



Université Constantine 1 - Frères Mentouri
Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des
Technologies Agro-Alimentaires
I.N.A.T.A.A.



N° d'ordre : 47/DS/2024

N° de série : 02/INATF/2024

Étude des facteurs de consommation et de commercialisation de la
viande cunicole dans le nord-est algérien, et caractérisation de la
qualité de la viande de la race locale et de la lignée
synthétique (ITELV2006)

THÈSE

Présentée pour l'Obtention du Diplôme de
Doctorat en Sciences

Par

Ibtissem SANAH

Devant le Jury composé de:

Président:	Pr. Abdelghani BOUDJELAL	INATAA. UFM. Constantine 1
Rapporteur:	Pr. Samira BECILA-HIOUAL	INATAA. UFM. Constantine 1
Examineur	Pr. Si Ammar KADI	M.M. Université Tizi Ouzou
Examinatrice	Dr. Souad MOUMEN	ISVSA. Université Batna 1
Examineur	Dr. Saber BEGHOUL	ISV. UFM. Constantine 1
Examineur	Dr. Miguel Angel SENTANDREU	CSIC. Valencia, Espagne

Soutenue publiquement
Le : 10/07/2024

Remerciements

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

Mes premiers remerciements s'adressent à mon ancien professeur et directeur de thèse, le Professeur **BECILA-HIOUAL Samira.**, pour son aide précieuse et ses conseils éclairés tout au long de cette recherche. Je lui suis extrêmement reconnaissante pour ses suggestions constructives, son soutien constant et sa patience durant mes études doctorales. Sa bienveillance et son implication m'ont été indispensables.

Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble des membres du jury d'examen pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de ma thèse.

Professeur **BOUDJELLAL**, j'ai été très honorée que vous acceptiez la présidence du jury. Vos conseils avisés seront précieux pour améliorer la qualité de cette étude.

Pr. **KADI Si Ammar**, je vous remercie d'avoir accepté de faire partie du jury. Vos conseils et remarques contribueront à enrichir ce travail.

Dr. **MOUMEN Souad**, je vous suis reconnaissante de votre participation à l'évaluation de cette thèse. Vos observations seront utiles pour améliorer le travail.

Mes sincères remerciements vont également au Dr. **BEGHOUL Saber** et au Dr. **SENTANDREU Miguel Angel** pour leurs discussions fructueuses et leurs précieux conseils.

Je voudrais également exprimer mes sincères remerciements à tous les membres de l'équipe "Marqueurs Biologiques de la Qualité des Viandes (MaQuaV)", et plus particulièrement au Dr. **Hafid Kahina**, pour m'avoir permis de me familiariser avec les techniques d'analyse des protéines musculaires et pour avoir partagé leur expertise avec moi.

Je remercie également mon amie et collègue Dr. **Djeghim Fairouz**. Qu'elle soit assurée de ma plus profonde gratitude et de tous mes chaleureux remerciements, pour son soutien et ses encouragements tout au long de ma vie.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude :

A **L'ITLEV** de Constantine, qui nous a fourni les lapins. Je suis particulièrement reconnaissants à M. **Khalfaoui Zakaria** (ITLEV, Constantine) et à Mme **Ghania Zitouni** (ITLEV, Alger) pour leur précieuse contribution à cette étude. Ainsi tous les éleveurs, bouchers, consommateurs et le responsable de l'abattoir qui ont participé à l'enquête.

Aux dégustateurs: Grâce à leur disponibilité et à leur expertise, l'analyse sensorielle s'est déroulée dans les meilleures conditions.

Aux responsables et ingénieurs des institutions suivantes: le Centre de Recherche en Biotechnologie (CRBt), l'École Nationale Supérieure de Biotechnologie (ENSB) de Constantine et l'Institut National Agronomique (INA) d'Alger, pour leur aide précieuse et leur générosité.

A mes amis et collègues: Bader Romeila, Boutana Wissam, Sabouni Rima, Smili Hanane, Mosbah Camélia, Cherak Souad et Teyar Siham. Votre soutien m'a été inestimable.

