'interrogatoire mais également à l'utilisation de la langue arabe pour faciliter la communication avec les enquêtés. Les questionnaires sont structurés comme suit : une première partie qui caractérise la population enquêtée d'un point de vue socio-professionnel, une deuxième partie constituée d'un ensemble de questions permettant d'élucider les pratiques de production ou de consommation et un troisième ensemble de questions qui aborde les perspectives de durabilité de la production ou de la consommation.

Dans un premier temps, une pré-enquête a été réalisée afin d'apprécier le comportement des enquêtés vis-à-vis des questions posées et de se familiariser au sujet. Elle a également permis d'apporter des ajustements aux questionnaires. Certaines questions ont été éliminer ou reformuler, des propositions ont été ajoutées ou enlevées dans

le cas des questions à choix multiples avant la validation des questionnaires et le lancement des enquêtes.

I.4. Échantillonnage et déroulement des enquêtes

L'enquête sur terrain s'est déroulée sur une période s'étalant de, janvier 2016 à juin 2017. Elle a fait l'objet de deux soutenances de mémoires de Master. Les enquêtes ont été réalisées à travers des entretiens directs ou des réponses individuelles, aux questionnaires. La sélection des enquêtés était différente, et ce, en fonction du segment. Nous avons procédé comme suit :

- **Éleveurs** : 32 éleveurs sélectionnés aléatoirement, ont été enquêtés, par entretien direct, avec les éleveurs ayant accepté de nous rencontrer, ou par l'envoi de questionnaires en cas d'impossibilité de rencontrer l'éleveur, pour des raisons d'indisponibilité ou de distances.

Ils sont propriétaires de troupeaux camelins, à effectifs différents et répartis sur la région de Ouargla (Aïn Beida, Rouissat, N'Goussa, Ouargla). Le questionnaire comporte principalement: l'identification de l'éleveur (état social, mode de vie, niveau d'instruction, ...), les pratiques d'élevage (caractéristique du cheptel, mode de conduite des troupeaux, productions, zones de parcours, ...). Le temps de réponse à ce questionnaire est de 15 min maximum. Le questionnaire est présenté en annexe 01.

- **Abattoir** : Nos passages répétés à l'unique abattoir de la ville de Ouargla nous a permis de recueillir des données concernant son organisation, de voir l'affluence des abattages camelins, les catégories d'animaux abattus, la procédure d'abattage. Le questionnaire est destiné aux responsables de l'abattoir, et aux agents y travaillants. Le temps de réponse à ce questionnaire est de 25 min maximum. Voir le questionnaire en annexe 02.

- **Bouchers** : Nous avons sélectionné aléatoirement 56 boucheries vendant la viande cameline et ayant voulu répondre à nos questions. Ils sont répartis sur différents sites caractérisés, par une forte production : marché d'El Ksar, Souk E'Sabet, marché Bel Abbès, Aïn Beida, Sidi Khouiled, Beni Thour, Rouissat, Al Mekhadema, N'Goussa, E'Shourfa et El Khafji. Cette partie vise à connaître le maillon de commercialisation de la viande cameline, dans la région de Ouargla. Une première partie du questionnaire, présenté

en annexe 03, concerne la production proprement dite (sources d'approvisionnement, volume des ventes, prix, qualité recherchée, transformation de la viande, clientèle, contraintes, ...), la deuxième partie évoque les perspectives de durabilité. Et la troisième partie a pour but d'informer sur la situation socio-professionnelle des bouchers (moyenne d'âge, niveau d'étude, formation sur les viandes, ...). Le temps de réponse à ce questionnaire est de 10 min maximum.

- **Consommateurs** : Le consommateur dernier maillon de la filière détermine l'évolution du marché. Sa connaissance est importante, pour l'établissement de stratégies de production permettant un développement de la filière. Nous avons approché 70 consommateurs (autochtones et non autochtones), ayant bien voulu répondre à notre interview. Ils sont interceptés à l'intérieur de la boucherie, afin d'avoir un échantillon représentatif des personnes achetant de la viande cameline. Le but du questionnaire est de comprendre principalement la place de la viande cameline, dans l'alimentation des consommateurs enquêtés par rapport aux autres viandes rouges. Il consiste à avoir une idée sur les motivations de cette consommation, les critères de choix lors de l'achat de la viande, les quantités consommées, leurs préférences culinaires, les modes de consommation, Voir le questionnaire en annexe 04.

I.5. Analyse statistique des données de l'enquête

Les données ainsi collectées ont fait l'objet d'analyses statistiques descriptives. Pour les variables quantitatives, nous avons calculé les moyennes et les fréquences. Donc, chaque réponse a été quantifiée par sa fréquence relative (ou son pourcentage), par rapport aux autres réponses. Le programme XLSTAT, 2014 a été utilisé pour le traitement statistique des données. Des représentations des données obtenues en courbes et diagrammes a facilité la lecture et l'analyse des résultats.

II. Démarche méthodologique de la partie caractérisation de la qualité de la viande

La démarche méthodologique adoptée pour la caractérisation de la qualité de la viande de dromadaire, au cours de la maturation est représentée dans la figure 14.

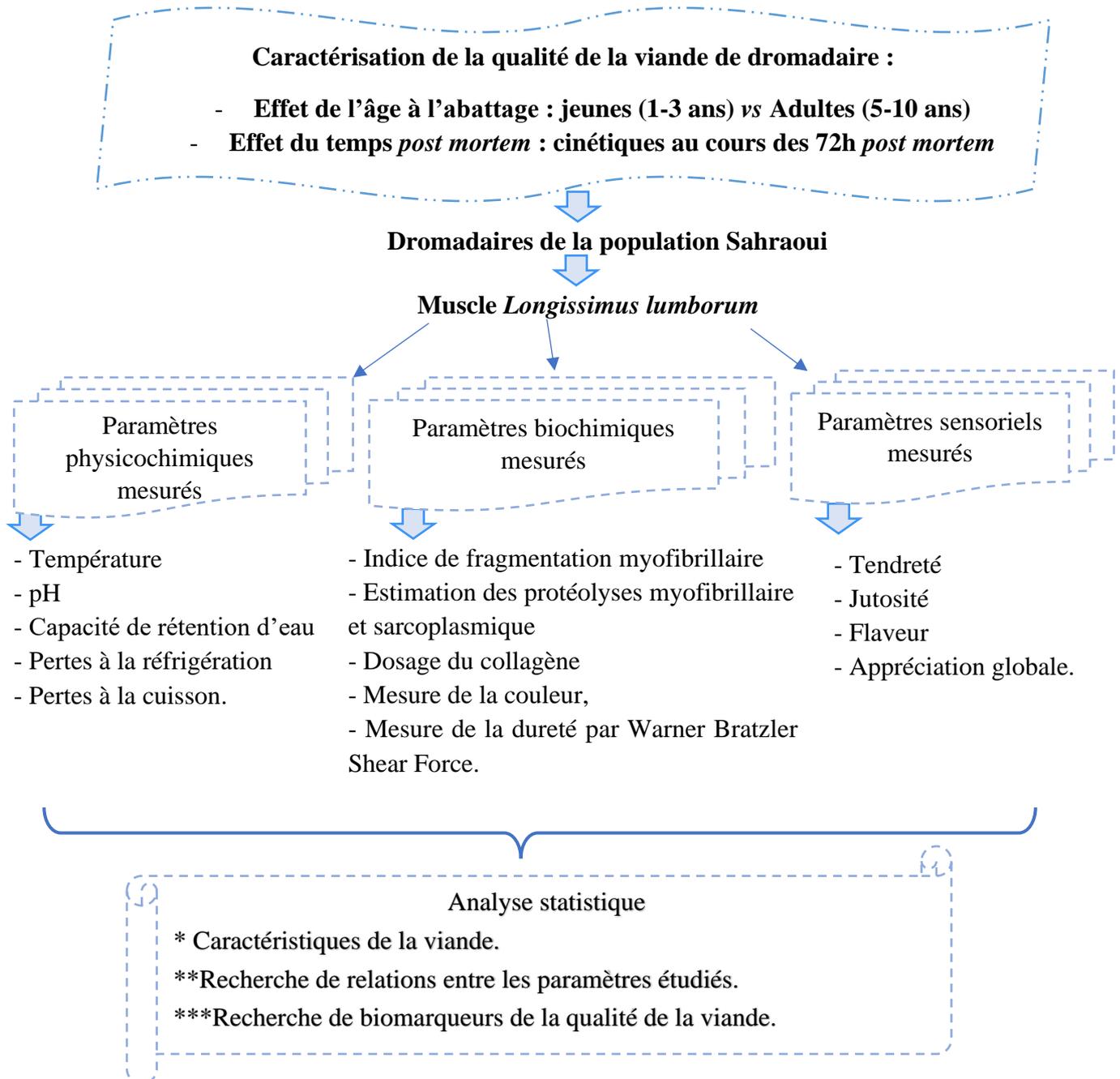


Figure 14. Démarche méthodologique choisie pour la caractérisation de la qualité de la viande de dromadaire

Dans cette partie seront présentées les différentes méthodologies de mesures et d'analyses utilisées, dans l'ensemble des travaux expérimentaux. L'organisation de ces différentes analyses et les plans expérimentaux spécifiques, pour chacune des expérimentations, seront présentés dans la partie « Résultats et discussions ».

II.1. Matériel biologique

L'ensemble des dromadaires ayant servi à la caractérisation de la viande, au cours des différentes expérimentations sont des mâles de la population Sahraoui élevés en système de gestion extensif. Ils ont été abattus, suivant le procédé algérien halal, au niveau de l'abattoir communal de Ouargla et destinés à la commercialisation, au niveau des boucheries de la wilaya.

II.2. Présentation de la population et des animaux étudiés

Des dromadaires de la population "Sahraoui" ont été utilisés, vu l'abondance de cette population au niveau des parcours limitrophes de la région de Ouargla. En outre, ils possèdent des caractéristiques anatomiques et productives intéressantes. En effet, le dromadaire Sahraoui se localise principalement dans le Sahara septentrional algérien, du grand erg occidental au centre du Sahara. Il est issu du croisement entre le dromadaire du type "Châambi" et le type "Ouled Sidi Cheikh" (Lasnami, 1986). C'est un animal médioligne, robuste, à pelage beige foncé, mi-long (figure 15). Il présente également l'avantage d'avoir des rendements élevés en carcasse, atteints à un âge précoce (Adamou, 2009, 2012).

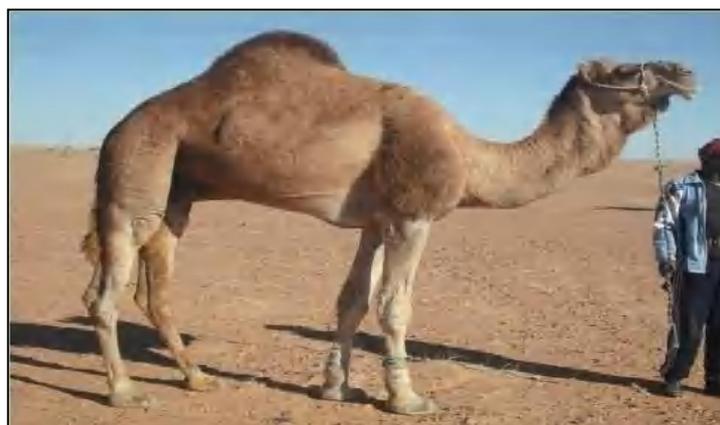


Figure 15. Dromadaire de la population Sahraoui

La caractérisation a porté sur la viande issue de dromadaires mâles. Il a été rapporté que le sexe de l'animal est un important facteur de variabilité de la qualité de la viande vue les différences anatomiques et physiologiques entre les mâles et les femelles (Zahedi *et al.*, 2016; Sahraoui *et al.*, 2017; Benaïssa *et al.*, 2021).

L'effet de l'âge à l'abattage des dromadaires sur la qualité de la viande a été étudié. Pour cela deux catégories d'âge ont été considérées, lors de l'échantillonnage, les dromadaires jeunes de 1 à 3 ans (n = 10) et les dromadaires adultes de 5 à 10 ans (n = 10). L'effet de l'âge à l'abattage des dromadaires a fait l'objet de quelques études (Dawood, 1995; Kadim *et al.*, 2006, 2009; Arabi *et al.*, 2013; Ibrahim *et al.*, 2015, 2017; Seid *et al.*, 2019; Suliman *et al.*, 2020). Cependant, les données concernant l'effet sur les populations locales sont très rares (Sahraoui *et al.*, 2017; Benaïssa *et al.*, 2021), voir même absentes, particulièrement, sur l'effet de l'évolution de la protéolyse, lors de la maturation.

II.3. Prélèvement et préparation des muscles

Les expérimentations ont porté sur le muscle *Longissimus Lumborum* (LL), qui est un muscle de référence, pour l'évaluation de la qualité de la viande des carcasses. En effet, le muscle *Longissimus lumborum* fait partie du muscle *Longissimus dorsi*. Ce dernier se trouve le long de la carcasse au niveau des vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires. Cependant, les variations des propriétés des muscles et leurs évolutions sont à prendre en considération, pour l'évaluation de la qualité de la viande des carcasses.

Des échantillons de muscle *Longissimus Lumborum* ont été prélevés, sur la dernière vertèbre lombaire des carcasses de dromadaires Sahraoui (figure 16). Le prélèvement est effectué, immédiatement après l'abattage et le découpage de la carcasse, entre 1h et 3h *post mortem*.



Figure 16. Échantillon de la dernière vertèbre lombaire utilisée pour le prélèvement du muscle *Longissimus lumborum*

La dernière vertèbre lombaire est transportée au laboratoire dans un sac plastique à l'intérieur d'une cuve isotherme. Au laboratoire, le muscle est désossé, paré du gras externe et du tissu conjonctif épimysial. Une partie du muscle est découpée en tranches immédiatement emballées, dans des sacs imperméables. Elles sont conservées à 12°C, pendant les 12h premières heures puis transférées à 4°C, durant les 72h suivant l'abattage et selon le protocole de Zamora *et al.*, (1996).

Les tranches de muscle serviront d'échantillons aléatoires pour l'étude de l'effet de l'âge et du temps *post mortem*, sur les paramètres physicochimiques et biochimiques de la qualité de la viande. Certains paramètres ont été analysés, sur des muscles frais et d'autres sur des muscles conservés à -20°C. Les paramètres physico-chimiques examinés sont :

- Suivi de la température ;
- Mesure du pH ;
- Capacité de rétention d'eau (WHC) mesurée par pression ;
- Perte en poids lors de la réfrigération (Drip Loss) ;
- Pertes à la cuisson à 48h.

Cependant, les paramètres biochimiques sont :

- Indice de Fragmentation Myofibrillaire (IFM) ;
- Protéolyse *post mortem* par SDS-PAGE et Western Blot ;
- Dosage du collagène ;
- Mesure de la dureté par Warner Bratzler Shear Force ;
- Mesure de la couleur.

L'autre partie du muscle a servi à l'évaluation sensorielle de la qualité de la viande à savoir, la tendreté, la jutosité, la flaveur, la cohésion et l'appréciation globale de la viande. Elle a été réalisée par un jury de dégustation. Les protocoles adoptés pour ces analyses sont détaillés ci-dessous.

II.4. Mesures des paramètres physico-chimiques, biochimiques et sensoriels

II.4.1. Température

Les muscles désossés, parés et coupés en tranches de 48g environ, ont été stockés dans des sacs plastiques imperméables, à l'intérieur d'une cuve remplie d'eau thermostatée à 12°C. Après 12h *post mortem*, ils ont été transférés à l'intérieur d'une cuve d'eau à 5°C. La température (°C) des échantillons est déterminée avant chaque prélèvement, par

insertion de la sonde du thermocouple (Minitherm HI8754, HANNA instruments, Singapore), au cœur du muscle. Trois mesures ont été effectuées pour chaque échantillon et la température relevée a été la moyenne des trois lectures réalisées.

II.4.2. Mesure du pH

Le pH a été mesuré, selon le protocole de Bendall (1973) et Jeacocke (1977). 1 g de muscle broyé a été homogénéisé, au poltron pendant 15 secondes, dans 10 ml de tampon contenant 5 mM d'iodoacétate de sodium et 150 mM de chlorure du potassium et ajusté à pH 7. La mesure a été réalisée sur l'homogénat obtenu à l'aide d'un pH mètre équipé d'une électrode combinée, en verre de type Hanna instrument (HI9812-5, Romania). La valeur du pH est la moyenne de trois essais pour chaque muscle. Le pH a été analysé, en cinétique au cours des premières heures *post mortem*.

II.4.3. Paramètres déterminant la jutosité de la viande

II.4.3.1. Mesure de la capacité de rétention d'eau par pression

La capacité de rétention d'eau a été évaluée par la méthode de papier filtre, selon le protocole de Grau et Hamm, 1953, modifiée par Ramírez *et al.*, (2004). 0,3 g de muscle intact est placé, sur un papier filtre cylindrique (Wathmann N°1), de 7 cm de diamètre. Ce dernier est installé entre deux plaques de plexiglass, puis un poids de 2,25 kg est appliqué, pendant 5 min (figure 17). Les cercles de la viande (M) et du jus relargué (T) sont alors soigneusement rapportés sur une feuille plastique transparente. Les aires de la tache de viande (M) et du liquide libéré (T) sont mesurées, à l'aide du logiciel de traitement d'image « Image J ». La capacité de rétention d'eau exprimée en cm²/g est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Capacité de rétention d'eau} = \frac{\text{Surface du papier filtre humidifiée (T)} - \text{Surface du muscle (M)}}{\text{masse du muscle}}$$

Ce paramètre est étudié en cinétique, pour chaque animal à 6, 8, 10, 12, 24, 48 et 72h *post mortem*, en 2 répétitions.



Figure 17. Mesure de la capacité de rétention d'eau par pression

II.4.3.2. Mesure de la perte de poids à la réfrigération

La perte de poids à la réfrigération (Drip loss, DL) a été déterminée, selon la méthode décrite par (Honikel, 1998). Des muscles, désossés et parés du gras et du tissu conjonctif, d'environ 50 g ont été pesés (P_1 étant le poids initial en g), puis suspendus, à l'intérieur de boîtes en plastique, à la température de 5°C. La boîte en plastique imperméable permet de minimiser les pertes de poids par évaporation. Le muscle frais entier est suspendu dans le sens des fibres, afin d'éliminer les forces externes, autres que la gravité, susceptibles d'intervenir dans la mesure. Au temps 24, 48, 72h *post mortem*, les muscles ont été essuyés et pesés à nouveau (P_2 étant le poids final en g).

La perte de poids à la réfrigération exprimée en pourcentage du poids initial a été mesurée, comme suit $DL (\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$.

II.4.3.3. Mesure de la perte de poids à la cuisson

La détermination du pourcentage des pertes en eau à la cuisson (cooking loss, CL) est effectuée, selon le protocole de (Grau et Hamm, 1953). Les muscles, pris à 48h, sont découpés en tranches de 1,5 cm et de poids d'environ 6 g (P_1), emballés dans des sacs de cuisson et cuits dans un bain marie thermostaté à 80°C, pendant environ 45 min. Après cuisson, les muscles ont été légèrement essuyés, avec du papier absorbant et pesés (P_2 étant le poids après cuisson).

Perte à la cuisson (%) = $\frac{(Poids\ avant\ cuisson\ (g) - Poids\ après\ cuisson\ (g)) \times 100}{Poids\ avant\ cuisson\ (g)}$.

II.4.4. Paramètres déterminant la dureté de la viande

II.4.4.1. Dosage du collagène

La concentration en hydroxyproline a été déterminée selon la méthode de Hutson, Crawford and Sorkness (2003), avec quelques modifications telles que rapportées par della Malva *et al.*, (2019). 1g de muscle a été homogénéisé, dans 1 ml de HCl à 6 M. Puis, 200 µl de cet homogénat ont été prélevés et additionnés de 3,8 ml d'HCl à 6 M et placés dans une étuve ventilée à 110°C, pendant 18h. Après hydrolyse et refroidissement des tubes, 4 ml de NaOH à 6 M ont été ajoutés. Des aliquotes de 900 µl ont été placés dans les tubes de chromatographie et additionnés de 50 µl sarcosine à 2 mM, dérivatisation ultérieure, selon le protocole modifié de Henderson *et al.*, (2000). Brièvement, 0,5 µl de l'échantillon a été mélangée avec 2,5 µl du tampon borate à 0,4 N (pH = 10,2) et 0,5 µl du réactif *o*-phthalaldehyde (OPA, Agilent Technologies ; Waldbronn, Germany) chélateur des amines primaires. Ce qui a permis aux amines secondaires telles que la proline et l'hydroxyproline, de réagir avec les autres fluorures, ainsi que 0,5 µl du réactif 9-Fluorenyl-Methyl-Chloroformate (FMOC, Agilent Technologies ; Waldbronn, Germany) et 32 µl d'eau bidistillée. 18 µl de cette solution ont été injectés, pour dosage en chromatographie liquide haute performance (HPLC). Les dérivés du FMOC sont mesurés par détection fluorescente et donnent des rendements extrêmement sensibles, à la teneur en hydroxyproline. Le système HPLC (1260 infinity series, Agilent Technologies ; Waldbronn, Germany) est équipé d'une pompe binaire avec un dégazeur micro-vide, un auto-échantillonneur, un compartiment à colonne, un détecteur à barrette de diodes (modèle G1315C) et un détecteur de fluorescence (modèle G1321B). La séparation a été réalisée sur colonne Zorbax Eclipse-AAA column, 4,6 x 150 mm x 3,5 µm (Agilent Technologies, USA). La température de la colonne était de 40 °C. La phase mobile est constituée d'une phase A de NaH₂PO₄ x H₂O à 40 mM, pH = 7,8 et un mélange d'eau, méthanol et acétonitrile (10:45:45 vol/vol/vol ; phase B). L'élution des échantillons a été réalisée à une vitesse de 2 ml/min, par gradient d'élution et le temps de réalisation était de 26 min. Le détecteur de fluorescence a servi à la détermination de l'hydroxyproline et de la sarcosine à 265 nm (excitation) et 305 nm (émission). La courbe d'étalonnage d'hydroxyproline a été réalisée, à l'aide d'étalons de concentrations 25, 50, 100, 250, 500, 750 et 1000 µM, dans l'eau, à partir d'une solution mère à 2 mM. 50 µl de sarcosine à 2 mM ont été ajoutés, à 900 µl d'étalons d'hydroxyproline. La quantité de collagène a été calculée, à partir de la

concentration en hydroxyproline multipliée, par le facteur de conversion 8. Elle est exprimée en mg par g de muscle frais.

II.4.4.2. Indice de fragmentation myofibrillaire (MFI)

L'indice de fragmentation myofibrillaire a été déterminé, selon le protocole modifié de Culler *et al.* (1978). Un échantillon de 2g de muscle a été broyé et homogénéisé au polytron pendant 30 secondes, dans 20 ml du tampon MFI froid (100 mM KCl, 1 mM EGTA, 1 mM MgCl₂ and 1 mM NaN₃, pH 7,0). L'homogénat a été centrifugé à 1000xg, pendant 15 min. Le surnageant a été jeté et le culot a été récupéré puis solubilisé avec 20 ml tampon MFI. Une seconde centrifugation a été réalisée, et le culot obtenu a été resolubilisé, dans 10 ml du tampon MFI puis filtré pour éliminer le gras et le tissu conjonctif. Le filtrat a servi, pour le dosage spectrophotométrique des protéines, par la méthode de Biuret. La concentration en protéines des échantillons a été ajustée à 0,5 mg/ml et leurs absorbances ont été immédiatement lues à 540 nm. L'indice de fragmentation myofibrillaire était calculé en multipliant l'absorbance à 540 nm fois 200.

II.4.4.3. Estimation de la protéolyse *post mortem*

Pour l'estimation de la protéolyse *post mortem*, nous avons procédé à l'extraction des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques et leurs dosages, suivis de la séparation de ces protéines par SDS PAGE et leurs quantifications par densitométrie, et enfin la révélation des protéines qui nous intéressent par Western Blot. La figure 18 illustre les différentes étapes suivies pour l'estimation de la protéolyse *post mortem*. Les protocoles adoptés pour chaque étape sont détaillés ci-dessous.

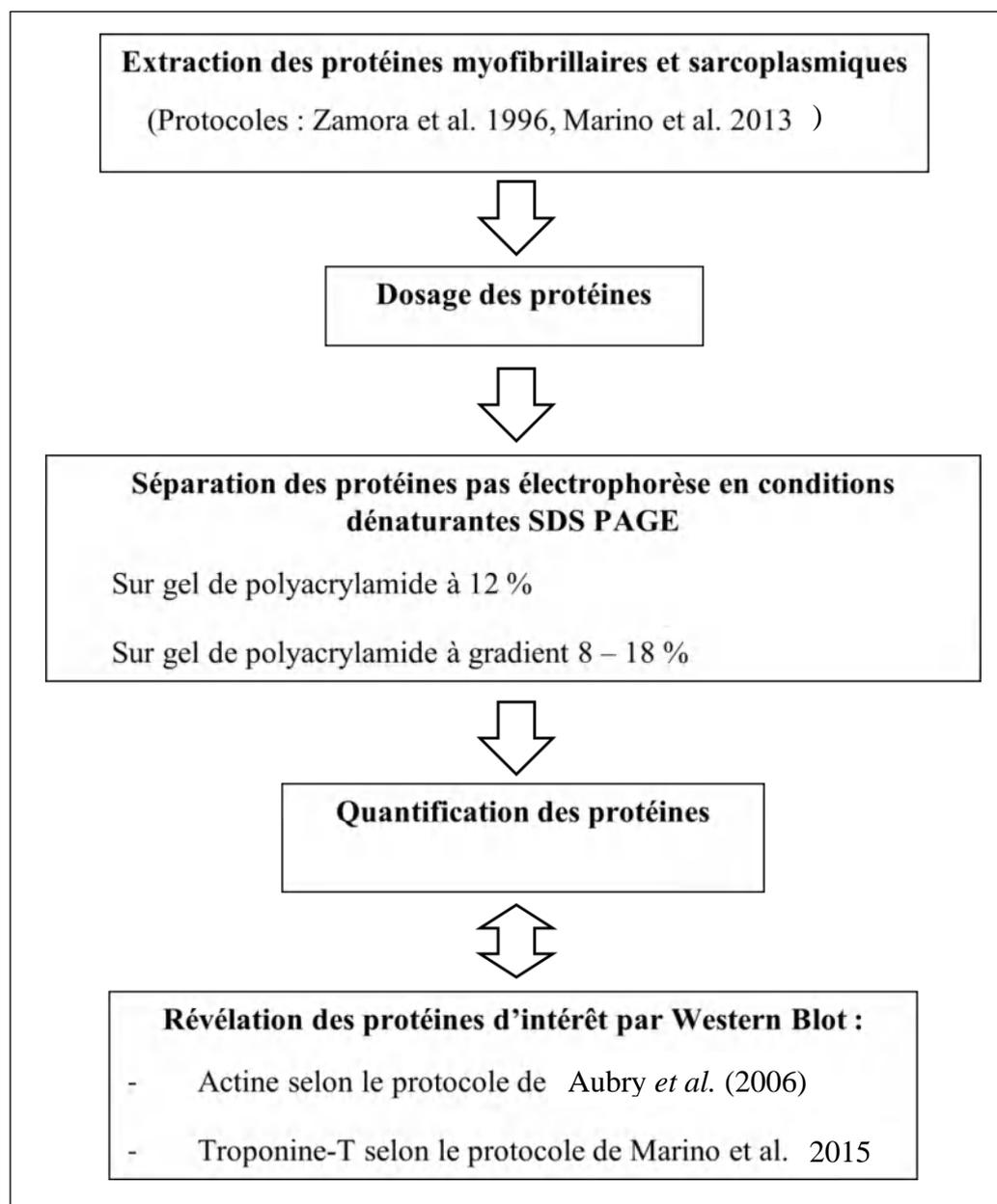


Figure 18. Etapes de l'estimation de la protéolyse *post mortem*

II.4.4.3.1. Extraction des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques

L'extraction des protéines myofibrillaires a été réalisée avec deux méthodes différentes. La méthode adoptée de Zamora *et al.*, (1996) et de Becila *et al.*, (2010) a été utilisée pour l'étude de la dégradation de l'actine. Par la suite, la méthode d'extraction, selon Marino *et al.*, (2013) a été appliquée, pour l'étude de la dégradation de la troponine T. Cette dernière permettait d'avoir un minimum de pertes en protéines mais aussi, la récupération des protéines sarcoplasmiques.

Selon les protocoles de Zamora *et al.*, (1996) et Becila *et al.*, (2010), les extraits bruts de muscles ont été préparés en homogénéisant au polytron, 1g de muscle haché, dans 10 volumes de solution de Ringer (NaCl 150 mM, KCl 25 mM, MgCl₂ 3mM, EDTA 4 mM, pH 6,5). Après 30 min d'extraction, l'homogénat a été filtré puis centrifugé à 4 000 xg, pendant 15 min. Le culot a été lavé, deux fois avec une solution de KCl 50 mM, MCE 5 mM, EDTA 1 mM à pH 6,5. Une aliquote du culot a par la suite, été dosée, puis mise en suspension dans une solution de Tris-HCl 30 mM, 4% de SDS, 1% de Dithiothreitol (DTT) à pH 6,8. Le DTT permet la réduction des ponts disulfures intramoléculaires et des groupements thiols des protéines extraites. Alors que, le SDS (détergent anionique) dissocie les protéines, en leurs chaînes polypeptidiques, leur conférant une forme de micelles chargées négativement. Les protéines solubilisées ont été ultérieurement, chauffées à 100°C, pendant 5 minutes, afin d'éliminer la protéolyse bactérienne, les protéases ainsi que la réduction des ponts disulfures résiduels. Les extraits protéiques ont été conservés à -20°C, jusqu'à analyse.

Selon le protocole de Marino *et al.*, (2013, 2014) (voir figure 19), l'extraction a été réalisée sur 2,5 g de muscle congelé, découpé en petits morceaux (sans gras, ni tissu conjonctif) puis homogénéisé à l'aide d'un Ultra Turrax à 10 000 rpm, dans 10 ml de tampon phosphate (KH₂PO₄) à 0,03 M (pH = 7), pendant 2 x 2 min. L'homogénéisation se fait à basse température pour éviter la dénaturation des protéines. Une centrifugation à 8 000 x g, a été effectuée, pendant 20 min à 4°C. Le surnageant, représente les protéines sarcoplasmiques, a été récupéré et conservé à -80°C. Le culot a été lavé, par ajout de 20 ml d'eau distillée puis recentrifugé, 2 fois, dans les mêmes conditions, en fonction de l'élimination de la myoglobine, plus de lavages peuvent être faits. 0,1 g du culot a été resuspendu, dans 1 ml de tampon d'extraction des protéines myofibrillaires (8,3 M Urée, 2 M Thio-urée, 64 mM Dithiothreitol, 2 % Cholamidopropyl dimethyl hydroxypropane sulfonate, 2% Nonidet P-40, 10% Glycérol and 20 mM Tris-HCl, pH 8) (annexe 05.1), vortexé, puis mis sous agitation rapide, pendant toute la nuit, pour une extraction complète des protéines myofibrillaires. L'agitation permet la solubilisation complètement du culot, s'ensuit une centrifugation, à 15 000 x g à 10°C, pendant 20 min. Les protéines myofibrillaires extraites ont été, par la suite transférées dans les cryotubes. Les échantillons sont conservés, à -80°C jusqu'à utilisation. Après dosage des extraits, les échantillons ont été solubilisés, par addition du tampon de solubilisation (0,6 M Tris-HCl, 2% SDS, 10%

Glycérol, pH 6,8), à 100°C dans un bain d'eau, pendant 5 min, avec addition de 10 µl de β-mercaptoéthanol.

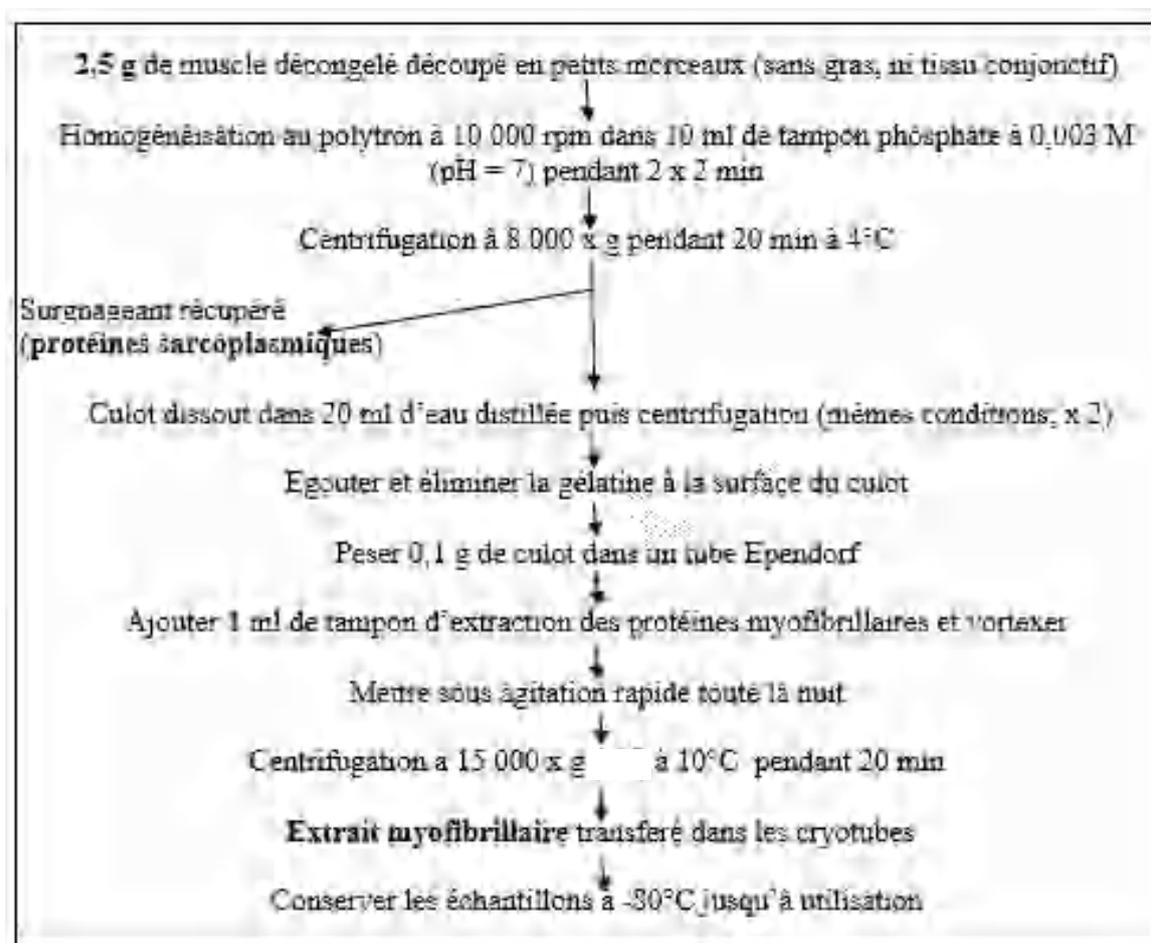


Figure 19. Extraction des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques, selon le protocole de Marino *et al.*, (2013)

II.4.4.3.2. Dosage des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques extraites

La quantification des protéines extraites est indispensable, avant leur solubilisation afin de pouvoir réaliser la séparation par électrophorèse monodimensionnelle.

Le dosage a été réalisé avec le kit 2-D Quant Kit (GE Healthcare) utilisé, pour la détermination précise de la concentration protéique. La densité de la coloration est inversement proportionnelle à la concentration protéique. L'essai a une réponse linéaire à des concentrations protéiques de 0 - 50 µg. La courbe d'étalonnage a été préparée avec une solution mère d'albumine, à base de sérum bovin (BSA) à 2 mg/ml (annexe 05.2).

II.4.4.3.3. Séparation des protéines par électrophorèse, en conditions dénaturantes (SDS PAGE)

Les profils protéolytiques des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques des extraits musculaires ont été estimés à différents temps *post mortem* par des électrophorèses monodimensionnelles, en conditions dénaturantes, sur des gels de polyacrylamide à 12,5% suivant le protocole de Laemmli, 1970 et sur des gels de polyacrylamide, à gradient 8-18% préparés, selon le protocole de (Marino *et al.*, 2013).

L'électrophorèse sur gel de polyacrylamide en présence de dodécylsulfate de sodium (SDS PAGE) sépare les protéines réduites et entièrement dépliées sous l'action d'un champ électrique à une vitesse proportionnelle à leur masse moléculaire. Le gel de polyacrylamide est formé par la polymérisation de l'acrylamide avec l'agent de réticulation, bisacrylamide, en présence d'un catalyseur (TEMED : N, N, N', N'-Tétraméthyléthylènediamine) et d'un agent initiateur (persulfate d'ammonium).

Pour l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide à 12,5% réalisée, suivant le protocole de Laemmli, 1970, les gels utilisés ont un rapport bisacrylamide/acrylamide de 1/37,5. Le gel de séparation et de concentration contiennent respectivement 12,5% et 7,5% d'acrylamide, pour plus de détails, sur les solutions et la préparation des gels (Voir annexe 05.4).

Un volume d'environ 7 μ l de chaque échantillon est déposé dans les puits formés par le gel. La migration est réalisée dans un tampon de migration à pH 8,3 (contenant 0,025 M Tris, 0,192 M glycine, 0,1% SDS, 0,05% β -mercaptoéthanol), sous une tension de 80V, en premier lieu puis 160V. En fin de migration, le gel est fixé, coloré puis décoloré (Voir annexe 05.4.8 et 05.4.9).

Les protéines de références pré-marquées à poids moléculaires connus ont été employées (Annexe 05.4.10), afin de pouvoir tracer la courbe d'étalonnage du gel. Cette courbe indique le logarithme décimal du poids moléculaire des protéines de référence, en fonction de leur mobilité sur le gel $\text{Log PM} = f(\text{Rf})$. Le rapport frontal de migration (Rf) est le rapport entre la distance parcourue par la protéine et la hauteur totale du gel à parcourir. La courbe d'étalonnage permet de calculer le poids moléculaire des protéines séparées sur le gel. La lecture des gels a été réalisée avec le logiciel UN-SCAN-IT gel 6.1 (Silk Scientific Corporation, USA).

L'électrophorèse sur gel de polyacrylamide (SDS-PAGE) à gradient 8-18% réalisée, selon le protocole de Marino *et al.* (2013) a servi à une meilleure résolution de la séparation des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques. Les solutions et les tampons utilisés pour la préparation des gels sont présentés en annexe 05.3.1. Les solutions de séparation et de concentration du gel à gradient ont été coulées à l'aide d'un dispositif mélangeur, muni de chambre de mélange et de pompe, dans les plaques d'électrophorèse du dispositif Protean II xi system (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA). Le gradient linéaire formé a un effet d'affûtage, sur les bandes « sharpening effect ». On a eu recours à 10 µl des échantillons pour analyse. La migration a été réalisée en système continu (annexe 05.3.2).

Les gels ont été colorés au bleu de Coomassie G250, puis décolorés (annexe 05.3.3 ; 05.3.4). L'acquisition des images des gels a été accomplie, à l'aide de Chemi Doc EQ system (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA) en mode conversion d'écran en lumière blanche. Puis les images ont été analysées, avec le logiciel Image lab (version 5.2.1, Bio-Rad Laboratories). Le poids moléculaire des protéines a été déterminé, à l'aide de protéines de référence de poids moléculaires connus (precision plus protein standard-broad range, Bio-Rad, Laboratories, Hercules, CA).

La quantification des protéines par densitométrie a été réalisée avec le logiciel d'analyse d'image Image Lab (version 5.2.1, Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA). La quantité relative de chaque bande protéique a été déterminée, comme le pourcentage de l'intensité du signal des bandes définies dans une colonne (un puits).

II.4.4.4. Mise en évidence de la dégradation de l'actine et de la troponine T par Western Blot

Le Western Blot est une technique immunologique permettant la détection d'une seule protéine parmi d'autres, préalablement séparées par électrophorèse, sur gel de polyacrylamide et transférées sur une membrane. L'emploi d'anticorps spécifiques, à la protéine d'intérêt permet sa révélation. L'anticorps reconnaît la protéine mais également ses fragments qui gardent leurs sites antigéniques. Un anticorps secondaire est utilisé pour la visualisation chimiluminescente ou chromogène de l'emplacement de fixation de l'anticorps primaire (Wrolstad *et al.*, 2005).

II.4.4.4.1. Mise en évidence de l'actine

L'actine est l'une des premières protéines structurales du muscle dégradée lors de l'apoptose. L'étude de sa dégradation, au cours du temps *post mortem* est réalisée par Western Blot, selon le protocole de Aubry *et al.* (2006).

Les protéines myofibrillaires extraites et préalablement séparées sur gel de polyacrylamide, en conditions dénaturantes sont transférées sur une membrane en PVDF (Poly-Vinylidène Di-Fluoride). Le gel de polyacrylamide démoulé est placé sur un blotting paper (Amersham 80-6205-40) puis la membrane de transfert Immobilon PVDF (Sigma P2563), est préalablement trempée dans de l'éthanol pendant 5 min puis dans le tampon de transfert pendant 5 min, puis placée au-dessus du gel. Enfin, le tout est recouvert d'un blotting paper imbibé du tampon de transfert. Ce sandwich de transfert permet l'électrotransfert semi sec. Les protéines chargées négativement passent du gel vers la membrane, en présence du courant électrique (figure 20). Les blotting paper, le gel et la membrane PVDF sont préalablement trempés dans le tampon de transfert (96 mM Tris base, 78 mM glycine et 20% éthanol) qui permet le passage du courant électrique, à travers le sandwich.

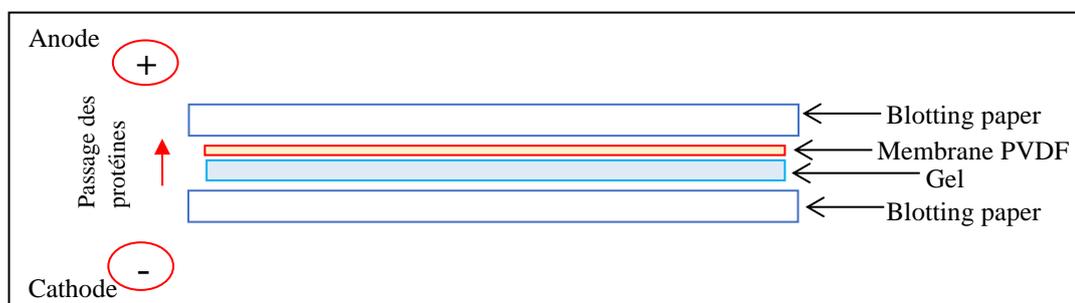


Figure 20. Schéma illustrant l'électrotransfert des protéines

Le transfert est réalisé dans une cuve de transfert (Thermo-scientific OWL, HEP-1), sous une tension de 10V, pendant 30 min pour un gel de surface 9 x 6 cm (Figure 21).



Figure 21. Appareil d'électrotransfert utilisé pour le Western Blot révélant l'actine

Après transfert, la membrane PVDF contenant les protéines transférées est saturée par immersion, dans un tampon de saturation. Le tampon contient 10% de Phosphate Buffer Saline (PBS) à 10X (1,37 M NaCl, 27 mM KCl, 16,3 mM Na₂HPO₄, 12H₂O et 11,5 mM K₂HPO₄) additionné à 10% de lait écrémé en poudre et 0,1% de Tween 20. La saturation pendant 12 heures, à 4°C permet d'éviter les liaisons non spécifiques de l'anticorps. Afin d'éliminer l'excès du tampon de saturation et de rendre le pH et la force ionique du milieu approprié pour l'interaction avec l'anticorps, deux lavages de la membrane ont été réalisés, pendant 5 minutes avec le tampon de lavage. Ce dernier contient 10% PBS 10X, 1% lait écrémé en poudre et 0,1% de Tween 20 (pH = 7,4). On procède par la suite à l'incubation de la membrane, pendant 1 heure, dans le tampon de lavage, contenant une dilution au 1/500^{ème} de l'anticorps primaire polyclonal anti-actine produit, chez le lapin.

Quatre lavages de 5 minutes dans le tampon de lavage éliminent l'anticorps primaire non lié à l'antigène et préparent la membrane à l'incubation avec l'anticorps secondaire. L'anticorps secondaire utilisé est un anticorps de chèvre anti-IgG de lapin marqué à la phosphatase alcaline. Une dilution au 1/2000^e dans le tampon de lavage est utilisée. L'incubation pendant 1 heure 30, à l'abri de la lumière, permet la fixation de l'anticorps secondaire, à l'anticorps primaire. Les lavages, à 4 fois 5 minutes, dans le tampon de lavage et 2 fois 2 minutes dans du PBS 1X sans lait ni tween, éliminent les anticorps secondaires non attachés.

La révélation des sites de fixation de l'anticorps secondaire se fait par la mise en contact de la membrane, avec 1,5 ml du substrat chimiluminescent Lumiphos (de chez Pierce), pendant 5 minutes. La phosphatase alcaline fixée à l'anticorps secondaire élimine

les groupements phosphate du dioxétane (constituant essentielle du Lumiphos) et génère un composé instable qui se décompose, en deux cétones, dont l'un est dans un état excité et émet des photons à 477nm (Garman, 1997). Les photons permettent l'impression d'un film photosensible (Amersham Pharmacia) par exposition de ce dernier, sur la membrane égouttée et protégée, entre deux feuilles plastiques (Figure 22). L'exposition se fait dans une chambre noire munie d'une lumière rouge, pendant un temps de 5 à 20 minutes. Le temps d'impression est ajusté, en fonction de la qualité du signal. La révélation du signal sur le film autoradiographique se fait par l'immersion de ce dernier, dans un bac contenant un révélateur photo pendant 15 secondes, suivie d'un rinçage avec l'eau du robinet et d'une fixation pendant 30 secondes dans un fixateur photo et enfin dans l'eau.