A tous les professeurs de l'INATAA: je vous remercie pour votre contribution à ma formation universitaire, qui a été fondamentale pour la réussite de cette recherche.

Comme on le dit souvent, on garde le meilleur pour la fin, et ces remerciements ne seraient pas complets sans mentionner **Ma famille**, qui m'a donné la force de terminer ce travail, et sans qui, rien ne serait pareil. Je n'oublie pas de remercier toutes les personnes qui m'ont offert une aide quelconque pour mener à bien cette recherche et toutes celles qui m'ont soutenu et m'ont souhaité du succès.

Je vous remercie tous du fond du cœur...

Dédicace

Cette thèse est dédié à :

Moi-même,

pour la persévérance et l'engagement dont j'ai fait preuve.

et

*À toutes les personnes qui m'ont soutenu tout au long de mon
parcours universitaire.*

Grâce à vous, j'ai pu mener à bien cette aventure jusqu'au bout.

“When it looks impossible, look deeper. And then fight like you can win”.

Rost, Horizon Forbidden West.

Sommaire

Liste des publications et communications

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Revue bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la production et l'élevage de lapin de chair

1.1. Définition et classification taxonomique du lapin.....	4
1.2. Origine et diffusion du lapin domestique.....	5
1.3. Avantages de la physiologie et de l'anatomie du lapin	6
1.4. Étude des populations de lapins.....	7
1.5. Classification des races de lapins.....	7
1.6. Production et consommation de viande cunicole	10
1.6.1. Dans le monde	10
1.6.2. En Algérie	12
1.7. Histoire de l'élevage de lapin dans le monde.....	13
1.8. Elevage de lapins en Algérie	14
1.8.1. Difficultés de l'élevage cunicole en Algérie.....	16
1.8.2. Création de nouvelle souche synthétique.....	17
1.8.3. Chaîne d'approvisionnement et commercialisation de la viande cunicole.....	18
1.8.4. Prix de la viande cunicole	19

Chapitre 2. Transformation post-mortem du muscle de lapin en viande

2.1. Définition de la viande.....	20
2.2. Structure du muscle squelettique strié	20
2.3. Protéines musculaires.....	22
2.4. Types de fibres musculaires chez le lapin.....	22
2.5. Composition biochimique du muscle à l'abattage.....	23
2.6. Transformation <i>post-mortem</i> du muscle en viande.....	23
2.6.1. Mort cellulaire programmée.....	23

2.6.2. Installation de la rigidité cadavérique.....	24
2.6.3. Maturation et attendrissement musculaire.....	24
2.7. Evolutions des paramètres physico-chimiques et biochimiques au cours de transformation du muscle en viande.....	25
2.7.1. Évolution du pH musculaire	25
2.7.2. Évolution de la capacité de rétention d'eau.....	25
2.7.3 Évolution de la pression osmotique.....	26
2.7.4. Évolution des systèmes enzymatiques.....	26
2.7.5. Évolution des protéines myofibrillaires.....	26
2.7.6. Évolution de la structure collegénique.....	27

Chapitre 3. Qualités de viande et de carcasse de lapin

3. Qualités de la viande et de la carcasse de lapin.....	28
3.1 Qualité bouchère et composition de la carcasse à l'abattage	29
3.2 Qualité nutritionnelle de la viande de lapin	31
3.2.1 Teneur en minéraux	33
3.2.2 Teneur en vitamines	34
3.2.3 Teneur en acides aminés	35
3.2.4 Teneur en collagène	36
3.2.5 Teneur en acides gras	36
3.3 Qualité technologique de la viande de lapin	37
3.3.1 pH.....	37
3.3.2 Force de cisaillement et pertes en eau à la cuisson	38
3.3.3. Capacité de rétention d'eau.....	38
3.4 Qualité sensorielle.....	39
3.4.1 Apparence	39
3.4.2 Tendreté	39
3.4.3 Couleur.....	41
3.4.4 Jutosité	41
3.4.5 Texture.....	42
3.4.6 Flaveur	42
3.5 Facteurs affectant la qualité de la carcasse et la viande de lapin	42

3.5.1 Facteurs d'effet modéré sur la qualité de la carcasse et de la viande de lapin.....	42
3.5.2 Facteurs à fort impact sur la qualité de la carcasse et de la viande de lapin.....	44

Matériel et méthodes

Démarche expérimentale de la thèse.....	47
--	-----------

Partie I

1. Étude des facteurs de consommation et de commercialisation de viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie.....	51
1.1. Enquête auprès des consommateurs.....	51
1.1.1. Champ et population d'étude	51
1.1.2. Attributs et variables.....	52
1.2. Enquête auprès des bouchers	53
1.2.1. Champ d'étude et échantillonnage	53
1.2.2. Cadre conceptuel	55
1.3. Analyse statistique	56

Partie II

2. Caractérisation de la population locale et la lignée synthétique (ITELV2006)	57
2.1. Matériel biologique.....	57
2.2. Caractérisation de la carcasse du lapin.....	60
2.3. Caractérisation morphométrique du lapin.....	64
2.4. Caractérisation physico-chimique et biochimique de la viande de lapin	66
2.4.1. pH.....	66
2.4.2. Capacité de rétention d'eau et pourcentage d'eau reléguée	67
2.4.3. Perte en eau à la cuisson	68
2.4.4. Détermination de l'indice de fragmentation myofibrillaires	69
2.4.5. Détermination du profil électrophorétique des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires par SDS-PAGE.....	70
2.4.6. Teneur en myoglobine	75
2.4.7. Analyse colorimétrique de la viande de lapin	76
2.5. Caractérisation biochimique de la viande de lapin	76
2.5.1. Teneur en eau	77
2.5.2. Teneur en cendres	78
2.5.3. Teneur en matières grasses	78

2.5.4. Teneur en azote total.....	79
2.5.5. Détermination du profil des acides gras	82
2.6. Analyse sensorielle	83
2.7. Analyse statistique	85

Résultats et discussion

Préambule	86
Résumé publication 01	87
Viande de lapin dans l'est de l'Algérie : motivations et obstacles à la consommation	
Résumé publication 02	88
Analyse descriptive des paramètres de commercialisation de la viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie	
Résumé publication 03	89
Comparaison des paramètres morphométriques, des caractéristiques de la carcasse et de la composition biochimique de la viande entre la population locale et la lignée synthétiques de lapins en Algérie	
Résumé publication 04	90
Propriétés physico-chimiques et profil sensoriel de deux génotypes de lapins en Algérie	
Discussion générale	91
Conclusion générale et perspectives	97
Références bibliographiques	101
Annexes	

*Liste des
publications et
communications*

Liste des publications et communications

Publications scientifiques

1. **सानाह इब्तिसेम**, BECILA Samira, DJEGHIM Fairouz, BOUDJELLAL Abed El ghani. (2020). The rabbit meat in the east of Algeria: motivation and obstacles to consumption. World Rabbit Sci. 2020, 28: 221-237 doi:10.4995/wrs.2020.
2. **सानाह इब्तिसेम**, BOUDJELLAL Abed El Ghani, BECILA Samira. (2022). Descriptive analysis of rabbit meat marketing parameters in the north-east of Algeria. World Rabbit Sci., 30: 163-180. <https://doi.org/10.4995/wrs.2022.16649>.
3. **इब्तिसेम सानाह**, Abdelghani BOUDJELLAL, Samira BECILA. Comparison of morphometric traits, carcass characteristics and biochemical composition of meat between local and synthetic Algerian rabbit genotypes. J. Indonesian Trop. Anim. Agric. 49(1): 51-66, March 2024. doi: <https://doi.org/10.14710/jitaa.49.1.51-66>
4. **सानाह इब्तिसेम** , Hafid Kahina , Djeghim Fairouz , Bader Romeila , Zitouni Ghania , Khalfaoui Zakaria , Boudjellal Abdelghani , Miguel Angel Sentandreu and Becila Samira. Physicochemical properties and sensory profile of some breeds of rabbits in Algeria. Food Science and Technology International. vol. 0(0), no. x, pp.1-13. March, 2024.<https://doi.org/10.1177/10820132241238790>.