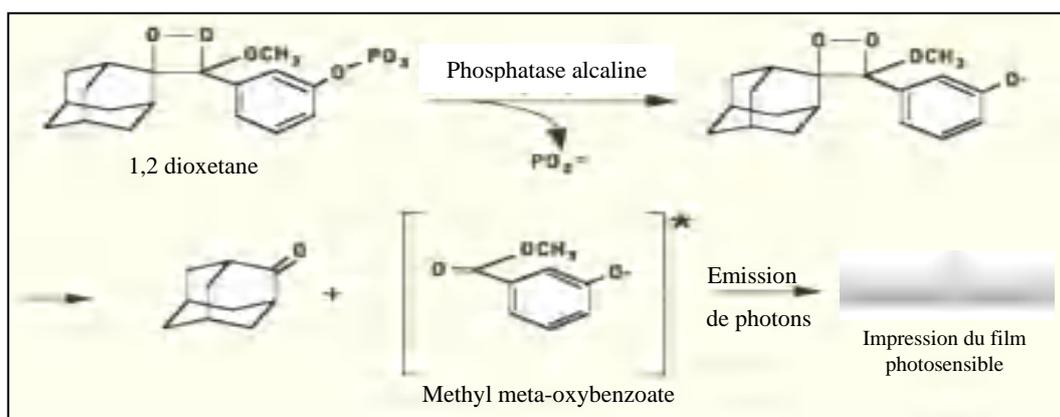


Figure 22. Principe de la révélation par chimiluminescence (Garman, 1997)

Les gels d'électrophorèse et les films du Western Blot sont scannés avec un scanner type EPSON et analysés, à l'aide d'un logiciel de numérisation des gels et des graphes (UN-SCAN-IT gel 6.1, Silk Scientific Corporation, USA). Afin de minimiser les biais, les gels sont traités sans références et des répétitions sur différents animaux sont effectuées.

II.4.4.4.2. Mise en évidence de la troponine T

La Troponine T est connue pour être, l'une des protéines myofibrillaires les plus étudiées et reconnue comme marqueur d'attendrissage et de qualité de la viande chez différentes espèces.

Le Western Blot de troponine T (TNNT) a été réalisé, selon le protocole de Marino, della Malva & Albenzio (2015). Les protéines myofibrillaires ont été séparées sur gels d'acrylamide à 12%, à l'aide de support Mini-protean Tetra cell (Bio-Rad Laboratories,

Hercules, CA), voir annexe 6, pour les solutions utilisées. La quantité de chargement de l'échantillon était de 15 μ l et 5 μ l, pour les protéines de référence. La migration a été exécutée à voltage constant (50V pour chaque gel), pendant environ 2h.

Les protéines séparées ont été transférées sur une membrane de nitrocellulose (Mini format, 0.2 μ m nitrocellulose, Bio-Rad Laboratories). Pour cela, le gel a été placé en contact direct avec la membrane et enveloppé dans deux papiers filtres. Les bulles d'air ont été éliminées, en appuyant sur le papier filtre. L'électro-transfert semi-sec a été effectué, à l'aide du dispositif Trans-blot turbo transfer pack (Bio-Rad Laboratories), pendant 5 min à 25V/2.5A. Par la suite, la membrane a été retirée et placée dans le film transparent en indiquant la partie supérieure, puis conservée à -20°C.

Les membranes ont été saturées avec 50 ml de solution saline tamponnée au Tris (TBS) contenant 5% de BSA et 0,05% de Tween-20, et sous agitation pendant 60 minutes puis rincées avec du TTBS, et toujours sous agitation, pendant 5 minutes.

Des membranes sont incubées pendant 60 minutes, dans une solution d'anticorps primaire au 1/40 000, l'anticorps est monoclonal anti-troponine T produit chez la souris (JLT-12 SIGMA). Cinq cycles de lavage au TTBS, chacun sous agitation, durant 10 minutes ont été effectués.

Les membranes ont été par la suite incubées pendant 60 minutes avec la solution d'anticorps secondaires conjugués, à la peroxydase à la dilution 1/30 000. L'anticorps utilisé est un anti-mouse IgG produit chez la chèvre (goat anti-mouse- HRP, No 2554 ; Sigma-Aldrich, St Louis). Il est également nécessaire de révéler le standard (les protéines de référence), c'est pourquoi 1 μ L de STREPTACTIN-AP-CONJUGATE a été ajouté tous les 10 ml de solution. Après cette opération, six cycles de lavage au TTBS, chacun sous agitation et d'une durée de 10 minutes ont été opérés.

Après le dernier lavage de la membrane blot se révèle, l'excès de solution de lavage a été éliminé et la membrane placée sur un film transparent. On y ajoute, dans l'obscurité, 7 ml de la solution révélatrice du kit Clarity western ECL (Bio-Rad Laboratories), ensuite couvrir et laisser la réaction pendant 5 min, puis éliminer l'excès de la solution révélatrice et puis recouvrir la membrane, d'un autre film transparent.

L'acquisition des images s'est faite à l'aide du système Chemi Doc EQ, après focalisation de l'instrument (Figure 23), en chimiosensibilité (trans-UV) et avec précision des paramètres d'acquisition de l'image. La lecture des blots s'est établie, à l'aide du logiciel Image Lab pour la détermination de l'intensité du signal des bandes protéiques intactes et de leurs fragments.



Figure 23. Instrument d'acquisition d'images Chemi Doc EQ, BioRad

II.4.4.5. Mesure de la dureté par Warner-Bratzler

Pour la mesure de la force de cisaillement par Warner-Bratzler, des morceaux de muscles ont été décongelés et découpés en 5 petits morceaux, avec des côtés à angle droit et une section transversale de 1 cm² coupée parallèlement, dans la direction des fibres musculaires. Chaque morceau de viande a été cisailé perpendiculairement, aux fibres à l'aide d'une lame en forme de V munie d'une cellule de charge de 500 N, à une vitesse de 100 mm/min. La force maximale (kg) nécessaire pour couper l'échantillon de viande en deux, perpendiculairement à sa longueur, représente la force de cisaillement Warner-Bratzler (WBSF). Elle a été enregistrée à l'aide de la machine d'essai universelle Instron 3343 (Instron Ltd., High Wycombe, Royaume-Uni). Cette analyse mécanique attribue une mesure de dureté à la viande, exprimée en kg / cm², à chaque échantillon de muscle.

II.4.5. Mesure de la couleur

La couleur de surface de la viande a été mesurée, au moyen du colorimètre Minolta CR-400 (KONICA MINOLTA, Osaka, Japon), sur des morceaux de viande de 1 cm d'épaisseur, après décongélation à 4°C, pendant 1 h selon les conditions du CIE (CIE, 1976). Les résultats ont été exprimés en L* (luminosité), a* (rougeur) et b* (jaunissement).

Les valeurs des coordonnées de chromaticité a^* et b^* ont été utilisées pour déterminer la saturation (C^*) = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ et l'angle de teinte (H°) = $\tan^{-1} (b^*/a^*)$. Pour chaque échantillon de viande, cinq mesures ont été enregistrées à 6h et 24h *post mortem*.

II.4.6. Appréciation sensorielle de la qualité de la viande

Les qualités sensorielle et hédonique de la viande sont estimées selon : la tendreté, la jutosité, la flaveur (intensité de la flaveur de la viande), la présence de flaveur anormale, la cohésion, la mastication, la présence de résidus après mastication et l'appréciation globale. L'évaluation a été réalisée selon le protocole adapté de Dubost *et al.*, (2013). La viande issue des dromadaires (LL), à 3h *post mortem* est conservée à 5°C jusqu'à 48h puis découpée en morceaux identiques (3 cm de longueur, 1,5 cm d'épaisseur, 2 cm de largeur). Ils sont cuits dans de l'eau bouillante à 100°C. Le cœur de la viande doit atteindre 80°C, ce qui nécessite environ 45 min. L'évaluation des attributs est effectuée sur une échelle de dix points, non graduée (de 0 = dure, non juteuse, faible flaveur, flaveur anormale nulle, faiblement cohésif, facile à mâcher, absence de résidus, je n'apprécie pas ; à 10 = extrêmement tendre, extrêmement juteuse, forte flaveur, flaveur anormale forte, très cohésif, extrêmement difficile à mâcher, présence importante de résidus, appréciation globale excellente). L'évaluation a été réalisée par un jury de dégustation de 12 personnes jeunes, âgées en moyenne de 23 ans et initiées à l'analyse sensorielle du fait de leur formation. Le formulaire d'évaluation sensorielle est présenté en annexe 06.

II.5. Analyses statistiques

L'ensemble des données ; paramètres physicochimiques (pH, WHC, DL, pertes à la cuisson), quantification des protéines par densitométrie des SDS PAGE et des Western Blot, MFI, dosage du collagène, mesure WBSF, mesure de la couleur et l'évaluation sensorielle ont été étudiées dans différents contextes, suivant différentes approches d'analyses.

II.5.1. Analyse descriptive des paramètres suivis en cinétique

Les paramètres de la qualité de la viande suivis, en cinétique au cours du temps *post mortem* ont été présentés sous forme de moyenne \pm écart type.

L'évolution du pH a été modélisée, comme décrit par Zamora *et al.*, (1996), en utilisant un modèle de décroissance exponentielle, en fonction du temps *post mortem* : $\text{pH} = a - b \times \exp(-c \cdot t)$, a est la valeur ultime du pH, b l'étendue de son déclin, c le taux de son déclin, t le temps *post mortem* (h). Les paramètres a , b , c ont été calculés en minimisant la somme des carrés des résidus, à l'aide de la méthode non linéaire.

II.5.2. Analyse de variance à deux facteurs (effets âge et temps *post mortem*)

Une analyse de variance a été réalisée pour étudier les effets de l'âge à l'abattage, du temps *post mortem* et de l'interaction âge à l'abattage x temps *post mortem* sur les différentes propriétés de la qualité de la viande étudiées.

Toutes les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA), la procédure GLM du logiciel statistique SAS (SAS Institute, 2013) a été employée. Le modèle mathématique comprenait l'effet fixe de l'âge, du temps *post mortem* et de l'interaction âge x temps *post mortem*, et l'erreur résiduelle aléatoire. Les résultats sont présentés sous forme de moyennes des moindres carrés des données pour chaque groupe d'âge. La variabilité des données est exprimée par l'erreur standard de la moyenne (SEM). Tous les effets ont été testés pour leur signification statistique ($p < 0,05$) qui ont été signalés. Lorsque des effets significatifs ont été trouvés ($p < 0,05$), le test LSD de Fisher a été adopté, pour localiser les différences significatives entre les moyennes.

L'abondance quantifiée de l'actine et de ses produits de protéolyse a été soumise à une analyse de variance, à l'aide du logiciel XLSTAT version 2014. Les effets de l'âge, du temps *post mortem* et les effets combinés (âge x temps) ont été testés pour leurs significations statistiques ($p < 0,05$). Lorsque des effets significatifs ont été détectés ($p < 0,05$), le test de Tukey (HSD) a été utilisé pour localiser les différences significatives entre les moyennes.

L'analyse des corrélations et l'analyse en composantes principales des divers paramètres étudiés ont été réalisées afin de mettre en évidence d'éventuels biomarqueurs de qualité pour la viande du dromadaire Sahraoui. Les biomarqueurs de la qualité de la viande en question sont en rapport avec les différents traits de la qualité sensorielle.

II.5.3. Analyse des corrélations

Les corrélations entre protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques, l'évaluation sensorielle, pH et le MFI sont calculées, grâce à la procédure CORR de SAS, par un script écrit spécifiquement pour cette tâche. Ce script calcule les coefficients de Pearson et la p -value associée. Les corrélations significatives sont supposées lorsque $p < 0.05$.

II.5.4. Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée à une matrice de 18 variables (pH, MFI, WHC, MYH = chaîne lourde de myosine, ACTN = alpha-actinine, DES = desmine, ACTA = actine, TNNT = troponine T, TPM = tropomyosine, 30 kDa = fragment de 30 kDa, MLY1 = chaîne légère de myosine 1, TNNI = troponine I, sMYL2 = chaîne légère de myosine lente 2, fMYL2 = chaîne légère de myosine rapide 2, PGM = phosphoglucomutase, ENO = émolase, CK = créatine kinase, MB = myoglobine), par la procédure PRINCOMP de SAS, en vue de l'étude des principales tendances de variation des caractéristiques de la qualité de la viande des dromadaires adultes et jeunes, au cours du temps *post mortem*. Les 2 composantes principales les plus significatives ont été analysées .

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Préambule

La situation de la filière viande de dromadaire et les caractéristiques de la qualité de la viande seront présentées en deux parties.

La première partie exposera les résultats de l'analyse de la filière viande cameline à Ouargla et la perception de cette viande par le consommateur. Il s'agit, dans un premier temps, de caractériser les différents segments de points de vue sociodémographique et économique et dans un deuxième temps, d'identifier l'importance de la viande cameline et les critères de son appréciation pour le consommateur.

La seconde partie exposera les caractéristiques de la viande du dromadaire Sahraoui, et les effets de l'âge à l'abattage et du temps *post mortem* sur ces dernières. Des biomarqueurs potentiels de la qualité sont proposés ainsi que, des réflexions quant à l'amélioration de la qualité de la viande et de l'image du produit.

I. Caractérisation de la filière viande cameline dans la région de Ouargla

I.1. Segment de l'élevage

I.1.1. Situation socio-économique des éleveurs

L'élevage camelin est détenu, selon les éleveurs approchés, par une population de chameliers, dont l'âge varie de 22 ans à 80 ans, avec environ 78 % des enquêtés ayant plus de 45 ans, et dont 40 % sont des sexagénaires et plus. Ces résultats sont comparables aux résultats de classification des éleveurs par catégorie d'âge rapportés par Bedda (2014), ayant observé que 90 % des éleveurs enquêtés avaient plus de 45 ans, dont 57 % des chameliers étaient des sexagénaires et plus.

Concernant le niveau d'instruction des éleveurs, 37,5 % des éleveurs enquêtés sont analphabètes, le reste ont des niveaux primaire, moyen et secondaire représentant 34,37%, 21,88% et 6,25% respectivement. Cependant, la majorité des éleveurs enquêtés (59%) ont plus de 40 ans d'expérience dans le domaine de l'élevage camelin (voir la figure 24). Le nombre d'années d'expérience est lié à l'âge de l'éleveur et à l'environnement dans lequel il a vécu. Ces deux éléments socioprofessionnels dénotent la difficulté de ce domaine professionnel qui a un aspect familial et héréditaire.

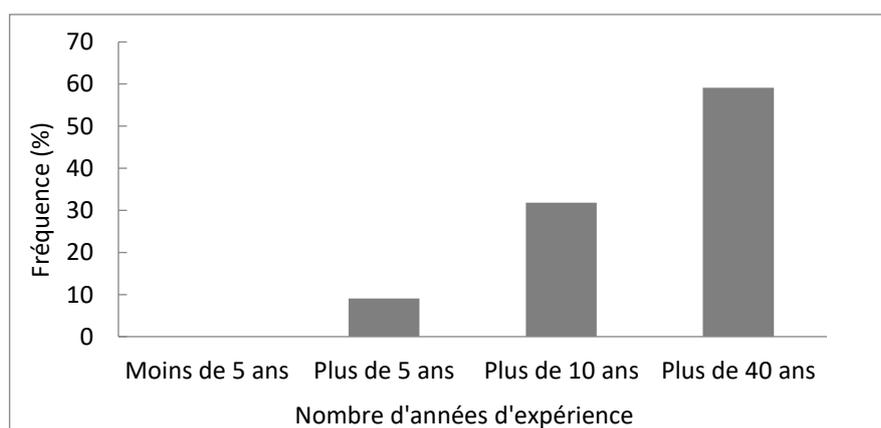


Figure 24. Nombre d'années d'expérience dans l'élevage camelin des éleveurs enquêtés

Quatre-vingt-dix pour cent des chameliers enquêtés sont membres de la chambre d'agriculture, 87 % sont adhérents à des associations jouant un rôle actif dans la réunion des éleveurs, le recensement des éleveurs et des animaux, la déclaration de maladies et la

fourniture et la distribution de médicaments. Parmi ces dernières : El Wifak Li Morabi El Ibil (الوفاق لمربي الابل), Safinat El Sahara (سفينة الصحراء), Sibak El Maher Nadi Siyahi (سباق المهر النادي السياحي).

Quarante-quatre pour cent des éleveurs ont déclaré avoir recouru à d'autres activités rémunérées (agriculture, entrepreneuriat, ...), en raison du maigre profit, issu de l'élevage camelin, vu sa reproduction lente. Seuls 25% des éleveurs enquêtés sont contractants avec des boucheries pour la vente des camélins, en vue de production de viande.

I.1.2. Conduite du cheptel

Uniquement 28% des éleveurs enquêtés font exclusivement de l'élevage camelin. Cependant, la majorité (72 %) pratique un élevage mixte. En plus du camelin, 41% font de l'élevage de petits ruminants (ovins et caprins). 32% font en plus, de l'élevage des petits ruminants, celui de volailles. La figure 25 montre la prévalence de chacune des espèces chez les éleveurs enquêtés.

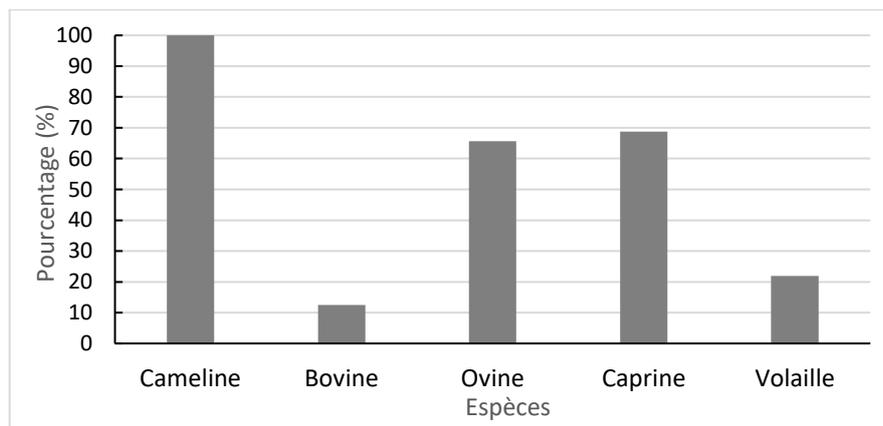


Figure 25. Espèces animales élevées par les éleveurs enquêtés

Dans la région de Ouargla, le caprin et l'ovin sont les élevages dominants. L'élevage caprin est particulièrement pratiqué puisque cette espèce s'adapte aux conditions de la région. L'élevage camelin vient en 3^e position. Cependant, l'élevage bovin est marginal (DSA, 2017). La figure 26 montre les effectifs des différentes espèces élevées dans la région de Ouargla et leur évolution entre 2010 et 2015.

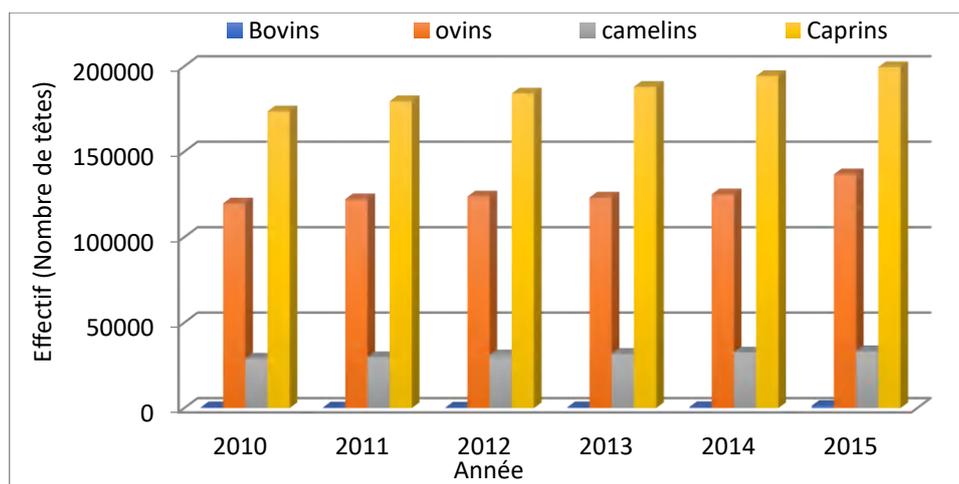


Figure 26. Évolution des cheptels camelin, caprin, ovin et bovin dans la région de l'étude de 2010 à 2015 (DSA, 2017)

L'effectif total de dromadaire dans la wilaya de Ouargla est passé de 28 966 têtes en 2010, à 34 514 têtes, en 2016 (figure 27). Cette augmentation s'explique probablement par la politique agricole particulière, visant à soutenir l'élevage camelin (DSA, 2017).

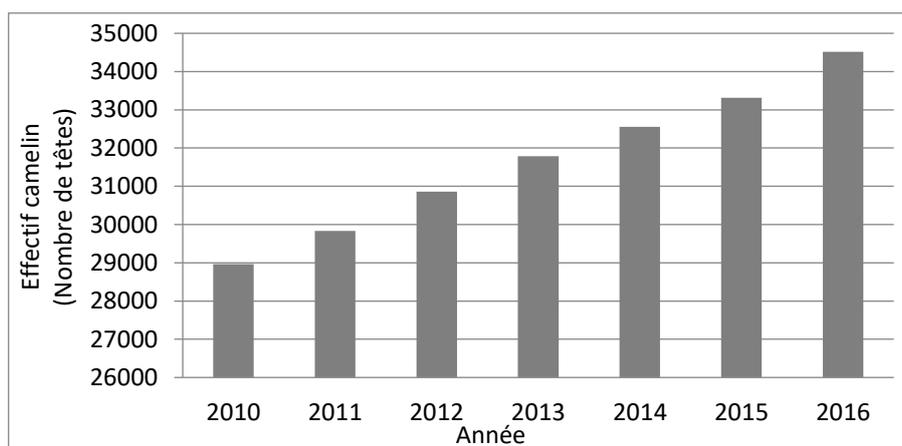


Figure 27. Évolution des effectifs camelins à Ouargla de 2010 à 2016 (DSA, 2017)

Les populations camelines recensées dans la région de Ouargla sont principalement : le Sahraoui et le Targui (figure 28). La population Sahraoui est élevée par tous les éleveurs enquêtés, puisqu'elle s'adapte aisément au climat de la région et du fait de ses caractéristiques morphologiques (robuste et productive en viande). Cependant, 37,5 % d'entre eux possèdent également la population Targui, et seul un éleveur déclare élever le Reguibi. Selon ces éleveurs, ces populations sont héritées de leurs familles mais certains ont exprimé leur intérêt à diversifier leurs cheptels.



Figure 28. Principales populations élevées à Ouargla

Concernant la conduite du cheptel et les caractéristiques de l'élevage, les éleveurs enquêtés ont déclaré avoir des troupeaux camelins de différentes tailles, variant de 16 à 540 têtes. Trois classes d'éleveurs ont été identifiées selon la taille des troupeaux :

- La classe des petits éleveurs (< 50 têtes) : ils représentent 25 % des éleveurs enquêtés ;
- La classe des éleveurs moyens (de 50 à 150 têtes) : ils représentent 56 % des éleveurs enquêtés ;
- La classe des grands éleveurs (de 150 à 540 têtes) : ils représentent 19% des éleveurs enquêtés.

Selon le sexe des dromadaires élevés, le nombre de femelles élevées est supérieur au nombre de mâles. Il varie de 15 à 400 chamelles contre 1 à 140 mâles (avec une moyenne de 95 chamelles contre 18 mâles). Selon les éleveurs enquêtés, la monte naturelle est le seul mode de reproduction pratiqué dans la wilaya de Ouargla. Le sevrage des chamelons se fait, selon 66 % des enquêtés, à un âge variant de 8 à 10 mois. Cependant, 34 % des éleveurs l'effectue à partir d'un an et pouvant s'étaler jusqu'à deux ans. Ceci dépend de l'état sanitaire de la chamelle gestante, des conditions d'élevage (l'offre fourragère, la saison) et de la destination du chamelon (vocation bouchère ou autres). En Tunisie également, le sevrage des chamelons est pratiqué, dans une fourchette d'âge comprise entre 8 à 18 mois, et une moyenne, de l'ordre de 12 mois (Ould Ahmed, 2009).

Quatre-vingt pour cent des éleveurs enquêtés déclarent que l'âge d'abattage des dromadaires, en vue de la production de viande est inférieur à 5 ans, et uniquement 20 % déclarent que c'est entre 5 et 10 ans. Les chamelons mâles sont vendus à un âge variant de

1 à 4 ans (47 % des éleveurs les vendent avant 2 ans) et certains sont conservés pour la reproduction. Généralement, les mâles à l'exception des chamelons reproducteurs, sont orientés vers la production de viande. Les éleveurs enquêtés gardent aux exploitations les dromadaires pour les engraisser avant la vente ou les vendent après le sevrage. Les raisons de réforme des dromadaires mâles sont principalement la diminution de leur productivité et l'âge (figure 29). Cependant, les femelles fertiles sont gardées pour la reproduction, jusqu'à la diminution de leur productivité ou son arrêt (jusqu'à plus de 20 ans). En effet, les éleveurs ont déclaré unanimement ne pas vendre les chamelles, hormis en cas de maladies, de blessures ou en fin de carrière productive.

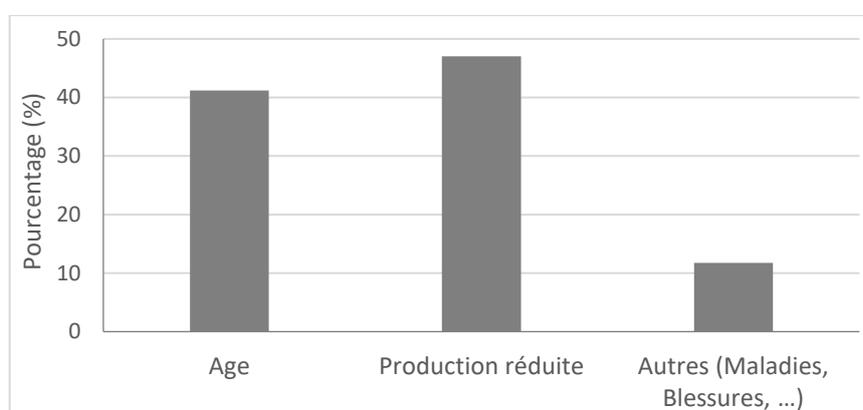


Figure 29. Raisons de réforme des dromadaires

Ces résultats sont comparables aux résultats de Bedda (2014), qui a rapporté que la carrière reproductive des dromadaires débute, dès l'âge de 4 à 5 ans, pour les mâles et de 3 à 4 ans, pour les femelles. Cependant, la durée de la carrière reproductrice des dromadaires diffère d'un chamelier à l'autre. Elle dépend essentiellement des performances de reproduction et de la productivité des dromadaires. Pour les chamelles, l'âge à la réforme vari entre 15 et 25 ans, pouvant même être prolongé jusqu'à 28 ans.

Les éleveurs enquêtés sont à 70 % des sédentaires, 30% sont des semi-nomades qui se déplacent aux parcours sur des périodes de 3 jours à 1 semaine. Ils pratiquent majoritairement, l'élevage extensif. Selon 84 % des éleveurs, le manque de pâturage et d'eau sont les principaux facteurs contrôlant le changement de la zone de pâturage. En plus de ces facteurs, les températures élevées ainsi que les maladies sont également des causes de changement de la zone de pâturage, pour 16 % des éleveurs. L'élevage semi-intensif est également pratiqué, 94 % des éleveurs enquêtés ont déclaré recourir à la supplémentation alimentaire, à base d'aliments concentrés et de sous-produits. Cependant, aucune

adaptation du régime alimentaire n'est réalisée en fonction de l'état de l'animal. L'engraissement des dromadaires avant la vente ou l'abattage est pratiqué par 84 % des éleveurs enquêtés, par l'attribution de rations alimentaires intensives à base d'orge et de produits secondaires (son de blé, dattes, ...) (figure 30). L'engraissement débute, selon 20% des éleveurs, 6 mois avant la vente de l'animal.

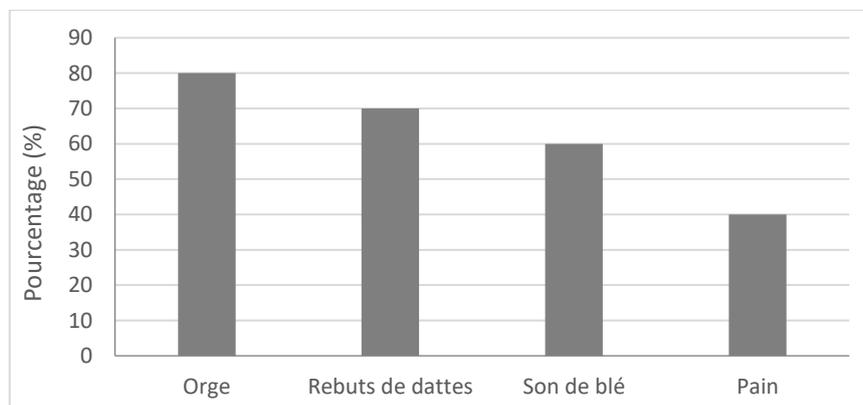


Figure 30. Produits de supplémentation alimentaire utilisés par les éleveurs

Les animaux malades et blessés sont en premier lieu traités par le propriétaire, à travers des soins traditionnels appropriés (mélanges de plantes). En cas de détérioration de l'état de l'animal, le propriétaire fait appel au vétérinaire.

L'abreuvement constitue également un autre problème pour le chamelier, d'autant plus que l'eau reste un paramètre échappant totalement, au contrôle de l'éleveur et dépend des capacités hydrauliques de la région, donc de la pluviométrie et des réserves souterraines. Les fréquences d'abreuvement varient selon la saison et la nature fourragère. En été, l'animal doit s'abreuver à volonté tous les jours ou un jour sur deux (selon 67 % et 33 % des enquêtés respectivement). En hiver, un ou deux jours par semaine (selon 56 % et 44 % des enquêtés respectivement).

Concernant l'affluence des ventes de camelins, les chamelons (mâles et femelles) sont les plus vendus ainsi que les mâles âgés. Environ 50 % des éleveurs ont déclaré vendre leurs dromadaires, à l'âge de 1 an. L'affluence est grande, en hiver et au printemps. Cependant, elle diminue, en été et en automne. D'après les vendeurs, le prix est conditionné par le marché, l'âge et le sexe des animaux. Le prix de vente des dromadaires varie entre 40 000 DA et 145 000 DA. L'évolution des prix de vente, selon les éleveurs enquêtés, obéit à la loi de l'offre et de la demande et reste tributaire, également de la

disponibilité de l'alimentation et de son prix qui sont les deux principaux problèmes relevés par les enquêtés, quant à la vente de leur production.

Les pratiques faites par les éleveurs pour intensifier la production de la viande de dromadaire sont :

- Allaitement artificielle des jeunes pour permettre à la mère de récupérer et redémarrer un autre cycle de reproduction ;
- Engraissement des jeunes chameçons en vue d'améliorer la production de viande cameline et d'alléger la charge sur les parcours.

Concernant les échanges commerciaux, les éleveurs déclarent vendre leurs animaux dans la wilaya de Ouargla, ou dans les wilayas avoisinantes comme: Ghardaïa, El Bayadh, Oued Souf, Tamanrasset et Adrar.

87,5 % des éleveurs enquêtés ont déclaré avoir besoin d'aide de l'état, pour la pérennité et le développement de leur activité. Les types d'aides ou d'actions qu'ils ont jugés nécessaires sont présentés dans la figure 31.

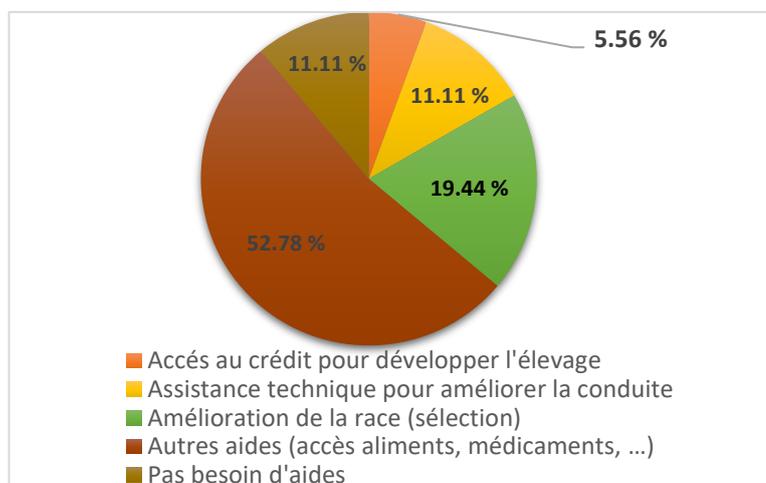


Figure 31. Types d'aides ou d'actions jugées nécessaires pour le développement de l'élevage

Concernant les perspectives de durabilité dans les dix années à venir, 43,75 % des éleveurs ont déclaré que l'existence de leurs exploitations est quasi certaine, contre 56,25% qui le souhaiteraient. Néanmoins, dans l'immédiat, tous les éleveurs ne comptent pas remplacer leurs fermes.

I.2. Segment de l'abattage

L'enquête au niveau de l'abattoir avait pour but de comprendre le processus de fonctionnement de l'établissement, ainsi que de la chaîne de production de la viande cameline.

I.2.1. Présentation de l'abattoir

L'abattoir de Ouargla est un établissement communal en adjudication, c'est le plus important dans la wilaya, sur le plan volume d'abattage. Il a été fondé en 1988, situé dans la zone de Soukra. Sa surface totale est de 13 570 m². Sa production de viande rouge est estimée à 20 tonnes par an (DSA, 2013). L'abattoir est fonctionnel tous les jours, à l'exception du vendredi, de 5 h du matin à 23 h le soir. Ces horaires dépendent principalement du nombre d'animaux à abattre.

L'abattoir de Ouargla compte 38 employés dont le directeur, le vétérinaire, le technicien, 30 sacrificateurs (égorgeurs) et 05 ouvriers et gardiens.

I.2.2. Processus de production de la viande cameline

Les camelins arrivent à l'abattoir en vue de leur abattage transportés dans des camions ou en marchant. Ils restent en stabulation jusqu'à leur abattage. La figure 32 présente les étapes de préparation des carcasses camelines. Elle résume le traitement de l'animal de son arrivée à l'abattoir jusqu'à sa transformation en morceaux de la carcasse.

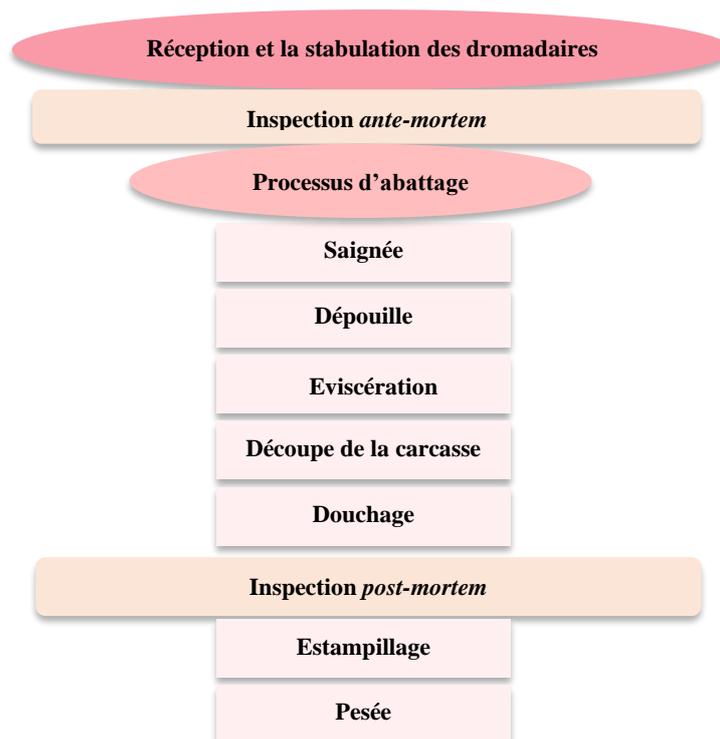


Figure 32. Etapes de préparation des carcasses camelines

La stabulation consiste à laisser les camelins au repos, le laps de temps qui leur est bénéfique. Ils y sont gardés au minimum 12 h. Durant la phase de stabulation, les animaux sont identifiés et enregistrés, suite à l'inspection *ante-mortem*, garantissant la traçabilité. La traçabilité est une procédure d'identification des animaux qui sert à assurer un suivi sanitaire du bétail et à apporter des garanties aux consommateurs, sur l'origine de l'animal et la qualité du produit, puis le certificat sanitaire de l'animal est établi. En cas de suspicion d'une maladie transmissible, d'infection ou d'autres types de suspicions, le dromadaire doit être isolé.

L'abattage du dromadaire est réalisé en position baraquée (couché en position sterno-abdominale) en direction de la Mecque. La tête tirée sur le côté et vers l'arrière (le côté gauche du corps du dromadaire). L'égorgeur enfonce son couteau, au bas du cou, puis sectionne tout le collier. Le sang s'écoule pendant deux à trois minutes, pour un écoulement maximal de sang. Le dromadaire est la seule espèce domestique à être dépecée par le dos, vu la présence de la bosse, ne permettant pas de stabiliser la carcasse en position dorsale. Après l'éviscération, la carcasse de dromadaire est découpée en sept pièces (le collier, les deux épaules, la partie dorso-thoracique antérieure (2 portions), la partie dorso-thoracique postérieure, la partie dorso-lombaire, les deux cuisses, et le flanchet. Cependant,

dans la wilaya de Tamanrasset, la carcasse est découpée en neuf pièces (Benzine, 2009; Adamou, 2011). En Tunisie, le découpage est également différent : la carcasse est débitée en dix pièces (Kamoun, 2011).

En fin d'abattage, les parties de la carcasse sont douchées par pulvérisation d'eau potable. Les carcasses et les viscères sont systématiquement soumis à une inspection *post mortem* de salubrité, par un agent du service vétérinaire. L'inspection *post mortem* a pour but la recherche de lésions, d'anomalies, de souillures et de pollutions des différents tissus de la carcasse. Elle consiste, en un examen visuel pour déterminer la forme, la couleur des carcasses et des abats, ainsi qu'à des observations d'organes (foie, rein, rate, poumons) ou de ganglions, par incision et des palpations pour apprécier la consistance, ainsi qu'une série d'incisions réglementaires dans le cas de recherche spécifique. En cas de présence de défauts ou d'incertitudes, une saisie totale ou partielle est effectuée. Les parties sont aussitôt isolées, pour éviter la contamination, garantir la salubrité de la viande et éviter la contamination des manipulateurs. Elles seront détruites, généralement enfouies profondément, après la pulvérisation de chaux.

Les carcasses estampillées sont directement transportées aux boucheries. Le transport est à la charge du propriétaire de la carcasse. Le coût de l'abattage est variable suivant le marché, il est d'environ 1 500 DA.

I.2.3. Taux d'abattage dans l'abattoir de Ouargla

Selon la DSA, 2016, le nombre de têtes de dromadaires abattus à l'abattoir de Ouargla a totalisé 1 266 têtes, avec environ 106 têtes par mois, ce qui équivaut à quatre têtes par jour ce qui dénote l'intérêt des habitants pour la consommation de viande cameline à Ouargla. La viande cameline occupe la troisième place (9 %) du tonnage total des viandes rouges produites dans la wilaya de Ouargla, précédée par les viandes ovine et bovine (voir figure 33). Cependant, selon (Adamou, 2011), la viande cameline dans la wilaya de Tamanrasset reste de loin la plus consommée, ces dix dernières années, dépassant ainsi la moitié du tonnage en viande rouge (60,2 %). La viande ovine vient en seconde position (35,9 %), alors que les bovins et les caprins ne représentent qu'une faible part (respectivement 0,4 et 3,4 %).

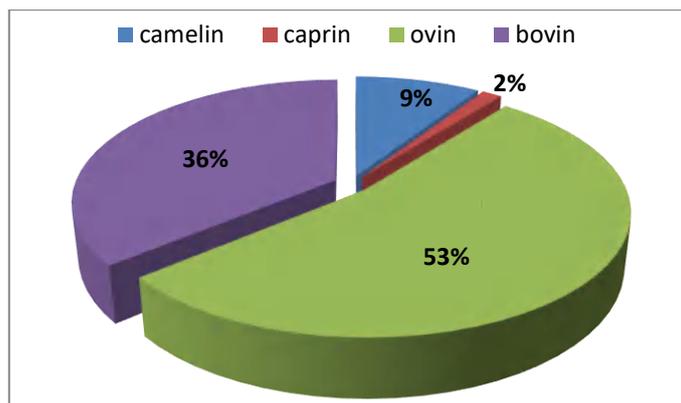


Figure 33. Taux de la viande cameline produit par rapport aux autres viandes rouges pour l'année 2015 à Ouargla (DSA, 2016)

I.3. Segment de la commercialisation

Les bouchers enquêtés sont au nombre de 56. Ils sont tous vendeurs de viande cameline. La localisation de nombreux d'entre eux, au niveau des marchés de la ville de Ouargla, est probablement due à des raisons stratégiques, vue l'affluence des consommateurs pour l'acquisition de divers produits entre autres, de la viande cameline.

I.3.1. Activités socio-professionnelles des bouchers

L'âge des bouchers enquêtés varie de 18 à 59 ans, avec une moyenne d'environ 35 ans. Cette moyenne d'âge est proche de celle observée chez les bouchers en Tunisie, qui est d'environ 38 ans (Kamoun, 2011). Cependant, Zakaria *et al.*, (2020) ont rapporté que selon l'âge des bouchers différentes pratiques de commercialisation étaient adoptées dans la région du Souf. La majorité des bouchers enquêtés sont jeunes (59 %), âgés de moins de 35 ans. Ils sont quasiment, tous alphabètes, dont 48 % ont un niveau moyen. La figure 34 représente le niveau d'instruction des bouchers enquêtés.

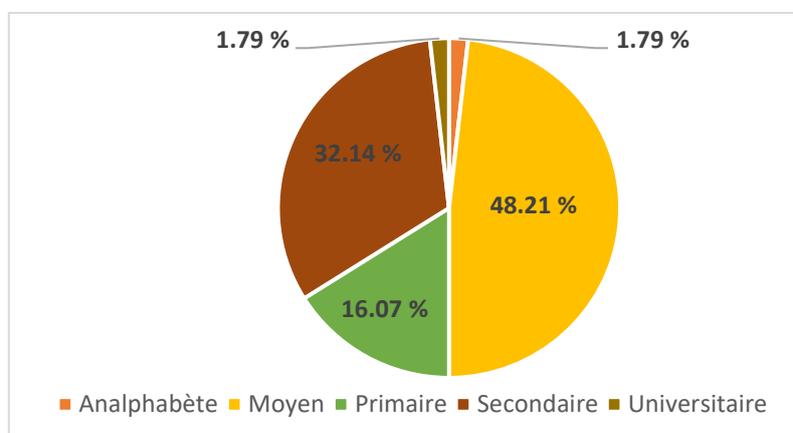


Figure 34. Niveau d'instruction des bouchers enquêtés

Très peu des bouchers enquêtés ont déclarés que la boucherie était une propriété personnelle (4 %) ou familiale (16 %). Cependant, les locataires (59 %) et les usufruitiers (21%) représentent la majorité.

La plupart des bouchers enquêtés (61 %) déclarent avoir acquis le métier, par tradition, grâce à leurs familles et 39 % l'ont appris à travers des stages (formations à l'embauche). Cependant, aucune formation professionnelle n'est disponible, à travers des organismes agréés par l'état.

La répartition des bouchers selon le nombre d'années d'expérience professionnelle en boucherie est représentée dans la figure 35. La majorité des bouchers (41 %) ont plus de 10 ans d'expérience en boucherie, mais uniquement (18 %) ont plus de 40 ans d'expérience. Ceci peut être expliqué par le fait que la plupart des bouchers sont jeunes et ont acquis le métier de leurs familles ou proches.

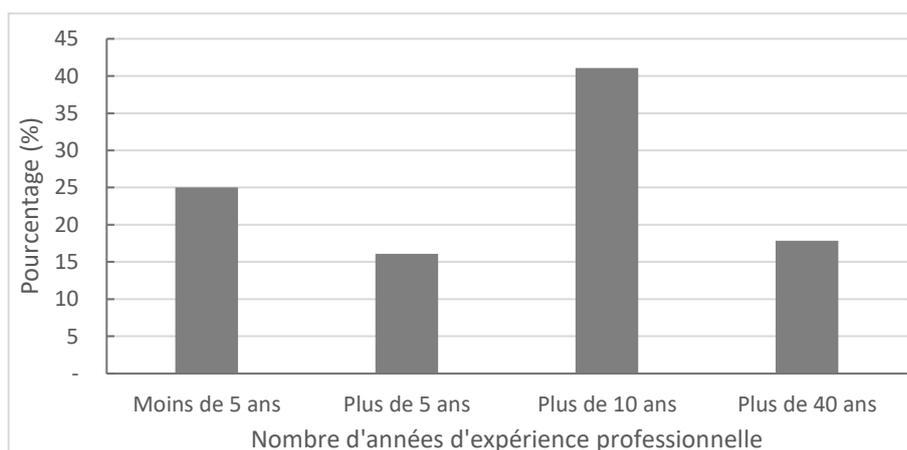


Figure 35. Nombre d'années d'expérience professionnelle en boucherie

Tous les bouchers enquêtés ont déclaré ne bénéficier d'aucune aide de l'état. Cependant, 52 % d'entre eux ont déclaré être dans le besoin d'une assistance financière via des crédits ou une assistance en matériel, puisque 76 % des bouchers, ont pour unique source de revenu, la boucherie. Ils ne sont adhérents à aucune coopérative ou association professionnelle, mis à part la chambre d'agriculture pour 57 % d'entre eux. Le nombre d'employés, dans les boucheries enquêtées étant de un (52 %), deux (37,5 %) ou trois (10,5%) employés.

I.3.2. Pratiques de commercialisation de la viande cameline

Sur les 56 boucheries enquêtées dans la ville de Ouargla, les boucheries, exclusivement spécialisées dans la vente de viande cameline, ne représentent que 8,92 %. Les autres sont mixtes, elles vendent d'autres espèces bouchères en plus du camelin. Celles commercialisant les viandes cameline, bovine, ovine, caprine et volaille représentent (59 %) des boucheries. La figure 36 représente le taux de vente des différentes espèces dans les boucheries enquêtées.

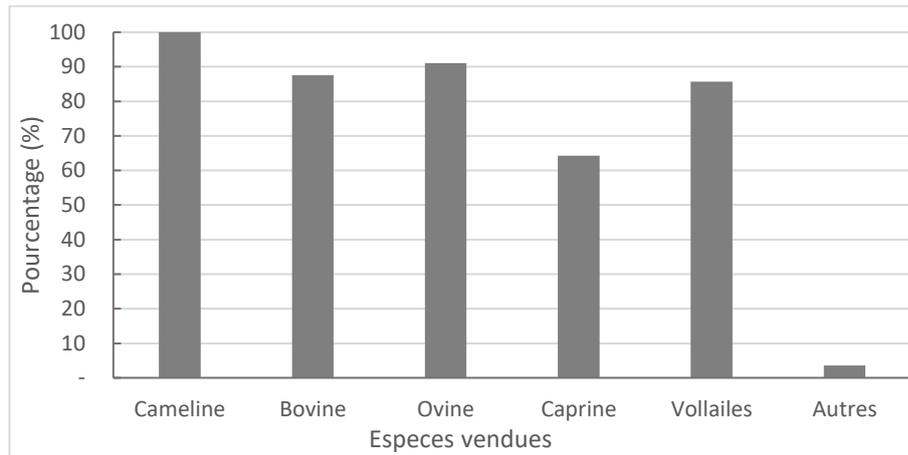


Figure 36. Taux de vente des différentes espèces bouchères dans les boucheries enquêtées

Selon l'étude d'Adamou (2011), des bouchers exclusivement spécialisés dans la vente de la viande cameline sont plus répandus dans les wilayas de Tindouf et Tamanrasset. Plus de 80 % des boucheries existantes dans la ville de Tamanrasset commercialisent la viande cameline et à Tindouf, 86 % des boucheries que compte la ville, ne vendent que de la viande cameline.

Concernant les pratiques d'activité des bouchers, 52 % des bouchers enquêtés ont déclaré acheter le camelin vif pour son abattage. Les critères d'achat des dromadaires vivants, en vue de leur abattage, selon leur ordre d'importance sont : l'état sanitaire, le sexe, l'âge, l'état d'engraissement et le prix (voir figure 37).

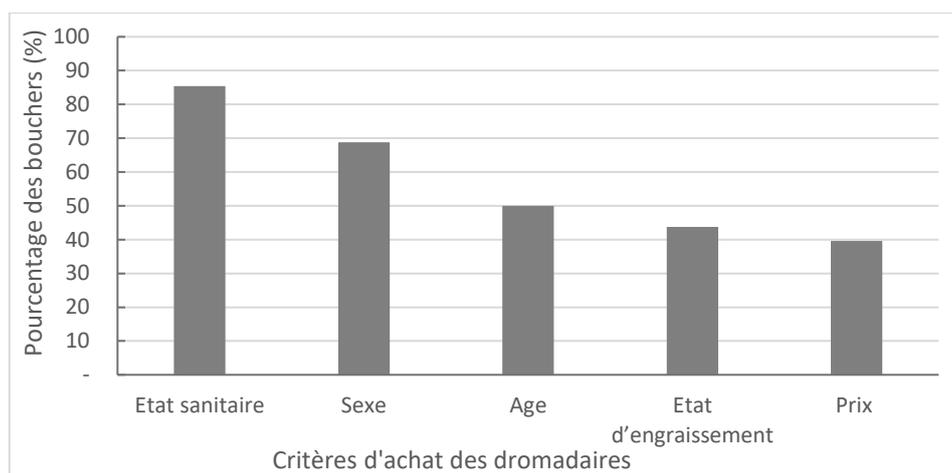


Figure 37. Critères d'achat des dromadaires vivants

La santé de l'animal est le critère le plus important, lors de l'achat de l'animal vivant, selon 85 % des bouchers. Cependant, pour la plupart, la préférence va aux mâles et aux jeunes animaux, en raison de la tendreté de la viande et la demande des consommateurs est importante. Oulad Belkhir *et al.*, (2013) rapportent également que la proportion de vente de dromadaires mâles est supérieure à celle des femelles, puisque celle-ci sont considérées comme un capital reproductif.

Uniquement 17 % des bouchers enquêtés procèdent à un abattage immédiat des dromadaires achetés. Les autres n'abattent leurs animaux qu'après 24 ou 48 h ou plus. Durant le temps de stabulation, 33,33 % des bouchers n'alimentent pas l'animal, afin de faciliter l'étape d'éviscération et d'améliorer la qualité de la viande. La diète hydrique permet d'assurer une meilleure qualité de la viande et d'éviter les infections bactériennes.

Soixante-dix pour cent des bouchers approchés ont déclaré vendre la viande de dromadaire fraîche, juste après l'abattage. Les quantités de viande de dromadaire vendues sont variables de 0,5 à 100 kg par jour. Cependant, la quantité moyenne vendue est d'environ 12 kg/jour. La figure 38 montre les quantités vendues, d'après les bouchers enquêtés.

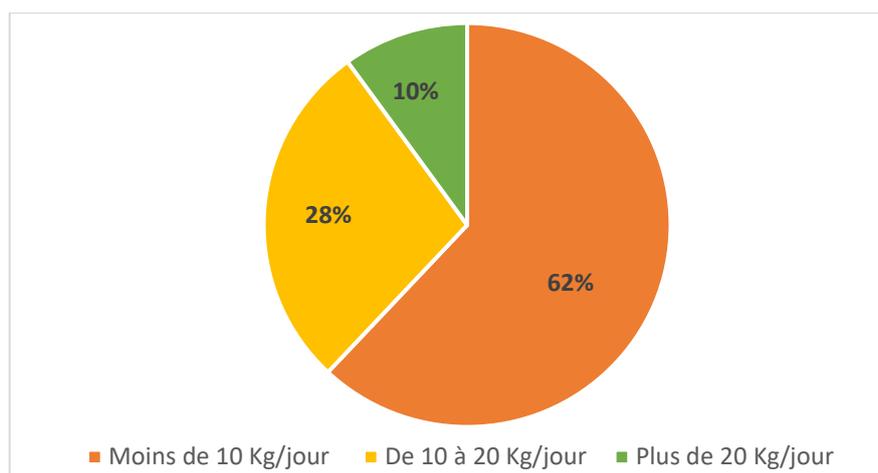


Figure 38. Quantité de viande de dromadaire vendue par jour

Le prix moyen de vente d'un kilogramme de viande cameline est de 905 DA/kg, dans un intervalle variable de 500 à 1350 DA/kg, selon l'âge et les parties de la carcasse. Une augmentation du prix de vente de la viande cameline est à signaler, par rapport à 2013, où les prix variaient entre 550 à 1000 DA/kg. Les prix dépendent du marché (l'offre et la demande), des lieux de vente, de l'importance de la clientèle, de l'état de l'animal et de la période de l'année : l'hiver et le Ramadan sont connus pour être des périodes de grande consommation. Cependant, le prix de la viande cameline est souvent inférieur à celui des viandes bovine et ovine (Oulad Belkhir *et al.*, 2013).

La clientèle des bouchers est constituée principalement de particuliers (ménages). Peu de bouchers vendent de la viande cameline à des restaurants, des fast-foods ou des collectivités, contrairement aux viandes bovine et ovine fortement demandées (figure 39). Cependant, dans la région du Souf les bouchers déclarent vendre la viande cameline hachées aux restaurants et fast-food pour la préparation de burger (Zakaria *et al.*, 2020).

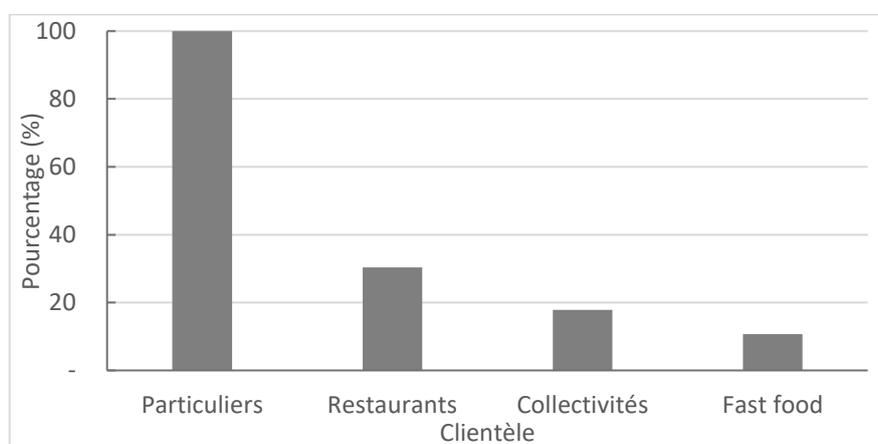


Figure 39. Clientèle des bouchers enquêtés

Dans la wilaya de Ouargla, la production en viande cameline se situe en troisième position après la viande ovine et bovine. Ceci est dû à la présence importante des cantines scolaires et institutionnelles, des restaurants universitaires, de surcroît des firmes étrangères qui suscitent une forte demande en viande bovine. Par contre, dans les wilayas de Oued-Souf et de Ghardaïa, la production de viande cameline se situe, en deuxième position, après la viande ovine (Oulad Belkhir *et al.*, 2013).

Concernant les parties de la carcasse les plus demandées (figure 40), l'enquête a révélé que faux-filet est la partie la plus demandée et la plus onéreuse.

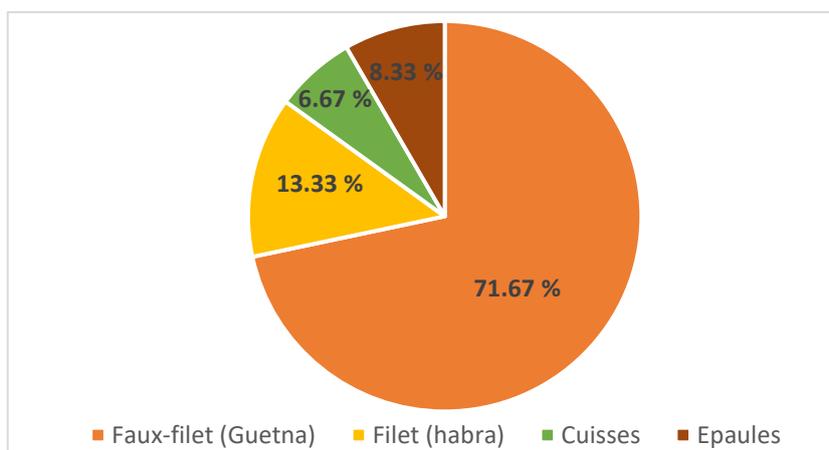


Figure 40. Parties de la carcasse cameline les plus demandées

Selon les bouchers, les critères de la qualité de la viande, exigés par les consommateurs sont : la couleur (une couleur claire indiquant une viande tendre qui est la plus recherchée), le goût, la tendreté (les animaux jeunes sont convoités) (figure 41).

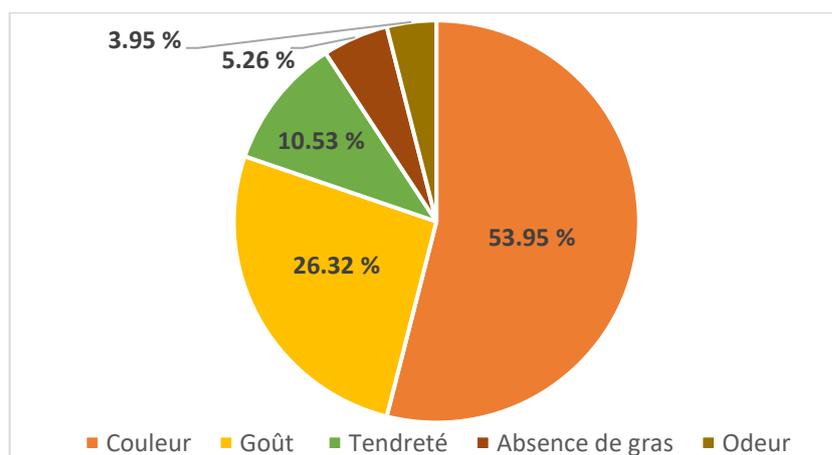


Figure 41. Critères de qualité de la viande de dromadaire

Les facteurs limitant la consommation de la viande cameline selon les bouchers enquêtés demeurent la faible demande en premier lieu et en second lieu la disponibilité et

le pouvoir d'achat (figure 42). La faible demande en viande cameline peut être liée à l'origine des consommateurs, leurs habitudes alimentaires, à l'éducation et aux préférences personnelles.

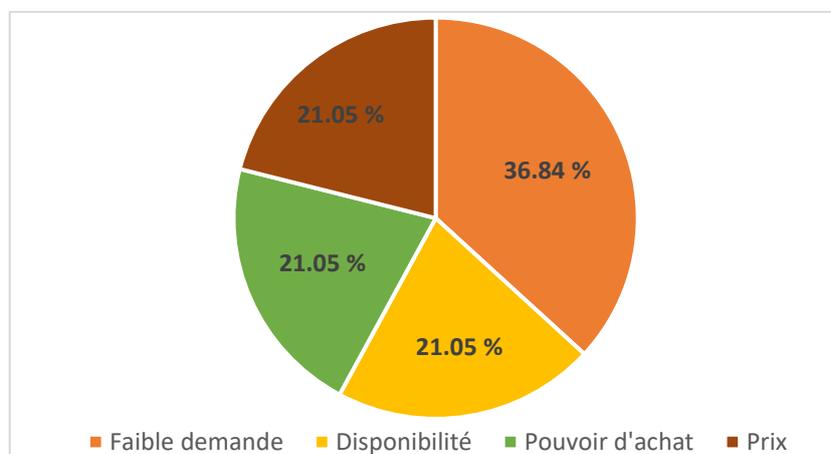


Figure 42. Facteurs limitant la consommation de la viande cameline

Cependant, les facteurs pouvant favoriser l'augmentation de la consommation de la viande cameline, selon les bouchers sont : sa faible teneur en cholestérol, ses propriétés organoleptiques (le goût et la tendreté de la viande des jeunes chamelons), la diversité des plats dans lesquelles elle peut être incorporée, ainsi que son prix.

Le seul mode de conservation de la viande pratiqué par les bouchers est la réfrigération. Cependant, selon 55 % des bouchers enquêtés, la transformation de la viande cameline reste très limitée (selon la demande) à travers principalement, le hachage et la production de saucisse (merguez), à l'échelle du boucher (figure 43).

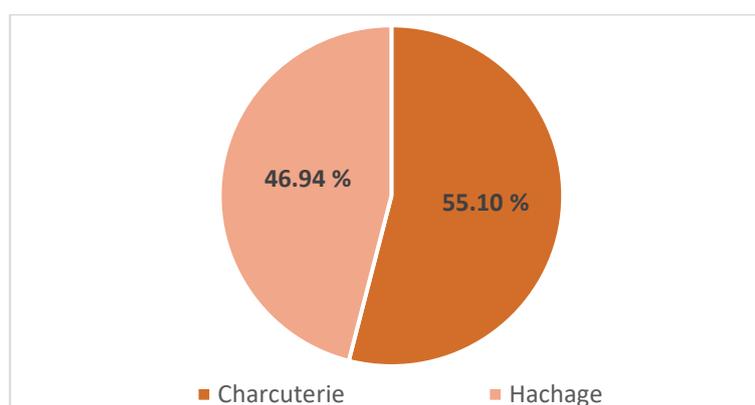


Figure 43. Types de transformation de la viande cameline

Le hachage et la fabrication de merguez sont également des moyens d'attendrissage de la viande cameline dure, issue d'animaux de réforme, évoqués respectivement par 48,43% et 23,43% des bouchers. Cependant, 28% ont déclaré n'effectuer aucun traitement pour l'attendrissage de la viande.

Les principales entraves limitant le développement de la transformation de la viande cameline évoquées, par les bouchers sont présentées dans la figure 44.

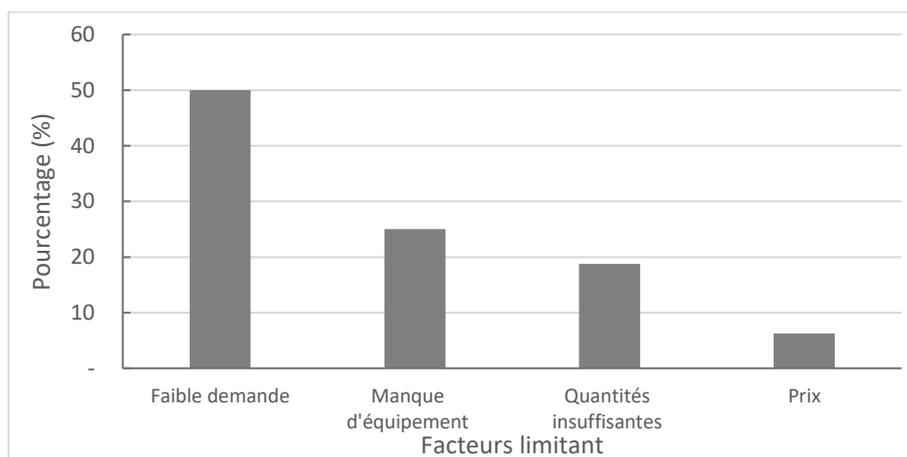


Figure 44. Facteurs limitant le développement de la transformation de la viande cameline

La faible demande en produits carnés, à base de viande cameline, et le manque d'équipement et de moyens nécessaires à la transformation représentent 75% des facteurs, limitant la transformation, selon les bouchers. Cependant, 48% des bouchers enquêtés envisagent d'augmenter la quantité de viande cameline produite puisque la demande est stable ou tend à l'augmentation, au sein de la wilaya de Ouargla et des wilayas voisines. De plus, 68% des enquêtés déclarent vouloir transmettre leur métier et leur savoir-faire à leurs enfants. L'ensemble de ces données laissent percevoir un terrain vierge et de hauts potentiels de transformation et d'innovation en matière de produits carnés, apte à augmenter la demande et la consommation de la viande cameline.

I.4. Segment de la consommation

L'enquête a été menée dans la région de Ouargla auprès de 70 personnes consommant de la viande cameline. 41 % sont des hommes et 59 % des femmes, d'âges différents et compris entre 18 et 59 ans et d'origines différentes, avec une dominance d'autochtones (54%).

I.4.1. Types de viandes consommées, quantités et critères d'achat de la viande cameline

Selon 52,86 % des enquêtés, toutes les viandes disponibles sur le marché sont consommées à savoir : les viandes cameline, bovine, ovine, caprine et volaille. Cependant, 3% ont déclaré consommer uniquement de la viande cameline. La figure 45 présente le pourcentage des enquêtés consommant les viandes de différentes espèces.

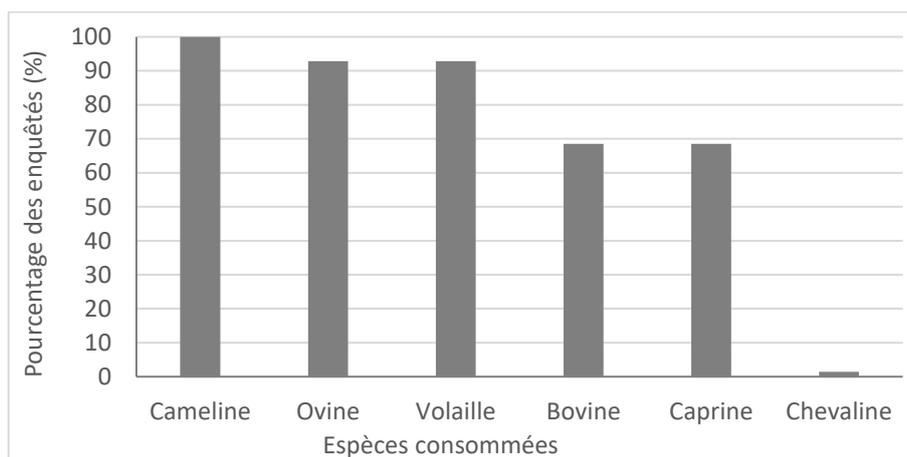


Figure 45. Types de viandes consommées

Les consommateurs déclarent l'existence de différences entre la viande cameline et les autres viandes rouges (figure 46). Cette différence est due principalement au goût (83%), à la tendreté (47%) et à la couleur (41%).

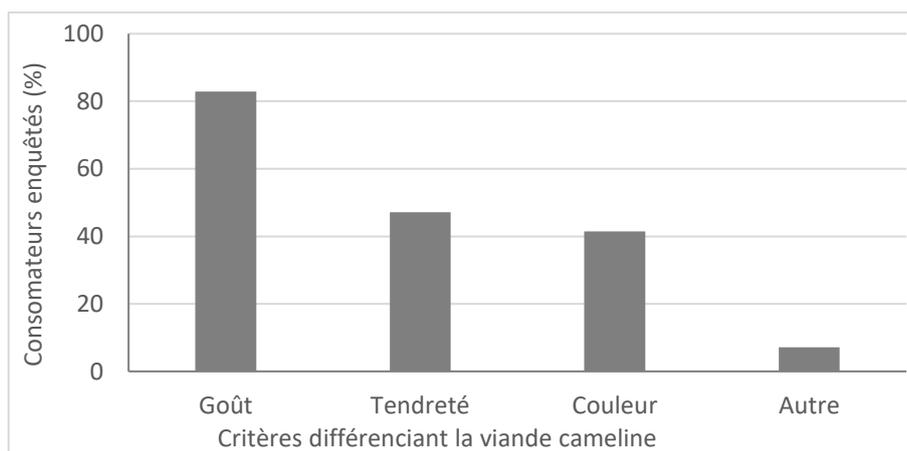


Figure 46. Différences entre la viande cameline et les autres viandes rouges

Les motivations principales de l'achat de la viande cameline évoquées par les consommateurs sont : la teneur faible en gras (plus maigre) et plus diététique, selon 73 % des consommateurs. Son faible prix est évoqué par 29 % d'entre eux (figure 47).

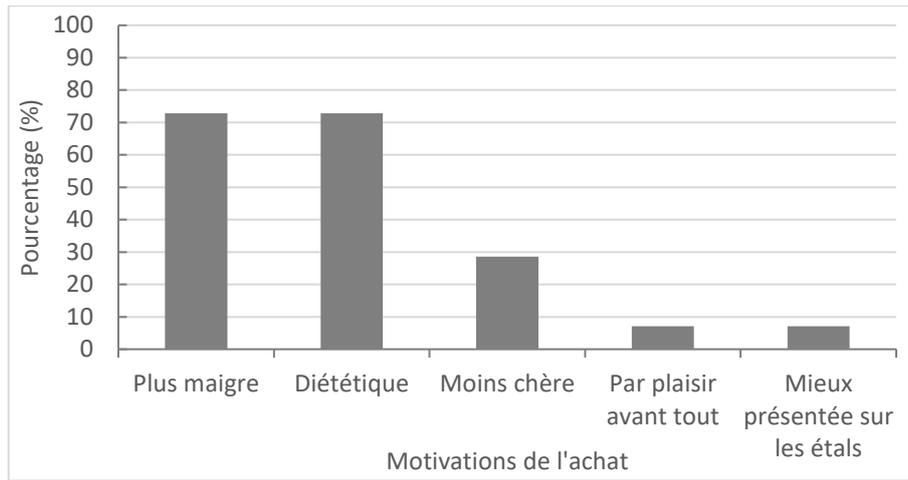


Figure 47. Motivations de l'achat de la viande cameline

Cependant, les critères d'achat de la viande cameline sont : l'état sanitaire, le prix et la tendreté, en tête des propriétés organoleptiques, suivie de l'odeur (figure 48). Selon Kamoun (2011), lors de l'achat de la viande cameline, les critères les plus importants aux yeux des consommateurs sont la couleur, la fraîcheur, le rapport muscle/os et le type de morceau.

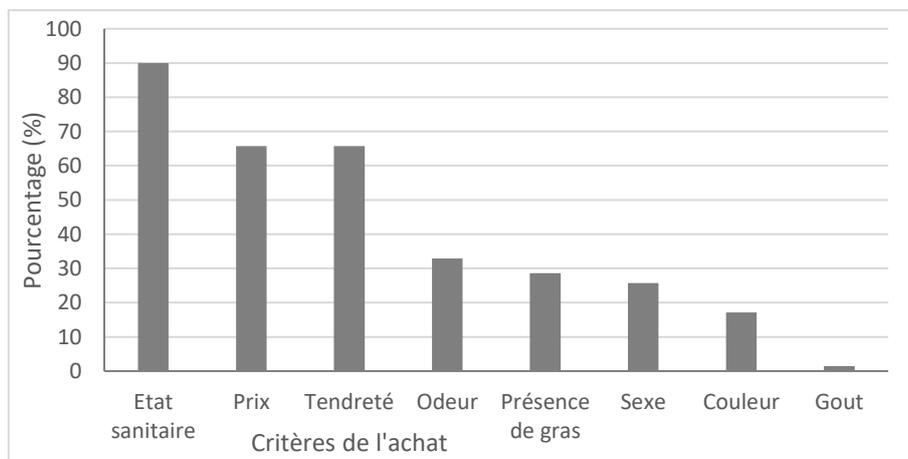


Figure 48. Critères d'achat de la viande cameline

La majorité des consommateurs achètent la viande cameline en morceaux. La quantité moyenne achetée est de 2,5 kg/semaine. Cette quantité varie d'une famille à une autre, 54 % achètent des quantités limitées ne dépassant pas 2 kg de viande cameline. Cependant, 46 % achètent des quantités supérieures (entre 2 et 6 kg). Des quantités similaires ont été rapportées pour le consommateur à Tamanrasset et à Ghardaïa (Sadoud *et al.*, 2019).

Uniquement 13 % des enquêtés déclarent acheter des dromadaires vifs pour être abattus, lors des fêtes (44 %), des vacances (22 %), durant le mois de ramadan (22 %) ou sans occasion particulière (33 %). La figure 49 représente l'affluence des consommateurs enquêtés sur les différents types de viandes consommées, durant les périodes festives ou exceptionnelles.

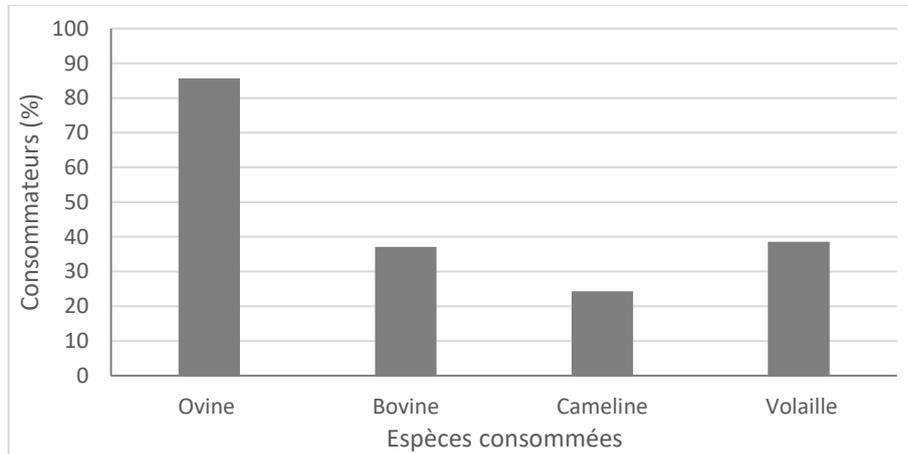


Figure 49. Types de viandes consommées durant les périodes festives ou exceptionnelles

La fréquence d'achat de la viande de dromadaire est présentée dans la figure 50. La plupart des consommateurs (40 %) achètent la viande cameline une fois par semaine, 26 % plus d'une fois.

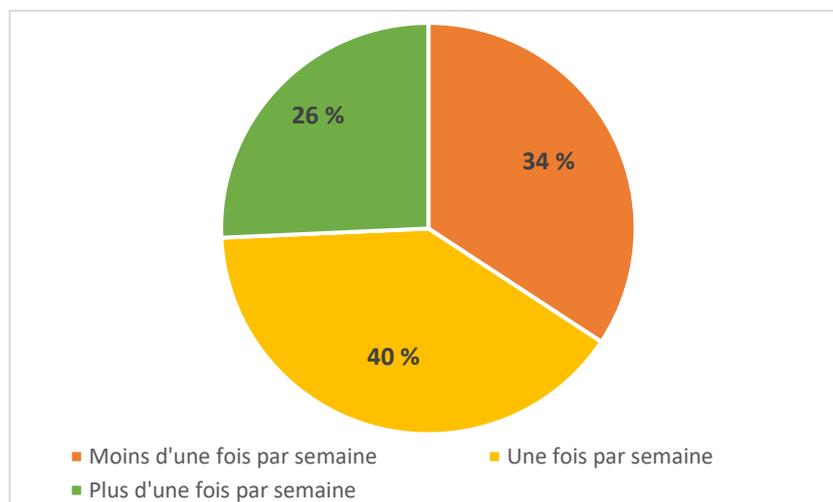


Figure 50. Fréquence d'achat de la viande cameline

Les morceaux de la carcasse les plus fréquemment achetés par les consommateurs enquêtés sont présentés dans la figure 51, l'épaule, la cuisse et le filet sont les plus achetés.

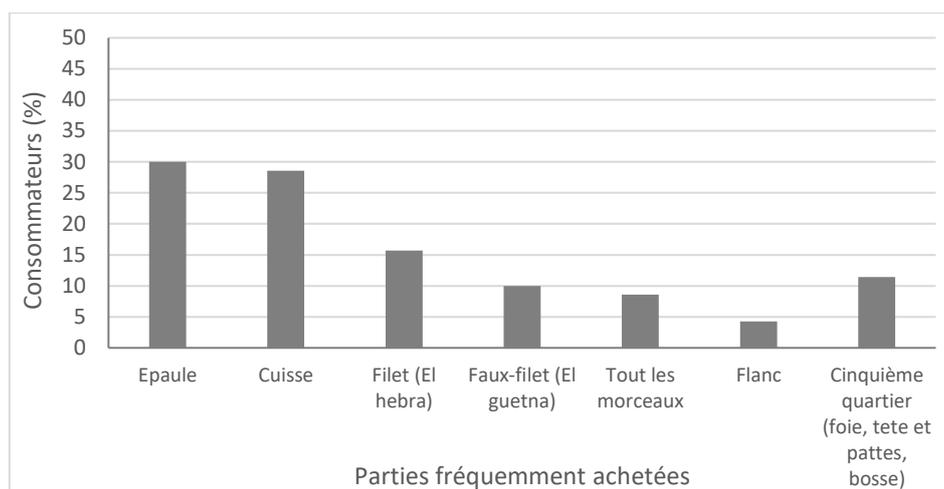


Figure 51. Parties les plus fréquemment achetées

Les parties préférées sont : la cuisse, l'épaule et la partie dorso-lombaire. Il a également été rapporté que, les parties préférées par les consommateurs à Tamanrasset et à Ghardaïa étaient la viande avec os et le filet, en raison de leur qualité gustative et de leur prix (Sadoud *et al.*, 2019). Cependant, pour les consommateurs Tunisiens, les morceaux de choix gravitent autour de la colonne vertébrale du dromadaire Kamoun (2011).

Les consommateurs déclarent à 93 % acheter la viande cameline fraîche et seuls 6 % l'achètent transformée, sous forme de viande hachée ou de merguez.

I.4.2. Modes de consommation de la viande cameline

Le mode d'utilisation principal de la viande cameline est le mijotage et varie selon le niveau de vie et les coutumes des consommateurs. Elle entre dans la composition de plusieurs plats traditionnels, essentiellement, lors des fêtes.

Les plats cuisinés dans lesquels la viande cameline est utilisée sont présentés dans la figure 52. Cependant, plus de 50 % des consommateurs enquêtés la préfèrent dans le couscous, les tajines ou grillée.

Conformément à nos résultats, l'utilisation principale de la viande cameline à Tamanrasset et Ghardaïa reste les préparations en marmite et Kedid (Sadoud *et al.*, 2019). Également en Tunisie, les consommateurs préfèrent la viande cameline, en sauce, en ragoût aux légumes ou dans des plats semi secs qui se mangent à la cuillère (couscous et macaroni), à la suite d'une cuisson humide de longue durée (Kamoun, 2011).

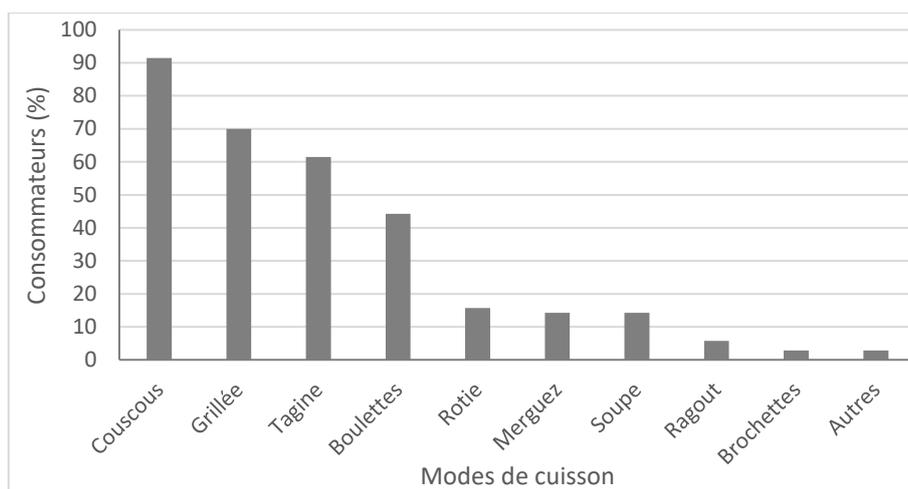


Figure 52. Modes cuisson de la viande cameline

Selon l'enquête, les facteurs permettant d'augmenter la consommation de la viande cameline sont l'amélioration de sa tendreté pour 54 % des enquêtés et l'augmentation de sa disponibilité pour 41 % (figure 53).

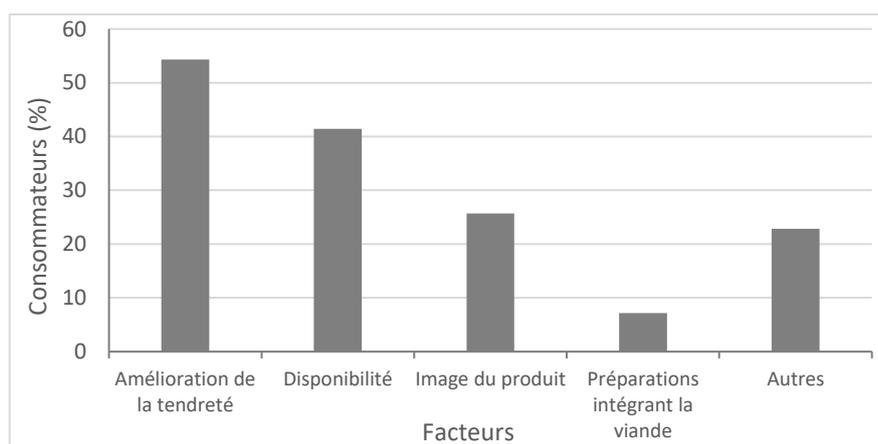


Figure 53. Facteurs pouvant augmenter la consommation de la viande cameline

I.5. Contraintes pesant sur la filière viande cameline

Les contraintes éprouvées par la filière viande cameline sont d'origines diverses, elles touchent ses différents segments, de la production animale à la consommation. Certaines d'entre elles sont présentées selon le segment.

I.5.1. Segment de l'élevage

La marginalisation de l'élevage camelin par la société et l'état est l'une des principales contraintes du segment. En effet, le dromadaire n'a pas bénéficié des mêmes

mesures de soutien réservées aux autres espèces animales. De plus, la seule subvention alimentaire annuelle, en orge est insuffisante dans un contexte caractérisé par une dégradation des parcours pastoraux. Cette situation est aggravée par la faible production de fourrages cultivés et leur prix très élevés mettant l'éleveur dans l'incapacité d'alimenter son troupeau en saisons sèches. Le manque de médicaments et de vétérinaires spécialistes en pathologies camelines ont également été soulevés par les éleveurs.

La pérennité et le savoir-faire de cet élevage se trouvent également menacés, vu la réticence de la jeune génération pour l'élevage camelin, en raison des obstacles et des problèmes de cette profession. Les jeunes préfèrent travailler dans la fonction publique et les champs pétroliers, assurant des profits rapides et assurés.

Les changements climatiques ont des effets négatifs considérables sur les parcours. Sous l'effet des périodes de sécheresses successives qui sévissent ces dernières années, les chameliers de la région de Ouargla endurent d'une réduction des aires naturelles de pacage camelin, en plus des manques critiques et considérables de puits d'eau, imposant aux chameliers et aux bergers, de longs parcours, pour bien alimenter leurs cheptels. La dégradation des parcours, et le déficit alimentaire contraignent les éleveurs particulièrement, ceux possédant de grands troupeaux, à vendre une partie de leurs cheptels.

S'ajoutent les accidents de la circulation particulièrement aggravés par la ceinture verte de la route nationale de Ouargla-Touggourt et des barrières métalliques sur les bords des routes. L'autre danger qui menace la survie des troupeaux camelins de la région de Ouargla sont les déchets ménagers et industriels rejetés en pleine nature, les puits de pétrole non recouverts et les assauts des chiens errants.

I.5.2. Segment de l'abattage

L'absence d'une chaîne d'abattage spécifique au camelin et respectant les plans de maîtrise sanitaire, l'abattage s'effectue de manière traditionnelle et vétuste. Aujourd'hui, il est impératif de mettre en place des abattoirs industriels disposant de chaînes automatiques ou semi-automatiques, selon les spécificités de chacune des espèces, afin de gérer une affluence importante d'animaux prévisible à l'avenir.

I.5.3. Segment de la commercialisation

- Manque de contrôle des prix particulièrement due à la concurrence illégale par les vendeurs informels ;
- Absence d'associations des bouchers traitant des préoccupations du segment et absence d'aide de l'état ;
- Manque de personnel et absence de cours de formation professionnelle ou de perfectionnement, concernant les bonnes pratiques d'hygiènes.

I.5.4. Segment de la consommation

- Propriétés organoleptiques variables de la viande, notamment la tendreté et la jutosité ;
- Problème de disponibilité pour certaines parties prisées et absence de produits à base de viande cameline dans les grandes surfaces, les restaurants, ... ;
- Transformation restreinte de la viande, en produits carnés excepté le hachage et les saucisses (merguez). La faiblesse du maillon de transformation constitue une contrainte pour la filière, notamment dans les régions où la consommation n'est pas importante poussant les éleveurs et les bouchers à limiter leur production, accentuant le problème de disponibilité.

I.6. Quelques stratégies pour promouvoir la filière viande cameline

Pour une meilleure valorisation des potentialités de la filière viande cameline dans la région de Ouargla, nous suggérons quelques recommandations qui peuvent contribuer à pallier ou à réduire les contraintes évoquées précédemment et à aider au développement de la filière.

Soutien à la production du dromadaire et mise à disposition des éleveurs et des bouchers d'aides à travers des accès aux crédits ou l'intégration de l'élevage camelin au soutien de l'Agence Nationale pour le Soutien de l'Emploi des Jeunes (ANSEJ).

Lutte contre le déficit alimentaire et la sécheresse à travers la préservation des pâturages contre la dégradation et la culture de plantes fourragères en créant des réserves pastorales afin de lutter contre le pâturage anarchique. Le maintien des élevages extensif et mixte, au détriment de l'élevage intensif, permettrait la régénération et la préservation des parcours. La mise en place de points d'eau et le réaménagement des puits inutilisables.

D'autre part, il est primordial d'assurer un bon état sanitaire du cheptel camelin et de renforcer l'assistance vétérinaire.

Création de marchés camelins contrôlés en matière d'organisation et de commercialisation. L'amélioration des conditions de gestion des abattages et de traitement des carcasses. Et la valorisation des sous-produits de l'abattage.

Assurer une disponibilité suffisante et régulière en viande cameline tout en maîtrisant sa qualité. La classification des carcasses et l'orientation des viandes de moindre qualité vers la transformation, d'où un impact positif quant à l'image du produit chez le consommateur. La diversification des produits carnés camelins et la promotion de leur consommation.

Création et dynamisation des mouvements associatifs pour permettre de mieux structurer les contraintes liées à la production, la transformation, la commercialisation et la consommation.

Retour à la poly-fonctionnalité du dromadaire à travers : l'exploitation de la fibre et de la peau, l'intégration du dromadaire dans le secteur de l'agro-tourisme, organisation de courses et la redynamisation du tourisme axé sur les spécificités de la région où l'espèce cameline est un élément indissociable.

II. Caractérisation de la qualité de la viande de dromadaire

La caractérisation de la qualité de la viande de dromadaire a été réalisée sur des animaux jeunes et adultes au cours du temps *post mortem*. Les paramètres physico-chimiques et biochimiques mesurés nous renseignent sur différents attributs de la qualité de la viande. L'acidification du muscle est un facteur pouvant affecter les différents attributs de la qualité. La capacité de rétention d'eau, les pertes en eau à la réfrigération et à la cuisson nous renseignent sur la jutosité de la viande. Cependant, le dosage du collagène, l'indice de fragmentation myofibrillaire, le WBSF et la quantification de protéines d'intérêts permettent l'évaluation de la dureté de la viande. La mesure instrumentale de la couleur définit l'attribut. Par ailleurs, l'évaluation sensorielle de la viande est l'estimation directe de ses attributs de qualité. Les résultats obtenus et présentés ci-dessous, ont permis d'identifier de potentiels marqueurs de la qualité de la viande de dromadaire.

II.1. Cinétiques d'évolution de la température et du pH au cours de la maturation

La température de stockage des muscles et leurs pH au cours des premières heures *post mortem* affectent l'ensemble des processus biochimiques responsables de la transformation du muscle en viande et de ce fait affectent, le développement des caractéristiques organoleptiques de la viande (Zamora *et al.*, 1996; Devine *et al.*, 2002; Van de Ven *et al.*, 2014).

L'évolution de la température est présentée dans la figure 54 .

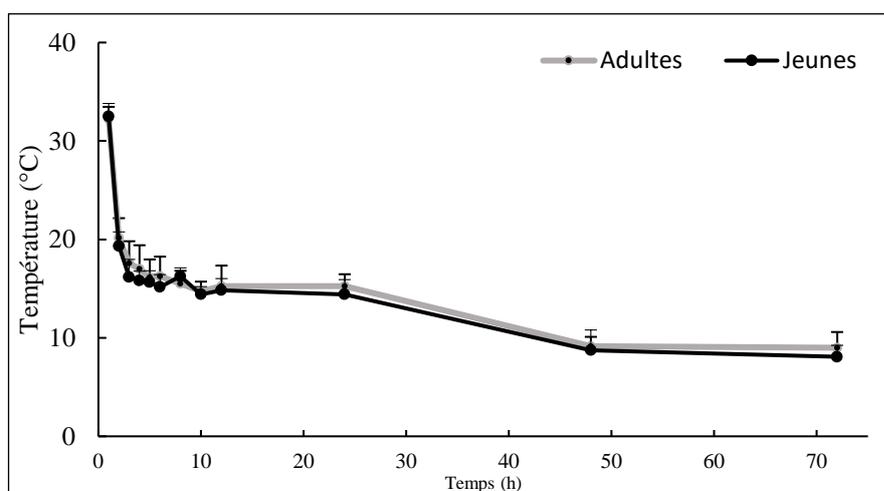


Figure 54. Evolution de la température du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires Sahraouis, au cours du temps *post mortem*, en fonction de l'âge à l'abattage

Les muscles ont subi un régime thermique identique, afin que ce facteur ne soit pas à l'origine de fluctuations des paramètres étudiés, et donc de variations de l'attendrissement de la viande. Aucune différence significative de la température des muscles n'a été enregistrée entre les deux groupes d'âge aux différents temps *post mortem*. Donc tous les muscles ont subit le même régime thermique et étaient conservés dans l'intervalle de température recommandé pour un attendrissement optimal. En effet, la température à la *rigor* doit être comprise entre 10 et 18°C pour éviter un durcissement irréversible de la viande, par la contracture au froid et l'inhibition de l'attendrissement (Van de Ven *et al.*, 2014; Mungure *et al.*, 2016).

L'évolution du pH du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires jeunes et adultes, au cours du temps *post mortem*, est représentée dans la figure 55.

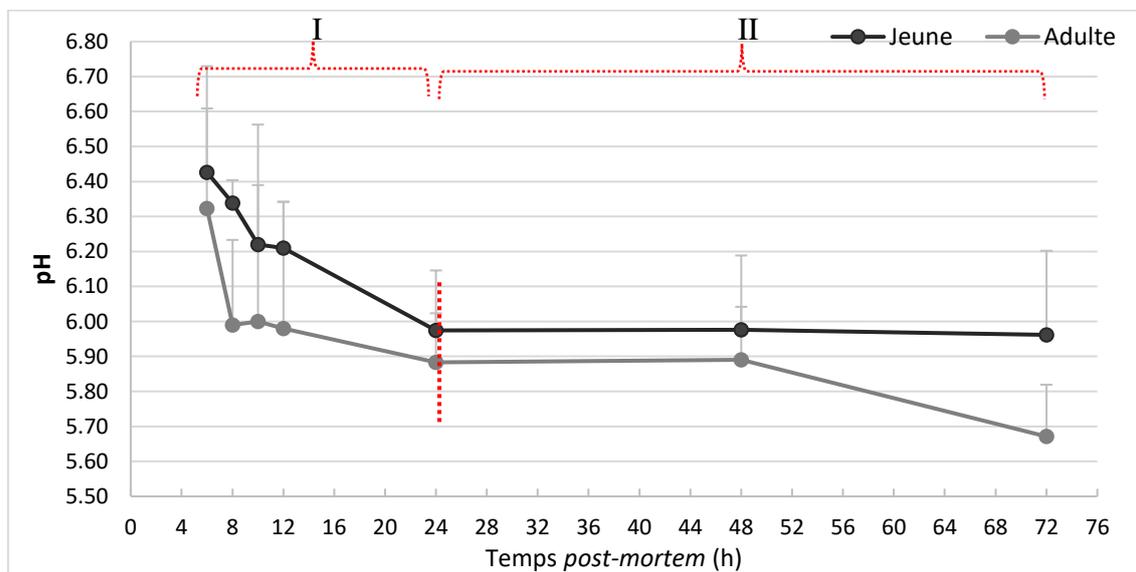


Figure 55. Évolution du pH du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires Sahraouis, au cours du temps *post mortem* et en fonction de l'âge à l'abattage

Le profil d'évolution du pH du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires Sahraouis se caractérise globalement par une diminution progressive au cours du temps *post mortem*. La cinétique peut être divisée en deux phases bien distinctes : la première correspond à une chute rapide entre 6 h et 24 h *post mortem* avec une vitesse égale à 0,024 vs 0,025 unité pH/h pour les jeunes et les adultes respectivement. Tandis que, la deuxième phase, entre 24 h et 72 h, les vitesses respectives sont l'ordre de 0,001 vs 0,004 unité pH/h pour les jeunes et les adultes.

L'âge d'abattage des dromadaires et le temps *post mortem*, ont affecté significativement l'évolution du pH du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires sahraouis.

L'âge d'abattage a eu un effet significatif ($p < 0,001$) sur la chute du pH musculaire. En particulier, par rapport aux muscles des dromadaires adultes, les jeunes présentaient des valeurs de pH plus élevées à 8 et 72 heures *post mortem*. Kadim *et al.*, 2006 ont également rapportés des valeurs de pH significativement plus élevées chez les jeunes animaux (5,91 contre 5,71 chez les dromadaires jeunes et adultes, respectivement), en raison des types de fibres et du glycogène musculaire. En effet, la proportion de fibres musculaires rouges, riches en glycogène, augmente avec l'âge de l'animal et influence les métabolismes musculaires et le pH. De plus, chez les bovins et les caprins, il est rapporté que les jeunes animaux produisent de la viande avec un pH plus élevé, que les animaux plus âgés en raison des niveaux inférieurs de glycogène (Kannan *et al.*, 2003; Clinquart *et al.*, 2022).