Communications nationales

1. **सानाह इब्तिसेम**, BECILA Samira, HAFID Kahina, BADER Romeila, Boudechicha Hiba-Ryma, BOUDJELLAL Abdelghani. Characterization of rabbit meat quality: comparison between the Algerian local population "El Arbia" and the New Zealand breed. 1ère Journée Nationale sur la Nutrition et la Sécurité Alimentaire (JNNSA). 10 Décembre 2017. Batna, Algérie.
2. **सानाह इब्तिसेम**, BECILA Samira, HAFID Kahina, BOUDJELLAL Abdelghani. Estimation du degré de protéolyse des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques de la viande cunicole par l'électrophorèse SDS-PAGE. 1ère Ecole d'hiver sur l'Analyse de cycle de vie Et L'Eco-conception. 18-19 Février 2018. Boumerdès. Algérie.
3. **सानाह इब्तिसेम**, BECILA Samira, HAFID Kahina, BOUDJELLAL Abdelghani. L'indice de fragmentation myofibrillaire : paramètre biochimique caractérisant la qualité de la viande cunicole. Séminaire National de Biochimie & Doctoriales Biologie et Santé. 19-20 juin 2018 FSNV-USD Blida 1. Algérie.
4. **सानाह इब्तिसेम**, HAFID Kahina, BOUDJELLAL Abdelghani, BECILA Samira. Physic-chemical meat characterization of new European synthetic line of rabbit. Séminaire national sur les biotechnologies en Algérie : Quelles biotechnologies pour un développement durable ?, 03-04 Décembre 2019, Constantine, Algérie.
5. **सानाह इब्तिसेम**, BECILA Samira, BOUDJELLAL Abdelghani. Chemical composition of rabbit meat: comparaison between local and new Européen synthetic line. conférence nationale virtuelle sur les productions animales recherche, développement et prospective des filières animale. 01-03 Juin 2021. Université de Mostaganem. Algérie.

Communications internationales

1. **SANAH Ibtissem**, BECILA Samira, HAFID Kahina, BADER Romeila, BOUDJELLAL Abdelghani. Prédiction de la tendreté de la viande lapine : mesure instrumentale par pénétrométrie. 1er Congrès International sur les biotechnologies au service du développement durable (CIBSDD). 24 - 25 Octobre 2017. Boumerdès, Algérie.
2. **SANAH Ibtissem**, BECILA Samira, HAFID Kahina, BADER Romeila, BOUDJELLAL Abdelghani. Evaluation sensorielle de la viande lapine par un jury de dégustateurs : comparaison entre la race locale algérienne « El arbia » et la race Néozélandaise. 3^{ème} Congrès International de la Société Algérienne de Nutrition (SAN). 28 au 30 novembre 2017, Constantine, Algérie.
3. **SANAH Ibtissem**, BECILA Samira, HAFID Kahina, BOUDJELLAL Abdelghani. Composition corporelle et rendement à l'abattage du lapin : comparaison entre la population locale algérienne « El Arbia » et la race Néo-Zélandaise. VI^{ème} Congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources 20 – 23 Mars 2018. Tabarka, Tunisie.
4. **SANAH Ibtissem**, BECILA Samira, HAFID Kahina, BOUDJELLAL Abdelghani. Perte de poids du muscle du lapin au cours de la conservation : effet de type génétique. 1er Colloque International Bio-ressources, Economie Bleue et Verte 26-29 Avril 2018. Hammamet. Tunisie.
5. **SANAH Ibtissem**, BECILA Samira, DJEGHIM Fairouz, BOUDJELLAL Abdelghani. Contribution à l'étude de la viande cunicole dans l'Est algérien : Enquête consommation. Séminaire International sur les sciences alimentaires (SISA), 15-16 Octobre 2018, Constantine, Algérie.
6. **SANAH Ibtissem**, Sex effect on physic-chemical characterization of rabbit meat quality of the local Algerian breed. II. International Agricultural, Biological & Life Science conference. 1-3 September, 2020, Edirne, Turkey.
7. **Ibtissem SANAH**, Samira BECILA, Kahina HAFID, Abed Elghani BOUDJELLAL. Effect of sex on meat rabbit quality characteristics: Drip loss and Loss cooking. 4^{ème} Congrès International de la Société Algérienne de Nutrition (SAN). 16 - 17 Octobre 2021, Oran, Algérie.
8. **Ibtissem SANAH**, Kahina HAFID, Abed Elghani BOUDJELLAL, Samira BECILA. Analyse sensorielle de la viande cunicole par un jury de dégustateurs : comparaison entre la race locale et la nouvelle souche (ITELV2006). 1^{er} Webinaire International sur les Applications Innovantes des Biotechnologies en Industrie Alimentaire : du Laboratoire à l'Entreprise (WAIBIA 2021). 1-2 Décembre 2021. Constantine, Algérie.
9. **Ibtissem SANAH**, Kahina HAFID, Abed Elghani BOUDJELLAL, Samira BECILA. Qualité physico chimique, biochimique et sensorielle de la viande cunicole : Comparaison entre la race locale et la souche synthétique (ITELV2006). 2^{èmes} Journées Internationales sur la Santé et la Production Animales (2^{èmes} JISPA): "La Production Cunicole, Développement et Perspectives", le 16 Novembre 2022, Alger. Algérie.