Au cours du temps *post mortem*, une diminution progressive du pH ($p < 0,001$) a été observée, bien qu'avec des vitesses différents, chez les dromadaires adultes et jeunes. Les muscles des dromadaires adultes ont présenté une chute plus rapide du pH aboutissant à une valeur moyenne significativement plus faible à partir de 8 heures *post mortem*, tandis que chez les jeunes dromadaires, une diminution significative a été observée, après 12 heures *post mortem*. La chute plus rapide du pH des muscles des dromadaires adultes pourrait être attribuée aux réserves de glycogène musculaire, au moment de l'abattage qui accélèrent la glycolyse et la vitesse initial de chute du pH. Cette acidification est produite, suite à la glycolyse anaérobie à partir du glycogène transformé, en acide lactique et s'accumulant, à l'intérieur des cellules, causant ainsi une chute du pH. La vitesse du processus dépend également de l'efficacité du système glycolytique. Tant que les enzymes glycolytiques ne sont pas inhibées par le pH acide, l'acidification se produit régulièrement et proportionnellement à l'efficacité du système glycolytique (Boudjellal *et al.*, 2008). Au cours des 12 h premières heures *post mortem*, la vitesse de chute du pH est inconstante, la chute est souvent polyphasique et des plateaux de stabilité du pH peuvent être observés. Ces derniers sont vraisemblablement, corrélatif avec le phénomène apoptotique (Boudjellal *et al.*, 2008 ; Becila *et al.*, 2010 ; Ouali *et al.*, 2013). Une discussion plus détaillée de la polyphasie de chute du pH est apportée dans l'article traitant la dégradation d'actine et le phénomène d'apoptose (Article 2 des productions scientifiques).

II.2. Paramètres déterminant la jutosité de la viande

II.2.1. Capacité de rétention d'eau

L'évaluation de la capacité de rétention d'eau du muscle, en fonction de l'âge à l'abattage et son évolution au cours du temps *post mortem* est représentée dans la figure 56.

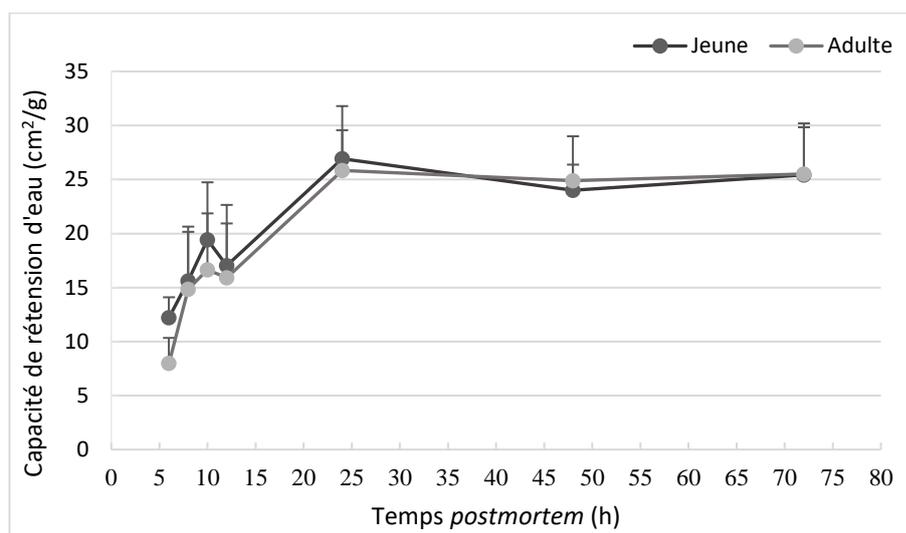


Figure 56. Capacité de rétention d'eau du muscle au cours du temps *post mortem*, selon l'âge à l'abattage

La capacité de rétention d'eau, mesurée par pression, est exprimée en surface d'eau libérée, lors de l'application d'une pression, par gramme de muscle frais. Elle a été significativement affectée par l'âge ($p < 0,01$) à 6h, avec des valeurs plus élevées pour les jeunes dromadaires, probablement en raison des valeurs de pH plus élevées. En accord avec notre étude, Kadim *et al.*, (2006) ont rapporté que le jus exsudé des muscles *Longissimus thoracis* des dromadaires variait de 19 à 33 cm²/g à 48h *post mortem*, et qu'il est négativement affecté par l'âge, en raison d'une teneur plus élevée en graisses.

Le temps *post mortem* a également affecté de manière significative l'eau libérée ($p < 0,001$). Cette augmentation au cours du temps *post mortem* semble être due, à l'acidification musculaire et à une fragmentation myofibrillaire plus élevée. De nombreux rapports ont également mis en avant, l'effet important de la fragmentation myofibrillaire sur la capacité de rétention d'eau et qui affecterait probablement, la jutosité de la viande (Huff-Lonergan et Lonergan, 2005 ; Ertebjerg et Puolanne, 2017).

II.2.2. Perte de poids à la réfrigération

La perte en poids à la réfrigération (Drip Loss : DL) présentée dans la figure 57, augmente au cours du temps *post mortem* en moyenne de 2 % à 5 % avec une valeur significativement plus élevée pour les jeunes dromadaires à 72 h. Cependant, aucune différence significative n'a été trouvée entre les deux groupes d'âge.

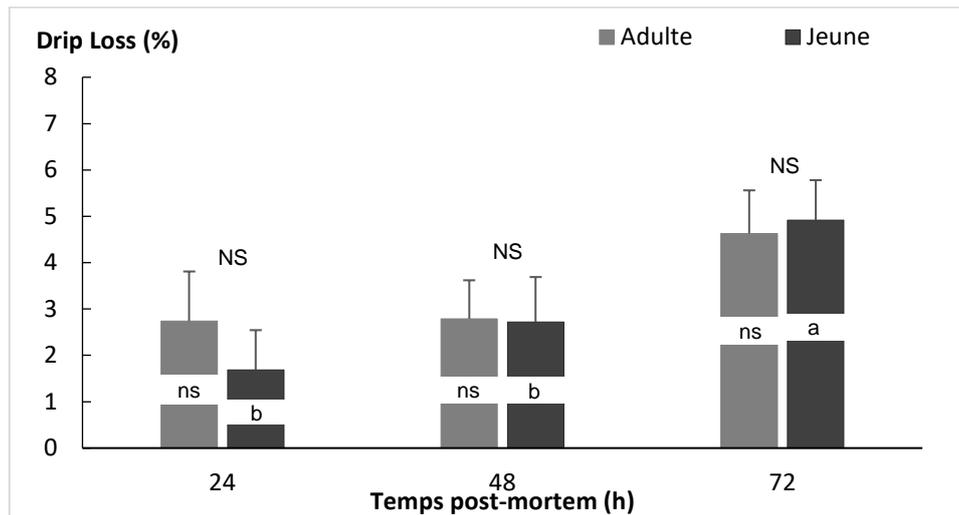


Figure 57. Pertes à la réfrigération chez les dromadaires jeunes et adultes au cours du temps *post mortem*

Les valeurs de DL peuvent fluctuer de manière considérable pouvant atteindre les 9% à 72h *post mortem*. La fluctuation peut avoir différentes origines, en plus d'être intrinsèque (propriétés du muscle), elle peut être liée aux conditions pré et post-abattage (Pearce *et al.*, 2011). Lors d'une étude précédente chez le dromadaire Sahraoui, la moyenne de perte de poids du muscle à la réfrigération était de $2,81 \pm 1,06$ % à 24 h *post mortem* et $6,58 \pm 1,72$ % après 72 h *post mortem*, la libération de jus ne dépassant pas 0,25% (Smili *et al.*, 2014). Maqsood *et al.*, (2015) ont également rapporté chez le dromadaire une augmentation significative des pertes par égouttage pendant le stockage réfrigéré variant de 4 % à 1 jour *post mortem*, jusqu'à 10 % à 9 jours *post mortem*. L'augmentation de la perte à l'égouttage, avec le temps *post mortem* peut s'expliquer par la perte de la capacité de rétention d'eau des protéines myofibrillaires (Huff-lonergan & Lonergan, 2005; Pearce *et al.*, 2011; Puolanne, 2017). Au cours de la maturation des muscles, les protéines myofibrillaires subissent des modifications, suite à l'acidification et la protéolyse *post mortem*, affectant leur capacité à lier l'eau et entraînant ainsi, une augmentation de la perte en eau à la réfrigération.

II.2.3. Pertes de poids à la cuisson

Les pertes à la cuisson ont été mesurées à 48 h *post mortem*, sur des muscles cuits à l'eau jusqu'à atteindre, la température à cœur, 80 °C. Le tableau 5 présente la moyenne des pertes à la cuisson, exprimée en pourcentage du poids initial du muscle (%).

Tableau 5. Pertes à la cuisson du muscle *Longissimus lumborum* de dromadaire Sahraoui en fonction de l'âge d'abattage

	Âge		SEM	Effet, P
	Jeune	Adulte		
Pertes à la cuisson (%)	36,88	36,03	1,35	NS

NS : Non Significatif.

L'âge à l'abattage n'a pas affecté les pertes à la cuisson de la viande cameline. De plus, ces valeurs sont proches de celles rapportées, pour la même espèce, par Kadim *et al.*, (2006), qui sont d'environ 27,52 %. La perte de poids à la cuisson résulte essentiellement d'une diminution du pouvoir de rétention d'eau et de la température élevée provoquant la dénaturation et la coagulation des protéines myofibrillaires, contraignant l'eau à suinter des myofibrilles (Purslow *et al.*, 2016).

II.3. Paramètres déterminant la dureté de la viande

II.3.1. Teneur en collagène

La teneur en collagène totale du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires Sahraoui varie de 0,73 à 4,56 mg/g. La figure 58 montre la variation de la teneur en collagène, en fonction de l'âge et du temps *post mortem*.

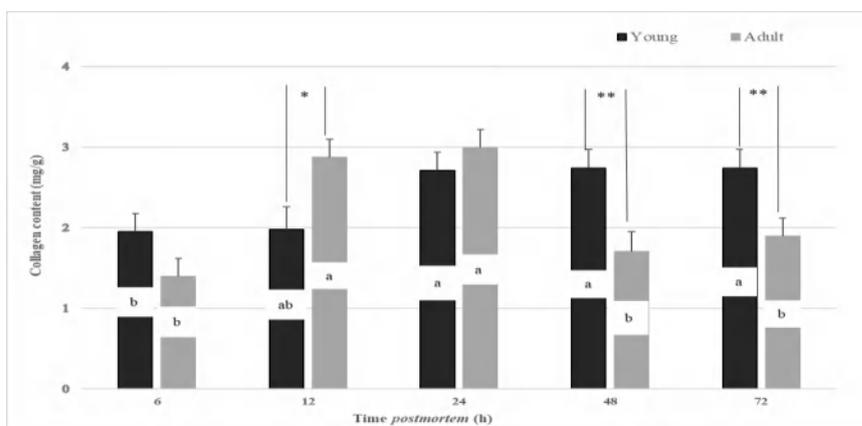


Figure 58. Teneur en collagène total du muscle *Longissimus lumborum* de dromadaires jeunes et adultes à 6, 12, 24, 48 et 72 h *post mortem*

Le temps *post mortem* a affecté de manière significative la teneur totale en collagène ($p < 0,001$), toutefois avec une tendance différente, entre la viande des jeunes dromadaires et des adultes. Plus précisément, la viande des dromadaires adultes a présenté la plus faible teneur en collagène à 6h, puis avec une valeur plus élevée à 12h et à 24h *post mortem*, elle diminuait progressivement. Au contraire de la viande de jeunes dromadaires, la teneur en collagène augmente à 24 heures et reste constante, par la suite. De plus, un effet d'interaction âge x temps *post mortem* a été observé à 12, 48 et 72h *post mortem*.

Sahraoui *et al.* (2017) ont rapporté que la teneur moyenne en collagène de la viande de dromadaire algérien variait de 1,26% à 6,27% avec des valeurs plus élevées chez les animaux de plus de 8 ans. Kadim *et al.*, 2008, ont également révélé que la teneur en collagène et sa solubilité sont des facteurs importants influençant la dureté de la viande de dromadaire. Ils augmentent significativement avec l'âge. Ils sont respectivement de 1,67 mg / g et 0,64 mg / g chez les dromadaires âgés de 1-5 ans contre 2,03 mg / g et 1,19 mg / g chez les dromadaires de 5-8 ans. En effet, avec l'âge de l'animal, la taille et la disposition des fibrilles de collagène augmentent et sa solubilité se réduit avec l'augmentation des liaisons croisées, au sein des molécules de collagène, contribuant au durcissement de la viande (Kadim *et al.*, 2008 ; Eskandari *et al.*, 2013; Nishimura, 2015). Cependant, l'effet du temps *post mortem* sur la teneur en collagène est controversé. Certains travaux ont rapporté que la protéolyse du collagène pouvait se produire, pendant le conditionnement *post mortem* (Purslow, 2014; Latorre *et al.*, 2018). Aussi, Dubost *et al.*, (2016) ont souligné que les variations de texture de la viande dépendraient non seulement de la quantité de collagène total et de ses réticulations, mais aussi des composants de la matrice extracellulaire et de leurs rapports avec le collagène total et les protéoglycanes.

II.3.2. Indice de fragmentation myofibrillaire (MFI)

Le degré de fragmentation des fibres a une relation directe avec la tendreté de la viande, il est estimé par la mesure de l'indice de fragmentation myofibrillaire (MFI), les résultats sont représentés dans la figure 59.

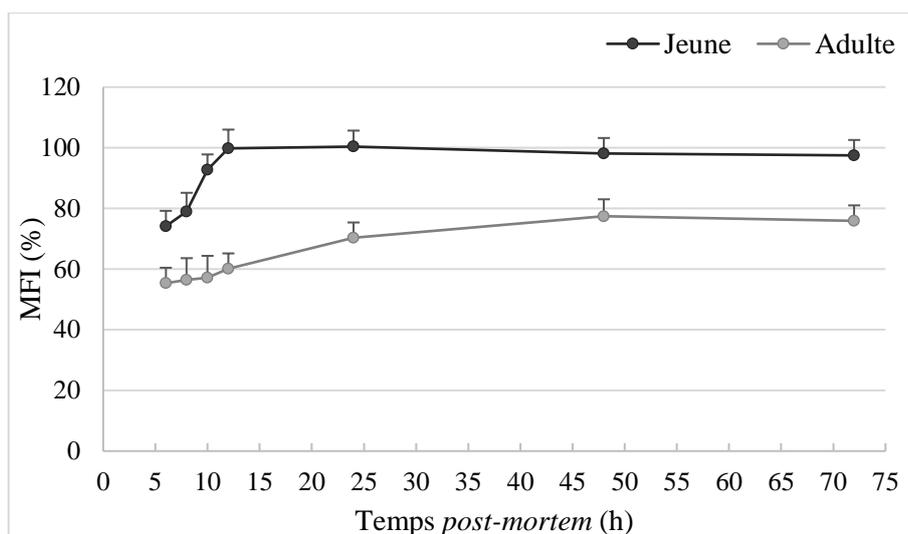


Figure 59. Indice de fragmentation myofibrillaire du muscle *Longissimus lumborum* de dromadaires jeunes et adultes à 6, 8, 10, 12, 24, 48 et 72h *post mortem*

L'indice de fragmentation myofibrillaire (MFI) a été significativement affecté à la fois, par l'âge d'abattage ($p < 0,001$) et le temps *post mortem* ($p < 0,05$). Il convient de noter que le MFI est l'indice le plus important pour mesurer l'amélioration de la tendreté de la viande et de la protéolyse indiquant dans un même temps, les ruptures de la bande I et la perte d'intégrité des myofibrilles. Dans cette étude, la viande de jeunes dromadaires a montré des valeurs MFI plus élevées que la viande d'adultes. Il est bien connu que l'attendrissement de la viande et la fragmentation des myofibrilles sont principalement liés au pH musculaire et, dans l'ensemble, les muscles à pH élevé peuvent s'attendrir plus rapidement que les muscles à pH inférieur (Hamoen *et al.*, 2013). Une fragmentation plus élevée des myofibrilles décelée, dans la viande de jeunes dromadaires pourrait être liée aux valeurs de pH plus élevées trouvées, dans les premières heures *post mortem*, conduisant à une activité accrue des enzymes endogènes sur les myofibrilles (Kim *et al.*, 2014).

Comme attendu, le temps *post mortem* a affecté de manière significative la fragmentation des myofibrilles ($p < 0,05$), bien que ce paramètre ait augmenté, à des rythmes différents chez les dromadaires adultes et jeunes. La viande de jeunes dromadaires a montré une augmentation significative du MFI après 12 heures *post mortem* et demeurant constante par la suite ; tandis que, dans la viande de dromadaires adultes, l'augmentation significative de l'MFI n'a été constatée qu'après 48 heures *post mortem*. La fragmentation plus rapide des myofibrilles, dans la viande de jeunes dromadaires, à partir de 12 heures *post mortem* fournit la preuve d'une résolution plus rapide de la rigidité cadavérique et de

l'activation précoce des enzymes endogènes, dans la dégradation des myofibrilles, mettant ainsi en évidence les différences de potentiel protéolytique, entre les dromadaires jeunes et adultes.

II.3.3. Estimation de la protéolyse des protéines myofibrillaires

Le profile électrophorétique des protéines myofibrillaires du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires Sahraouis jeunes et adultes en fonction du temps *post mortem* est présenté dans la figure 60.

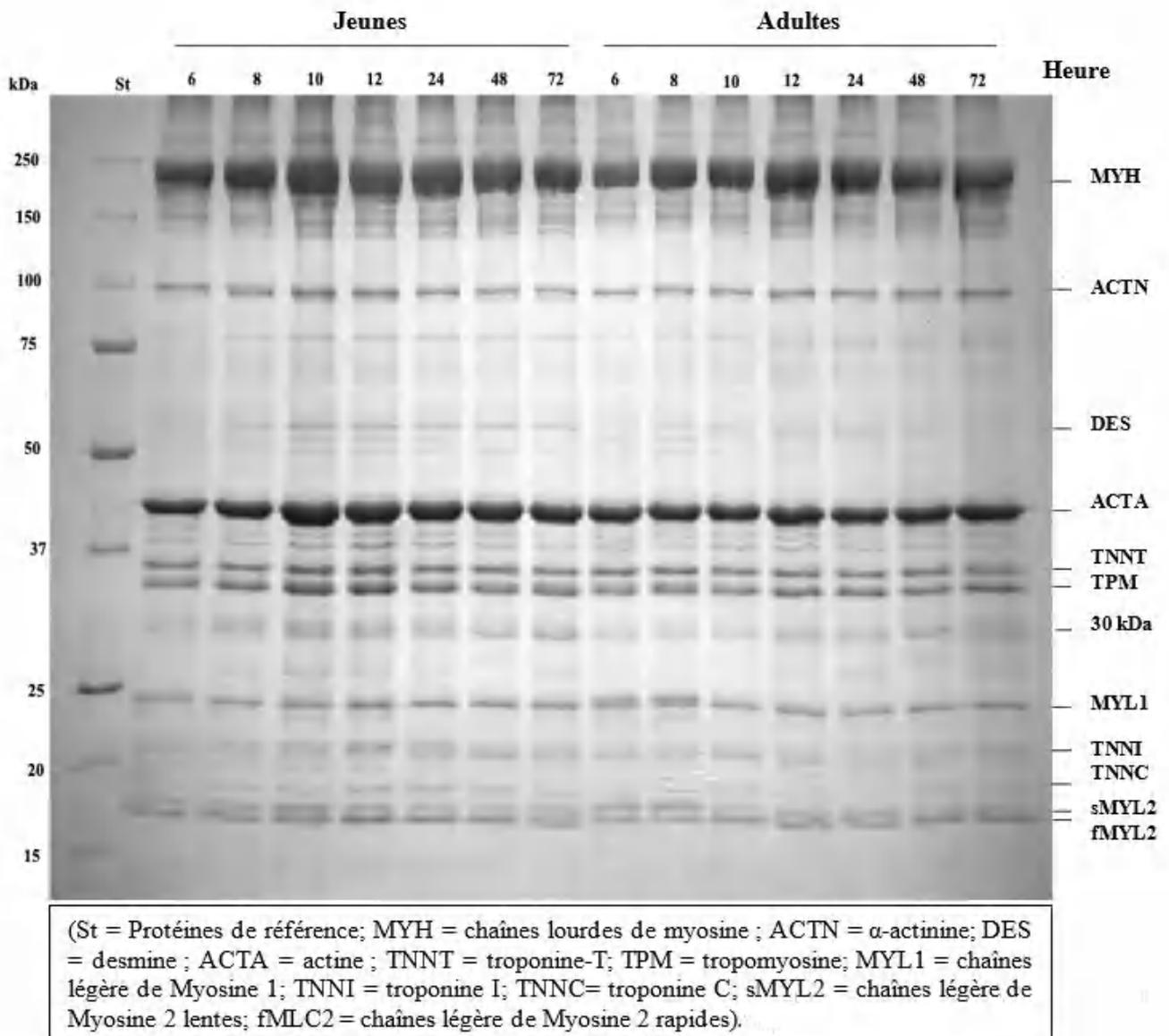


Figure 60. SDS-PAGE (8-18%) représentatif des protéines myofibrillaires du muscle *Longissimus lumborum* des dromedaires jeunes et adultes après 6, 8, 10, 12, 24, 48 et 72 h *post mortem*

Le profil des protéines myofibrillaires a été affecté par l'âge d'abattage et le temps *post mortem*, en particulier en termes d'intensité des bandes protéiques. En effet, bien que pendant le temps *post mortem*, le profil électrophorétique de la fraction myofibrillaire des dromadaires, jeunes et adultes, était caractérisé par le même nombre de bandes protéiques (23 et 26 à 6 h et 72 h *post mortem*), Après 72 h, les jeunes dromadaires ont montré une intensité majeure des polypeptides, dans la zone de 30 kDa.

Les résultats de l'analyse d'image, par densitométrie, de quelques protéines myofibrillaires extraites du muscle *Longissimus lumborum*, en fonction de l'âge d'abattage et du temps *post mortem* sont présentés dans la figure 61. L'âge d'abattage a affecté le pourcentage de desmine (DES, $p < 0,01$), la chaîne légère de myosine 1 (MYL1, $p < 0,01$) et la chaîne légère de myosine lente 2 (sMYL2, $p < 0,01$).

La viande des dromadaires adultes a montré le plus faible pourcentage de desmine, jusqu'à 24 h *post mortem*. De plus, le pourcentage de MYL1 était plus élevé à 6, 8 et 10 heures *post mortem* comparé à la viande des jeunes dromadaires. Concernant sMYL2, dans les premières heures *post mortem*, la viande de dromadaires adultes présentait le pourcentage le plus élevé de cette isoforme, tandis qu'après 10 et 12 heures *post mortem*, elle présentait la teneur la plus faible, en comparaison avec la viande des dromadaires jeunes.

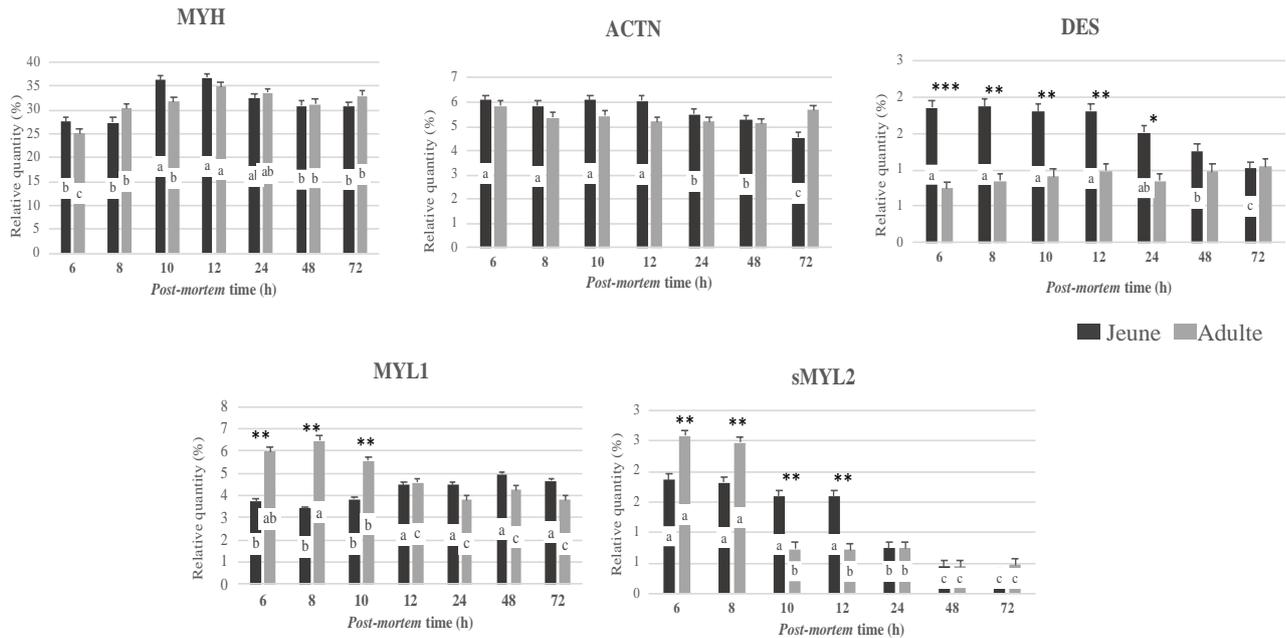


Figure 61. Pourcentage (%) des principales protéines myofibrillaires du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires jeunes et adultes à 6, 8, 10, 12, 24, 48, et 72h *post mortem* (MYH = chaînes lourdes de myosine ; ACTN = α -actinine ; DES = desmine ; MYL1 = chaînes légère de Myosine 1 ; sMYL2 = chaînes légère de Myosine 2 lentes ; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$ effet de l'âge ; a-c = $p < 0,05$ effet du temps *post mortem* ; moyenne \pm SEM).

Un effet significatif du temps *post mortem* a été observé pour la chaîne lourde de la myosine (MHY ; $p < 0,01$), l'alpha-actinine (ACTN ; $p < 0,05$), la desmine (DES ; $p < 0,01$), la troponine T (TNNT ; $p < 0,01$), le fragment de 30 kDa ($p < 0,01$), la chaîne légère de myosine 1 (MYL1 ; $p < 0,01$), la chaîne légère de myosine lente 2 (sMYL2 ; $p < 0,001$) et la chaîne légère de myosine rapide 2 (fMYL2 ; $p < 0,05$).

La myosine est la protéine myofibrillaire la plus abondante qui contribue à la structure et à la résistance à la traction de la viande. Les valeurs les plus faibles de cette protéine ont été détectées dans la première phase *post mortem* (6 et 8 h) et dans la phase *post-rigor* (48 et 72 h). Au cours de la période *post mortem*, les activités des protéases sont modulées par de nombreux facteurs tels que : la baisse du pH, l'accessibilité aux protéines structurales et leurs modifications (Huff Lonergan *et al.*, 2010; Lana & Zolla, 2016). Il a été rapporté que, le moindre changement dans l'étendue de la formation du complexe d'actomyosine ou dans la force de la liaison à la *rigor*, pourrait affecter l'accès de la protéase au substrat (Huff Lonergan *et al.*, 2010; D'Alessandro *et al.*, 2012). Nous retenons que les changements trouvés dans le profil électrophorétique des chaînes lourdes de myosine dans la viande de dromadaire reflètent les processus *post mortem* et confirment

que l'extractabilité des protéines dépend de la destructuration du sarcomère, par des enzymes endogènes, comme également rapporté, pour la viande bovine (Marino *et al.*, 2013).

Les changements d'abondance de l' α -actinine au cours de la période *post mortem* ont été observés uniquement, dans la viande de jeunes dromadaires présentant les valeurs les plus faibles dans la phase *post rigor* à partir de 24 heures *post mortem*. Cette observation atteste le rôle de l' α -actinine dans le maintien de l'intégrité des cellules, s'agissant d'un constituant majeur du disque Z. Il a également été rapporté que les lignes Z sont le premier lieu des altérations structurelles *post mortem* (Guo & Greaser, 2017). Par conséquent, toute dégradation de l' α -actinine peut entraîner une désorganisation myofibrillaire.

Une diminution de la desmine a été retrouvée en phase *post-rigor*, à 48 et 72 heures *post mortem*, et ce, dans la viande de jeunes dromadaires. La desmine est un filament intermédiaire et joue un rôle dans le maintien de l'intégrité des cellules musculaires, en reliant les myofibrilles adjacentes au niveau de leurs lignes Z, et les myofibrilles à d'autres structures cellulaires (Pearce *et al.*, 2011). Dans une étude précédente, portant sur la viande de porc, la protéolyse précoce de la desmine, à partir de 24 h *post mortem*, était associée à l'activation de la calpaïne-1 (Bee *et al.*, 2007). Plusieurs études sur la viande bovine ont également signalé, que la dégradation de la desmine est un indicateur de dégradation myofibrillaire (Anderson *et al.*, 2012; Lana & Zolla, 2016). Dans notre étude, la plus grande dégradation de la desmine ainsi que, l'augmentation majeure du MFI observée dans la viande de jeunes dromadaires confirment l'affaiblissement de la structure myofibrillaire, et met en évidence un potentiel protéolytique majeur de la viande de jeunes animaux.

Au cours du temps *post mortem*, les chaînes légères de myosine 1 (MYL1) ont montré une tendance différente dans la viande de dromadaires jeunes et adultes, plus précisément, une diminution du pourcentage de MYL1 a été observée chez les adultes, à l'inverse, une augmentation a été constatée après 10 h *post mortem* chez les jeunes. Les différences de quantité de MYL1 entre les adultes et les jeunes dromadaires pourraient être le reflet de l'intégrité des ponts transversaux d'actomyosine. Anderson *et al.* (2012) ont rapporté que la libération rapide de MYL1 de la myofibrille est due à l'action de la calpaïne-1. Elle est un indicateur de protéolyse *post mortem* précoce et potentiellement d'attendrissement. Dans notre étude, la valeur la plus faible de MYL1 trouvée dans la

viande de jeunes dromadaires, au cours de la première phase *post mortem* s'expliquerait par une plus grande libération de cette protéine myofibrillaire dans la fraction soluble. Ceci conforte que MYL1 pourrait être un indicateur de la déstructuration des myofibrilles dans la viande cameline, tel que rapporté précédemment pour la viande bovine (Marino *et al.*, 2014).

II.3.4. Estimation de la protéolyse des protéines sarcoplasmiques

Le profil électrophorétique représentatif des protéines sarcoplasmiques du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires Sahraouis jeunes et adultes, au cours des premières heures *post mortem* est illustré dans la figure 62.

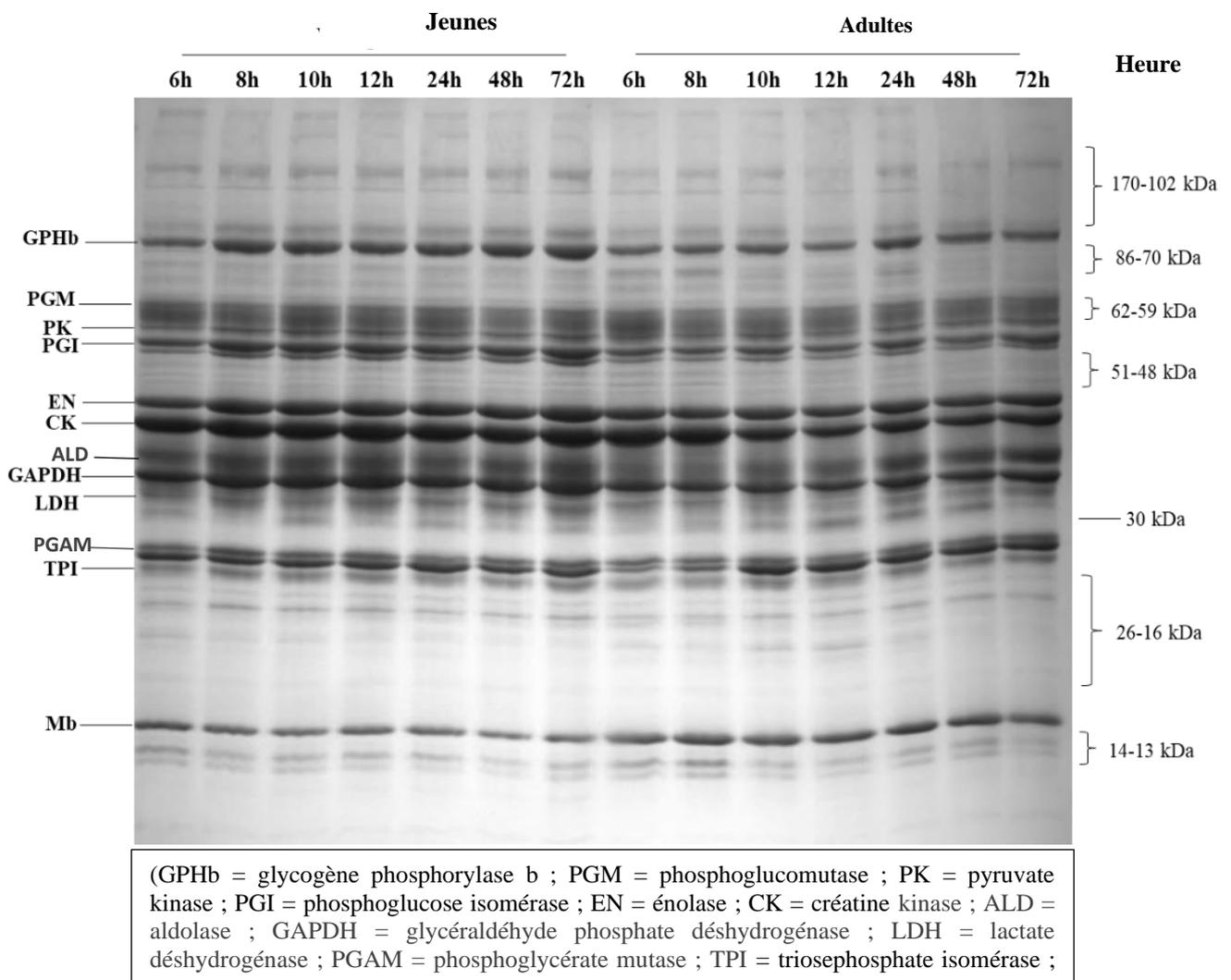


Figure 62. SDS-PAGE (8-18 %) représentatif d'extrait de protéines sarcoplasmiques du muscle *Longissimus Lumborum* après 6, 8, 10, 12, 24, 48 et 72 h *post mortem*, chez les dromadaires jeunes et adultes

Les résultats montrent que le profil protéique sarcoplasmique était significativement affecté par l'âge à l'abattage et le temps *post mortem*. A 6 h *post mortem*, les adultes et les jeunes dromadaires présentaient un profil similaire, en termes de nombre et d'intensité des bandes, alors qu'après 72 h *post mortem*, la viande des dromadaires adultes présentait moins de protéines sarcoplasmiques comparée aux jeunes dromadaires (27 et 19 bandes dans la viande des jeunes et des adultes, respectivement).

Les résultats de l'analyse densitométrique des principales protéines sarcoplasmiques extraites sont présentés dans la figure 63.

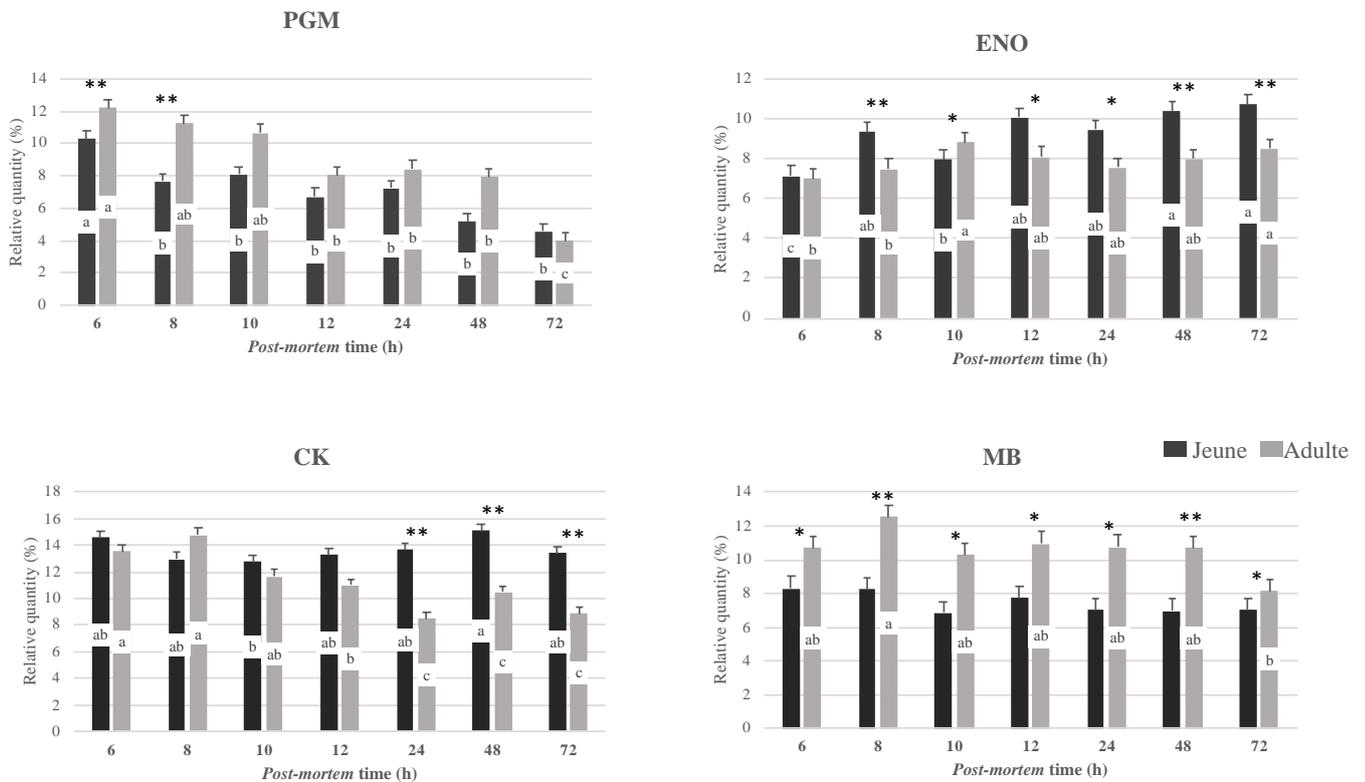


Figure 63. Pourcentage (%) des principales protéines sarcoplasmiques du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires jeunes et adultes à 6, 8, 10, 12, 24, 48 et 72h *post mortem* (PGM = phosphoglucomutase ; ENO = énoïase ; CK = créatine kinase ; MB = myoglobine ; * = p < 0,05 ; ** = p < 0,01 ; *** = p < 0,001 effet de l'âge à l'abattage ; a-c = p < 0,05 effet du temps *post mortem* ; moyenne±erreur standard de la moyenne).

L'âge à l'abattage affecte le profil électrophorétique des protéines sarcoplasmiques, les dromadaires adultes étant caractérisés par des valeurs plus élevées de myoglobine (p < 0,001) à tout les temps *post mortem* étudiés. Les taux de myoglobine peuvent refléter des différences dans les propriétés métaboliques et contractiles des fibres musculaires. Dans notre étude, la plus grande abondance de myoglobine trouvée dans la viande de

dromadaires adultes met en évidence une viande plus rouge, et confirme que l'augmentation de la teneur en myoglobine est un processus étroitement lié à l'âge de l'animal, tel que rapporté précédemment (Kadim *et al.*, 2006; Calnan *et al.*, 2016). De plus, la viande de dromadaires adultes a révélé des valeurs plus élevées de phosphoglucomutase (PGM ; $p < 0,01$) à 6 et 8 h *post mortem*, tandis que la viande des jeunes dromadaires présentaient une intensité plus élevée d'énolase (ENO; $p < 0,001$) et de créatine kinase (CK ; $p < 0,01$) après 8 et 24 h *post mortem*, respectivement.

Le temps *post mortem* a affecté l'intensité relative des protéines sarcoplasmiques, principalement la phosphoglucomutase ($p < 0,01$), l'énolase ($p < 0,01$) et la créatine kinase ($p < 0,01$), chez les dromadaires adultes et jeunes. Une diminution significative de l'intensité la phosphoglucomutase (PGM) est observée après 8 h *post mortem* chez les jeunes dromadaires, alors qu'elle n'est observée qu'à partir de 12 h *post mortem* chez les dromadaires adultes. La phosphoglucomutase est une enzyme du métabolisme de glycogène, elle catalyse l'isomérisation du glucose-1-phosphate, libéré du glycogène, en glucose-6-phosphate, qui peut alors pénétrer dans la voie de la glycolyse. Il a été prouvé qu'une plus grande activité des PGM est généralement liée à une baisse plus rapide du pH, pendant la phase *post rigor* (Longo *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2019). Dans notre étude, la diminution plus rapide des PGM, dans la viande des dromadaires jeunes, avec les résultats du pH, suggèrent l'implication des PGM, dans le processus d'attendrissement *post mortem* de la viande cameline, conformément à d'autres espèces (Anderson *et al.*, 2012; della Malva *et al.*, 2022).

L'énolase (ENO) est une enzyme clé de la glycolyse qui catalyse la conversion du 2-phosphoglycérate en phosphoénolpyruvate, elle a augmenté significativement, à partir de 8h et 10 h *post mortem*, chez les dromadaires jeunes et adultes, respectivement. Des études précédentes ont rapporté que l'abondance de l'énolase augmente au cours du *post mortem*, en raison de modification potentielle dans la protéine, de son expression ou de dégradation mineure, soulignant l'importance de la glycolyse, dans l'attendrissement *post mortem* de la viande (Lametsch *et al.*, 2003; Jia *et al.*, 2007). De manière concordante, l'augmentation de l'énolase pendant le temps *post mortem* dans le muscle *Longissimus Lumborum* des dromadaires étudiés met en évidence l'association entre cette enzyme glycolytique et les processus *post mortem*.

Le temps *post mortem* a également affecté l'intensité relative de la créatine kinase (CK), montrant une diminution ($p < 0,01$), à partir de 12 h, dans la viande de dromadaires adultes. Une tendance différente a été observée pour la viande des dromadaires jeunes, montrant les plus faibles valeurs à 10 h *post mortem*. La créatine kinase joue un rôle essentiel dans le maintien des niveaux d'ATP, au cours des premières heures *post mortem*: elle catalyse de manière réversible le transfert de phosphate de créatine-phosphate en ADP, générant de l'ATP et de la créatine (Guo & Greaser, 2017).

II.3.5. Mise en évidence de la dégradation de l'actine

L'actine est la seconde protéine myofibrillaire la plus abondante, dans le muscle après la myosine. C'est une protéine structurelle importante responsable de la contraction musculaire et du maintien de l'intégrité structurelle du sarcolemme. C'est également un marqueur de la mise en place de l'apoptose (Ouali *et al.*, 2006). C'est pourquoi les changements de l'actine dans le muscle *Longissimus lumborum* de dromadaires sahraouis jeunes et adultes ont été suivis aux premières heures *post mortem* (à savoir 1, 5, 10 et 24h). Cette partie a été publiée dans la revue internationale de classe A, Food Science and Technology International (impact facteur 2,023), dont les résultats sont détaillés dans l'article 2, de la partie productions scientifiques. Brièvement, le Western blot a clairement révélé que la protéolyse de l'actine avait lieu aussitôt après l'abattage, dès 1h *post mortem* avec apparition de six bandes immunoréactives de poids moléculaire : 42, 32, 30, 25, 15 et 12 kDa, comme présenté dans la figure 64. L'analyse densitométrique des bandes a montré que la dégradation de l'actine était affectée par l'âge et le temps *post mortem* comme indiqué dans le tableau 6.

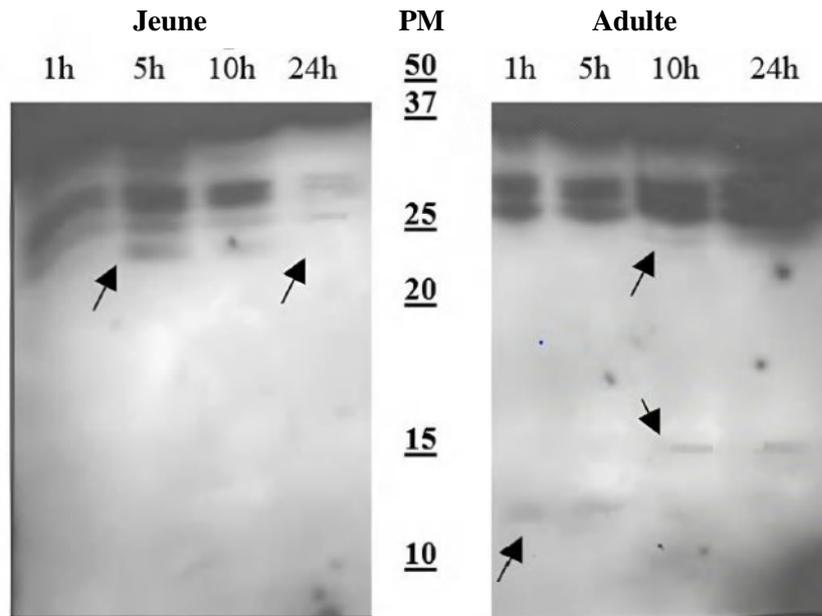


Figure 64. Protéolyse de l'actine dans le muscle *Longissimus lumborum* de dromadaires Sahraouis jeunes et adultes, au cours du temps *post mortem*

La bande d'actine intacte a un poids moléculaire d'environ 42 kDa. Il a été rapporté que le protomère d'actine ou G-actine, d'environ 42 kDa, a une forme globulaire, aplatie dans une dimension, et se compose de deux domaines principaux : grands ou intérieurs et petits ou extérieurs, en référence à leur taille ou leur orientation dans le filament (Khaitlina, 2001; Kudryashov & Reisler, 2013).

Les fragments de 32 et 30 kDa étaient présents, à tous les temps de prélèvement. Alors que les fragments de 25, 15 et 12 kDa apparaissaient ou disparaissaient ponctuellement. Ces résultats sont en corrélation avec des études antérieures. Ils rapportent l'apparition de fragments d'actine similaires, dans différentes cellules et conditions telles que : des incubations *in vitro* d'actine monomère intacte ou d'extrait de muscles entiers avec des enzymes spécifiques, en particulier le groupe caspase, impliqué dans le processus apoptotique (Mornet et Ue, 1984 ; Kemp *et al.*, 2010 ; Ouali *et al.*, 2013). Des études sur différents muscles et espèces ont également identifié l'actine comme cible de la protéolyse *post mortem* (Lametsch *et al.*, 2002 ; Morzel *et al.*, 2008 ; Longo *et al.*, 2015). Il a été rapporté que la dégradation de l'actine par les caspases se produit vite dans les cellules mourantes. Les fragments générés ont été utilisés comme sonde pour la détection de l'apoptose (Ouali *et al.*, 2006).