Liste de Figures

Figure 01.	Genre <i>Oryctolagus</i>	4
Figure 02.	Exemples de couleurs et de motifs de fourrure de lapin	8
Figure 03.	Exemples de races de lapins	9
Figure 04.	Production totale de viande de lapin par continent en 2021.....	10
Figure 05.	Principaux pays importateurs et exportateurs de viande de lapin dans le monde	11
Figure 06.	Évolution de la production de viande de lapin en Algérie de 2012 à 2021.....	12
Figure 07.	Exemple d'élevage intensif	14
Figure 08.	Quelques exemples d'élevages de lapins en Algérie	16
Figure 09.	Structure du muscle squelettique	21
Figure 10.	Représentation schématique des phases de transformation du muscle en viande.....	24
Figure 11.	Découpe de la carcasse de lapin selon la division anatomique et la division technologique	30
Figure 12.	Présentations et formes d'achat de lapin sur le marché algérien	40
Figure 13.a	Méthodologie adoptée pour l'étude des facteurs de la consommation et la commercialisation de la viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie	49
Figure 13.b	Approche expérimentale adoptée pour la caractérisation de la population locale et la lignée synthétique.....	50
Figure 14.	Carte géographique illustrant la répartition des wilayas étudiées.....	51
Figure 15.	Carte géographique présentant la répartition des wilayas étudiées.....	54
Figure 16.	Cadre conceptuel de l'étude, décrivant les variables indépendantes et dépendantes	55
Figure 17.	Population locale avec différentes couleurs de fourrure	57
Figure 18.	Ligne synthétique avec différentes couleurs de fourrure	58
Figure 19.	Conditions d'élevage des animaux à la station expérimentale de lapins de Hamma Bouziane, Constantine	59
Figure 20.	Étapes de l'abattage de lapins	61
Figure 21.	Principaux organes du lapin	62
Figure 22.	Mesure du rapport viande/os	62
Figure 23.	Illustration anatomique de la graisse dissécable du lapin	63
Figure 24.	Découpe de la carcasse en trois parties avant, intermédiaire et postérieure	63

Figure 25.	Représentation schématique des repères utilisés dans l'étude morphologique	65
Figure 26.	Mesure des paramètres morphologiques	65
Figure 27.	Etapes de mesure du pH	66
Figure 28.	Différents stades de la capacité de rétention d'eau et du pourcentage d'eau reléguée	67
Figure 29.	Étapes de mesure de la perte en eau à la cuisson	68
Figure 30.	Étapes de la détermination de l'indice de fragmentation myofibrillaire.....	70
Figure 31.	Étapes de préparation des échantillons pour l'analyse par SDS-PAGE.....	72
Figure 32.	Etapes de la réalisation de l'électrophorèse SDS-PAGE.....	74
Figure 33.	Etapes de la mesure de la concentration de myoglobine	75
Figure 34.	Analyse colorimétrique de la viande lapine par l'application de « Color Grab ».....	76
Figure 35.	Mesure de la teneur en eau	77
Figure 36.	Mesure de la teneur en cendres	78
Figure 37.	Détermination de la teneur en lipides	79
Figure 38.	Dosage de la teneur en azote total	81
Figure 39.	Détermination du profil d'acides gras	83
Figure 40.	Etapes de l'analyse sensorielle	85

Liste des tableaux

Tableau 01.	Caractéristiques qualitatives de la carcasse et de la viande chez le lapin.....	28
Tableau 02.	Composition chimique et valeur énergétique des portions de viande de lapin	32
Tableau 03.	Composition chimique et valeur énergétique des viandes	32
Tableau 04.	Teneur en minéraux de différentes viandes	33
Tableau 05.	Teneur en vitamines de différentes viandes	34
Tableau 06.	Teneur en acides aminés essentiels de différentes viandes	35
Tableau 07.	Teneur et solubilité du collagène dans différentes types de viandes	36
Tableau 08.	Proportions relatives des différents types d'acides gras et teneur en cholestérol et lipides intramusculaires du <i>Longissimus dorsi</i>	37
Tableau 09.	pH, couleur, fermeté et pertes à la cuisson des viandes	38
Tableau 10.	Définition des paramètres mesurés dans l'étude morphologique	64

Liste des abréviations

AAE : Acides Aminés Essentiels
ACP : Analyse en Composantes Principales
ADP : Adénosine Diphosphate
AG: Acides Gras
AGI : Acides Gras Insaturés
AGMI : Acides Gras Mono Insaturés
AGPI : Acides Gras Polyinsaturés
AJR : Apports Journaliers Recommandés
ATP : Adénosine triphosphate
av. J.-C. : avant Jésus-Christ
BSA: Albumine Sérique Bovine
CIE : International Commission on Illumination
CRE : Capacité de Rétention d'Eau
DTT : Dithiothréitol
EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique
EGTA : Acide Ethylène Glycol-bis Tétracétique
EMAG : Esters Méthyliques d'Acides Gras
FAO: Food and Agriculture Organization
FFC : Fédération Française de Cuniculiculture
GLM : Modèle Linéaire Général
IFM : Indice de fragmentation myofibrillaire
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
ITELV : Institut Technique des Élevages
j : jour
kDa: Kilo Dalton
LD : *Longissimus dorsi*
LL : *Longissimus lumborum*
Loc: population locale
MM : Masse Moléculaire
Ns: non significatif
PAGE : Polyacrylamide gel Electrophoresis
PC : Pertes de cuisson
PER: Pourcentage d'Eau Reléguée
pH_i : pH isoélectrique
pH_u : pH ultime
p.m : *post mortem*
RB: Rigor Buffer
RMSE : erreur quadratique moyenne
rpm: Tour par minute
SDS: Sodium Dodécyl Sulfate
Syn : race synthétique
t:tonnes
WRSA: World Rabbit Science Association

Liste des annexes

- Annexe 01.** Questionnaire des consommateurs
- Annexe 02.** Questionnaire des bouchers
- Annexe 03.** Liste de solutions et de réactifs
- Annexe 04.** Courbe d'étalonnage du dosage des extraits protéiques
- Annexe 05.** Bulletin de l'évaluation sensorielle de la viande cunicole

Introduction générale

Tout au long de l'histoire humaine, la consommation de viande a été intimement liée aux pratiques culturelles, principalement motivée par les aspects hédoniques de l'expérience alimentaire et sa contribution nutritionnelle significative (Aboah et Lees, 2020). Les pays du sud de la Méditerranée, présentent un modèle de consommation de viande caractérisé par une forte préférence pour la viande ovine et de volaille (FAO, 2014).

Les algériens consomment une variété de viandes, notamment d'ovin, de bovin et de volaille, alors que la consommation de la viande caprine et cameline reste nettement plus faible. Parmi les viandes rouges, la viande de mouton domine, représentant 55% de la consommation, suivie du bœuf à 34%. En moyenne, les Algériens consomment 10,5 kg de viande rouge et 15 kg de viande blanche par an et par habitant (Sadoud, 2011 ; Chikhi et Bencharif, 2016). L'Algérie produit plus de 30,9 millions de moutons, 1,7 millions de bovins et une production moyenne de 5 millions de quintaux de viande blanche par an (ONS, 2020).