Cependant, le fragment de 32 kDa a été généré, à 1h *post mortem*, les valeurs les plus élevées de ce fragment ont été observées à 10 et 24h *post mortem* chez l'adulte. De plus, le temps *post mortem* a affecté de manière significative l'intensité de la bande. Pour les jeunes dromadaires, l'intensité de la bande a augmenté à 5h puis diminue, pour atteindre la valeur la plus basse, à 24h *post mortem*. Pour les adultes, il a cependant augmenté de manière significative après 10h *post mortem*, pour atteindre sa valeur la plus élevée à 24h. Bien souvent, la dégradation de l'actine a été associée à l'apoptose et le fragment de 31-32 kDa généré a été utilisé comme marqueur apoptotique (Ouali *et al.*, 2006, 2013 ; Laville *et al.*, 2009 ; Becila *et al.*, 2010 ; Longo *et al.*, 2015). Le fragment de 32 kDa a fortement augmenté, juste après la mort, pour atteindre son niveau maximum, à environ 3 à 4 h *post mortem*, coïncidant avec le plateau de pH. Par la suite, il a diminué pour atteindre un niveau minimum, à environ 24h *post mortem*, suggérant que ce fragment est encore dégradé, en plus petits. Considérant que (Ouali *et al.*, 2013) ont rapporté que la libération de cytochrome C dans le cytosol commence immédiatement après la mort et atteint son abondance maximale à environ 6h *post mortem*, ceci correspond au plateau de pH et aux fragments d'actine de 32 kDa les plus libérés. Le cytochrome C est une protéine pro-apoptotique de l'espace intermembranaire mitochondrial, libérée lors du processus de fission des mitochondries. Similaire à la tendance observée pour l'adulte, une intensité accrue du fragment de 32 kDa au cours des 48h post-abattage a été rapportée dans le muscle de porc (Lametsch *et al.*, 2002).

Le troisième fragment d'actine de 25 kDa a été généré plus tôt, dans le groupe des jeunes dromadaires après 5h *post mortem* contre 10h *post mortem* pour le groupe des adultes. Cette bande disparaissait à 24h *post mortem* dans le muscle des jeunes, alors qu'elle augmentait en intensité chez les adultes. Parallèlement à ces observations, il a été rapporté que le fragment de 25 kDa était généré par l'action de la caspase 3, après 5h d'incubation avec des extraits de muscle de bœuf (Ouali *et al.*, 2013). Fait intéressant, le fragment d'actine de 25 kDa semblerait être un marqueur potentiel de la protéolyse précoce dans le muscle de dromadaire, ainsi qu'un biomarqueur de tendreté de la viande comme proposé par (Ouali *et al.*, 2013). Cependant, des investigations supplémentaires doivent être menées pour clarifier ce point.

Les fragments de faible poids moléculaire (≤ 15 kDa) ont été observés uniquement chez l'adulte. La bande de 12 kDa a été observée à 1h et 5h *post mortem*, tandis que celle

de 15 kDa est apparue après 10h *post mortem*. Auparavant, (Becila *et al.*, 2010) ont rapporté qu'un fragment d'actine de 15 kDa a été observé à 5h *post mortem* dans des extraits de muscle de rat. De plus, l'incubation de l'actine avec différentes enzymes (nagarse, protéinase K et thrombine) s'est avérée produire des fragments d'environ 16 kDa (Mornet & Ue, 1984).

Tableau 6. Résultats quantifiés de l'actine et de ses produits de protéolyse dans *Longissimus lumborum* en fonction de l'âge des dromadaires et du temps *post mortem*

	Age	Temps <i>post mortem</i>				P-value		
		1 h	5 h	10 h	24 h	Age	Temps	Age x Temps
Actine intacte								
	Jeune	3,305ab	3,325a	3,285ab	3,18b	0,722	0,182	0,037
	Adulte	3,27	3,30	3,26	3,31			
Fragments d'actine								
32 kDa	Jeune	2,245b	2,67a	2,32abB	1,145cB	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Adulte	2,19c	2,41bc	2,765bA	3,19aA			
30 kDa	Jeune	2,05a	1,845ab	1,45bB	0,985cB	<0,0001	0,884	<0,0001
	Adulte	2,095c	2,245bc	2,63abA	3,015aA			
25 kDa	Jeune	0c	1,515aA	1,185bB	0cB	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Adulte	0c	0cB	1,44bA	2,15aA			
<15 kDa	Jeune	0	0	0	0	<0,0001	0,0025	0,0025
	Adulte	1,275a	0,955c	1,005bc	1,175ab			
Dégradation de l'actine								
	Jeune	0,434bA	0,355c	0,398bcA	0,598aA	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Adulte	0,369aB	0,370a	0,293Bb	0,257bB			

a, b et c dans la ligne indiquent une différence significative entre les temps *post mortem* ($P < 0,05$).
A, B dans la colonne indiquent une différence significative entre les deux groupes d'âge ($P < 0,05$).

II.3.6. Mise en évidence de la dégradation de la troponine T

Il a été largement rapporté que la troponine T est l'une des principales protéines utilisée comme marqueur pour l'étude de la protéolyse en cours et pour la prédiction de la tendreté de la viande (Huff Lonergan *et al.*, 2010; Lana & Zolla, 2016). Par conséquent, le Western blot de la troponine T a été réalisé, en vue de définir les changements détectés entre la viande de dromadaires adultes et jeunes, au cours du temps *post mortem* et de confirmer les résultats SDS-PAGE. Le Western Blot représentatif de la troponine T du muscle *Longissimus lumborum* du dromadaire tel que, affecté par l'âge d'abattage et le temps *post mortem* est rapporté dans la figure 65, tandis que les résultats de l'analyse d'image sont présentés dans le tableau 7.

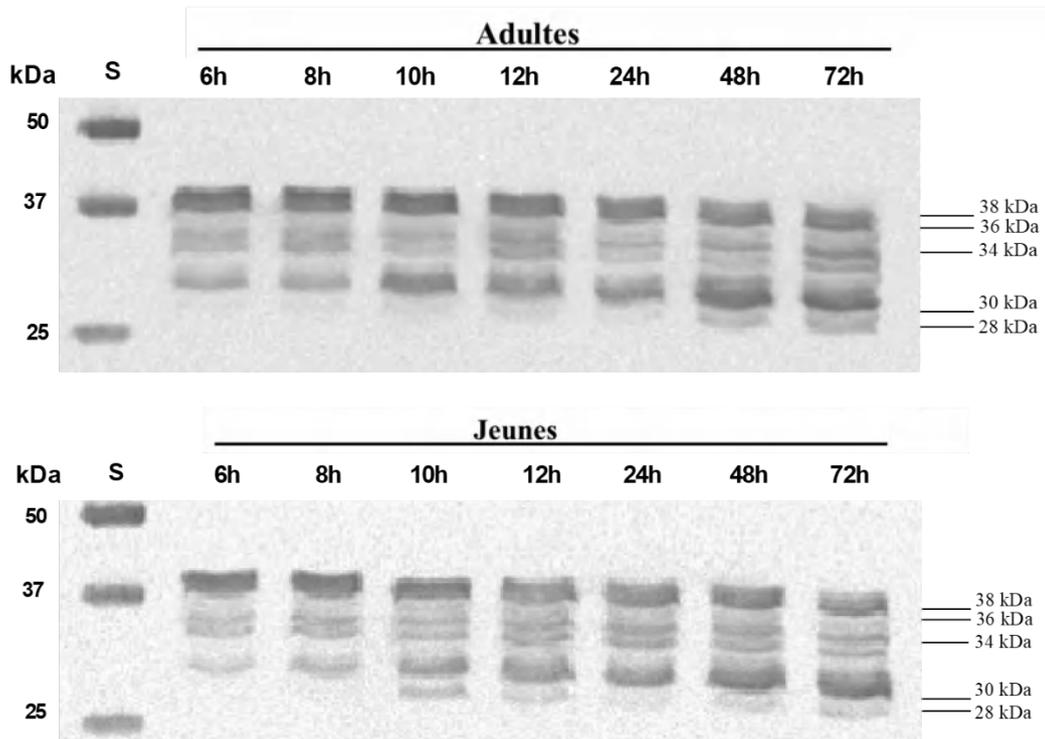


Figure 65. Western Blot représentatif de la troponine-T du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires jeunes et adultes après 6, 8 10, 12, 24, 48 et 72 heures *post mortem*

Le Western blot de la troponine T (TNNT) a révélé la présence de 5 bandes immunoréactives : les bandes de 38, 36 et 34 kDa représentent des isoformes de TNNT intactes, tandis que les bandes de 30 et 28 kDa sont des produits dégradés de la TNNT.

En se référant aux isoformes intactes de TNNT, les résultats de l'analyse d'image ont révélé que l'âge d'abattage et le temps *post mortem* affectaient de manière significative l'intensité relative des bandes de protéines de 38, 36 et 34 kDa. En particulier, les isoformes intactes de 38 kDa et 34 kDa ont montré des valeurs plus élevées, dans la viande des jeunes dromadaires à 6 et 8 h *post mortem* ($p < 0,05$), tandis que la viande des dromadaires adultes a révélé l'intensité la plus élevée uniquement de la bande de 36 kDa ($p < 0,01$), jusqu'à 48 h *post mortem*.

Comme attendu, le temps *post mortem* a affecté de manière significative la dégradation des isoformes intactes de TNNT (38 kDa, 36 kDa et 34 kDa, respectivement) mais, à des taux différents. En ce qui concerne la protéine de 38 kDa, chez les dromadaires adultes, une diminution ($p < 0,01$) a été constatée à partir de 10h *post mortem*, contrairement aux jeunes dromadaires, où une dégradation progressive a été observée au

cours du temps *post mortem*. Un effet du temps *post mortem* a été trouvé pour la bande 36 kDa, chez les dromadaires adultes, avec une diminution significative ($p < 0,05$), après 10 h *post mortem*. Cependant, en se référant à la bande 34 kDa, une diminution progressive a été constatée chez les jeunes dromadaires montrant les valeurs les plus basses, à partir de 24 h *post mortem*.

Tableau 7. Résultats quantifiés (%) de la troponine T et de ses produits de protéolyse dans *Longissimus lumborum* en fonction de l'âge des dromadaires et du temps *post mortem*

		Temps <i>post mortem</i> (h)							Effet, P			
		6	8	10	12	24	48	72	SEM	Age	Temps	Age x Temps
Isoformes intactes												
38 kDa	adult	71.58 Ba	68.41 Ba	59.22 b	56.33 b	53.53 b	40.21 c	36.81 c	1.92	*	**	*
	young	84.12 Aa	77.41 Ab	58.20 c	58.55 c	50.33 d	40.77 e	37.36 e				
36 kDa	adult	10.80 Aa	10.73 Aa	6.35 Ab	6.20 Ab	6.99 Ab	6.67 Ab	5.25 b	0.61	**	*	*
	young	4.67 B	4.10 B	4.51 B	4.04 B	4.33 B	4.30 B	4.10				
34 kDa	adult	2.20 B	2.15 B	2.31	2.34	2.86	2.87	2.88	0.43	*	*	*
	young	3.72 Aa	3.95 Aa	2.72 ab	2.99 ab	2.51 b	2.40 b	2.15 b				
Produits de dégradation												
30 kDa	adult	15.42 Ad	18.71 Ad	32.12 c	35.13 Abc	36.62 Bb	48.91 a	52.70 a	1.38	*	***	*
	young	7.49 Bf	14.54 Be	29.64 d	30.76 Bd	41.04 Ac	50.86 b	54.35 a				
28 kDa	adult	ND	ND	ND	ND	ND	1.34 b	2.36 a	0.25	*	**	*
	young	ND	ND	4.94 a	3.65 b	1.78 c	1.78 c	2.04 c				

ND= non détecté; NS= non significatif; *= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$. A, B = $p < 0,05$ en colonne (effet de l'âge); a, b, c = $p < 0,05$ en ligne (effet temps *post mortem*).

Ces résultats mettent en évidence que la dégradation de la troponine-T intact, au cours de la période *post mortem*, était plus importante dans la viande des dromadaires jeunes (52,86%) comparée aux adultes (46,87 %). Cette dégradation majeure des isoformes intactes de TNNT chez les jeunes dromadaires pourrait être expliquée par les caractéristiques des fibres et à une plus grande activité des enzymes endogènes, dans la dégradation des myofibrilles, confirmée également par les résultats de l'MFI. Conformément à nos données, Cruzen *et al.* (2014) ont observé moins de dégradation de la troponine-T dans les muscles des bovins matures comparés aux jeunes. Ils ont suggéré un potentiel de protéolyse réduit chez les bovins matures comparé aux veaux, en raison d'un rapport inférieur de l'activité μ -calpaïne/calpastatine.

Les fragments de 30 et 28 kDa sont les deux principaux polypeptides générés par la dégradation de la troponine-T (Huff Lonergan *et al.*, 2010). Concernant ces isoformes dégradées, la bande de 30 kDa était affectée par l'âge d'abattage ($p < 0,05$) et le temps *post mortem* ($p < 0,001$). La viande de dromadaires adultes a été caractérisée par le pourcentage le plus élevé à 6, 8 et 12 h *post mortem*, tandis qu'après 24 h, la viande de jeunes dromadaires a montré des valeurs plus élevées.

Au cours du temps *post mortem*, une augmentation progressive des bandes de 30 et 28 kDa a été observée chez les dromadaires jeunes et adultes à des taux différents. La viande de dromadaires adultes a montré une augmentation de fragment de 30 kDa, à partir de 10 h *post mortem*, et une augmentation progressive chez les jeunes dromadaires. Se référant au polypeptide de 28 kDa, chez les dromadaires adultes, ce polypeptide est apparu après 48 h *post mortem*, alors que chez les jeunes dromadaires il est apparu plus tôt, après 10 h *post mortem*.

La plus grande quantité de fragments de TNNT trouvés dans la viande de jeunes animaux au cours de la période *post mortem* confirme la dégradation plus rapide et plus étendue de la TNNT intact, mettant en évidence une dégradation plus intense des myofibrilles et de la protéolyse chez les animaux jeunes.

L'ensemble de nos résultats sur la protéolyse dans la viande de dromadaire, au cours du temps *post mortem*, notamment le MFI, la dégradation de l'actine et de la troponine-T, ont révélé des différences dans le potentiel protéolytique de la viande en raison de l'âge à l'abattage des dromadaires.

II.3.7. Dureté de la viande par Warner-Bratzler

La tendreté de la viande est l'un des plus importants attributs de qualité recherché par les consommateurs. C'est une propriété organoleptique qui se traduit par la facilité avec laquelle la structure de la viande peut être désorganisée au cours de la mastication (Ouali *et al.*, 2006). Elle présente une variabilité forte et non contrôlée. A l'opposé, la dureté de la viande exprime la résistance qu'elle offre au tranchage ou à la mastication (Guillemin *et al.*, 2009).

L'évaluation de la force de cisaillement des échantillons de viande cameline étudiés est présentée dans le tableau 8.

Tableau 8. Dureté instrumentale du muscle *Longissimus Lumborum* du dromadaire Sahraoui, en fonction de l'âge d'abattage

	Age		SEM	Effet, P
	Jeune	Adulte		
Dureté instrumentale				
WBSF (kg/cm ²)	2.41	3.13	0.16	**

** = $p < 0.01$.

La force de cisaillement enregistrée varie de 1,12 à 5,10 kg/cm². L'âge des animaux a un effet significatif sur les valeurs du WBSF ($p < 0,01$). Les dromadaires adultes ont une valeur moyenne de 3,13 kg/cm² contre 2,41 kg/cm² pour les jeunes. Ces valeurs sont plus faibles par rapport aux valeurs précédemment rapportées, estimées à 8,10 et 9,76 kg pour des dromadaires âgés de 1-3 ans et 7-9 ans respectivement (Kadim *et al.*, 2009). Cette différence de valeurs du WBSF peut avoir pour cause, plusieurs facteurs, la préparation et la cuisson des échantillons analysés, ainsi que les paramètres du matériel utilisé (Guillemin *et al.*, 2009). Plusieurs auteurs ont montré que les valeurs de la force de cisaillement augmentent avec l'âge des animaux (Kadim *et al.*, 2006 ; Eskandari *et al.*, 2013). Elles sont liées aux changements histologiques qui se produisent dans la structure et la composition musculaires à mesure que les animaux mûrissent, essentiellement, dans le tissu conjonctif (Kadim *et al.*, 2009). En effet, Eskandari *et al.*, 2013 ont rapporté l'existence d'une forte corrélation positive entre la teneur en collagène insoluble et le WBSF. Cependant, d'autres auteurs ont rapporté des relations entre la fragmentation myofibrillaire et la tendreté de la viande de dromadaires (Kadim *et al.*, 2009). D'autre part, (Cruzen *et al.*, 2014) ont expliqué la faible tendreté de la viande de bovin adulte comparée à celle de bovin jeune par l'augmentation du collagène insoluble et le manque de protéolyse *post mortem*. En effet, au cours du processus d'attendrissement, l'activité des protéases et leurs inhibiteurs a un rôle majeur dans la dégradation des myofibrilles qui affecte fortement la tendreté de la viande (Ouali *et al.*, 2013 ; Marino *et al.*, 2015).

II.4. Couleur de la viande

La couleur de la viande fraîche est décrite par les coordonnées CIE L*a*b* mesurées par le chromamètre. La luminance, indiquée par la L*, est liée à la diffusion de la lumière. Tandis que, les indices de rouge (a*) et de brunissement (jaunissement = b*) sont liés à la concentration et à l'état chimique de la myoglobine, et définissent également les composantes de teinte (H°) et de saturation (C) de la couleur de la viande (Mancini & Hunt, 2005; Purslow *et al.*, 2020). Les coordonnées de couleur du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires jeunes et adultes à 6 et 24 h *post mortem* sont rapportés dans le tableau 9.

Tableau 9. Coordonnées de la couleur du muscle *Longissimus Lumborum* (LL) des dromadaire après 6 et 24 heures *post mortem* selon l'âge à l'abattage

		Temps <i>post mortem</i> (h)		Effets, P			
		6	24	SEM	Age	Temps	Age x Temps
L*	Jeune	39,55A	39,97	0,54	***	***	*
	Adulte	35,44bB	39,12a				
a*	Jeune	12,27b	13,85aB	0,44	*	***	NS
	Adulte	12,69b	15,53aA				
b*	Jeune	11,49bA	12,72a	0,37	NS	***	**
	Adulte	9,79bB	13,42a				
C	Jeune	16,88b	18,87aB	0,51	NS	***	*
	Adulte	16,06b	20,58aA				
H°	Jeune	0,75A	0,75	0,01	***	*	NS
	Adulte	0,65bB	0,72a				

NS = Non significatif; * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; *** = $P < 0.001$. a, b, c = $P < 0.05$ en ligne (effet du temps *post mortem*). A, B, C = $P < 0.05$ en colonne (effet age).

Le temps *post mortem* a affecté tous les coordonnées de la couleur montrant une augmentation des valeurs de 6 h à 24 h, à l'exception de L* et des valeurs de teinte des jeunes, restées inchangées. La clarté, la rougeur et le jaunissement se situaient dans la fourchette des valeurs rapportées par d'autres études réalisées sur la viande cameline (Kadim *et al.*, 2006 ; Abdelhadi *et al.*, 2012 ; Zahedi, Varidi & Varidi, 2016). Au cours de la période *post mortem*, la baisse du pH et la dégradation des protéines augmentent les propriétés de diffusion de la lumière de la viande et augmentent ainsi les valeurs L*, a* et b* (Kadim & Purchas, 2019).

L'âge a également affecté les paramètres colorimétriques. Les dromadaires adultes ont montré des valeurs significativement plus faibles de luminosité (L*), de jaunissement (b*) et de H° à 6 h *post mortem* et des valeurs de rougeur (a*) et de C à 24 h plus élevées par rapport aux jeunes. Indiquant que la viande des dromadaires adultes était plus foncée et plus rouge que celle des jeunes dromadaires, comme précédemment rapporté dans la viande de dromadaires d'âges différents (Kadim *et al.*, 2006). Ce résultat est probablement dû à des différences dans la teneur en myoglobine musculaire et son état chimique.

II.5. Qualité sensorielle de la viande

Comme le montre le tableau 10, l'évaluation sensorielle de la viande de dromadaire a révélé un effet significatif de l'âge sur la tendreté ($p < 0.001$), la jutosité ($p < 0.001$) et l'appréciation globale ($p < 0.001$). En particulier, les jeunes dromadaires présentaient une viande plus tendre et juteuse comparée aux dromadaires adultes, avec des valeurs plus

faibles de cohésion ($p < 0.05$) et de mastication ($p < 0.001$) et des valeurs plus élevées d'appréciation globale.

Tableau 10. Propriétés sensorielles de la viande de dromadaire, selon l'âge à l'abattage

	Age		SEM	P-value
	Adulte	Jeune		
Tendreté	3.40	6.03	0.19	***
Jutosité	2.97	4.62	0.22	***
Flaveur	4.14	4.24	0.20	NS
Flaveur anormale	1.30	1.02	0.14	NS
Cohésion	4.74	3.88	0.20	*
Mastication	5.57	3.77	0.20	***
Présence de résidus	2.51	2.43	0.16	NS
Appréciation globale	4.16	5.80	0.18	***

NS = non significatif; * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; *** = $P < 0.001$. SEM : Erreur standard de la moyenne. Le muscle considéré pour l'évaluation sensorielle est le *Longissimus Lumborum*.

L'analyse des corrélations entre les caractéristiques sensorielles étudiées, réalisée à l'aide du coefficient de Pearson, au seuil de signification $p < 0,05$, est présentée dans le tableau 11.

Tableau 11. Corrélations entre les propriétés sensorielles étudiées

	Tendreté	Jutosité	Flaveur	Flaveur anormale	Cohésion	Mastication	Présence de résidus	Appréciation globale
Tendreté	1							
Jutosité	0,445	1						
Flaveur	0,169	-0,022	1					
Flaveur anormale	-0,025	0,014	-0,155	1				
Cohésion	-0,348	-0,201	0,082	-0,176	1			
Mastication	-0,460	-0,168	-0,117	-0,072	0,265	1		
Présence de résidus	0,093	-0,139	0,079	0,193	-0,087	-0,004	1	
Appréciation globale	0,523	0,262	0,474	-0,177	-0,269	-0,351	0,027	1

Les valeurs en gras sont significatives au seuil $p < 0,05$.

La tendreté est négativement corrélée à la cohésion et à la mastication ($r=-0,35$; $P<0,05$ et $r=-0,46$; $P<0,001$ respectivement), et positivement corrélée à la jutosité et à l'appréciation globale ($r=0,44$; $P<0,01$ et $r=0,52$; $P<0,001$ respectivement). Tandis que la flaveur est positivement corrélée à l'appréciation globale ($r=0,47$; $P<0,001$). Lorsque la tendreté du muscle augmente, il nécessite peu de mastication, ce qui conditionne

l'appréciation globale de la viande. L'appréciation globale augmente avec l'augmentation de la tendreté. La tendreté est donc un paramètre déterminant pour le consommateur.

Cette partie a été abordée lors de l'ICoMST 2019 à Berlin en communication affichée, présentée dans la partie production scientifiques communications affichées.

III. Biomarqueurs de la qualité de la viande de dromadaire

L'analyse des corrélations entre les paramètres physicochimiques et biochimiques de la qualité qui ont été étudiés et l'évaluation sensorielle de la viande cameline nous a permis d'identifier des relations pertinentes entre les attributs de la qualité sensorielle (tendreté, jutosité, flaveur, cohésion, mastication et appréciation globale) et le pH, l'MFI et l'abondance de quelques protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques, tel que présenté dans le tableau 12.

Le pH était positivement corrélé à la flaveur, tandis que le MFI à 6 et 24h était positivement corrélé à la tendreté et à la jutosité. Cependant, les protéines myofibrillaires, la troponine T et I, les chaînes légères de myosine 2 ont signifié des corrélations négatives avec la tendreté, la flaveur et l'appréciation globale. Des corrélations négatives ont également été observé entre l'actine et la jutosité, la flaveur et l'appréciation globale. Cependant, l' α -actinine était positivement corrélée à la tendreté et la myosine à la jutosité, la flaveur et l'appréciation globale.

Concernant les protéines sarcoplasmiques, la myoglobine a présenté des corrélations positives avec la cohésion et la mastication. Tandis que la créatine kinase (CK), la lactate déshydrogénase (LDH) et la phosphoglycérate mutase (PGAM) étaient positivement corrélées à la tendreté, à l'appréciation globale et à la jutosité. Par ailleurs, l'énolase et la CK présentent une corrélation positive à la flaveur.

Tableau 12. Corélations entre les paramètres physicochimiques, biochimiques et sensoriels de la viande de dromadaire

	Tendreté	Jutosité	Flaveur	Cohesion	Mastication	Appréciation globale
Paramètres de la qualité						
pH 6h			0.30*			
MFI 6h	0.38**	0.30*		-0.31*		
MFI 24h	0.49***	0.29*				
Protéines myofibrillaires						
MYH 6h		0.99***	0.90*			0.90*
a-actinine 6h	0.86*					
Desmine 6h				0.87*	0.84*	
Actine 6h		-0.98***	-0.83			-0.90*
TNNT 6h	-0.86*					-0.82*
TPM 6h				-0.91*		
TPM 24h				-0.93**		
TNNI 6h	-0.94**	-0.93**	-0.86*			-0.97**
TNNI 24h	-0.99***		-0.82*			-0.95**
MYL2 6h	-0.82*					
Protéines sarcoplasmique						
PK 6h			0.87*		-0.89*	
PGI 6h		0.81*	0.98***			0.89*
EN 24h			0.88*			
CK 24h	0.91*		0.89*		-0.91*	0.88*
ALD 24h	-0.98***	-0.84*				-0.94**
GAPDH 6h		0.88*	0.88*			
LDH 6h	0.83*	0.96**	0.83*			0.93**
PGAM 24h	0.99***	0.81*				0.95**
Mb 6h				0.90*	0.95**	
Mb 24h				0.93**	0.99***	

Corrélation significative pour * = P < 0.05; ** = P < 0.01; *** = P < 0.001.

Des études antérieures ont rapporté un effet controversé du pH sur l'odeur et la saveur de la viande (Priolo *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2018). Dans la présente étude, la faible acidification du muscle pourrait être liée à une plus grande dégradation des protéines qui conduit au développement d'une saveur plus appréciée. La corrélation négative entre la tendreté, l'appréciation globale et l'actine, la troponine T et I met en évidence le rôle clé de ces protéines dans l'attendrissement de la viande de dromadaire comme précédemment rapportées pour d'autres espèces (Laville *et al.*, 2009 ; Marino *et al.*, 2013 ; Lana & Zolla, 2016 ; della Malva *et al.*, 2017). L'abondance des enzymes glycolytiques dans la viande de dromadaire tendre est probablement liée à sa composition en fibres musculaires. En effet, de nombreux auteurs (Jia *et al.*, 2007 ; D'Alessandro *et al.*, 2012 ; Marino *et al.*, 2014) ont souligné qu'après l'abattage, les enzymes glycolytiques majoritairement impliquées dans une génération rapide d'énergie conduisent à une acidification plus lente. Ce qui favorise

l'activité des enzymes protéolytiques générant une viande tendre et globalement plus appréciée.

L'analyse en composantes principales (ACP) des variables déterminant la qualité de la viande à savoir : pH, MFI, WHC et l'abondance relative des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires du muscle *Longissimus lumborum* des dromadaires adultes et jeunes, au cours du temps *post mortem* (6, 8, 10, 12, 24, 48 et 72 h), est représentée dans la figure 66. L'ACP appliquée aux variables mentionnées représente 57,3 % de la variance totale, avec 36,51% expliquée par PC1 et 20,79% expliquée par PC2.

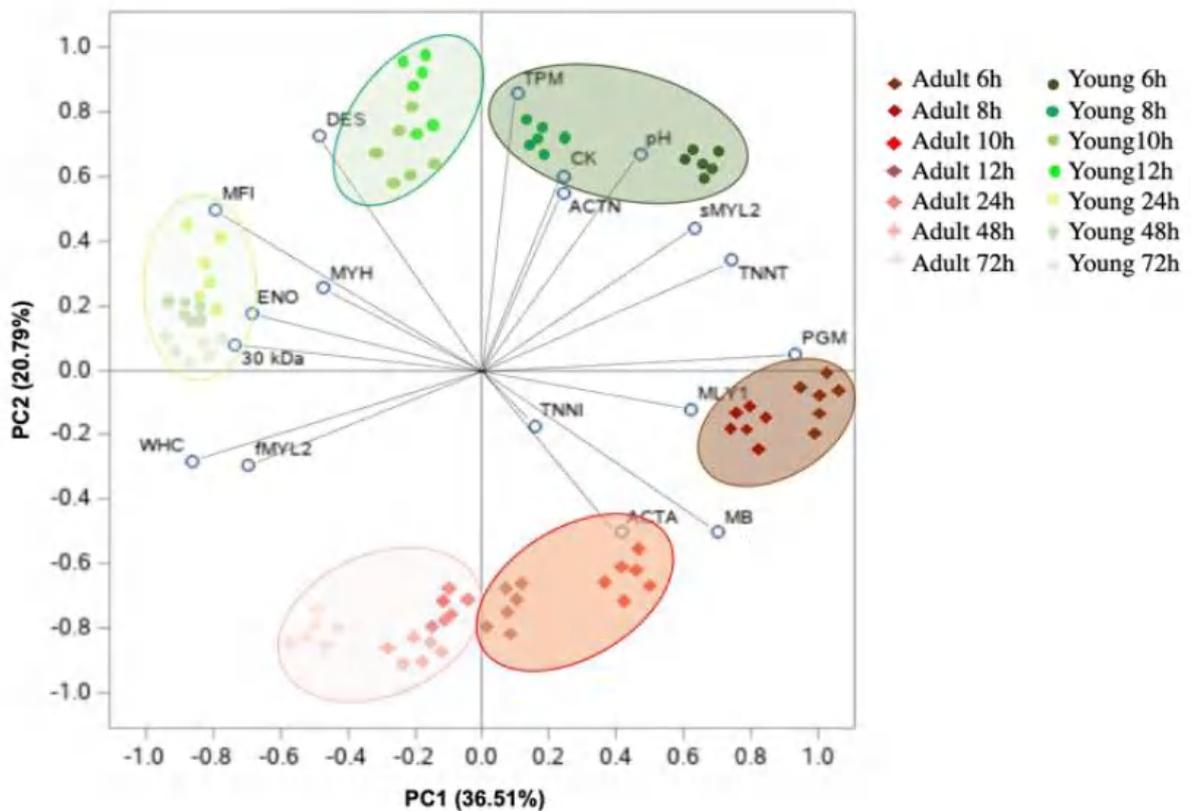


Figure 66. Analyse en composantes principales du pH, MFI, WHC et de l'intensité relative des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques

La phosphoglucomutase, la troponine T et le fragment de 30 kDa étaient les principales variables expliquées par le facteur PC1. Ce dernier étant négativement corrélé à ce facteur. La tropomyosine, la desmine, la myoglobine et l'actine étaient les variables dominantes de PC2, avec la myoglobine et l'actine négativement corrélées à ce facteur. Abstraction faite du temps *post mortem*, la projection des individus sur le plan factoriel a mis en évidence une séparation claire de la viande des dromadaires adultes et jeunes le long du deuxième facteur. La viande des animaux jeunes était caractérisée par un pH plus

élevé, ainsi que des teneurs plus élevées en TPM, DES et CK. De plus, le graphique des individus a mis en évidence que les échantillons se déplaçaient le long du premier facteur, à mesure que le temps *post mortem* avançait, avec 6, 8, 10 et 12 h *post mortem* situés sur le côté droit de l'axe. Tandis que les échantillons de viande à partir de 24 h *post mortem* affichent des valeurs négatives. L'ACP a également montré que la viande des jeunes dromadaires, à partir de 24 h *post mortem*, était située dans une zone caractérisée par des niveaux plus élevés d'indice de fragmentation myofibrillaire, de polypeptide de 30 kDa et d'énolase, confirmant globalement une plus grande protéolyse et rupture des myofibrilles chez les jeunes animaux.

Les résultats obtenus mettent en évidence des marqueurs potentiels de la qualité de la viande de dromadaire et suggèrent que des investigations plus approfondies sur les facteurs biochimiques influençant le protéome musculaire et son évolution au cours du temps *post mortem* sont nécessaires pour la mise en place d'interventions ciblées pour améliorer la tendreté de la viande de dromadaire.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

L'objectif de la thèse était de dresser l'état des lieux de la filière viande cameline dans la région de Ouargla et de caractériser la qualité de la viande du dromadaire, au cours de la maturation et en fonction de l'âge à l'abattage.

Les résultats de l'enquête sur la situation de la filière viande cameline dans la région de Ouargla ont permis de connaître l'organisation de la filière et de caractériser ses différents acteurs. La production de viande cameline couvre des taux mineurs de consommation en viandes rouges, au niveau national, et majeurs, au niveau des régions arides et semi-arides. Cependant, cette importance est variable, selon les propriétés socioéconomiques et socioculturelles de la population de chaque wilaya ou région. A Ouargla, la viande cameline occupe la troisième place du tonnage total des viandes rouges produites précédé par les viandes ovine et bovine. Cependant, pour améliorer la production de la viande de dromadaire, les éleveurs ont recours à l'allaitement artificiel et à l'engraissement des jeunes chamelons. La production est principalement destinée à la vente aux ménages, sous forme de viande fraîche. La transformation de la viande cameline reste très limitée à travers principalement, le hachage et la production de saucisse (merguez), qui sont également des moyens d'attendrissage de la viande dure. Les bouchers ont, autant souligné l'importance des propriétés organoleptiques de la viande, que les critères de qualité de la viande : la couleur claire indiquant une viande tendre donc, plus appréciée, le goût et la tendreté (les animaux jeunes sont recherchés). Les motivations de l'achat et les facteurs pouvant favoriser l'augmentation de la consommation de la viande cameline sont : ses propriétés diététiques (faible teneur en gras), ses propriétés organoleptiques (le goût et la tendreté de la viande des jeunes chamelons), son incorporation dans divers plats, ainsi que son prix. Les parties préférées sont : la cuisse, l'épaule et la partie dorso-lombaire. Le mode d'utilisation principal de la viande cameline est le mijotage et varie selon le niveau de vie et les coutumes des consommateurs. Elle est utilisée dans plusieurs plats traditionnels, surtout lors des fêtes. Plus de 50 % des consommateurs enquêtés la préfèrent dans le couscous, les tajines ou grillée. Les principales contraintes liées à la consommation de la viande cameline sont : le problème de disponibilité, de variabilités des propriétés organoleptiques et une transformation restreinte de la viande.

Afin d'aspirer à un développement de la filière viande cameline à une plus grande échelle, la modernisation de ces circuits et la maîtrise de la qualité, au sein de chacun des segments sont plus que nécessaires. Des collaborations et des sensibilisations des secteurs de production et de commercialisation, à savoir l'abattoir et les bouchers, permettront d'améliorer la qualité du service et une meilleure maîtrise des propriétés finales du produit. La sensibilisation également du consommateur apportera une meilleure visibilité des produits camelins, au niveau national et dépassera les limites de son aspect régional de production et de consommation. L'augmentation des quantités de viande produites, la maîtrise de la qualité de la viande et l'orientation des viandes de moindre qualité vers la transformation, ainsi que la diversification des produits auront un impact positif quant à l'image du produit chez les consommateurs algériens.

Les résultats de la caractérisation de la qualité de la viande de dromadaire ont révélé un effet significatif de l'âge à l'abattage sur les propriétés sensorielles de la viande. Particulièrement, les jeunes dromadaires ont montré une viande plus tendre et juteuse, comparée aux dromadaires adultes, avec des valeurs plus élevées d'appréciation globale. D'autre part, les muscles des jeunes dromadaires ont été caractérisés par une force de cisaillement plus faible, des valeurs de pH plus élevées avec une chute plus lente et une fragmentation myofibrillaire significativement plus élevée, tout au long du temps *post mortem*. La teneur en collagène semble être affectée par le temps *post mortem*. Cependant, les pertes en eau au cours de la réfrigération et de la cuisson n'ont pas été affectées par l'âge. L'analyse densitométrique des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires séparées par SDS-PAGE a révélé que la viande de jeunes dromadaires était caractérisée par des teneurs plus faibles en phosphoglucomutase et myoglobine et plus élevées en énoïase et créatine kinase, qui sont en relation avec l'acidification lente. De plus, la protéolyse *post mortem* est précoce et intense chez les jeunes comme en témoigne la dégradation de protéines clés du processus de maturation telles que la desmine, l' α -actinine et l'apparition de fragments de 30 kDa. Le Western Blot a également permis la révélation d'une dégradation plus intense de l'actine et de la troponine T chez les jeunes dromadaires, avec une apparition précoce des fragments d'actine de 25 kDa, après 5 h *versus* 10 h *post mortem* chez les dromadaires jeunes et adultes respectivement. Des fragments de troponine T de 28 kDa apparaissent vers 8 h *versus* 48 h, chez les jeunes et les adultes respectivement. Ceci confirme une cinétique différente dans la dégradation des myofibrilles, au cours du temps *post mortem*, mettant en évidence un potentiel

protéolytique différent entre des dromadaires d'âges différents et donc un attendrissage différent.

D'autre part, la polyphasie de la chute du pH avec apparition des plateaux de stabilité et l'apparition des fragments d'actine de 32 kDa dès 1 h *post mortem* observés chez les dromadaires des deux catégories d'âge suggèrent la mise en place du processus apoptotique dans le muscle de dromadaire.

Au terme de cette étude, il est recommandé de prendre en considération les effets significatifs de l'âge à l'abattage et du temps *post mortem* sur les propriétés de la viande. De plus, il semble intéressant d'exploiter les changements *post mortem* des protéines musculaires, comme outil de prédiction et de surveillance des caractéristiques de qualité de la viande du dromadaire Sahraoui. Les biomarqueurs potentiels de la qualité de la viande, à savoir les fragments d'actine de 25 kDa et les fragments de troponine T de 28 kDa, l'indice de fragmentation myofibrillaire, la teneur en créatine kinase, en enolase et en myoglobine, le pH mesuré dans les six heures *post mortem* ont été fortement corrélés aux propriétés sensorielles de la viande. L'exploitation de ces biomarqueurs pour la classification et l'orientation des carcasses selon leurs qualités sensorielles permettrait d'assurer une meilleure gestion, par la présentation aux consommateurs, d'une viande cameline de qualité supérieure et constante, ou sa valorisation sous forme de produits transformés. Elle donnerait aux populations camelines locales le rôle économique, qui lui est dû, lui permettant de rivaliser avec les autres viandes rouges.

En perspectives, nous suggérons :

- La validation des marqueurs potentiels de la qualité de la viande, et de développer des équations de prédiction de la qualité ;
- La confirmation des résultats des profils électrophorétiques obtenus par spectrométrie de masse;
- L'étude d'autres marqueurs de la mise en place de l'apoptose ;
- S'intéresser au tissu adipeux de la viande qui est également un facteur déterminant de la qualité.

Références bibliographiques

Références bibliographiques**A**

- Abdelhadi, O. M. A., Babiker, S. A., Bauchart, D., Listrat, A., Rémond, D., Hocquette, J. F., Faye, B., 2017, Effect of gender on quality and nutritive value of dromedary camel (*Camelus dromedarius*) *Longissimus lumborum* muscle, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(3), 242–249. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.08.003>
- Abdelhadi, O. M. A., Babiker, S. A., Picard, B., Jurie, C., Jailler, R., Hocquette, J. F., Faye, B., 2012, Effect of season on contractile and metabolic properties of desert camel muscle (*Camelus dromedarius*), *Meat Science*, 90(1), 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.06.012>
- Adamou A., 2008, L'élevage camelin en Algérie : systèmes à rotation lente et problème de reproduction, profils hormonaux chez la chamelle Chaâmbi, Thèse de doctorat, université d'Annaba, 253-260p.
- Adamou A., 2009, Notes sur la poly-fonctionnalité de l'élevage camelin, *Journal algérien des régions arides*, N° 8, 35-47.
- Adamou A., 2011, Développement de la filière viande cameline pour la sécurité alimentaire des populations du Sahara algérien, dans : *Atelier sous-régional sur : L'effet du changement climatique sur l'élevage et la gestion durable des parcours dans les zones arides et semi-arides du Maghreb*, Univ. K.M. Ouargla-Algérie, 75-83
- Adamou, A., 2012, Comparison of carcass yields in two Algerian camel populations: the Targui and the Sahraoui. 3rd Conference of the International Society of Camelid Research and Development, 377–378.
- Adamou, A., Faye, B., 2007, L'élevage camelin en Algérie : contraintes et perspectives de développement, *Cahiers du CREAD* 79-80, 77-97.
- Ahmad, S., Yaqoob, M., Hashmi, N., Ahmad, S., Zaman, M. A., Tariq, M., 2010, Economic importance of camel: A unique alternative under crisis, *Pakistan Veterinary Journal*, 30(4), 191–197.
- Alamin, S. A., 2019, A study of the protein fractionation and cholesterol concentration of camel meat, sheep meat and goat meat, 3(3), 18–24.
- Alary, V., Amsidder, L., Araba, A., Capote, C. B., Bedhiaf-Romdhani, S., Bensalem, W., Boujenane, I., Elena, C., Letaief, N., Faye, B., Gaouar, S. B. S., Pastrana, C. I., Baena, S. N., Amine, L., 2021, Social network analysis of the stakeholders involved in the dromedary sector in the Mediterranean region, *Sustainability*, 13 (21), <https://doi.org/10.3390/su132112127>.
- Ali, A., Baby, B. and Vijayan, R., 2019, From desert to medicine: a review of camel genomics and therapeutic products, *Front. Genet*, 10:17, doi:10.3389/fgene.2019.00017

- Alshanbari, F., Castaneda, C., Juras, R., Hillhouse, A., Mendoza, M. N., Gutiérrez, G. A., De León, F. A. P., Raudsepp, T., 2019, Comparative FISH-mapping of MC1R, ASIP, and TYRP1 in new and old world camelids and association analysis with coat color phenotypes in the dromedary (*Camelus dromedarius*), *Frontiers in Genetics*, 10, 1–12, <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00340>
- Alvarez, C., Mor, L., Keenan, D. F., Mullen, A., Delgado-pando, G., 2019, Mechanical and biochemical methods for rigor measurement : relationship with eating quality, *Journal of food quality*, 1894543, 13 p., <https://doi.org/10.1155/2019/1894543>.
- Anderson, M. J., Lonergan, S. M., Huff-Lonergan, E., 2012, Myosin light chain 1 release from myofibrillar fraction during postmortem aging is a potential indicator of proteolysis and tenderness of beef, *Meat Science*, 90(2), 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.07.021>
- Arabi, O. H., Elmawlla, S. F., Abdelhai, E., Elhadi, A., 2013, The effects of seasons, age of the animal and storage time on physical properties of camel's meat (*Camelus Dromedarius*), *Gezira Journal of Engineering and Applied Sciences*, 8 (1).
- Aubry, L., Sentandreu, M. A., Levieux, D., Ouali, A., Dutaud, D., 2006, Bovine muscle 20S proteasome. III: Quantification in tissue crude extracts using ELISA and radial immunodiffusion techniques and practical applications, *Meat Science*, 74 (2), 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.025>
- B**
- Babelhadj, B., Benaissa, A., 2015, Saisies de la viande et les abats de dromadaire dans les établissements d'abattage de la wilaya d'Ouargla (Algérie), *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 2(1), 147–152.
- Becila, S., Herrera-Mendez, C. H., Coulis, G., Labas, R., Astruc, T., Picard, B., Boudjellal, A., Pelissier, P., Bremaud, L., Ouali, A., 2010, Postmortem muscle cells die through apoptosis. *European Food Research and Technology*, 231(3), 485–493. <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1296-5>
- Becila, S., Boudida, Y., Gagaoua, M., Hafid, K., Boudchicha, H., Smili, H., Belachehabe, R., Herrera-Mendez, C. H., Sentandreu, M. A., Labas, R., Astruc, T., Boudjellal, A., Picard, B., Ouali, A., 2017, Cells shrinkage and phosphatidylserine externalization in post mortem muscle by fluorescence microscopy, *Springer Proceedings in Physics*, 186, 53–63. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46601-9_7
- Bedda, H., Adamou, A., Babelhadj, B., 2015, Systèmes de production camelins au Sahara Algérien : cas de la région de Ouargla. *Algerian Journal of Arid Environment*, 5(1), 115–127. <https://doi.org/10.12816/0045912>

- Bedda, H., 2014, Les systèmes de production camélins dans le Sahara algérien étude de cas de la région d'Ouargla, Mémoire de d'ingénieur d'état en sciences agronomiques, université Kasdi Merbah Ouargla, p.16.
- Bee, G., Anderson, A.L., Lonergan, S.M., Huff-Lonergan, E., 2007, Rate and extent of pH decline affect proteolysis of cytoskeletal proteins and water-holding capacity in pork, *Meat Sci.*, 76 (2), 359–365. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.12.004>
- Belkhir, A. O., Chehma, A., Faye, B., 2013, Phenotypic variability of two principal Algerian camel's populations (Targui and Sahraoui), 25 (3), 231–237. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i3.15457>
- Ben Aissa, A., 1989, Le dromadaire en Algérie, Options Méditerranéennes - Série Séminaires, 2, 19–28.
- Benaissa, A., Babelhadj, B., Touhami, I., Djalfaoui, Z., 2021, Study of some parameters influencing the post mortem pH of carcass's muscles of dromedaries slaughtered at the Touggourt slaughterhouse – Algeria, *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 6 (1), 190–196. <https://doi.org/10.22161/ijeab>
- Bencharif, A., Rastoin, J. L., 2007, Concepts et méthodes de l'analyse de filières agroalimentaires : application par la chaîne globale de valeur au cas des blés en Algérie, *UMR Moisa*, 7, 24 p.
- Bendall, J. R., 1973, Postmortem changes in muscle, In Bourne G.H. (Ed), *The structure and function of muscle*, 243-309, New york Academic press.
- Benfrid, M. 1998. La commercialisation du bétail et de la viande rouge en Algérie, In Belhadj T., Boutonnet J.P., Di Giulio A. (ed.), *Filière des viandes rouges dans les pays méditerranéens*, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, 35, Zaragoza, 163-174.
- Benzine I., 2009, La viande cameline : étude de la filière cas d'Ouargla, *Mém. Ing. Agro.Saha*. Université Kasdi Merbah, Ouargla, 102 p.
- Boland, M., Kaur, L., Chian, F. M., Astruc, T., Boland, M., Kaur, L., Chian, F. M., Astruc, T., 2018, Muscle proteins, Reference Module in Food Science, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814026-0.21602-8>
- Boudida, Y., Becila, S., Gagaoua, M., Boudjellal, A., Sentandreu, M. A., Ouali, A., 2015, Muscle to meat conversion in common carp (*Cyprinus carpio*): new insights involving apoptosis, 61 *International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST)*, Clermont-Ferrand, France. hal-02743103
- Boudjellal, A., Becila, S., Coulis, G., Herrera-Mendez, C. H., Aubry, L., Lepetit, J., Ouali, A., 2008, Is the pH drop profile curvilinear and either monophasic or polyphasic? Consequences on the ultimate bovine meat texture, *African Journal of Agricultural Research*, 3(3), 195–204, <http://www.academicjournals.org/AJAR>.

Burger P. A., Ciani E., Faye B., 2019, Old world camels in a modern world – a balancing act between conservation and genetic improvement, *Animal Genetics*, 1-15, doi: 10.1111/age.12858

C

Calnan, H., Jacob, R. H., Pethick, D. W., Gardner, G. E., 2016, Production factors influence fresh lamb longissimus colour more than muscle traits such as myoglobin concentration and pH, *Meat Science*, 119, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.009>

Cartier, P., Moevi, I., 2007, Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins, *Compte Rendu d'enquête*, Institut de l'élevage, Interbev, Paris, 72p.

Cashman, K. D., Hayes, A., 2017, Red meat's role in addressing 'nutrients of public health concern.' *Meat Science*, 132, 196-203, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.011>

Cherifi, Y. A., Bechir, S., Gaouar, S., Guastamacchia, R., El-bahrawy, K. A., Mohammed, A., Abushady, A., Sharaf, A., Harek, D., Lacalandra, G. M., Sa, N., Ciani, E., 2017, Weak genetic structure in northern African dromedary camels reflects their weak genetic structure in Northern African Dromedary Camels Reflects Their Unique Evolutionary History, *PLoS ONE* 12 (1), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168672>

Cherifi, Y. A., Gaouar, S. B. S., Moussi, N., N., T. A., Saïdi-Mehtar, N., 2013, Study of Camelina biodiversity in southwestern of Algeria, *Journal of life sciences*, Vol. 7, 416–427.

Choi, Y. M., Kim, B. C., 2009, Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality, *Livestock Science*, 122 (2–3), 105–118. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.08.015>

CIE, 1976, International Commission on Illumination, *Colorimetry: Official Recommendations of the International Commission on Illumination*. Publication CIE No. 15 (E-1.3.1), Bureau Central de la CIE, Paris, FR.

Clinquart, A., Ellies-Oury, M. P., Hocquette, J. F., Guillier, L., Santé-Lhoutellier, V., Prache, S., 2022, Review: On-farm and processing factors affecting bovine carcass and meat quality, *Animal*, 16, 100426. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100426>

Clinquart, A., Leroy, B., Dottreppe, O., Hornick, J. L., Dufrasne, I., Istasse, L., 2000, Les facteurs de production qui influencent la qualité de la viande des bovins Blanc Bleu belge, In *L'élevage du Blanc Bleu belge – CESAM*, 26 mai 2000, 19 p.

Cristofanelli, S., Antonini, M., Torres, D., Polidori, P., Renieri, C., 2004, Meat and carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*), *Meat Science*, 66, 589–593.

- Cruzen, S.M., Paulino, P.V.R., Lonergan, S.M., Huff-Lonergan, E., 2014, Postmortem proteolysis in three muscles from growing and mature beef cattle, *Meat Science*, 96 (2), 854–861, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.09.021>
- Culler, R. D., Parrish, F. C., Jr., Smith, G. C. Cross, H. R., 1978, Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle, *Journal of Food Science*, 43, 1177-1180.
- D**
- D'Alessandro, A., Rinalducci, S., Marrocco, C., Zolla, V., Napolitano, F., Zolla, L., 2012, Love me tender: An Omics window on the bovine meat tenderness network, *Journal of Proteomics*, 75 (14), 4360–4380. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.02.013>
- D'Alessandro, A.; Zolla, L., 2013, Meat science: From proteomics to integrated omics towards system biology, *Journal of Proteomics*, 78, 558–577. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.10.023>
- Dawood, A. A., 1995, Physical and sensory characteristics of Najdi-camel meat, *Meat Science*, 39 (1), 59–69, [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(95\)80007-7](https://doi.org/10.1016/0309-1740(95)80007-7)
- della Malva, A., Marino, R., Santillo, A., Annicchiarico, G., Caroprese, M., Sevi, A., Albenzio, M. 2017. Proteomic approach to investigate the impact of different dietary supplementation on lamb meat tenderness. *Meat Science*, 131, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.235>
- della Malva, A., De Palo, P., Lorenzo, J. M., Maggiolino, A., Albenzio, M., Marino, R., 2019, Application of proteomic to investigate the post-mortem tenderization rate of different horse muscles, *Meat Science*, 157, 107885. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107885>
- della Malva, A., Maggiolino, A., De Palo, P., Albenzio, M., Lorenzo, J.M., Sevi, A., Marino, R., 2022, Proteomic analysis to understand the relationship between the sarcoplasmic protein patterns and meat organoleptic characteristics in different horse muscles during aging, *Meat Science*, 184, 108686. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108686>
- Devine, C. E., Payne, S. R., Peachey, B. M., Lowe, T. E., Ingram, J. R., Cook, C. J., 2002, High and low rigor temperature effects on sheep meat tenderness and ageing, *Meat science*, 60, 141–146.
- Devine, C., Wells, R., Lowe, T., Waller, J., 2014, Pre-rigor temperature and the relationship between lamb tenderisation, free water production, bound water and dry matter, *Meat Science*, 96 (1), 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.024>
- DSA, 2013, Direction des Services Agricoles de la wilaya d'Ouargla - Services des Statistiques, Bilans annuels, Ouargla, Algérie.

DSA, 2016, Direction des Services Agricoles de la wilaya d'Ouargla - Services des Statistiques, Bilans annuels, Ouargla, Algérie.

DSA, 2017, Direction des Services Agricoles de la wilaya d'Ouargla - Services des Statistiques, Bilans annuels, Ouargla, Algérie.

Dubost, A., Micol, D., Lethias, C., Listrat, A., 2016, New insight of some extracellular matrix molecules in beef muscles, relationships with sensory qualities, *Animal*, 10 (5), 821–828. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002396>

Dubost, A., Micol, D., Picard, B., Lethias, C., Andueza, D., Bauchart, D. Listrat A., 2013, Structural and biochemical characteristics of bovine intramuscular connective tissue and beef quality, *Meat Science*, 95 (3), 555-61.

E

Ertbjerg, P., Puolanne, E., 2017, Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: A review, *Meat Science*, 132, 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.261>

Eskandari, M. H., Majlesi, M., Gheisari, H. R., Farahnaky, A., Khaksar, Z., 2013, Comparison of some physicochemical properties and toughness of camel meat and beef, *Journal of Applied Animal Research*, 41 (4), 442–447. <https://doi.org/10.1080/09712119.2013.792735>

F

FAOstat, 2021, Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole : Division de la statistique, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Site web : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, Mise à jour 15/09/2021, Consulté 21/09/2021.

Faye, B., Chacornac, J. P., Ratovonahary, M., Jouany, J. P., 1995, L'élevage des grands camélidés, Analyse des initiatives réalisées en France, INRAE Productions Animales, 8 (1), 3–17. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.1995.8.1.4100>

Faye, B., 1997, Guide de l'élevage de dromadaire, CIRAD-EMVT, Montpellier, 126 p.

Faye, B., 2009, L'élevage des grands camélidés : vers un changement de paradigme, *Renc. Rech. Ruminants*, 16, 345-348.

Faye B., 2013, Classification, history and distribution of the camel: Camel meat and meat products (eds : Kadim I.T., Mahgoub O., Faye B., Farouk M.), CABI, U.K., p.1-7, 258 p.

Faye, B., 2013, Camel farming sustainability: the challenges of the camel farming system in the XXIth century, *Journal of Sustainable Development*, 6 (12), 74–82. <https://doi.org/10.5539/jsd.v6n12p74>

- Faye, B., 2015, Role, distribution and perspective of camel breeding in the third millennium economies, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27 (4), 318–327. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v27i4.19906>
- Faye, B., 2020, How many large camelids in the world? A synthetic analysis of the world camel demographic changes, *Pastoralism*, 10, 25. <https://doi.org/10.1186/s13570-020-00176-z>
- Faye, B., Abdelhadi, O., Raiymbek, G., Kadim, I., Hocquette, J. F., 2013, La production de viande de chameau : État des connaissances, situation actuelle et perspectives, *Productions Animales*, 26 (3), 289–300. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2013.26.3.3158>
- Faye, B., Senoussi, H., Jaouad, M., 2017, Le dromadaire et l'oasis: du caravansérail à l'élevage périurbain, *Cahiers Agricultures*, 26 (1). <https://doi.org/10.1051/cagri/2017005>
- Faye, B., Konuspayeva, G., Magnan, C., 2022, L'élevage des grands camélidés, Guide pratique, Quae, 204 p.

G

- Girard, J. P. et Valin, C., 1988, Technologie de la viande et des produits carnés, Technique et documentation Lavoisier, 280 p.
- Grau R. et Hamm R., 1953, A simple method for the determination of water binding in muscles, *Naturwissenschaften*, 40, 29-30.
- Guillemin, N., Bonnet, M., Jurie, C., Picard, B., 2011, Functional analysis of beef tenderness, *Journal of Proteomics*, 75 (2), 352–365. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2011.07.026>
- Guillemin, N., Cassar-Malek, I., Hocquette, J. F., Jurie, C., Micol, D., Listrat, A., Leveziel, H., Renand, G., Picard, B., 2009, La maîtrise de la tendreté de la viande bovine : Identification de marqueurs biologiques, *Productions Animales*, 22 (4), 331–344. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2009.22.4.3358>
- Guo, W. et Greaser, M. L., 2017, Muscle structure, proteins, and meat quality, In *New Aspects of Meat Quality*, Elsevier, 13-31. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100593-4.00002-3>

H

- Hamoen, J. R., Vollebregt, H. M., Van Der Sman, R. G. M., 2013, Prediction of the time evolution of pH in meat, *Food Chemistry*, 141 (3), 2363–2372. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.127>
- Harek, D., El Mokhefi, M., Ikhlef, H., Bouhadad, R., Sahel, H., Djellout, N., Arbouche, F., 2022, Gene-driving management practices in the dromedary husbandry systems under

- arid climatic conditions in Algeria, *Pastoralism*, 12 (1). <https://doi.org/10.1186/s13570-021-00219-z>
- Harek, D., Ikhlef, H., Bouhadad, R., Sahel, H., Cherifi, Y. A., Djallout, N., Khelifa Chelihi, S., El Mokhefi, M., Boukhtala, K., Gaouar, S. B., Arbouche, F., 2017, Genetic diversity status of camel's resources (*Camelus Dromedarius*. Linnaeus, 1758) in Algeria, *Genetics and Biodiversity Journal*, 1 (1), 43–65.
- Henderson, J. W., Ricker, R. D., Bidlingmeyer, B., Woodward, C., 2000, Rapid, accurate, sensitive, and reproducible HPLC analysis of amino acids, *Amino Acids*, 1–10.
- Herrera-Mendez, C. H., Becila, S., Boudjellal, A., Ouali, A., 2006, Meat ageing: Reconsideration of the current concept, *Trends in Food Science and Technology*, 17 (8), 394–405. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.01.011>
- Hocquette, J. F., Richardson, R. I., Prache, S., Medale, F., Duffy, G., Scollan, N. D., 2005, The future trends for research on quality and safety of animal products, *Italian Journal of Animal Science*, 4 (3), 49–72. <https://doi.org/10.4081/ijas.2005.3s.49>
- Hocquette, J., Cassar-Malek, I., Listrat, A., Jurie, C., Jailler, R., Picard, B., 2005, Évolution des recherches sur le muscle des bovins et la qualité sensorielle de leur viande, Influence des facteurs d'élevage sur les caractéristiques musculaires, *Cahiers Agricultures*, 14 (4), 365–372.
- Hocquette, J., Ellies-Oury, M., Legrand, I., Pethick, D., Gardner, G., Wierzbicki, J., Polkinghorne, R., 2020, Research in beef tenderness and palatability in the era of big data, *Meat and Muscle Biology*, 4 (2), 5, 1-13. <https://doi.org/10.22175/mmb.9488>
- Hoffman, L. C., 2008, The yield and nutritional value of meat from African ungulates, camelidae, rodents, ratites and reptiles, *Meat Science*, 80 (1), 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.018>
- Hollung, K., Veiseth, E., Jia, X., Færgestad, E.M., Hildrum, K.I., 2007, Application of proteomics to understand the molecular mechanisms behind meat quality, *Meat Science*, 77, 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.018>
- Honikel, K. O., 1991, Assessment of meat quality, *Animal Biotechnology and the Quality of Meat Production*, 107-125. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-88930-0.50013-4>
- Honikel, K. O., 1998, Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat, *Meat Science*, 49 (4), 447–457. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5)
- Hoter, A., Rizk, S., Naim, H. Y., 2019, Cellular and molecular adaptation of Arabian camel to heat stress, *Front. Genet.*, 10, 588, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00588>
- Huang, C., Hou, C., Ijaz, M., Yan, T., Li, X., Li, Y., Zhang, D., 2020, Proteomics discovery of protein biomarkers linked to meat quality traits in post-mortem muscles:

Current trends and future prospects: A review, Trends in Food Science and Technology, 105, 416–432. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.030>

Huff Lonergan, E., Lonergan, S. M., 2005, Meat mechanisms of water-holding capacity of meat : The role of postmortem biochemical and structural changes, 71, 194–204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>

Huff Lonergan, E., Zhang, W., Lonergan, S. M., 2010, Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization, Meat Science, 86 (1), 184–195. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>

Hutson, P. R., Crawford, M. E., Sorkness, R. L., 2003, Liquid chromatographic determination of hydroxyproline in tissue samples, Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences, 791 (1–2), 427–430. [https://doi.org/10.1016/S1570-0232\(03\)00248-4](https://doi.org/10.1016/S1570-0232(03)00248-4)

I

Ibrahim, G. A., Nour, I. A., Kadim, I. T., 2015, Effect of age on quality characteristics and composition of muscles of Sudanese camel (*Camelus dromedarius*), Journal of Camel Practice and Research, 22 (2), 209–216. <https://doi.org/10.5958/2277-8934.2015.00033.8>

Ibrahim, G. A., Nour, I. A., Al-Maqbali, R., Kadim, I. T., 2017, Effect of age on concentrations of nutrients in four muscles of the Sudanese dromedary (*Camelus dromedaries*) camel, Journal of applied animal research, 45 (1), 577-584. <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2016.1232266>

ISO 9000, 2015, International Standard ISO, Quality management systems Fundamentals and vocabulary. International Standard, Fourth edition, 2015-09-15, 51 p.

J

Jeacocke, R. E., 1977, Continuous measurement of the pH of beef muscle in intact beef carcass, J. Food Technol., 12, 375-386.

Jia, X., Ekman, M., Grove, H., Faergestad, E. M., Aass, L., Hildrum, K. I., Hollung K., 2007, Proteome changes in bovine Longissimus thoracis muscle during the early postmortem storage period, Journal of Proteome Research, 6, 2720–2731. <https://doi.org/10.1021/pr070173o>

Jurie, C. et Listrat, A., 2010, Structure et fonction des constituants du muscle squelettique, dans : Muscle et viande des ruminants (eds : Bauchart D. et Picard B.), éditions Quae, p. 61-70, 292 p.

K

Kadim, I.T., Mahgoub, O., Al-Marzooqi, W., Al-Zadjali, S., Annamalai, K., Mansour, M.H., 2006, Effects of age on composition and quality of muscle *Longissimus thoracis*

- of the Omani Arabian camel (*Camelus dromedaries*), *Meat Science*, 73, 619–625. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.002>
- Kadim, I.T., Mahgoub, O., Purchas, R.W., 2008, A review of the growth, and of the carcass and meat quality characteristics of the one-humped camel (*Camelus dromedaries*), *Meat Science*, 80, 555-569. <https://doi:10.1016/j.meatsci.2008.02.010>
- Kadim, I.T., Al-Hosni, Y., Mahgoub, O., Al-Marzooqi, W., Khalaf, S.K., Al-Maqbaly, R.S., Al-Sinawi, S.S.H., Al-Amri, I.S., 2009, Effect of low voltage electrical stimulation on biochemical and quality characteristics of Longissimus thoracis muscle from one-humped Camel (*Camelus dromedaries*), *Meat Science*, 82, 77–85.
- Kadim, I.T., Al-Karousi, A., Mahgoub, O., Al-Marzooqi, W., Khalaf, S.K., Al-Maqbali R.S., Al-Sinani, S.S.H., Raiymbek, G., 2013, Chemical composition, quality and histochemical characteristics of individual dromedary camel (*Camelus dromedarius*) muscles, *Meat Science*, 93, 564-571. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.028>
- Kadim, I.T., Mahgoub, O., Al-marzooqi, W., Khalaf, S.K., Raiymbek, G., 2013, Composition, quality and health aspects of the dromedary (*Camelus dromedarius*) and Bactrian (*Camelus bactrianus*) camel meats, *Agricultural and Marine Sciences*, 18, 7-24.
- Kadim I.T. & Sahi A.B.A., 2018, Health aspects of camel meat: a review of literature, *Advances in animal veterinary sciences*, 6 (7), 271-272.
- Kadim, I.T. & Purchas, R., 2019, Camel carcass and meat quality characteristics, In Lorenzo, J.M., *et al.* (eds.), *More than Beef, Pork and Chicken – The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet*, 4, 69-94, https://doi.org/10.1007/978-3-030-05484-7_4.
- Kamoun, M., 1995, La viande de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitudes à la transformation. In : Tisserand, J.-L. (Ed.), *Elevage et alimentation du dromadaire*, Zaragoza : CIHEAM, Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches, 13, 105–130.
- Kamoun, M., 2011, Détermination des paramètres productifs des camélidés Engraissés en Tunisie, Rapport final : qualité des produits agricoles, ESAM, 72 p. <https://doi.org/10.3917/presa.181.0441>
- Kannan, G., Kouakou, B., Terrill, T. H., Gelaye, S., 2003, Endocrine, blood metabolite, and meat quality changes in goats as influenced by short-term, preslaughter stress, *Journal of Animal Science*, 81 (6), 1499–1507. <https://doi.org/10.2527/2003.8161499x>
- Kemp, C. M., Parr, T., 2012, Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderization, *Meat Science*, 92 (3), 252–259. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.013>

- Kemp, C. M., Sensky, P. L., Bardsley, R. G., Buttery, P. J., Parr, T., 2010, Tenderness, An enzymatic view, *Meat Science*, 84 (2), 248–256. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.008>
- Khaitlina, S. Y., 2001, Functional specificity of actin isoforms, *International Review of Cytology*, 202, 35-98, 0074-7696/01.
- Kim, Y. H. B., Warner, R. D., Rosenvold, K., 2014, Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: A review, *Animal Production Science*, 54 (4), 375–395. <https://doi.org/10.1071/AN13329>
- Kim, Y.H.B., Ma, D., Setyabrata, D., Farouk, M.M., Lonergan, S.M., Huff-Lonergan, E., Hunt, M.C., 2018, Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies, *Meat Science*, 144, 74–90. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.031>
- Kudryashov, D. S., Reisler, E., 2013, ATP and ADP actin states, In *Biopolymers*, 99 (4), 245–256. <https://doi.org/10.1002/bip.22155>
- L**
- Laemmli, U.K., 1970, Cleavage of structural proteins during assembly of the head of bacteriophage T4, *Nature Publishing Group*, 227, 680-685.
- Lametsch, R., Roepstorff, P., Bendixen, E., 2002, Identification of protein degradation during postmortem storage of pig meat, *J. Agric. Food Chem.*, 50, 5508–5512.
- Lametsch, R., Karlsson, A., Rosenvold, K., Andersen, H. J., Roepstorff, P., Bendixen, E., 2003, Postmortem proteome changes of porcine muscle related to tenderness, *J. Agric. Food Chem.*, 51, 6992–6997.
- Lana, A., Zolla, L., 2016, Proteolysis in meat tenderization from the point of view of each single protein: A proteomic perspective, *Journal of Proteomics*, 147, 85–97. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.02.011>
- Lasnami, K., 1986, Le dromadaire en Algérie perspective d'avenir, Thèse de magister en science agronomique, INA El Harrach, Algérie.
- Latorre, M. E., Velázquez, D. E., Purslow, P. P., 2018, The thermal shrinkage force in perimysium from different beef muscles is not affected by post-mortem ageing, *Meat Science*, 135, 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.09.003>
- Laville, E., Sayd, T., Morzel, M., Blinet, S., Chambon, C., Lepetit, J., Renand, G., Hocquette, J. F., 2009, Proteome changes during meat aging in tough and tender beef suggest the importance of apoptosis and protein solubility for beef aging and tenderization, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (22), 10755–10764. <https://doi.org/10.1021/jf901949r>

- Lawrie R.A. Ledward D.A., 2006, Lawrie's meat science, 7th ed. Cornwall: Woodhead publishing limited, England, 128-139, 417 p.
- Lawrie, R. A., 1995, The structure, composition and preservation of meat, *Fermented Meats*, 1–38. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2163-1_1
- Listrat, A., Leuret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., Bugeon, J., 2015, Comment la structure et la composition du muscle déterminent la qualité des viandes ou chairs, *Productions Animales*, 28 (2), 125–136. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2015.28.2.3020>
- Longo, V., Lana, A., Teresa, M., Zolla, L., 2015, Apoptosis in muscle-to-meat aging process: The omic witness, *Journal of Proteomics*, 125, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2015.04.023>
- Longo-Hammouda, F. H., Siboukheur, O. E., Chehema, A., 2007, Aspects nutritionnels des pâturages les plus appréciés par *Camelus dromedarius* en Algérie, *Cahiers Agricultures*, 16 (6), 477–483. <https://doi.org/10.1684/agr.2007.0144>

M

- MADR, 2013, Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural - statistiques de l'élevage camelin en Algérie, service des statistiques, bilan annuel.
- MADR, 2016, Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural - statistiques de l'élevage camelin en Algérie, service des statistiques, bilan annuel.
- Mammeri, A., Kayoueche, F. Z., Benmakhlouf, A., 2014, Peri-urban breeding practice of one-humped camel (*Camelus Dromedarius*) in the governorate of Biskra (Algeria); A New Option, *Journal of Animal Production Advances*, 4 (5), 403–415. <https://www.researchgate.net/publication/324524253>
- Mancini, R. A. & Hunt, M. C., 2005, Current research in meat color, *Meat Science*, 71 (1), 100–121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>
- Mancini, R. A. & Ramanathan, R., 2019, Molecular basis of meat color. In *Meat Quality Analysis*, 8, 117-129, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00008-2>
- Maqsood S., Abushelaibi A., Manheem K., and Kadim I. T., 2015, Characterisation of the lipid and protein fraction of fresh camel meat and the associated changes during refrigerated storage, *J. Food Compos. Anal.*, 41, 212–220.
- Marino, R., Albenzio, M., della Malva, A., Santillo, A., Loizzo, P., Sevi, A., 2013, Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time, *Meat Science*, 95 (2), 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.009>
- Marino, R., Albenzio, M., della Malva, A., Caroprese, M., Santillo, A., Sevi, A., 2014, Changes in meat quality traits and sarcoplasmic proteins during aging in three different

- cattle breeds, Meat Science, 98 (2), 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.024>
- Marino, R., della Malva, A., Albenzio, M., 2015, Proteolytic changes of myofibrillar proteins in podolian meat during aging: Focusing on tenderness. J. Anim. Sci., 93 (3), 1376–1387. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8351>
- Matarneh, S. K., England, E. M., Scheffler, T. L., Gerrard, D. E., 2017, The conversion of muscle to meat. Lawrie's Meat Science : Eighth Edition, 159–185. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00005-4>
- Mcafee, A. J., Mcorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham, M. P., Fearon, A. M., 2010, Red meat consumption : An overview of the risks and benefits, Meat Science, 84 (1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.029>
- Meguellati-Kanoun, A., Saadaoui, M., Kalli, S., Kanoun, M., Huguenin, J., Benidir, M., Benmebarek, A., 2018, Localisation et distribution spatiotemporelle des effectifs de dromadaires en Algérie, Livestock Research for Rural Development, 30 (3), 1-8.
- Mornet, D., and Ue, K., 1984, Proteolysis and structure of skeletal muscle actin. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 81 (12), 3680–3684. DOI: 10.1073/pnas.81.12.3680.
- Morzel, M., Terlouw, C., Chambon, C., Micol, D., Picard, B., 2008, Muscle proteome and meat eating qualities of *Longissimus thoracis* of 'Blonde d'Aquitaine' young bulls: A central role of HSP27 isoforms, Meat Science, 78, 297–304. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.06.016.
- Mukasa-Mugerwa, E., 1985, Le chameau (*Camelus dromedarius*): Etude bibliographique, Monographie, Centre International Pour l'Elevage en Afrique, Ethiopie, 111 p.
- Mukund, K., Subramaniam, S., 2020, Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease, Systems biology and medicine, 12 (1), 1–46. <https://doi.org/10.1002/wsbm.1462>
- Mungure, T. E., Bekhit, A. E. A., Birch, E. J., Stewart, I., 2016, Effect of rigor temperature, ageing and display time on the meat quality and lipid oxidative stability of hot boned beef Semimembranosus muscle, Meat Science, 114, 146–153. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.015>
- N**
- Nair, M. N. & Zhai, C., 2019, Application of proteomic tools in meat quality evaluation, In Meat Quality Analysis: Advanced Evaluation Methods, Techniques, and Technologies, 19, 353-368. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00019-7>

Nishimura, T., 2015, Role of extracellular matrix in development of skeletal muscle and postmortem aging of meat, *Meat Science*, 109, 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.015>

O

Ouali, A., Herrera-Mendez, C. H., Coulis, G., Becila, S., Boudjellal, A., Aubry, L., Sentandreu, M. A., 2006, Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms, *Meat Science*, 74 (1), 44–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.010>

Ouali, A., Gagaoua, M., Boudida, Y., Becila, S., Boudjellal, A., Herrera-Mendez, C.H., Sentandreu, M.A., 2013, Biomarkers of meat tenderness: Present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved, *Meat Science*, 95 (4), 854–870. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.010>

Oulad Belkhir A., Bouzianne A., Chehma A., Faye B., 2013, La filière viande cameline dans le Sahara septentrional algérien, *Revue des bioressources*, 3 (2), 26 - 34 p.

Oulad Belkhir, A., 2018, Caractérisation des populations camelines du Sahara septentrional Algérien, Evaluation de la productivité et valorisation des produits, thèse de doctorat en sciences, université Kasdi Merbah, Ouargla, 129 p.

Ould Ahmed. M., 2009, Caractérisation de la population des dromadaires (*Camelus dromedarius*) en Tunisie. Thèse Doctorat, Institut National Agronomique de Tunisie, p. 25, 172 p.

P

Paredi, G., Raboni, S., Bendixen, E., de Almeida, A. M., Mozzarelli, A., 2012, ‘Muscle to meat’ molecular events and technological transformations: The proteomics insight, *Journal of Proteomics*, 75 (14), 4275–4289. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.011>

Pearce, K. L., Rosenvold, K., Andersen, H. J., Hopkins, D. L., 2011, Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes - A review, *Meat Science*, 89 (2), 111–124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.007>

Priolo, A., Micol, D., and Agabriel, J., 2001, Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour, A review, *Anim. Res.*, 50 (3), 185–200. <https://doi.org/10.1051/animres:2001125>

Puolanne, E., 2017, Developments in our understanding of water-holding capacity in meat, In *New Aspects of Meat Quality*, 8, 167-190, <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100593-4.00009-6>

- Purslow, P. P., 2014, New developments on the role of intramuscular connective tissue in meat toughness, *Annual Review of Food Science and Technology*, 5 (1), 133–153. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182628>
- Purslow, P. P., 2020, The structure and role of intramuscular connective tissue in muscle function, *Frontiers in Physiology*, 11, 495, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00495>
- Purslow, P. P., Oiseth, S., Hughes, J., Warner, R. D., 2016, The structural basis of cooking loss in beef: variations with temperature and ageing, *Food Research International*, 89, 739–748. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.09.010>
- Purslow, P. P., Warner, R. D., Clarke, F. M., Hughes, J. M., 2020, Variations in meat colour due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings, *Meat Science*, 159, 107941. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107941>

R

- Ramadan, S., Inoue-murayama, M., 2017, Advances in camel genomics and their applications : A review, *The Journal of Animal Genetics*, 45, 49 – 58.
- Ramírez, J. A., Oliver, M. À., Pla, M., Guerrero, L., Ariño, B., Blasco, A., Pascual, M., Gil, M., 2004, Effect of selection for growth rate on biochemical, quality and texture characteristics of meat from rabbits, *Meat Science*, 67 (4), 617–624. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.12.012>
- Rastoin, J.L. & Ghersi, G., 2010, *Le système alimentaire mondial, concepts et méthodes, analyses et dynamiques*, Editions Quae, p. 121-189, 556 p.

S

- Sadoud, M., Nefnouf, F., Hafaoui, F. Z., 2019, La viande cameline dans deux régions du Sud Algérien, *Viandes et Produits Carnés*, 35-3-2, pp 1-11.
- Sahraoui, N., Degand, G., Errahmani, M. B., Baaissa, B., Guetarni, D., Clinquart, A., Hornick, J. L., 2017, Determination of collagen content in Algerian camel meat, *International Research Journal of Public and Environmental Health*, 4 (3), 36–40. <https://journalissues.org/wp-content/uploads/2017/04>
- SAS Institute, 2013, *SAS Enterprise Guide: Statistics*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc. 2013 version 9.4.
- Seid, A., Kurtu, M. Y., Urge, M., 2019, Age and body condition effects on meat quality of camels (*Camelus dromedarius*) in eastern Ethiopia, *Animal Production Science*, 59 (5), 965–971. <https://doi.org/10.1071/AN17004>
- Senoussi, A., 2012, L'élevage camelin en Algérie : mythe ou réalité ?, *Renc. Rech. Ruminants*, 19 (1), 308.

- Sentandreu, E., Fuente-García, C., Pardo, O., Oliván, M., León, N., Aldai, N., Yusà, V., Sentandreu, M. A., 2021, Protein biomarkers of bovine defective meats at a glance: Gel-Free Hybrid Quadrupole-Orbitrap Analysis for Rapid Screening, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69 (26), 7478–7487. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c02016>
- Sentandreu, M. A., Coulis, G., Ouali, A., 2002, Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness, *Trends in Food Science and Technology*, 13 (12), 400–421. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00188-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00188-7)
- Silva, L. H. P., Rodrigues, R. T. S., Assis, D. E. F., Benedeti, P. D. B., Duarte, M. S., Chizzotti, M. L., 2019, Explaining meat quality of bulls and steers by differential proteome and phosphoproteome analysis of skeletal muscle, *Journal of Proteomics*, 199, 51–66. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2019.03.004>
- Slimani, N., Chehma, A., Faye, B., Huguenin, J., 2013, Régime et comportement alimentaire du dromadaire dans son milieu naturel désertique en Algérie, *Livestock Research for Rural Development*, 25 (12), 1-9.
- Smili H., Gagaoua M., Becila S., Ider M., Babelhadj B., Adamou A., Picard B., Ouali A., Boudjellal A., 2014, Exsudation de la viande de dromadaire, *Viandes et Produits Carnés*, VPC2014-30-5-5, 1-9.
- Soltanizadeh, N., Kadivar, M., Keramat, J., Fazilati, M., 2008, Comparison of fresh beef and camel meat proteolysis during cold storage, *Meat Science*, 80 (3), 892–895. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.04.007>
- Souilem, O. & Barhoumi, K., 2009, Physiological particularities of dromedary (*Camelus dromedarius*) and experimental implications, *Scand. J. Lab. Anim. Sci.*, 36 (1), 19–29.
- Staron T., 1982, viandes et alimentation humaine, APRIA, Paris, p1, 110 p.
- Suliman, G. M., Al-owaimer, A.N., Hussein, E.O.S., Ali, H.S., Abdelnour, S. A., Abd El-Hack, M. E., Swelum, A. A., 2019, Chemical composition and quality characteristics of meat in three one-humped camel (*Camelus dromedarius*) breeds as affected by muscle type and post-mortem storage period, *Animals*, 9, 834, 1-14, doi:10.3390/ani9100834.
- Suliman, G. M., Al-Owaimer, A. N., Hussein, E. O. S., Abuelfatah, K., Othman, M. B., 2020, Meat quality characteristics of the Arabian camel (*Camelus dromedarius*) at different ages and post-mortem ageing periods. *Asian-Australas. J. Anim. Sci*, 33 (8), 1332–1338. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0589>

T

- Terpend, N., 1997, Guide pratique de l'approche filière, le cas de l'approvisionnement et la distribution des produits alimentaires dans les villes. Rome, FAO, 34.

Trabelsi, H., Chehma, A., Al Jassim, R., Senoussi, A., 2017, Camel as seed disperser in the northern Sahara rangelands of Algeria, *International Journal of Biosciences*, 10 (4), 58–65. <https://doi.org/10.12692/ijb/10.4.58-65>

V

Van de Ven, R. J., Pearce, K. L., Hopkins, D. L., 2014, Post-mortem modelling of pH and temperature in related lamb carcasses, *Meat Science*, 96 (2), 1034–1039. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.10.001>

W

Warner, R. D., Wheeler, T. L., Ha, M., Li, X., Bekhit, A. E. D., Morton, J., Vaskoska, R., Dunshea, F. R., Liu, R., Purslow, P., Zhang, W., 2022, Meat tenderness: advances in biology, biochemistry, molecular mechanisms and new technologies, *Meat Science*, 185, 108657. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108657>

Wicks, J., Beline, M., Fernando, J., Gomez, M., Luzardo, S., Silva, S. L., Gerrard, D., 2019, Muscle energy metabolism, growth, and meat quality in beef cattle, *Agriculture*, 9, 195, 1–10, doi:10.3390/agriculture9090195.

Wrolstad, R.E., Acree, T.E., Decker, E.A., Penner, M.H., Reid, D.S., Schwartz, S.J., Shoemaker, C.F., Smith, D.M., Sporns, P., 2005, *Handbook of food analytical chemistry*, John Wiley sons, New Jersey, 185-208, 606 p.

Z

Zahedi, Y., Varidi, M. J., Varidi, M., 2016, Proteome changes in biceps femoris muscle of iranian one-humped camel and their effect on meat quality traits, *Food Technology and Biotechnology*, 54 (3), 324–334. <https://doi.org/10.17113/ftb.54.03.16.4316>

Zakaria, B., Abdelhakim, S., Bernard, F., 2020, Camel meat marketing and camel meat marketplace in the Algerian northern Sahara-case of the region of Souf, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32 (4), 319–327. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i4.2087>

Zamil El-Faer, M., Rawdah, T.N., Attar, K.M., & Dawson M.V., 1991, Mineral and proximate composition of the meat of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*), *Food Chemistry*, 42, 139-143.

Zamora, F., Debiton, E., Lepetit, J., Lebert, A., Dransfield, E., Ouali, A., 1996, Predicting variability of ageing and toughness in beef M. *Longissimus lumborum* et *thoracis*, *Meat Science*, 43 (3–4), 321–333. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(96\)00020-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(96)00020-4)

Zarrin, M., Riveros, J. L., Ahmad, A., de Almeida, A. M., Konuspayeva, G., Vargas-Bello-Pérez, E., Faye, B., Hernández-Castellano, L. E., 2020, Camelids: new players in the international animal production context, *Tropical Animal Health and Production*, 52 (3), 903–913. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02197-2>

Productions scientifiques

Productions scientifiques

Article 1

Article

Postmortem Muscle Protein Changes as a Tool for Monitoring Sahraoui Dromedary Meat Quality Characteristics

Hanane Smili ^{1,2}, Samira Becila ¹, Antonella della Malva ^{3,*}, Ayad Redjeb ², Marzia Albenzio ³, Agostino Sevi ³, Antonella Santillo ³, Baaissa Babelhadj ², Abdelkader Adamou ², Abdelghani Boudjellal ¹ and Rosaria Marino ³

¹ Equipe Maquav, Laboratoire Bioqual, Institut de la Nutrition de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Université Frères Mentouri Constantine 1, Route Ain El-Bey, Constantine 25000, Algeria; hanane.smili@umc.edu.dz (H.S.); samira.becila@umc.edu.dz (S.B.); aboudjellal@yahoo.fr (A.B.)

² Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla 30000, Algeria; redjeb.ayad@gmail.com (A.R.); babelhadjbaiissa@gmail.com (B.B.); adamoudz@yahoo.fr (A.A.)

³ Department of Agriculture, Food, Natural Resources and Engineering (DAFNE), University of Foggia, Via Napoli 25, 71121 Foggia, Italy; marzia.albenzio@unifg.it (M.A.); agostino.sevi@unifg.it (A.S.); antonella.santillo@unifg.it (A.S.); rosaria.marino@unifg.it (R.M.)

* Correspondence: antonella.dellamalva@unifg.it

Abstract: The effects of slaughter age (2 vs. 9 years) and postmortem time (6, 8, 10, 12, 24, 48 and 72 h) on the meat quality and protein changes of the *longissimus lumborum* muscles of the Algerian Sahraoui dromedary were investigated. Muscles of young dromedaries evidenced a slower acidification process and a significantly higher myofibrillar fragmentation index throughout the postmortem time. The SDS-PAGE of sarcoplasmic and myofibrillar proteins revealed that meat from young dromedaries was characterized by the lowest percentage of myoglobin ($p < 0.001$) and the highest percentage of desmin ($p < 0.01$). During postmortem time, a decrease was found for phosphoglucumutase ($p < 0.01$), α -actinin ($p < 0.05$) and desmin ($p < 0.01$) in meat from young dromedaries. Western blot revealed an intense degradation of troponin T in younger dromedaries, with an earlier appearance of the 28 kDa polypeptide highlighting differences in the proteolytic potential between dromedaries of different ages. Principal component analysis showed that meat from young dromedaries, starting from 24 h postmortem, was located in a zone of the plot characterized by higher levels of the myofibrillar fragmentation index, 30 kDa polypeptide and enolase, overall confirming greater proteolysis in younger animals. Data suggest that the investigation of the muscle proteome is necessary to set targeted interventions to improve the aging process of dromedary meat cuts.



Citation: Smili, H.; Becila, S.; della Malva, A.; Redjeb, A.; Albenzio, M.; Sevi, A.; Santillo, A.; Babelhadj, B.; Adamou, A.; Boudjellal, A.; et al. Postmortem Muscle Protein Changes as a Tool for Monitoring Sahraoui Dromedary Meat Quality Characteristics. *Foods* **2022**, *11*, 732. <https://doi.org/10.3390/foods11050732>

Academic Editor: Baohua Kong

Received: 3 February 2022

Accepted: 27 February 2022

Published: 2 March 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Keywords: Sahraoui dromedary; slaughter age; postmortem time; meat quality; myofibrillar protein changes

1. Introduction

The camel species present in Algeria is the dromedary (*Camelus dromedarius*); its global population was estimated to be 416,519 in 2019, thus placing Algeria in the 14th rank worldwide. During the last decade, a growing demand for dromedary meat products has been observed, from 4500 tons in 2009 to 6514 tons in 2019 [1], particularly in harsh arid and semiarid areas where climate negatively impacts the production efficiency of other species. Currently, this production relates to a particular area, due to the natural distribution of the species in addition to socioeconomic aspects. The Sahraoui dromedary population has been relevant for the local economic sustainability of the northern Sahara region of Algeria; the animal is characterized as being rustic, robust and chunky, with high musculature that fits better to drought, transportation and meat production [2]. Dromedary meat is an interesting source of protein that should be exploited at its best, because it yields a heavy

carcass under inexpensive management systems [3,4]. However, at present consumers perceive dromedary meat as a “low-quality product” characterized by low tenderness, because it is generally obtained from animals slaughtered at mature ages (>4 years old) and aged for very short time (24 h). A previous study on camel meat [5] revealed that the differences found due to animals’ ages could be related to histological changes that take place in muscle structures as animals mature, especially in terms of the amount of connective tissue and its deposition.

Several studies [6–8] have reported that tenderness is a complex attribute influenced by different factors, related on the one hand to an animal’s species, age, breed, muscle type and diet, but especially to postmortem factors (storage time, cooling rate and temperature). However, it is well-established that the postmortem degradation and modification of muscle proteins during postmortem storage are the predominant factors influencing meat tenderness [9–11].

The study of protein changes permits the characterization of meat tenderization during postmortem storage as well as the monitoring of biomarkers characterizing tenderness [12,13].

In this context, we assume that knowledge of the postmortem degradation of the structural and cytoskeletal proteins of dromedary meat is necessary to better understand the postmortem processes as well as to develop strategies in carcass management aimed at producing meat with a competitive quality. Furthermore, a comprehensive understanding of the relationship between muscle protein changes during the first hours of postmortem and the slaughter age of dromedaries will help to design targeted interventions for obtaining better meat tenderness.

Thus, the objective of this study was to examine the effect of slaughter age and postmortem time on Sahraoui dromedary meat quality traits, with a particular focus on sarcoplasmic and myofibrillar protein changes.

2. Materials and Methods

2.1. Sample Collection

Six young (2 years \pm 0.9 SD) and six adult (9 years \pm 1.5 SD) male Sahraoui dromedaries reared in an extensive management system were randomly used for meat collection. Animals were exposed to the same preslaughter handling process. In the slaughterhouse, they were placed in lairage for about 12 h before being slaughtered, following the Algerian halal procedures, in a commercial slaughterhouse of the Ouargla region. After 3 h postmortem, *longissimus lumborum* (LL) muscles were removed from the last two lumbar vertebrae of each carcass and then transported to the biochemistry laboratory of University Kasdi Merbah Ouargla, Algeria. Muscles were kept at 12 °C until 12 h postmortem. Then, muscles were stored at 4 °C for 72 h, according to Al-Owaimer et al. [14]. Within 72 h, one slide was removed from each muscle at 6, 8, 10, 12, 24, 48 and 72 h. pH and water-holding capacity were determined at the University Kasdi Merbah Ouargla, Algeria. The determination of myofibrillar fragmentation index and protein changes was performed subsequently on samples stored at -20 °C and transported to the University of Foggia (Italy) in an insulated box filled with dry ice.

2.2. Meat Quality Properties

2.2.1. pH Measurement

Muscle pH was determined according to Bendall [15]. Briefly, 1 g of ground muscle was homogenized with a polytron for 15 s, in 10 mL of buffer containing 5 mM sodium iodoacetate and 150 mM potassium chloride (pH 7). The pH was measured on the homogenate by using a pH meter equipped with combined glass electrode type HI9812-5 Hanna instruments (Hanna Instruments, Woonsocket, RI, USA).

2.2.2. Water-Holding Capacity Determination

Water-holding capacity (WHC) was assessed according to the Grau–Hamm method [16]. A meat sample of 300 ± 5 mg was placed onto a previously desiccated filter paper, Whatmann No. 1 of 7 cm diameter; the paper with meat was then placed between two plexiglass plates. Loads of 2.25 kg were applied for 5 min. Circles of meat and released juice were then carefully drafted onto clear plastic sheets. The areas of meat spot and total liquid-infiltrated paper of each sheet of plastic were estimated using ImageJ software. The water-holding capacity was expressed as the total wet area less meat area (cm^2) relative to the weight of the sample (g).

2.2.3. Myofibrillar Fragmentation Index

The myofibrillar fragmentation index (MFI) was determined according to the protocol of Culler et al. [17], with some modifications. Briefly, 2 g of muscle was homogenized for 30 s in 20 mL of cold MFI buffer (100 mM KCl, 1 mM EGTA, 1 mM MgCl_2 and 1 mM NaN_3 , pH 7). The homogenate was centrifuged at $1000 \times g$ for 15 min, after which the pellet was resuspended in 20 mL of MFI buffer, vortexed and centrifuged again. The sediment was resuspended in 10 mL of buffer and then filtered using a mesh screen to remove fat and connective tissue. The filtrate was used to quantify the protein concentration using the biuret method via a spectrophotometric assay. Subsequently, the concentration was adjusted to 0.5 mg/mL and the absorbance was read immediately at 540 nm. The MFI was calculated by multiplying the absorbance at 540 nm by 200.

2.3. Protein Analysis

2.3.1. Protein Extraction

The isolation of sarcoplasmic and myofibrillar proteins was performed according to Marino et al. [13,18]. Briefly, 2.5 g of muscle was cut into small pieces (without fat or connective tissue) and homogenized using an Ultra Turrax at 10,000 rpm for 3 min with 10 mL of 0.03 M ice-cold phosphate buffer (pH 7) and a protease inhibitor cocktail (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). Afterwards, the homogenate was centrifuged at $8000 \times g$ for 20 min at 4°C . Supernatants (sarcoplasmic fraction) were collected and frozen at -80°C . The resultant myofibrillar pellet was resuspended in 1 mL of denaturing buffer (8.3 M urea, 2 M thiourea, 64 mM dithiothreitol, 2% cholamidopropyl dimethyl hydroxypropane sulfonate, 2% Nonidet P-40, 10% glycerol and 20 mM Tris-HCl, pH 8), stirred overnight and centrifuged at $15,000 \times g$ for 20 min at 10°C . After centrifugation, supernatants (myofibrillar fraction) were collected and stored at -80°C . The protein concentration of each sarcoplasmic and myofibrillar extract (samples were assayed in triplicate) was determined by employing a 2-D Quant Kit (GE Healthcare), using serum albumin as a standard.

2.3.2. SDS-PAGE Analysis

Myofibrillar and sarcoplasmic proteins were resolved according to the procedure of Marino et al. [13]. Briefly, an 8–18% sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) gradient gel in a continuous buffer system was run at 24 mA/gel using a PROTEAN II xi system (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA). Gels were stained with Coomassie Blue G250; images were acquired by the Chemi Doc EQ system (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA) using a white-light conversion screen, after which they were analyzed with Image Lab software (version 5.2.1, Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA). Identification of the proteins was conducted via comparison with the Precision Plus Protein Standard—Broad Range (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA), as well as with our previous identification conducted in the same conditions on myofibrillar and sarcoplasmic fractions of bovine *longissimus lumborum* [13,18]. The relative quantity of each band was determined as the percentage of the signal intensity of the defined bands in a lane.

2.3.3. Western Blot

Western blot of troponin-T (TNNT) was performed as described by [7]. Briefly, myofibrillar proteins were separated on 12% acrylamide gels using Mini-PROTEAN Tetra cell (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA). After a run, proteins were transferred onto nitrocellulose membranes (mini format, 0.2 µm nitrocellulose, Bio-Rad Laboratories) by a semidry transfer method (Trans-Blot Turbo Transfer System, Bio-Rad Laboratories) for 5 min at 25 V/2.5 A. All membranes were blocked for 1 h in a Tris-buffered saline solution containing 0.05% Tween-20 (TBS-Tween), including 5% of BSA as a blocking agent. Membranes were incubated with the primary antibodies: monoclonal anti-troponin-T produced in mouse (JLT-12; Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA; diluted 1:40,000). Then, membranes were washed, after which they were incubated for 1 h at room temperature with the secondary antibodies, goat anti-mouse-HRP (No 2554; Sigma-Aldrich, St Louis, MO; diluted 1:30,000). Blots were detected using the Clarity Western ECL Substrate (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA). Images were acquired by the Chemi Doc EQ system and analyzed with Image Lab software (version 5.2.1, Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA) to determine the signal intensity of the intact and fragmented protein bands.

2.4. Statistical Analysis

All data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using the GLM procedure of the SAS statistical software [19]. The mathematical model included the fixed effect due to slaughter age, postmortem time, slaughter age × postmortem time and random residual error. Results are presented as the least-squares means of the data for each age group, and the variability of the data is expressed by the standard error of the mean (SEM). All effects were tested for statistical significance ($p < 0.05$), and significant effects were reported. When significant effects were found ($p < 0.05$), Fisher's LSD test was used to locate significant differences between means.

Principal component analysis (PCA) was applied to a matrix of 18 variables (pH, MFI, WHC, MYH, ACTN, DES, ACTA, TNNT, TPM, 30 kDa, MLY1, TNNTI, sMYL2, fMYL2, PGM, ENO, CK and MB) using the PRINCOMP procedure of SAS to study the main tendencies in variation between the meat quality characteristics of adult and young dromedaries during postmortem time. The most significant 2 principal components were analyzed using factorial analysis.

3. Results and Discussion

3.1. Meat Quality Traits

The effect of slaughter age and postmortem time on the pH decline, MFI and WHC of the *longissimus lumborum* muscles from Algerian Sahraoui dromedaries are reported in Table 1. Slaughter age had a significant ($p < 0.001$) effect on the drop of muscle pH. In particular, compared to adult dromedaries, the *longissimus lumborum* muscles of young animals exhibited higher pH values at 8 and 72 h postmortem. Accordingly, Kadim et al. [5] found significantly higher pH values in younger animals (5.91 vs. 5.71 in young and adult camels, respectively) as a consequence of fiber types and muscle glycogen. Indeed, the proportion of red muscle fibers, with high glycogen content, increases with animal age and influences muscle metabolism and pH. Additionally, in cattle and goats it is reported that younger animals produce meat with a higher pH than older animals due to lower levels of glycogen [20,21].

During postmortem time, a progressive decrease in pH ($p < 0.001$) was observed, although with different rates in adult and young dromedaries. In particular, the LL muscles from adult dromedaries exhibited a more rapid pH decline starting from 8 h postmortem, while in young dromedaries a significant decrease was observed after 12 h postmortem. The faster pH decline of the LL muscles from adult dromedaries could be attributed to muscle glycogen reserves at the time of slaughter that accelerate glycolysis and the initial pH decline rate.

Table 1. pH decline, myofibrillar fragmentation index (MFI) and water-holding capacity (WHC) of the *longissimus lumborum* (LL) muscles of Sahraoui dromedaries after 6, 8, 10, 12, 24, 48 and 72 h (h) postmortem (means \pm SEM), according to slaughter age.

		Postmortem Time (h)							Effects, <i>p</i>			
		6	8	10	12	24	48	72	SEM	Age	Time	Age \times Time
pH	Young	6.43 a	6.34 Aab	6.22 ab	6.20 b	5.99 c	5.98 c	5.94 Ac	0.07	***	***	*
	Adult	6.32 a	5.99 Bb	6.00 b	5.98 b	5.87 bc	5.89 bc	5.67 Bc				
MFI	Young	77.89 Ab	78.91 Ab	92.72 Aab	99.75 Aa	101.45 Aa	98.12 Aa	97.48 Aa	5.61	***	*	NS
	Adult	55.85 Bb	56.40 Bb	57.17 Bb	60.09 Bb	70.28 Bab	77.43 Ba	78.41 Ba				
WHC (cm ² /g)	Young	12.21 Ac	15.61 bc	19.42 b	17.02 bc	26.92 a	24.01 a	25.42 a	1.25	**	***	*
	Adult	7.98 Bc	14.85 b	16.64 b	15.90 b	25.84 a	24.88 a	25.50 a				

NS = not significant; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; and *** = $p < 0.001$. A, B = $p < 0.05$ in the column (slaughter age effect); a–c = $p < 0.05$ in the row (postmortem time effect).

The myofibrillar fragmentation index (MFI) was significantly affected by both slaughter age ($p < 0.001$) and postmortem time ($p < 0.05$). It is noteworthy that the MFI is the most important index with which to measure the enhancement of meat tenderness and proteolysis, indicating both the I-band breaks and the loss of myofibril integrity. In this study, meat from young dromedaries showed higher MFI values than meat from adults. It is well-known that meat tenderization and the fragmentation of myofibrils are mainly related to muscle pH; overall, muscles with a high pH may tenderize more rapidly than muscles with lower pH values [22]. The higher fragmentation of myofibrils found in meat from young dromedaries could be related to the higher pH values found in the first hours postmortem, which led to the increased activity of endogenous enzymes on myofibrils [23].

As expected, postmortem time significantly affected myofibril fragmentation ($p < 0.05$), although this parameter increased at different rates in adult and young dromedaries. Meat from young dromedaries displayed an increase in the MFI after 12 h postmortem and remained constant thereafter; in meat from adult dromedaries an increase in the MFI was found only after 48 h postmortem. The more rapid myofibril fragmentation found in meat from young dromedaries starting from 12 h postmortem provides evidence of the faster resolution of rigor mortis and the early activation of endogenous enzymes in degrading myofibrils, thus highlighting differences in the proteolytic potential between young and adult dromedaries.

The water-holding capacity (WHC) is an essential measurement to estimate and assess juiciness, as well as, consequently, determining the appearance and palatability of the final product [24]. Slaughtering age affected the WHC values ($p < 0.01$); in particular, meat from adult dromedaries showed the lowest values of the WHC after 6 h of postmortem storage. It is well-known that a faster pH decline during the rigor phase affects the water-holding capacity in terms of lower drip loss [25]. In our study, the lowest WHC values of the LL muscles from adult dromedaries in the rigor phase could be due to the rapid pH fall and denaturation of muscle proteins, as previously suggested by Kadim et al. [5].

Postmortem time significantly affected the WHC ($p < 0.001$) of dromedary meat. In particular, the ability of meat to retain moisture decreased during the first period of postmortem storage. A progressive increase in the WHC, until 24 h postmortem, was found for both adult and young dromedaries (the juice loss was about 120.47% and 223.81% in meat from young and adult dromedaries, respectively).

However, from 24 h up to 72 h of postmortem storage the WHC remained constant, suggesting that this phenomenon could be related principally to muscle acidification. Indeed, the pH fall and the rigor set induce shrinkage of the myofibril; thus, the space available for water within the myofibril is reduced, causing an increase in water loss.

3.2. SDS-PAGE of the Sarcoplasmic Fraction

The SDS-PAGE and the densitometric profile of sarcoplasmic proteins from the *longissimus lumborum* muscles of young and adult Sahraoui dromedaries during postmortem time is shown in Figure 1. The results show that the sarcoplasmic protein profile was significantly affected by slaughter age and postmortem time. The densitometric

profiles evidenced that, at 6 h postmortem, both adult and young dromedaries were characterized by a similar profile in terms of the number and intensity of bands, while after 72 h postmortem meat from adult dromedaries displayed fewer sarcoplasmic protein bands compared to young dromedaries (27 and 19 bands in meat from young and adult dromedaries, respectively).

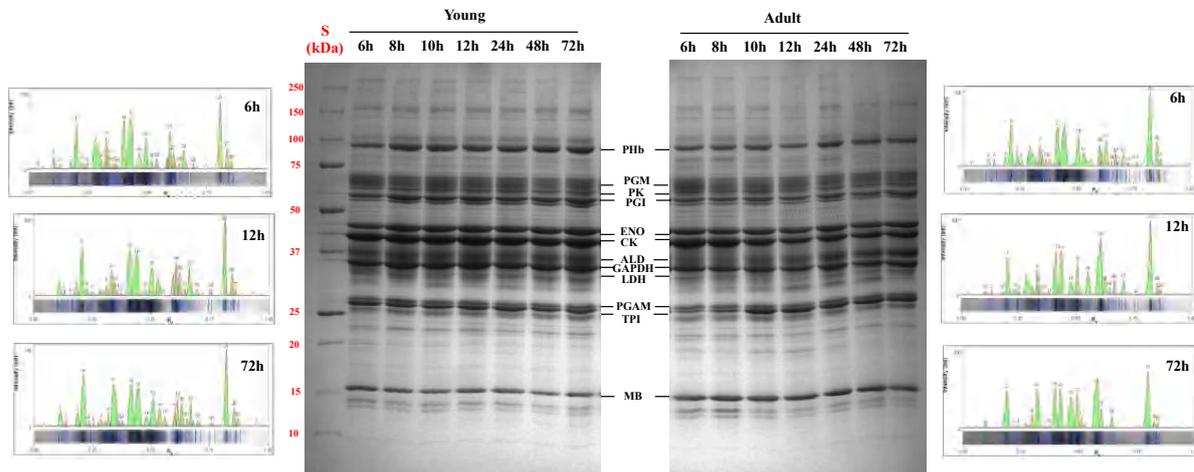


Figure 1. Representative SDS-PAGE (8–18%) and densitometric profiles of sarcoplasmic proteins from the *longissimus lumborum* muscles of young and adult dromedaries after 6, 8, 10, 12, 24, 48 and 72 h postmortem (St = standard; PHb = phosphorylase b; PGM = phosphoglucomutase; PK = pyruvate kinase; PGI = phosphoglucose isomerase; ENO = enolase; CK = creatine kinase; ALD = aldolase; GAPDH = glyceraldehyde phosphate dehydrogenase; LDH = lactate dehydrogenase; PGAM = phosphoglycerate mutase; TPI = triosephosphate isomerase; and MB = myoglobin).

Image analysis results of the main sarcoplasmic proteins extracted from the *longissimus lumborum* muscles, as affected by slaughter age and postmortem time, are presented in Figure 2. Age at slaughter affected the electrophoretic profile of sarcoplasmic proteins, with adult dromedaries being characterized by higher values of myoglobin ($p < 0.001$) during all postmortem times. Myoglobin levels may reflect differences in the contractile and metabolic properties of muscle fibers. In our study the higher abundance of myoglobin found in the meat of adult dromedaries highlights the reddest meat, and confirms that the increase in myoglobin content is a process closely connected with an animal's age, as previously reported [5,26]. In addition, meat from adult dromedaries showed higher values of phosphoglucomutase (PGM; $p < 0.01$) at 6 and 8 h postmortem, while meat from young dromedaries displayed a higher intensity of enolase (ENO; $p < 0.001$) and creatine kinase (CK; $p < 0.01$) after 8 and 24 h of postmortem storage, respectively.

Postmortem time affected the relative intensity of the sarcoplasmic proteins, mainly phosphoglucomutase ($p < 0.01$), enolase ($p < 0.01$) and creatine kinase ($p < 0.01$), both in adult and young dromedaries. Phosphoglucomutase (PGM) showed a decrease in intensity after 8 h postmortem in young dromedaries, while in adult dromedaries a decrease was found starting from 12 h postmortem. Phosphoglucomutase is an enzyme of the glycogen metabolism: it catalyzes the isomerization of glucose 1-phosphate, released from glycogen, to glucose 6-phosphate, which can then enter glycolysis. It has been shown that a greater PGM activity is usually related to a faster pH decline during the postrigor phase [27,28]. In our study, the faster decrease in PGM found in meat from young dromedaries, together with the pH results, suggest the involvement of PGM in the postmortem tenderization processes in such meat, in accordance with reports from other species [29,30].

Enolase (ENO) showed a significant increase, starting from 8 h and 10 h postmortem in young and adult dromedaries, respectively. Enolase is a key glycolytic enzyme catalyzing the conversion of 2-phosphoglycerate into phosphoenolpyruvate. Previous findings have reported that the abundance of enolase increases during postmortem storage [31,32] due to

either modification, protein expression or minor degradation, highlighting the importance of glycolysis in the postmortem tenderization of meat. Consistently, in our study, the increase in enolase during the postmortem storage of LL highlights the association between this glycolytic enzyme and postmortem processes in dromedary meat.

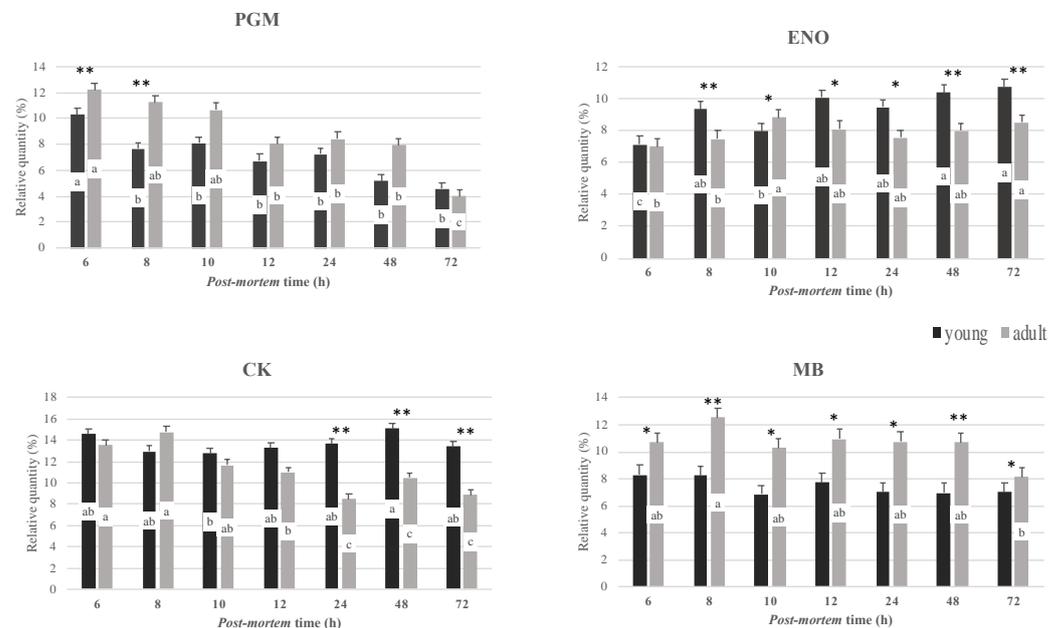


Figure 2. Percentages (%) of the main sarcoplasmic proteins from the *longissimus lumborum* muscles of young and adult dromedaries after 6, 8, 10, 12, 24, 48 and 72 h postmortem (PGM = phosphoglucumutase; ENO = enolase; CK = creatine kinase; MB = myoglobin; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$ slaughter age effect; a–c = $p < 0.05$ postmortem time effect; and means \pm SEM).

The postmortem time also affected the relative intensity of creatine kinase (CK), showing a decrease ($p < 0.01$) starting from 12 h in meat from adult dromedaries. A different trend was observed for meat from young dromedaries, showing the lowest values at 10 h. Creatine kinase plays a critical role in maintaining ATP levels during the immediate postmortem period: it catalyzes reversibly the transfer of phosphate from creatine-phosphate to ADP, generating ATP and creatine [33].

3.3. SDS-PAGE of the Myofibrillar Fraction

The SDS-PAGE and the densitometric profile of myofibrillar proteins from the *longissimus lumborum* muscles of young and adult Sahraoui dromedaries according to postmortem time is shown in Figure 3. The electrophoretic profile of myofibrillar proteins was affected by slaughter age and postmortem time, especially in terms of the intensity of protein bands. Indeed, although during postmortem time the electrophoretic profile of the myofibrillar fraction of both young and adult dromedaries was characterized by the same numbers of protein bands (23 and 26 at 6 h and 72 h postmortem), after 72 h postmortem young dromedaries showed a major intensity of polypeptides in the 30 kDa area.

Image analysis results of the main myofibrillar proteins extracted from the *longissimus lumborum* muscles, as affected by slaughter age and postmortem time, are presented in Figure 4. The slaughter age affected the percentage of desmin (DES, $p < 0.01$), myosin light chain 1 (MYL1, $p < 0.01$) and slow myosin light chain 2 (sMYL2, $p < 0.01$).

In particular, meat from adult dromedaries showed the lowest percentage of desmin during the prerigor and rigor phases (at 6, 8, 10, 12 and 24 h postmortem, respectively). In addition, meat from adult dromedaries was characterized by a higher percentage of MYL1 at 6, 8 and 10 h postmortem compared to young dromedaries. Concerning sMYL2, in the first hours postmortem meat from adult dromedaries showed the highest percentage of

this isoform, while after 10 and 12 h postmortem was characterized by the lowest content than meat from young dromedaries.

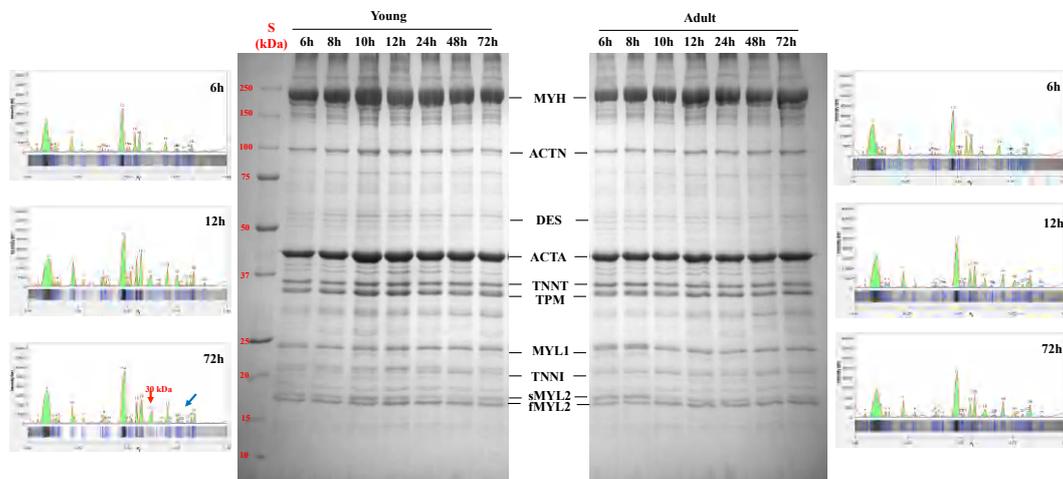


Figure 3. Representative SDS-PAGE (8–18%) and densitometric profile of myofibrillar proteins from the *longissimus lumbarum* muscles of young and adult dromedaries after 6, 8, 10, 12, 24, 48 and 72 h postmortem (St = standard; MYH = myosin heavy chain; ACTN = α -actinin; DES = desmin; TNNT = troponin-T; TPM = tropomyosin; MYL1 = myosin light chain 1; TNNI = troponin-I; sMYL2 = slow myosin light chain 2; and fMYL2 = fast myosin light chain 2).

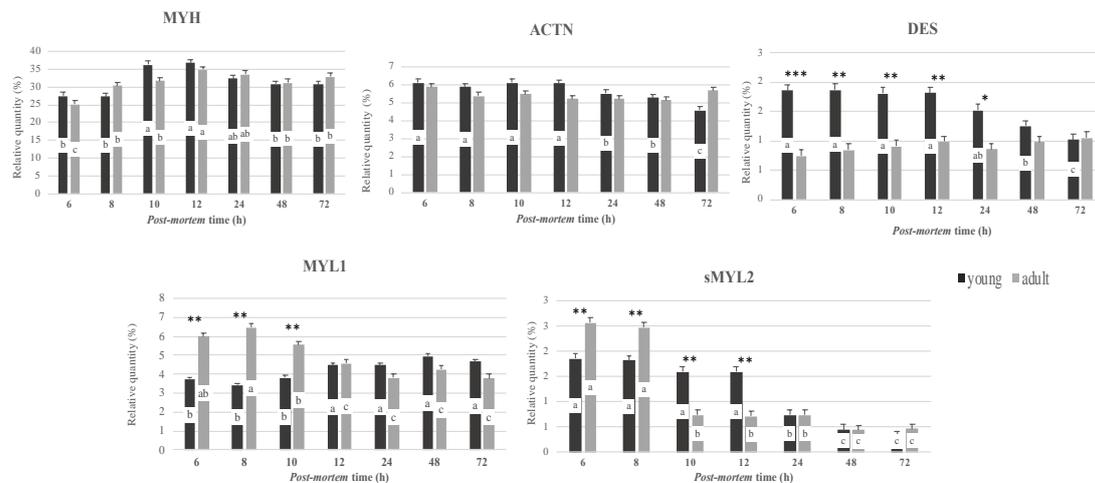


Figure 4. Percentages (%) of the main myofibrillar proteins from the *longissimus lumbarum* muscles of young and adult dromedaries after 6, 8, 10, 12, 24, 48 and 72 h postmortem (MYH = myosin heavy chain; ACTN = α -actinin; DES = desmin; MYL1 = myosin light chain 1; sMYL2 = slow myosin light chain 2; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$ slaughter age effect; a–c = $p < 0.05$, postmortem time effect; and means \pm SEM).

A significant effect of postmortem time was found for myosin heavy chain (MHY; $p < 0.01$), alpha-actinin (ACTN; $p < 0.05$), desmin (DES; $p < 0.01$), troponin T (TNNT; $p < 0.01$), 30 kDa fragment ($p < 0.01$), myosin light chain 1 (MYL1; $p < 0.01$), slow myosin light chain 2 (sMYL2; $p < 0.001$) and fast myosin light chain 2 (fMYL2; $p < 0.05$).

Myosin is the most abundant myofibrillar protein that contributes to the structure and tensile strength of meat. The lowest values of this protein were found in the first postmortem phase (6 and 8 h) and in the postrigor phase (48 and 72 h). During postmortem time, protease activities are modulated by many factors, such as pH decline and accessibility to structural proteins as well as their modifications [10,34]. It has been reported that even a small change in the extent of actomyosin complex formation or the strength of the rigor

bond could affect protease access to the substrate [34,35]. We retain that the changes found in the electrophoretic profile of MYH in dromedary meat reflect the post-mortem processes, and confirm that the extractability of proteins depends on the destructuration of the sarcomere by endogenous enzymes, as also reported in a previous study on bovine meat [13].

The changes in α -actinin abundance during postmortem time was observed only in meat from young dromedaries, showing the lowest values in the postrigor phase starting from 24 h postmortem. This finding confirms the role of α -actinin in maintaining the integrity of cells, since it is a major constituent of the Z-disk. It has also been reported that Z-lines are the first loci of postmortem structural alterations [33]. Therefore, any α -actinin degradation may lead to myofibrillar disorganization.

A decrease in desmin was found in the postrigor phase, at 48 and 72 h postmortem, only in meat from young dromedaries. Desmin is an intermediate filament and has a role in maintaining the integrity of muscle cells by connecting adjacent myofibrils at the level of their Z-lines, and the myofibrils to other cellular structures [36]. In a previous study on pork meat, early desmin proteolysis, starting from 24 h postmortem, was associated with the activation of calpain-1 [37]. Several studies on bovine meat [10,29] also reported that desmin degradation is an indicator of myofibrillar breakdown. In our study, the greater degradation of desmin together with the major increase in the MFI observed in meat from young dromedaries confirm the weakening of the myofibrillar structure due to the greater activity of calpain proteases and highlight the major proteolytic potential of meat from younger animals.

During postmortem time, myosin light chain 1 (MYL1) showed a different trend in meat from young and adult dromedaries. In particular, a decrease in the MYL1 percentage was observed for adults; conversely, an increase was found after 10 h postmortem in young muscle.

The differences in the MYL1 amount between adult and young dromedaries could be a reflection of the integrity of the actomyosin cross-bridges. Anderson et al. [29] reported that the rapid release of MYL1 from the myofibril is due to calpain-1 action, and that it is an indicator of early postmortem proteolysis as well as, potentially, tenderization. In our study, the lowest value of MYL1 found in the meat of young dromedaries during first-phase postmortem could be due to the greater release of this myofibrillar protein into a soluble fraction, confirming that MYL1 could also be an indicator of myofibril destructuration in dromedary meat, as reported previously on bovine meat [18].

3.4. Western Blot of TnT

It has been largely reported that troponin T is one of the main proteins used as a marker for the ongoing proteolysis and tenderness prediction [10,34]. Therefore, a Western blot of troponin T was performed to better explain the changes detected between meat from adult and young dromedaries during postmortem storage, as well as in an effort to confirm the SDS-PAGE results.

A representative Western blot of troponin T from the *longissimus lumborum* muscles of dromedaries as affected by slaughter age and postmortem time is reported in Figure 5, while the image analysis results are presented in Table 2.

A Western blot of troponin T (TNNT) showed the presence of five immunoreactive bands: 38, 36 and 34 kDa represent isoforms of intact TNNT, while the 30 and 28 kDa bands were degraded products of TNNT.

Referring to intact isoforms of TNNT, image analysis results revealed that both slaughter age and postmortem time significantly affected the relative intensity of 38, 36 and 34 kDa protein bands. In particular, the 38 kDa and 34 kDa intact isoforms showed higher values in meat from young dromedaries at 6 and 8 h postmortem ($p < 0.05$), while meat from adult dromedaries showed the highest intensity only of the 36 kDa band ($p < 0.01$) until 48 h postmortem.

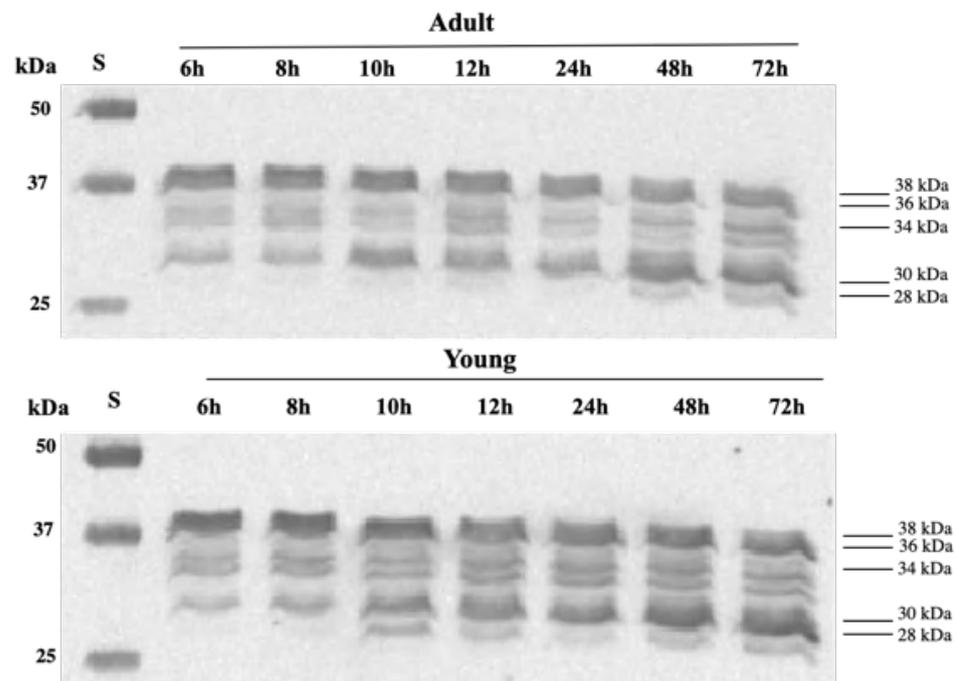


Figure 5. Representative Western blot of troponin-T of the *longissimus lumborum* muscles of young and adult dromedaries after 6, 8 10, 12, 24, 48 and 72 h postmortem (troponin-T isoforms: 38, 36 and 34 kDa (intact forms); 30 and 28 kDa (degraded forms)).

Table 2. Image analysis results (%) of troponin T Western blot of the *longissimus lumborum* muscles of young and adult dromedaries after 6, 8 10, 12, 24, 48 and 72 h postmortem (troponin-T isoforms: 38, 36 and 34 kDa (intact forms); 30 and 28 kDa (degraded forms)).

		Postmortem Time (h)							Effects, <i>p</i>				
		6	8	10	12	24	48	72	SEM	Age	Time	Age × Time	
Intact forms	38 kDa	adult	71.58 Ba	68.41 Ba	59.22 b	56.33 b	53.53 b	40.21 c	36.81 c	1.92	*	**	*
		young	84.12 Aa	77.41 Ab	58.20 c	58.55 c	50.33 d	40.77 e	37.36 e				
36 kDa	adult	10.80 Aa	10.73 Aa	6.35 Ab	6.20 Ab	6.99 Ab	6.67 Ab	5.25 b	0.61	**	*	*	
	young	4.67 B	4.10 B	4.51 B	4.04 B	4.33 B	4.30 B	4.10					
34 kDa	adult	2.20 B	2.15 B	2.31	2.34	2.86	2.87	2.88	0.43	*	*	*	
	young	3.72 Aa	3.95 Aa	2.72 ab	2.99 ab	2.51 b	2.40 b	2.15 b					
Degraded forms	30 kDa	adult	15.42 Ad	18.71 Ad	32.12 c	35.13 Abc	36.62 Bb	48.91 a	52.70 a	1.38	*	***	*
		young	7.49 Bf	14.54 Be	29.64 d	30.76 Bd	41.04 Ac	50.86 b	54.35 a				
28 kDa	adult	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.34 b	2.36 a	0.25	*	**	*
	young	ND	ND	4.94 a	3.65 b	1.78 c	1.78 c	2.04 c					

ND = not detected; NS = not significant; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; and *** = $p < 0.001$. A, B = $p < 0.05$ in the column (slaughter age effect); a–f = $p < 0.05$ in the row (postmortem time effect).

As expected, post-mortem time significantly affected the degradation of intact TNNT isoforms (38 kDa, 36 kDa and 34 kDa, respectively), but with different rates. Referring to the 38 kDa protein, in adult dromedaries a decrease ($p < 0.01$) was found starting from 10 h postmortem, while in young dromedaries a progressive degradation was observed during postmortem time. An effect of postmortem time was found for the 36 kDa band in adult dromedaries, with a significant decrease ($p < 0.05$) after 10 h postmortem. While referring to the 34 kDa band, a progressive decrease was found in young dromedaries, showing the lowest values starting from 24 h postmortem.

However, these results highlight that meat from young dromedaries was characterized by the highest percentage of intact TNNT isoforms (sum of all the isoforms) in the first phase of postmortem time, while the end of treatment displayed similar values to meat from older animals. As a consequence, the percentage of intact TNNT reduction

during postmortem time was about 52.86% and 46.87% in meat from young and adult dromedaries, respectively.

The major degradation of intact TNNT isoforms in meat from young dromedaries during postmortem time could be due to the fiber characteristics and the greater activity of endogenous enzymes in degrading myofibrils, as also supported by the MFI results. Consistent with our data, Cruzen et al. [38] observed less troponin-T degradation in mature beef muscles compared to young ones, and suggested a reduced proteolysis potential in mature cattle compared to calves due to a lower ratio of μ -calpain/total calpastatin activity.

It is known that 30 and 28 kDa fragments are the two major polypeptides generated from troponin-T degradation [34]. Concerning the degraded isoforms, the 30 kDa band was affected by slaughter age ($p < 0.05$) and postmortem time ($p < 0.001$). Meat from adult dromedaries was characterized by the highest percentage at 6, 8 and 12 h postmortem, while after 24 h meat from young dromedaries showed higher values.

During postmortem time, a progressive increase in the 30 and 28 kDa bands was found in both young and adult dromedaries, with different rates. Meat from adult dromedaries showed an increase in the 30 kDa fragment starting from 10 h postmortem, while in meat from young dromedaries a progressive increase was found. Referring to the 28 kDa polypeptide, in adult dromedaries this polypeptide appeared after 48 h postmortem, while in young dromedaries it appeared earlier, after 10 h postmortem.

The greater amount of TNNT fragments found in meat from young animals during the postmortem time confirms the more rapid and extensive degradation of intact TNNT observed, highlighting the more intense degradation of myofibrils and proteolysis in younger animals. Therefore, our results revealed differences in the meat proteolytic potential due to the slaughter age of camels, suggesting that knowledge of the factors that influence muscle proteome and its evolution during postmortem changes is necessary to set targeted interventions to improve the aging process of dromedary meat cuts.

3.5. Relationship between Sarcoplasmic and Myofibrillar Proteins Patterns and Dromedary Meat Quality Characteristics

The principal component analysis of the pH, MFI, WHC and relative intensity of the myofibrillar and sarcoplasmic proteins of the *longissimus lumborum* muscles from young and adult dromedaries during postmortem time (6, 8, 10, 12, 24, 48 and 72 h) is reported in Figure 6.

The PCA applied to the mentioned variables accounted for 57.3% of the total variance, with 36.51% explained by PC1 and 20.79% explained by PC2. Phosphoglucumutase, troponin T and the 30 kDa fragment were the main factors explained by PC1, the latter being negatively related to the principal component. Tropomyosin, desmin, myoglobin and α -actinin were dominating factors along with PC2, with myoglobin and α -actinin negatively related to the principal component. Apart from postmortem time, the PCA score plot evidenced a clear separation of meat from adult and young dromedaries along with the second principal component, with meat from younger animals being characterized by a higher pH, together with higher contents of TPM, DES and CK.

Furthermore, the score plot evidenced that samples moved along the first principal component as the postmortem time advanced, with 6, 8, 10 and 12 h postmortem being located on the right side of the axis, while meat samples starting from 24 h postmortem displayed negative scores.

The PCA analysis also showed that meat from young dromedaries starting 24 h post-mortem was located in a zone of the plot characterized by higher levels of the myofibrillar fragmentation index, 30 kDa polypeptide and enolase, overall confirming the greater rupture of myofibrils and proteolysis in younger animals.

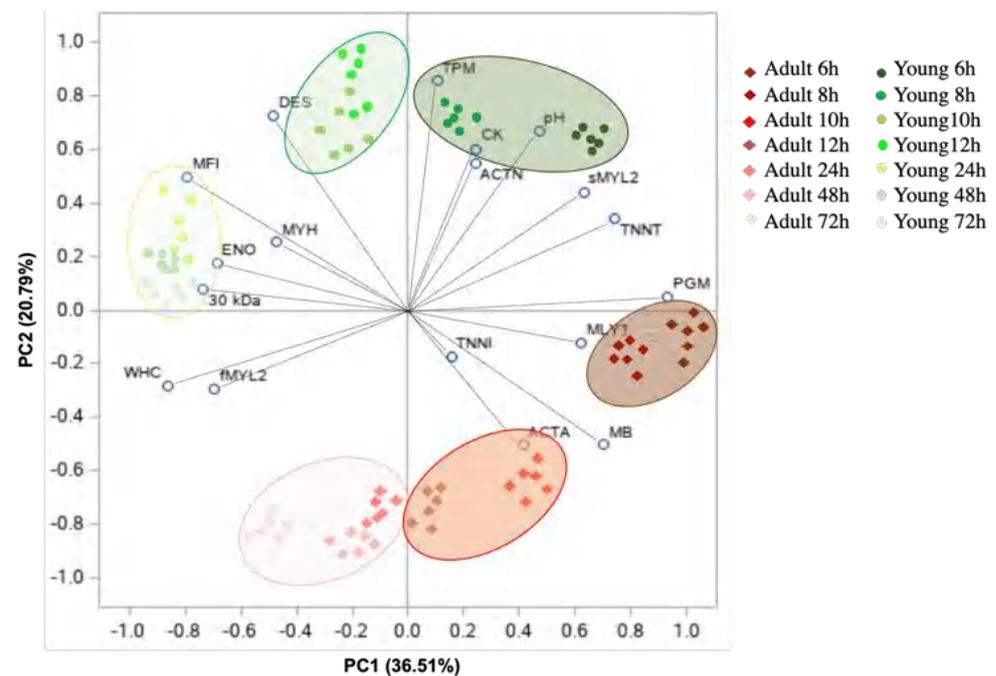


Figure 6. Principal component analysis (PCA) of the pH, MFI, WHC and relative intensity of the myofibrillar and sarcoplasmic proteins of the *longissimus lumborum* muscles from young and adult dromedaries during postmortem time (6, 8, 10, 12, 24, 48 and 72 h).

4. Conclusions

Data from the current study highlight that both slaughter age and postmortem time may affect the properties of the *Longissimus lumborum* muscles of Sahraoui dromedaries and provide insights into protein changes during the conversion of muscle into meat. Post-mortem time in adult and young dromedaries resulted in different meat tenderization rates. Young dromedaries evidenced a slower acidification process with greater myofibril fragmentation throughout the post-mortem time as a result of the endogenous enzyme activity.

In particular, an early and intense postmortem proteolysis involves meat from young dromedaries, as evidenced by the degradation of key proteins of the tenderization process, such as desmin and α -actinin. These findings have also been supported by the more intense and faster troponin T degradation found in younger animals, which confirmed a different kinetic in the disruption and degradation of myofibrils during the postmortem time, highlighting a different proteolytic potential between dromedaries of different ages.

Author Contributions: Conceptualization, H.S., A.B. and S.B.; methodology, H.S., S.B. and R.M.; validation, H.S. and A.d.M.; formal analysis, H.S. and A.d.M.; investigation, H.S., A.R. and A.d.M.; resources, H.S., A.R., B.B. and A.A.; data curation, A.d.M., H.S. and R.M.; writing—original draft preparation, H.S. and A.d.M.; writing—review and editing, R.M., M.A., A.S. (Antonella Santillo) and S.B.; visualization, A.S. (Agostino Sevi) and A.B.; supervision, R.M., M.A., A.S. (Agostino Sevi) and S.B.; project administration, A.B. and S.B.; funding acquisition, H.S. and S.B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by the Algerian Ministry of Higher Education and Scientific Research, through the Exceptional National Program Scholarship 2018–2019 n. 264 and the Medicine Faculty of University Kasdi Merbah Ouargla, granted to Smili Hanane. This work was also supported by the laboratory of animal production, University of Foggia, Italy.

Institutional Review Board Statement: Veterinary Inspection of the Wilaya of Ouargla, approval code 190/2018.

Informed Consent Statement: The study did not involve humans.

Data Availability Statement: Not applicable.

Acknowledgments: The authors thank Francesca d'Angelo and Martina Di Corcia for their help in performing analysis.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. FAOSTAT. 2021. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL> (accessed on 18 June 2021).
2. Belkhir, A.O.; Chehma, A.; Faye, B. Phenotypic variability of two principal Algerian camel's populations (Targui and Sahraoui). *Emir. J. Food Agric.* **2013**, *25*, 231–237. [[CrossRef](#)]
3. Kadim, I.T.; Mahgoub, O.; Purchas, R.W. A review of the growth, and of the carcass and meat quality characteristics of the one-humped camel (*Camelus dromedaries*). *Meat Sci.* **2008**, *80*, 555–569. [[CrossRef](#)]
4. Kadim, I.T.; Al-Karousi, A.; Mahgoub, O.; Al-Marzooqi, W.; Khalaf, S.K.; Al-Maqbali, R.S.; Al-Sinani, S.S.H.; Raiymbek, G. Chemical composition, quality and histochemical characteristics of individual dromedary camel (*Camelus dromedarius*) muscles. *Meat Sci.* **2013**, *93*, 564–571. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Kadim, I.T.; Mahgoub, O.; Al-Marzooqi, W.; Al-Zadjali, S.; Annamalai, K.; Mansour, M.H. Effects of age on composition and quality of muscle Longissimus thoracis of the Omani Arabian camel (*Camelus dromedaries*). *Meat Sci.* **2006**, *73*, 619–625. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. D'Alessandro, A.; Zolla, L. Meat science: From proteomics to integrated omics towards system biology. *J. Proteom.* **2013**, *78*, 558–577. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Marino, R.; della Malva, A.; Albenzio, M. Proteolytic changes of myofibrillar proteins in podolian meat during aging: Focusing on tenderness. *J. Anim. Sci.* **2015**, *93*, 1376–1387. [[CrossRef](#)]
8. Kim, Y.H.B.; Ma, D.; Setyabrata, D.; Farouk, M.M.; Lonergan, S.M.; Huff-Lonergan, E.; Hunt, M.C. Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Sci.* **2018**, *144*, 74–90. [[CrossRef](#)]
9. Ouali, A.; Gagaoua, M.; Boudida, Y.; Becila, S.; Boudjellal, A.; Herrera-Mendez, C.H.; Sentandreu, M.A. Biomarkers of meat tenderness: Present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. *Meat Sci.* **2013**, *95*, 854–870. [[CrossRef](#)]
10. Lana, A.; Zolla, L. Proteolysis in meat tenderization from the point of view of each single protein: A proteomic perspective. *J. Proteom.* **2016**, *147*, 85–97. [[CrossRef](#)]
11. Zahedi, Y.; Varidi, M.J.; Varidi, M. Proteome changes in biceps femoris muscle of iranian one-humped camel and their effect on meat quality traits. *Food Tech. Biotech.* **2016**, *54*, 324–334. [[CrossRef](#)]
12. Hollung, K.; Veiseth, E.; Jia, X.; Færgestad, E.M.; Hildrum, K.I. Application of proteomics to understand the molecular mechanisms behind meat quality. *Meat Sci.* **2007**, *77*, 97–104. [[CrossRef](#)]
13. Marino, R.; Albenzio, M.; della Malva, A.; Santillo, A.; Loizzo, P.; Sevi, A. Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. *Meat Sci.* **2013**, *95*, 281–287. [[CrossRef](#)]
14. Al-Owaimer, A.; Suliman, G.; Sami, A.; Picard, B.; Hocquette, J. Chemical composition and structural characteristics of Arabian camel (*Camelus dromedarius*) m. longissimus thoracis. *Meat Sci.* **2014**, *96*, 1233–1241. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Bendall, J.R. Postmortem Changes in Muscle. In *The Structure and Function of Muscle*; Bourne, G.H., Ed.; Academic Press: Orlando, FL, USA, 1973; Volume II, Part 2; p. 243.
16. Hamm, R. Functional Properties of the Myofibril System and Their Measurement. In *Muscle as Food*; Bechtel, P.J., Ed.; Food Science and Technology: Orlando, FL, USA, 1986; pp. 135–199.
17. Culler, R.D.; Parrish, J.; Smith, G.C.; Cross, H.R. Relationship of myofibrillar fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine Longissimus muscle. *J. Food Sci.* **1978**, *43*, 1177–1180. [[CrossRef](#)]
18. Marino, R.; Albenzio, M.; della Malva, A.; Caroprese, M.; Santillo, A.; Sevi, A. Changes in meat quality traits and sarcoplasmic proteins during aging in three different cattle breeds. *Meat Sci.* **2014**, *98*, 178–186. [[CrossRef](#)]
19. SAS Institute. *SAS Enterprise Guide: Statistics*; Version 9.4; SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA, 2013.
20. Kannan, G.; Kouakou, B.; Terrill, T.H.; Gelaye, S. Endocrine, blood metabolite and meat quality changes in goats as influenced by short-term, preslaughter stress. *J. Anim. Sci.* **2003**, *81*, 1499–1507. [[CrossRef](#)]
21. Clinquart, A.; Ellies-Oury, M.P.; Hocquette, J.F.; Guillier, L.; Santé-Lhoutellier, V.; Prache, S. Review: On-farm and processing factors affecting bovine carcass and meat quality. *Animal* **2022**, *16*, 100426. [[CrossRef](#)]
22. Hamoen, J.R.; Vollebregt, H.M.; Van der Sman, R.G.M. Prediction of the time evolution of pH in meat. *Food Chem.* **2013**, *141*, 2363–2372. [[CrossRef](#)]
23. Kim, Y.H.B.; Warner, R.D.; Rosenvold, K. Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: A review. *Animal Prod. Sci.* **2014**, *54*, 375–395. [[CrossRef](#)]
24. Huff-lonergan, E.; Lonergan, S.M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci.* **2005**, *71*, 194–204. [[CrossRef](#)]
25. Mancini, R.A.; Hunt, M.C. Current research in meat color. *Meat Sci.* **2005**, *71*, 100–121. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Calnan, H.; Jacob, R.H.; Pethick, D.W.; Gardner, G.E. Production factors influence fresh lamb longissimus colour more than muscle traits such as myoglobin concentration and pH. *Meat Sci.* **2016**, *119*, 41–50. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

27. Longo, V.; Lana, A.; Teresa, M.; Zolla, L. Apoptosis in muscle-to-meat aging process: The omic witness. *J. Proteom.* **2015**, *125*, 29–40. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Silva, L.H.P.; Rodrigues, R.T.S.; Assis, D.E.F.; Benedeti, P.D.B.; Duarte, M.S.; Chizzotti, M.L. Explaining meat quality of bulls and steers by differential proteome and phosphoproteome analysis of skeletal muscle. *J. Proteom.* **2019**, *199*, 51–66. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Anderson, M.J.; Lonergan, S.M.; Huff-Lonergan, E. Myosin light chain 1 release from myofibrillar fraction during postmortem aging is a potential indicator of proteolysis and tenderness of beef. *Meat Sci.* **2012**, *90*, 345–351. [[CrossRef](#)]
30. Della Malva, A.; Maggiolino, A.; De Palo, P.; Albenzio, M.; Lorenzo, J.M.; Sevi, A.; Marino, R. Proteomic analysis to understand the relationship between the sarcoplasmic protein patterns and meat organoleptic characteristics in different horse muscles during aging. *Meat Sci.* **2022**, *184*, 108686. [[CrossRef](#)]
31. Lametsch, R.; Karlsson, A.; Rosenvold, K.; Andersen, H.J.; Roepstorff, P.; Bendixen, E. Postmortem proteome changes of porcine muscle related to tenderness. *J. Agric. Food Chem.* **2003**, *51*, 6992–6997. [[CrossRef](#)]
32. Jia, X.; Ekman, M.; Grove, H.; Faergestad, E.M.; Aass, L.; Hildrum, K.I.; Hollung, K. Proteome changes in bovine longissimus thoracis muscle during the early postmortem storage period. *J. Prot. Res.* **2007**, *6*, 2720–2731. [[CrossRef](#)]
33. Guo, W.; Greaser, M.L. Muscle Structure, Proteins, and Meat Quality. In *New Aspects of Meat Quality*; Purslow, P.P., Ed.; Woodhead Publishing: Sawston, UK, 2017; Chapter 2; pp. 13–31. [[CrossRef](#)]
34. Huff-Lonergan, E.; Zhang, W.; Lonergan, S.M. Biochemistry of postmortem muscle—Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Sci.* **2010**, *86*, 184–195. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. D’Alessandro, A.; Rinalducci, S.; Marrocco, C.; Zolla, V.; Napolitano, F.; Zolla, L. Love me tender: An Omics window on the bovine meat tenderness network. *J. Proteom.* **2012**, *75*, 4360–4380. [[CrossRef](#)]
36. Pearce, K.L.; Rosenvold, K.; Andersen, H.J.; Hopkins, D.L. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes—A review. *Meat Sci.* **2011**, *89*, 111–124. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Bee, G.; Anderson, A.L.; Lonergan, S.M.; Huff-Lonergan, E. Rate and extent of pH decline affect proteolysis of cytoskeletal proteins and water-holding capacity in pork. *Meat Sci.* **2007**, *76*, 359–365. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Cruzen, S.M.; Paulino, P.V.R.; Lonergan, S.M.; Huff-Lonergan, E. Postmortem proteolysis in three muscles from growing and mature beef cattle. *Meat Sci.* **2014**, *96*, 854–861. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Article 2



Early *postmortem* degradation of actin muscle protein in Algerian Sahraoui dromedaries

Hanane Smili^{1,2}, Yasmine Boudida¹ , Samira Becila¹, Baaissa Babelhadj^{3,4}, Messaouda Idder², Abdelmajid Chehma², Abdelkader Adamou³, Abdelghani Boudjellal¹, Miguel Angel Sentandreu⁵  and Ahmed Ouali⁶

Abstract

The present study aimed to evaluate actin degradation during the early *postmortem* time in *Longissimus Lumborum* muscle according to Sahraoui dromedary's age. A sample of eight males, young (2 years old) and adult (8 years old) dromedaries, was used to investigate meat quality traits and actin proteolysis during the conversion of muscle to meat. Results demonstrated higher pH values in young compared to adult with a polyphasic pH drop profile. While, age did not affect drip loss (DL) and the values at 72 h *postmortem* varied from 5 to 9%. Western blot revealed that actin proteolysis occurred since 1 h *postmortem* and that it was affected by age and *postmortem* time. In particular, the 32 and 25 kDa actin fragments could be potential markers of ongoing meat tenderization.

Keywords

Actin, proteolysis, dromedary muscle, *postmortem* time, meat quality

Date received: 9 September 2021; accepted: 12 April 2022

INTRODUCTION

The conversion of muscle into meat is a complex process that implies many biochemical pathways. Ouali et al. (2006) proposed to reconsider this process by including a first step of apoptosis occurring immediately after animal bleeding and prior to *rigor mortis* phase. Since then, many research evidence have supported this hypothesis and highlighted the involvement of apoptosis in early *postmortem* proteolysis and subsequent meat tenderization (Becila et al., 2010; Cramer et al., 2018; Huang et al., 2016; Kemp and Parr, 2012; Laville et al., 2009; Longo et al., 2015; Ouali et al., 2013; Zhang et al., 2020). Meat tenderization is a multi-enzymatic process, involving different proteolytic enzymes such as caspases, calpains, proteasome, cathepsins, matrix metalloproteases and their inhibitors. These systems degrade the protein components

of cells (Kemp et al., 2010; Sentandreu et al., 2002). During the *postmortem* conditioning period, the degradation or changes in myofibrillar and cytoskeletal proteins, even to small extent, result in structural changes in skeletal muscles that could contribute to changes in meat tenderness and other quality traits (Huff Lonergan et al., 2010; Lana and Zolla, 2016; Ouali et al., 2013).

Actin is a highly conserved, abundant, and functionally versatile protein expressed in virtually all eukaryotic cells.

¹Equipe Maquav, Laboratoire Bioqual, Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Université Frères Mentouri Constantine 1, Constantine, Algérie

²Laboratoire des Bioressources Sahariennes: préservation et valorisation, Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla, Algérie

³Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla, Algérie

⁴Ecole normale supérieure de Ouargla, Ouargla, Algérie

⁵Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC), Paterna, Valencia, Spain

⁶UR370, QuaPA, INRA de Clermont Ferrand Theix, st. Genes Champanelle, France

Corresponding author:

Miguel Angel Sentandreu, UR370, QuaPA, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC), 46980 Paterna, Valencia, Spain.
Email: ciesen@iata.csic.es

Communications affichées



Sensory proprieties of Sahraoui dromedary meat and relationship with quality traits, myofibrillar and sarcoplasmic proteins

H. Smili^{1, 2}, S. Becila¹, R. Ayad², A. della Malva³, M. Albenzio³, A. Sevi³, A. Adamou², A. Boudjellal¹, R. Marino³

¹ Equipe Maquav, Laboratoire bioqual, INATAA, University Frères Mentouri, Constantine, Algeria

² Laboratoire des Bioressources Sahariennes préservation et valorisation, University Kasdi Merbah, Ouargla, Algeria

³ Dipartimento di Scienze Agrarie degli Alimenti e dell'Ambiente, University of Foggia, Foggia, It

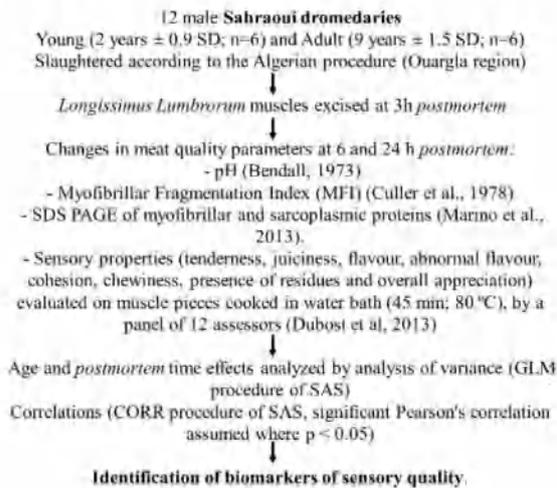
Contact: Hanane.s87@gmail.com

INTRODUCTION

Dromedary is a potentially important food resource in Algeria, although it is an unconventional meat in many other countries. It was estimated at 379 094 head, with an increasing slaughter volume reaching 40 000 head in 2016 (FAOstat, 2017). A depth knowledge of meat quality is a crucial element for promoting the consumption of dromedary meat or for its better valorization. The present study aimed to identify the possible biomarkers of sensory quality of dromedary meat.



METHODS



RESULTS

Table 1. Sensory Proprieties of *Longissimus Lumborum* muscle of dromedary as affected by age. NS = not significant; * = P<0.05; ** = P<0.01; *** = P<0.001

	Age		SEM	Effect P
	Old	Young		
Tenderness	3.40	6.03	0.18	***
Juiciness	2.97	4.61	0.22	***
Flavour	4.14	4.24	0.20	NS
Abnormal Flavour	1.30	1.01	0.14	NS
Cohesion	4.54	4.08	0.20	*
Chewiness	2.57	2.71	0.20	***
Presence of residue	2.51	2.43	0.16	NS
Overall liking	4.18	6.80	0.18	***

The sensorial evaluation of dromedary meat (table 1) revealed a significant effect of age on tenderness, juiciness and overall liking. Young dromedaries showed more tender and juicy meat with the highest values of overall liking.

As shown in table 2, postmortem time affect significantly the pH with higher value at 6h than at 24h. While, MFI was significantly affected by age with the highest values for young animals both at 6 and 24h.

CONCLUSIONS

Sensory proprieties of dromedary meat were affected by the age. Some biomarkers were highlighted at early postmortem time and can be suitable for a better valorisation of the product

REFERENCES

- Bendall J. R., 1973. Postmortem changes in muscle. In Boume G.H. (Ed) The structure and function of muscle (p. 243-309). New York Academic press, Inc.
- Culler R. D., Parrish F. C. Jr., Smith G. C. & Cross H. R., 1978. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43, 1177-1180.
- Dubost A., Micol D., Picard B., Lethias C., Andueza D., Bauchart D., Lissat A., 2013. Structural and biochemical characteristics of bovine intramuscular connective tissue and beef quality. *Meat Science* 95 (3), 555-61.
- Marino R., Albenzio M., della Malva A., Santillo A., Loizzo P. & Sevi A., 2013. Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. *Meat Science*, 95, 281-287

Table 2. Age and ageing time effects on dromedary meat quality proprieties
NS = not significant; * = P<0.05; ** = P<0.01; *** = P<0.001. a, b = P< 0.05 in the row (ageing effect)
A, B = P<0.05 in the column (age effect).

	Age	Ageing (h)		SEM	Effects P	
		6	24		Age	Age x Ageing
pH	Old	5.22a	5.97b	0.05	NS	NS
	Young	6.43a	5.99b			
MFI	Old	65.63B	70.28B	5.21	***	NS
	Young	97.89A	101.45A			NS

The relative abundance of many myofibrillar and sarcoplasmic proteins separated on SDS PAGE were affected by age and ageing time. The relationships between sensory proprieties, meat quality traits, myofibrillar and sarcoplasmic proteins were summarized in Table 3.

Table 3. Correlations between sensory proprieties, meat quality traits and proteomic analysis. Significance n=0.05; * = P<0.05; ** = P<0.01; *** = P<0.001

	Tenderness	Juiciness	Flavour	Overall liking
Meat quality traits				
pH 6h			0.30*	
MFI 6h	0.38**	0.30*		
MFI 24h	0.49***	0.30*		
Myofibrillar proteins				
Actin 6h		0.95***	0.83**	0.90**
TroT 6h	-0.56*			-0.82*
TroT 6h	-0.94**	-0.93**	-0.86*	-0.97**
TroT 24h	-0.99**		-0.52*	-0.95**
Sarcoplasmic proteins				
66-78 LDh 6h	-0.65**	-0.85*		-0.91**
82-78 LDh 24h	-0.59*	-0.96**	-0.59*	-0.97**
PGI 6h		0.51*	0.98**	0.89*
CK 24h	0.97**		0.91**	0.89*
ALD 24h	-0.95**	-0.84*		-0.94**
LDH 6h	0.83*	0.96**	0.83*	0.93**
PGAM 24h	0.98**		0.81*	0.95**
26-18 LDh 24h	0.98**	0.56*	0.92**	0.95**

pH was positively correlated to flavour; while, MFI at 6 and 24h were positively correlated to tenderness and juiciness parameters. Previous studies reported a controversial effect of pH on meat odor and flavour; in the present study the low acidification of the muscle with a high protein degradation can lead to the development of more appreciated flavor, higher tenderness and juiciness.

Refers to myofibrillar proteins, the relative abundance of Troponin T and I at early postmortem time showed negative correlations with tenderness, flavour and overall liking, highlighting the key role of these proteins in dromedary meat also.

The relationship between glycolytic enzymes and sensorial parameters emphasize that sarcoplasmic proteins could have an impact on meat quality. The polypeptides of the sarcoplasmic fraction and aldolase (ALD) showed negatives correlations with tenderness and overall liking, while, lactate dehydrogenase (LDH), phosphoglycerate mutase (PGAM) and creatine kinase (CK) were positively correlated to tenderness, overall liking and juiciness or flavour.

POTENTIALITES DU DROMADAIRE EN MATIERE DE PRODUCTION CARNEE

SMILIH.1,2, BECILA S.1, BABELHADJ B.2, ADAMOUCHE A.2, BOUDJELLAL A.1

¹Equipe Maquav, Laboratoire Bioqual, INATAA - Université Constantine 1, route de Ain El-Bey 25000, Constantine, Algérie.

² Laboratoire des Bioressources Sahariennes: préservation et valorisation, université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.
Smili.hanane@univ-ouargla.dz

INTRODUCTION

Le dromadaire constitue une ressource naturelle importante des régions arides. Actuellement, l'utilisation du dromadaire pour la production de viande est devenue une destinée principale après avoir été une valorisation finale de l'animal, d'où la nécessité de l'analyse de la filière afin d'arriver à une exploitation optimale.

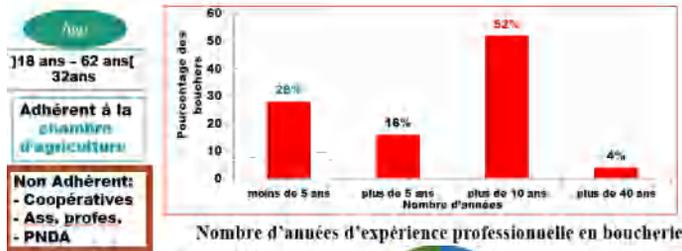
MATERIEL ET METHODES

Cette étude préliminaire de la situation de la filière viande cameline est menée dans la région de Ouargla, à travers des enquêtes auprès des maillons : bouchers (n = 25) et consommateurs (n = 60). Le questionnaire est constitué de questions ouvertes et fermées.

RESULTATS ET DISCUSSION

La production de la viande cameline est classée en 3ème position après la viande ovine (53%) et bovine (36%), avec environ 1266 têtes abattues en 2015.

Caractérisation économique des bouchers



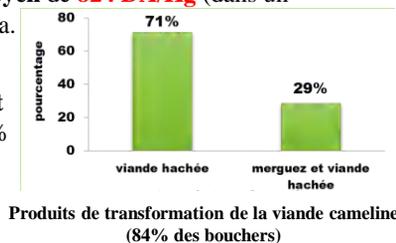
64% des bouchers ont appris le métier de leurs parents.

Achat du camelin vif (48%).

Critères d'achat du dromadaire (selon leur ordre d'importance pour les bouchers): **État sanitaire, Sexe, Age, État d'engraissement, Prix**

La quantité moyenne de viande de dromadaire vendue : **18,84 kg/jour**, au prix moyen de **824 DA/Kg** (dans un intervalle de 500 à 1350 Da).

Le seul mode de conservation pratiqué est la réfrigération selon 96% des bouchers.



La clientèle est constituée exclusivement de particuliers (ménages). Les restaurants ou les collectivités ne sont pas approvisionnés en viande cameline.

Tendances de consommation

Consommateurs enquêtés consomment tous la viande cameline, ovine et volailles.

Unanimité d'existence de différence entre la viande cameline et les autres viandes due à: **goût (40%), dureté (23%)**.

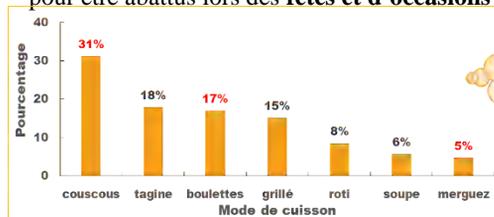
Motivations principales de l'achat : **maigre (38%), saine (35%), prix (17%)**

Quantité moyenne achetée : **1,52 kg/semaine**.

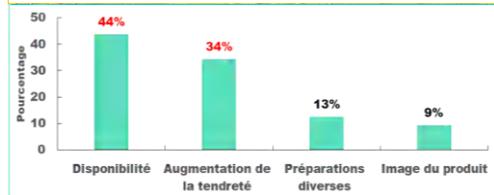
Uniquement **15%** déclarent avoir acheter des dromadaires vifs pour être abattus lors des **fêtes et d'occasions particulières**.



Parties de la carcasse référées.



Utilisation principale est la marmite



Ce qui augmenterait la consommation de la viande cameline?

Pistes d'orientation pour une meilleure valorisation des potentialités

Augmentation des quantités de viande produites, diversification des produits, maîtrise de la qualité de la viande et promotion de la commercialisation.

Aide de l'état à travers des accès aux crédits pour les bouchers.

Le soutien à la production du dromadaire.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats préliminaires de l'enquête révèlent des potentialités non négligeables en matière de production carnée du dromadaire, néanmoins les indicateurs économiques de performance et de compétitivité de la filière reste à analyser.

Annexes

16. Combien de têtes camelines possédez-vous ? Pouvez-vous déterminer la ou les populations et les tranches d'âge ?

Années Populations	1- 3	3-5	5-8	8-10	>10	Max mâle	Max femelle	Total
Sahraoui								
Tergui								
Ouled Sidi Chikh								
Châambi								
Reguibi								
Ajjer								
Ait Kebbach								
Chameau de la steppe								
Chameau de l'Aftouh								
Total								

La traduction de la chronologie dentaire chez le dromadaire conduit à des appellations locales telles que : Houar : naissance à 6 mois / Mekhloul (Ben Mekhad, Bougataa): 6 mois à 1 an / Ben Laboun : 1-2 ans / Elhak : 3 ans / Jedaa (5 ans) / Theni (6 ans) / Rebaa (7 ans) / Sdass (8 ans) / Garah (9 ans). A partir de 10 ans, l'âge est déterminé approximativement par le degré d'usure des dents.

16.1. Pourquoi avez-vous choisi cette (es) population (s) ?

16.2. Pourquoi avez-vous choisi cette (es) tranche d'âge (s) ?

17. Les animaux sont-ils élevés dans des pâturages naturels ?

Conduite du cheptel

18. Faites-vous appel à la main-d'œuvre pour la conduite du troupeau ? Oui, Non.

18.1. Familiale

18.2. Salariale

18.3. Saisonnière

18.4. Permanente

19. Pratiquez-vous uniquement l'élevage traditionnel (pâturage libre dans les parcours)?

Oui, Non : Semi-intensif, Intensif.

20. La zone de pâturage est une propriété ?

20.1. Personnelle

20.2. Tribale

20.3. Étatique

21. Est-ce que les pâturages sont de bonne qualité pour les animaux ? Oui, Non

22. Le manque de pâturage et d'eau sont-elles les seules raisons du changement d'endroit de pâturage ? Oui, Non : Maladies. Climat chaud. Autres :

23. Comment se fait la transhumance ?

24. Utilisez-vous des aliments concentrés dans l'alimentation des camelins ? Oui, Non
Si ? oui, lesquels ?.....
25. Utilisez-vous des sous-produits dans l'alimentation des camelins ? Oui, Non
Si, oui, lesquels ?.....
26. Avez-vous des problèmes d'alimentation du cheptel :
- 26.1. Rareté ou éloignement excessif des pâturages ;
 - 26.2. Coûts élevés des fourrages ou des aliments concentrés ;
 - 26.3. Difficultés d'approvisionnement, de stockage ;
 - 26.4. Manque de nourriture à certaines périodes de l'année. Précisez ;
 - 26.5. Autres, précisez.
27. Quelle est la fréquence d'abreuvement ?
28. Les animaux ont-ils libre accès à l'eau ? Oui. Non
29. Effectuez-vous une période d'engraissement avant la vente ou l'abattage ? Oui. Non
- 31.1. Avec quoi ?
 - 31.2. Comment ?
30. Les animaux souffrant de maladies ou de blessures reçoivent-ils des soins immédiats ?
Oui. Non
31. Existe-t-il une traçabilité des mouvements des animaux (entrée et sortie de la ferme) ?
Oui. Non
- Reproduction :**
32. Quel mode de reproduction utilisez-vous ?
- 32.1. Montée naturelle
 - 32.2. Insémination artificielle
33. Schéma de renouvellement du troupeau :
- 33.1. A quel âge vendez-vous les chamelons ?
 - 33.2. A quel âge vendez-vous les chammelles ?
 - 33.3. Quel est le nombre de chammelles conservées ?
34. A quel âge effectuez-vous le sevrage des chamelons ?
35. Effectuez-vous la castration des chamelons ? Oui. Non
- Production des viandes :**
36. Quel est l'âge du début de la production de viande ? < 5 ans 5 à 10 ans >10 ans
37. Le renouvellement des dromadaires est basé sur :
- L'âge
 - La diminution de la production
 - Autres
38. Pratiquez-vous la production des viandes à la ferme ? Oui Non
39. Rencontrez-vous des problèmes pour vendre votre production ? Oui Non
- Pourquoi ? A quelle période ?
40. Comment transportez-vous les dromadaires vivant, à l'abattoir ?
- Dans un véhicule
 - En marchant

Perspectives et indicateurs de durabilité :

41. Travaillez-vous avec des bouchers privés ? Oui Non
42. Des modifications sont-elles envisagées pour le système de production ? Oui Non
Lesquelles ?
Pourquoi ?
43. Pensez-vous réaliser des investissements spécifiques ? Oui Non
44. Bénéficiez-vous d'une aide de l'état ? Oui Non
45. Ressentez-vous le besoin d'une aide de l'état ? Oui Non
46. Quelles sont les types d'aides ou d'actions que vous jugez nécessaires ?
46.1. Accès au crédit pour développer l'élevage ;
46.2. Assistance technique pour améliorer la conduite ;
46.3. Amélioration de la race (sélection) ;
46.4. Autres.
47. Avez-vous déjà participé à des stages ou formations spécialisées ? Oui Non
48. Les échanges commerciaux que vous effectuez sont :
48.1. Intra wilaya ;
48.2. Inter wilaya ;
48.3. Internationaux ;
Préciser.

Pérennité prévue de l'exploitation

49. Quel est l'avenir de l'exploitation dans 10 ans :
49.1. Quasi certaine
49.2. Probable
49.3. Souhaitée si possible
49.4. Disparition probable
50. Dans quelle spéculation souhaitez-vous vous engager si vous abandonnez l'élevage camelin ?

14. Comment transportez-vous les carcasses ? Par qui, est-il assuré ?
15. Vendez-vous la viande juste après l'abattage ? Oui Non
16. Estimation de la distance séparant le lieu d'abattage, de l'étal (en Km) :
17. Comment conservez-vous la viande cameline ?
- 17.1. Réfrigération ;
 - 17.2. Congélation ;
 - 17.3. Autres.
18. A qui vendez-vous la viande cameline ?
- 18.1. Particuliers ;
 - 18.2. Restaurants ;
 - 18.3. Fast food ;
 - 18.4. Collectivités (cantines d'entreprises, scolaires) ;
 - 18.5. Industries.
19. Quels sont les morceaux de la carcasse les plus demandés ?
.....
20. Procédez-vous à la transformation de la viande ? Oui Non
21. Types de transformation de la viande cameline :
- 21.1. Hachage ;
 - 21.2. Salage et séchage ;
 - 21.3. Charcuterie ;
 - 21.4. Autres.
22. Selon vous, quels sont les critères de qualité de la viande cameline ?
.....
23. Comment faites-vous pour attendrir la viande ?
.....
24. Les ventes de la viande cameline sont-elles :
- 24.1. Stables
 - 24.2. En augmentation
 - 24.3. En baisse
25. Quels sont les principaux freins limitant le développement de la filière viande cameline ?
.....
26. Quels sont les principaux freins limitant la consommation de la viande cameline ?
.....
27. Quels sont vos perspectives d'avenir :
- 27.1.1. Augmenter la quantité de viande produite ;
 - 27.1.2. Diversifier les produits ;
 - 27.1.3. Autres.
28. Voulez-vous léguer le métier à vos enfants ? Oui Non

Activités socio-professionnelles du boucher

29. Quel est votre âge ?

30. La boucherie est une propriété : personnelle, familiale, locataire, usufruitier.
31. Niveau d'études : analphabète, primaire, moyen, secondaire, professionnel, universitaire.
32. Comment avez-vous appris le métier ?
33. Nombre d'années d'expérience professionnelle en boucherie ?
Moins de 5 ans Plus de 5 ans Plus de 10 ans Plus de 40 ans.
34. Est-ce que la boucherie est le seul revenu de la famille ? Oui Non
35. Le nombre d'employés dans la boucherie ?
36. La surface de la boucherie ?
37. Adhérent à une coopérative ? Oui, laquelle : Non
38. Adhérent à une chambre d'agriculture ? Oui Non
39. Membre d'une association professionnelle ? Oui, laquelle : Non
40. Avez-vous fait partie d'un PNDA (Plan National de Développement Agricole) ?
Oui Non
41. Bénéficiez-vous d'une aide de l'état ? Oui Non
42. Ressentez-vous le besoin d'une aide de l'état ? Oui Non
43. Quelles sont les types d'aides ou d'actions que vous jugez les plus nécessaires ?
43.3. Accès au crédit pour développer la conservation et/ou la transformation ;
43.4. Assistance technique;
43.5. Autres.

Annexe 04. Questionnaire destiné à l'enquête auprès des consommateurs

Numéro de l'enquête :

Date de l'interview :

Région :

Caractéristiques socio-professionnelles de la population enquêtée

Origine de l'enquêté (lieu de naissance) :

Êtes-vous résident à Ouargla ?

Date d'arrivée à Ouargla ?

Sexe : Âge :

Situation familiale :

Fonction :

Comportement d'achat

1. Consommez-vous la viande cameline ? Oui Non, pourquoi ?
2. Qui achète habituellement la viande à la maison ?
3. Quelles viandes consommez-vous ?
 - 3.1. Bovine
 - 3.2. Ovine
 - 3.3. Cameline
 - 3.4. Caprine
 - 3.5. Volaille
 - 3.6. Chevaline
 - 3.7. Autres
4. Selon vous, existe-t-il une différence entre la viande cameline et les autres viandes rouges ? Oui Non
5. Si oui, à quoi est due cette différence ?
 - 1.1. Goût
 - 1.2. Couleur
 - 1.3. Fraîcheur
 - 1.4. Tendreté
 - 1.5. Autres
6. Quels sont les critères d'achat de la viande, que vous exigez ?
 - 6.1. État sanitaire
 - 6.2. Présence de gras
 - 6.3. Prix
 - 6.4. Sexe
 - 6.5. Couleur
 - 6.6. Tendreté
 - 6.7. Odeur
 - 6.8. Autres
7. Qu'est-ce qui vous motive à l'achat de la viande cameline ?
 - 7.1. Par plaisir avant tout
 - 7.2. Le prix
 - 7.3. Mieux présentée sur les étals
 - 7.4. Plus maigre
 - 7.5. Diététique

8. D'où achetez-vous la viande cameline ?
 - 8.1. Boucherie
 - 8.2. Marché
 - 8.3. Ferme
 - 8.4. Autres
9. Votre viande cameline est :
 - 9.1. Fraîche uniquement
 - 9.2. Congelée
 - 9.3. Transformée
10. Quelle est la quantité moyenne (en kg) achetée ?
11. Quel morceau de la carcasse vous achetez le plus fréquemment ?

.....
12. Quel morceau de la carcasse préférez-vous ?

.....
13. Fréquence d'achat de la viande cameline
 - 13.1. Tous les jours
 - 13.2. Plus d'une fois par semaine
 - 13.3. Une fois par semaine
 - 13.4. Moins d'une fois par semaine
14. Fréquence de consommation de la viande cameline
 - 14.1. À tous les repas
 - 14.2. 1 fois par jour
 - 14.3. 2 fois par semaine
 - 14.4. 1 fois par semaine
 - 14.5. Moins d'une fois par semaine
15. Forme d'achat de la viande cameline
 - 15.1. Morceaux
 - 15.2. Demi-carcasse
 - 15.3. Carcasse
 - 15.4. Animal vif
16. Achetez-vous le camelin en vif ? Non Oui : à l'occasion de
 - 16.1. Fêtes
 - 16.2. Ramadhan
 - 16.3. Sans occasion précise
17. Type de viande consommée durant les périodes festives ou exceptionnelles
 1. Dromadaire, 2. Ovine, 3. Bovine, 4. Volaille
 - 17.1. Aïd Seghir
 - 17.2. Aïd El Adha
 - 17.3. Mouloud
 - 17.4. Naissance
 - 17.5. Mariage
 - 17.6. Enterrement
18. Les plats dans lesquels la viande cameline est utilisée le plus fréquemment
 - 18.1. Couscous
 - 18.2. Tajine

- 18.3. Ragoût
- 18.4. Soupe
- 18.5. Grillé
- 18.6. Brochettes
- 18.7. Merguez
- 18.8. Boulettes
- 18.9. Rôti
- 18.10. Autres :

19. Selon vous, quel facteur augmenterait la consommation de la viande cameline ?

- 19.1. Image du produit
- 19.2. Existence de produits industriels à forte praticité
- 19.3. Préparations intégrant de petites quantités de viande (pizza, sandwichs,...)
- 19.4. Disponibilité
- 19.5. Amélioration de la tendreté
- 19.6. Autres :

Annexe 05. Réactifs et produits de l'analyse de la qualité de la viande

1/ Tampon d'extraction des protéines myofibrillaires (PH = 8)

Réactifs	Concentration	Quantité
Urée	8,3 M	99,6 g
Thiourée	2 M	30,4 g
DTT	64 Mm	2 g
CHAPS	2 %	4 g
NP-40 (Nonident P-40)	2%	4 ml
Glycérol	10%	17,4 ml
Tris-HCl	20 mM	

2/ Dosage des extraits protéiques

- Préparation de la courbe d'étalonnage selon le tableau suivant :

Tube numéro	1	2	3	4	5	6
Volume de la solution de BSA 2 mg/ml (µl)	0	5	10	15	20	25
Quantité de protéine (µg)	0	10	20	30	40	50
DO à 480 nm	0,489 0,49	0,445 0,446	0,405 0,402	0,364 0,362	0,313 0,317	0,273 0,275
Moyenne DO à 480 nm (µm)	0,4895	0,4455	0,4035	0,363	0,315	0,274

- Le blanc contient le tampon de dissolution des protéines : tampon phosphate pour le dosage des protéines sarcoplasmiques et tampon d'extraction des protéines myofibrillaires pour le second dosage.
- Ajouter 500 µl de la solution de précipitation, vortexer et incubé pendant 2 à 3 min à température ambiante.
- Ajouter 500 µl de la solution de co-précipitation, vortexer.
- Centrifuger les tubes à un minimum de 10 000 x g, pendant 5 min pour sédimenter les protéines.
- Ôter les tubes dès que la centrifugation est finie, de petits sédiments (culots) peuvent être visibles sur les parois du tube. Soutirer le surnageant, et procéder rapidement, pour éviter la resuspension ou la dispersion du culot, en éliminant à l'aide d'une micropipette le surnageant.
- Remettre les tubes dans la microcentrifugeuse à 13 rpm, pendant 1 min afin ramener le reste du liquide au fond du tube, éliminer le liquide.
- Ajouter 100 µl de la solution de cuivre (copper solution) et 400 µl d'eau distillée, vortexer.

- Ajouter 1 ml de la solution de coloration (color reagent: contient un mélange de 100 parts du réactif A et 1 part du réactif B = pour la préparation de 50 ml : 49,5 ml de A ont été mélangés, avec 0,5 ml de B. Sa conservation dure 1 semaine ou plus, si l'absorbance à 480 nm reste au dessous de 0,025). Mixer par inversion.
- Incuber les échantillons préparés à la température ambiante, pendant 15 à 20 min.
- Mettre 200 µl de la préparation dans la palette de lecture. Lire l'absorbance de chaque échantillon à 480 nm, durant les 40 min.
- A l'aide de la courbe d'étalonnage, déterminer la concentration protéiques des échantillons.

3/ Préparation du gel de polyacrylamide à gradient 8-18% pour électrophorèse monodimensionnelle

3.1/ Les gels sont préparés selon le tableau suivant :

Réactifs	Gel à 8%	Gel à 18%
Acrylamide à 40 %	9,32 ml	20,98 ml
Bis-Acrylamide à 2 %	5,14 ml	11,56 ml
Sacharose	-	6 g
Tris HCl 1,5 M pH 8,8	12 ml	12 ml
H ₂ O distillée vf = 48 ml		
TEMED (x gel)	13,75 µl	13,75 µl
Persulfate d'ammonium 10 % (x gel)	82,5 µl	82,5 µl

Avant de couler les gels, bien nettoyer le dispositif mélangeur avec de l'eau distillée et en éliminant toutes les bulles d'air.

3.2/ Tampon de migration

Réactifs	Quantités qsp 3 L d'eau distillée
TRIS	9 g
SDS	3 g
Glycine	43,2 g

3.3/ Solution de coloration 'Silver blue G-250'

Réactifs	Concentrations	Quantités qsp 1 L d'eau distillée
Eau distillée	10 %	100 mL
Acide Orthophosphorique	10 %	117,6 mL tenir compte de la pureté.
Sulfate d'ammonium	10 %	100 g ajouter doucement pour éviter l'aggrégation.
Comassie G-250	0,12 %	1,2 g du colorant solubilisé entièrement avant d'ajouter le méthanol puisqu'il forme des agrégats avec le méthanol s'il n'est pas bien solubilisé.

- Compléter le volume restant (80%) avec de l'eau distillée (**800 ml**). Conserver ainsi la solution à température ambiante, dans une bouteille opaque.
- Ajouter le méthanol à 20% au moment d'utilisation du colorant et uniquement à la quantité à utiliser. Homogénéiser le mélange.

3.4/ Solution de décoloration

Réactifs	Volumes qsp 1 L d'eau distillée
Méthanol	50 ml
Acide acétique	70 ml

4/ Préparation des échantillons et des solutions du gel de polyacrylamide à 12% pour électrophorèse monodimensionnelle

4.1/ Tampon d'extraction (solution de Ringer) : pH 6,5

NaCl.....150mM
 KCl.....25mM
 MgCl₂.....3mM
 EDTA.....4mM qsp 500ml

4.2/ Tampon de lavage (tampon I) : pH 6,5

KCl.....50mM
 β-Mercaptoéthanol.....5mM
 EDTA.....1mM qsp500ml

4.3/ Tampon de solubilisation : pH 6,8

Tris-HCl.....312,5 mM
 EDTA.....0,4 mM
 DTT.....150 mM
 SDS.....7,5 %
 Bleu de bromophénol.....0,05%
 Glycérol.....25 % qsp50ml

4.4/ Solution d'acrylamide

Acrylamide.....30 %
 Bis acrylamide.....0,8%
 H₂O.....qsp 200 ml

4.5/ Solutions pour SDS PAGE à 12% d'acrylamide

Réactifs	Tampon resolving (pH = 8,8)	Tampon stacking (pH = 6,8)
Tris-HCl	3 M	0,5 M
SDS	0,8 %	0,4 %
Mercaptoéthanol (MCE)	0,8 ml	0,2 %
H ₂ O distillée qsp 200 ml		

4.6/ Gels SDS PAGE à 12%

Réactifs	Gel resolving à 12%	Gel stacking à 7,5%
Solution d'acrylamide	5,2 ml	2,5 ml
Tampon resolving	1,52 ml	-
Tampon Stacking	-	2,5 ml
TEMED	6,25 µl	10 µl
H2O distillée	12,5 ml	10 ml
Persulfate d'ammonium	70 µl	100 µl

Le persulfate est préparé par dissolution de 0,15 g de persulfate d'ammonium, dans 1 ml d'eau pure.

4.7/ Tampon de migration pH 8,3 :

Tris.....0,025M
Glycine.....0,192M
SDS.....0,1 %
MCE.....0,05 %
H₂O.....qsp 350ml

4.8/ Solution de fixation et de décoloration

Acide acétique.....5%
Alcool.....30%
H₂O.....65%

4.9/ Solution de coloration

Ajouter 12% de bleu de Coomassie à la solution de fixation.

4.10/ Poids moléculaires des protéines de référence remarquées (BioRad)

Poids moléculaires (kDa)
250
150
100
75
50
37
25
20
15
10

(Precision plus protein standard-broad range, Bio-Rad, Laboratories, Hercules, CA)

5/ Solutions pour Western Blot (révélation de l'actine)

PBS 10× 500ml pH 7,4

NaCl.....40 g
KCl.....1 g
Na₂HPO₄, 12H₂O.....14,5g (5,7g si anhydre)
KH₂PO₄.....1 g

Conserver la solution à température ambiante.

PBS+ 1% lait écrémé 500ml pH 7,4 (tampon de lavage et de dilution)

PBS 10×.....50ml
H₂O.....450ml
Lait écrémé en poudre....5g
Tween 20.....500µl

PBS+ 1% Lait écrémé 50ml pH 7,4 (tampon de saturation)

PBS 10×.....5ml
H₂O.....45ml
Lait écrémé en poudre...5g
Tween 20.....50µl

Cette solution peut être utilisée 4 ou 5 fois, en la conservant à -20°C entre les utilisations.

Tampon de transfert

Tris base.....48mM
Glycine.....39mM
Ethanol 20%.....100ml
H₂O.....qsp 500ml

Conserver la solution à 4°C.

6/ Solutions pour Western Blot (révélation de la troponine T)

Les doses se réfèrent à la préparation de 2 gels de polyacrylamide. Compte tenu de la taille des supports, les gels ont été préparés selon les quantités suivantes :

25 ml Separating GEL SDS	12%
Acrylamide (40%)	7.3 mL
Bisacrylamide (2%)	4 mL
Tris HCl 1,5M pH8.8	6.25 mL
Distilled water	7.07 mL
TEMED	12.5 µL
APS 18%	125 µL
5 ml STACKING GEL	4%
Acrylamide (40%)	0.48 mL
Bisacrylamide (2%)	0.26 mL
Tris HCl 0,5M pH 6.8	1.26 mL
Distilled water	1.92 mL
TEMED	5 µL
APS 18%	25 µL

Annexe 06. Bulletin d'évaluation sensorielle de la viande

Les attributs sensoriels utilisés pour l'évaluation sensorielle de la viande sont définis ci-dessous :

Tendreté globale : Facilité de rupture lors de la mastication (témoignant du nombre de mastication nécessaires avant d'avaler) : de dur à extrêmement tendre.

Jutosité : Intensité du jus libéré lors de la mastication : non juteux à extrêmement juteux.

Flaveur : sensations olfactives et gustatives : faible à forte.

Flaveur anormale : sensations anormales : nul à forte.

Cohésion : Comment le morceau de viande se fragmente-il à la troisième mastication ? : de faiblement cohésif (se fragmentant seul) à très cohésif (le morceau garde son intégrité).

Mastication : Nombre de fois nécessaires à mâcher le morceau de viande, avant de pouvoir l'avaler : facile à mâcher à extrêmement difficile à mâcher.

Résidus : Quantité de résidus avant d'avaler : du nul à l'extrême.

Test hédonique

Appréciation globale : Quelle est l'appréciation globale du produit ? : je n'aime pas à j'aime extrêmement.

Bulletin d'évaluation sensorielle de la viande

Code du Bulletin :

Sexe : M F

Âge :

Veillez SVP renseigner par une croix (X), après dégustation de chaque morceau de viande, la grille d'évaluation pour chaque attribut sensoriel. Veillez rincer votre bouche, avec de l'eau, après chaque dégustation.

Tendreté 0 |-----| 10

Jutosité 0 |-----| 10

Flaveur 0 |-----| 10

Flaveur anormale 0 |-----| 10

Cohésion 0 |-----| 10

Mastication 0 |-----| 10

Présence de résidus 0 |-----| 10

Quelle est votre appréciation globale du morceau de viande ?

0 |-----| 10

Merci pour votre aimable collaboration

Résumé

Résumé

La présente thèse a pour objectif d'étudier les potentialités du dromadaire algérien en matière de production carnée à travers l'étude de la situation de la filière viande cameline, dans la région de Ouargla, et la caractérisation de la qualité de la viande.

Des enquêtes ont été menées, auprès des différents acteurs de la filière (éleveurs, au sein de l'abattoir, bouchers et consommateurs). De plus, l'évolution économique de la production dans le marché de la région de Ouargla et les facteurs l'influençant à savoir les contraintes du secteur et des pistes d'orientation pour son développement ont été abordés. Cependant, pour la caractérisation de la qualité de la viande, des dromadaires mâles de la population Sahraoui ont servi au prélèvement du muscle *Longissimus Lumborum*. L'effet de l'âge à l'abattage et du temps *post mortem* sur les caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et sensorielles de la viande ont été étudiés. De plus, des biomarqueurs potentiels de la qualité de la viande ont été proposés.

Les résultats de l'enquête ont permis de caractériser des points de vue sociodémographique et économique, les différents acteurs de la filière viande cameline, dans la région de Ouargla. L'ensemble des données laissent percevoir un terrain vierge et de hauts potentiels de transformation et d'innovation en matière de produits carnés camelins. Cependant, la maîtrise de la variabilité des propriétés organoleptiques est recommandée pour réduire la contrainte liée à la consommation limitée de cette viande.

Les résultats de la caractérisation de la qualité de la viande du dromadaire Sahraoui ont révélé des effets significatifs de l'âge à l'abattage et du temps *post mortem* sur les propriétés de la viande. Il semble intéressant d'exploiter les changements *post mortem* des protéines musculaires, comme outil de prédiction et de surveillance des caractéristiques de la qualité de la viande. Les fragments d'actine et de troponine T, l'indice de fragmentation myofibrillaire, la teneur en créatine kinase, en enolase et en myoglobine, ainsi que le pH mesuré dans les six heures *post mortem* ont été proposés comme biomarqueurs potentiels de la qualité de la viande. Leurs exploitations pour la classification des carcasses permettraient d'assurer une meilleure gestion, à travers la présentation aux consommateurs d'une viande cameline de qualité supérieure et constante.

Mots clés : Dromadaire, filière viande, caractéristiques de la viande, changements protéiques, temps *post mortem*.

Algerian dromedary: situation of the sector and characterization of the meat quality

Abstract

This thesis aims to study the potentialities of the Algerian dromedary in terms of meat production through the study of the situation of camel meat sector in the region of Ouargla and the characterization of meat quality.

Surveys were carried out with the different actors of the sector (breeders, within the slaughterhouse, butchers and consumers). In addition, the economic production evolution in the market of Ouargla region and the factors influencing it, namely the constraints of the sector and avenues for its development were discussed. However, *Longissimus Lumborum* muscles removed from male Sahraoui dromedaries were used to investigate the effect of slaughter age and *post mortem* time on the physicochemical, biochemical and sensory characteristics of meat quality. Moreover, potential biomarkers of meat quality have been proposed.

Through the results of the survey the different actors of camel meat sector in the region of Ouargla were characterized from a socio-demographic and economic point of view. Data showed a high potential for transformation and innovation in camel meat products. However, controlling the variability of organoleptic properties is recommended to reduce the constraint linked to the limited consumption of dromedary meat.

The results of the characterization of dromedary meat quality revealed significant effects of slaughter age and *post mortem* time on meat properties. It seems interesting to exploit *post mortem* changes in muscle proteins as a tool for predicting and monitoring the quality characteristics of Sahraoui dromedary meat. Actin and troponin T fragments, myofibrillar fragmentation index, creatine kinase, enolase, myoglobin contents and pH measured within six hours post-slaughter have been proposed as potential biomarkers of meat quality. Their use for carcasses classification would ensure better management through the presentation to consumers of constant and superior camel meat quality.

Key words: Dromedary, meat sector, meat characteristics, protein changes, *post mortem* time.

الجمال الجزائري: حالة القطاع وتوصيف جودة اللحوم

الملخص

تهدف هذه الأطروحة إلى دراسة إمكانات الجمال الجزائري من حيث إنتاج اللحوم من خلال دراسة حالة قطاع لحوم الإبل في منطقة ورقلة وتوصيف جودة اللحوم.

تم إجراء المسوحات مع مختلف الفاعلين في القطاع (مربيون ، داخل المسلخ ، جزارون ومستهلكون). كما تمت مناقشة التطور الاقتصادي للإنتاج في سوق منطقة ورقلة والعوامل المؤثرة فيه من معوقات القطاع وسبل التوجه لتطويره. لتوصيف جودة اللحوم، تم استخدام ذكور الجمال من سلالة الصحراوي لإزالة عضلة *Longissimus Lumborum* ودراسة تأثير العمر عند الذبح ووقت ما بعد الذبح على الخصائص الفيزيائية-الكيميائية ، الكيميائية الحيوية و الحسية للحوم بالإضافة إلى ذلك، تم اقتراح مؤشرات حيوية محتملة للجودة.

أتاحت نتائج المسح إمكانية تحديد الجهات الفاعلة المختلفة لقطاع لحوم الإبل في منطقة ورقلة من وجهة نظر اجتماعية - ديموغرافية واقتصادية. تشير جميع البيانات إلى إمكانات عالية للتحويل والابتكار فيما يتعلق بمنتجات لحوم الإبل. يوصى بالتحكم في تقلب الخصائص الحسية لتقليل القيود المرتبطة بالاستهلاك المحدود للحوم الإبل.

أظهرت نتائج توصيف جودة اللحوم تأثيرات لعمر ذبح الإبل وفترة ما بعد الذبح على خواص اللحوم. يبدو من المثير للاهتمام استغلال تغييرات ما بعد الذبح في بروتينات العضلات كأداة للتنبؤ بخصائص جودة لحوم الجمال الصحراوي ومراقبتها. تم اقتراح شظايا الأكتين والتروبونين تي ، ومؤشر تجزئة اللييفات العضلية ، ومحتوى الكرياتين كيناز ، إنوليز ، الميوغلوبين ودرجة الحموضة المقاسة في غضون ست ساعات بعد الذبح ، باعتبارها مؤشرات حيوية محتملة لجودة اللحوم. ومن شأن استخدامها في تصنيف الذبائح أن يضمن إدارة أفضل من خلال تقديم لحوم الإبل ذات جودة عالية وثابتة.

الكلمات المفتاحية: الإبل، قطاع اللحوم، خصائص اللحوم، تغييرات البروتين، وقت ما بعد الذبح

Résumé

La présente thèse a pour objectif d'étudier les potentialités du dromadaire algérien en matière de production carnée à travers l'étude de la situation de la filière viande cameline, dans la région de Ouargla, et la caractérisation de la qualité de la viande.

Des enquêtes ont été menées, auprès des différents acteurs de la filière (éleveurs, au sein de l'abattoir, bouchers et consommateurs). De plus, l'évolution économique de la production dans le marché de la région de Ouargla et les facteurs l'influençant à savoir les contraintes du secteur et des pistes d'orientation pour son développement ont été abordés. Cependant, pour la caractérisation de la qualité de la viande, des dromadaires mâles de la population Sahraoui ont servi au prélèvement du muscle *Longissimus Lumborum*. L'effet de l'âge à l'abattage et du temps *post mortem* sur les caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et sensorielles de la viande ont été étudiés. De plus, des biomarqueurs potentiels de la qualité de la viande ont été proposés.

Les résultats de l'enquête ont permis de caractériser des points de vue sociodémographique et économique, les différents acteurs de la filière viande cameline, dans la région de Ouargla. L'ensemble des données laissent percevoir un terrain vierge et de hauts potentiels de transformation et d'innovation en matière de produits carnés camelins. Cependant, la maîtrise de la variabilité des propriétés organoleptiques est recommandée pour réduire la contrainte liée à la consommation limitée de cette viande.

Les résultats de la caractérisation de la qualité de la viande du dromadaire Sahraoui ont révélé des effets significatifs de l'âge à l'abattage et du temps *post mortem* sur les propriétés de la viande. Il semble intéressant d'exploiter les changements *post mortem* des protéines musculaires, comme outil de prédiction et de surveillance des caractéristiques de la qualité de la viande. Les fragments d'actine et de de troponine T, l'indice de fragmentation myofibrillaire, la teneur en créatine kinase, en enolase et en myoglobine, ainsi que le pH mesuré dans les six heures *post mortem* ont été proposés comme biomarqueurs potentiels de la qualité de la viande. Leurs exploitations pour la classification des carcasses permettraient d'assurer une meilleure gestion, à travers la présentation aux consommateurs d'une viande cameline de qualité supérieure et constante.

Mots clés : Dromadaire, filière viande, caractéristiques de la viande, changements protéiques, temps *post mortem*.