Dans le contexte actuel de demande croissante en aliments d'origine animale et de nécessité de développer des systèmes de production durables, le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) représente une espèce animale avec un potentiel indéniable, profondément lié aux habitudes alimentaires humaines dans plusieurs régions du monde, mais encore sous-exploitées (Dalle Zotte et Cullere, 2024). La consommation de viande de lapin n'est pas populaire à l'échelle mondiale, étant considérée comme un marché de niche où la consommation annuelle est estimée de 0,19 kg par habitant (Szendro et al., 2020). Elle se limite principalement au bassin méditerranéen, ainsi qu'à certains pays européens et asiatiques (Dalle Zotte et Cullere, 2024).

Une production estimée à 8474 tonnes de viande de lapin, représentant 1% de la production mondiale (soit 861 739 tonnes), a été enregistrée en Algérie en 2021 (FAO, 2021). Le secteur de la cuniculture algérienne est à ses débuts, tout comme dans de nombreux autres pays africains. Cela suggère que le marché du lapin en Algérie est relativement nouveau et n'a pas encore atteint son plein potentiel (Merad et al., 2015). En outre, la viande cunicole est encore rare sur le marché algérien par rapport au poulet, à la dinde, au mouton et au bœuf. En effet, il nous est peu connu des préférences, des perceptions ou de la motivation des consommateurs à consommer de la viande de lapin et des facteurs de commercialisation qui l'influencent.

Les récentes avancées des programmes de sélection des lapins dans les climats chauds, tels que ceux en Égypte et en Arabie saoudite, ont vu la mise en œuvre de nouvelles stratégies d'amélioration génétique (Youssef et al., 2008).

Dans cette perspective, l'Algérie a entamé le développement d'une nouvelle lignée synthétique de lapins en 2003 par le biais de croisements. Cette lignée, caractérisée par l'accouplement de femelles locales avec des mâles de la souche française INRA 2666, représente une approche novatrice pour l'amélioration de la production cunicole. De surcroît, cette nouvelle lignée a démontré une augmentation remarquable de 20 % de la taille des portées, accompagnée d'un taux de croissance et d'un poids supérieurs à ceux de la population cunicole locale (Zerrouki *et al.*, 2014).

En effet, depuis sa diffusion en 2012, cette nouvelle souche a fait l'objet de nombreuses études, qui ont d'abord été basées initialement sur la description de sa reproduction, et de ses caractéristiques de croissance (Sid *et al.*, 2018; Belabbas *et al.*, 2019; Aroun *et al.*, 2021; Thiziri *et al.*, 2021). Les résultats obtenus semblent très prometteurs et confirment le potentiel d'utilisation de cette lignée pour développer une production cunicole plus efficace en Algérie.

Actuellement, la production algérienne de viande cunicole repose principalement sur les populations locales et la nouvelle souche ITEL V2006. En plus de la description morphologique et zootechnique, il est essentiel d'avoir une bonne compréhension des qualités organoleptiques et sensorielles de la viande afin de maximiser la valeur de cette production. Cependant, à notre connaissance, il existe peu ou pas d'études sur les caractéristiques de la qualité de la viande de lapin en Algérie. Les chercheurs accordent peu d'attention à cet aspect pourtant crucial. Il est donc essentiel d'explorer en profondeur la qualité de la viande de lapin et d'étudier l'impact éventuel de l'amélioration génétique sur ses caractéristiques.

Dans ce contexte, la présente thèse s'articule autour de deux objectifs majeurs :

- Etude des facteurs de consommation et de commercialisation de la viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie.
- Caractérisation de la qualité de la viande de lapin de la race locale ainsi que la nouvelle souche synthétique (ITEL V2006).

Ce travail s'inscrit dans l'objectif de recherche de l'équipe "Marqueurs Biologiques de la Qualité des Viandes (MaQuaV)" du laboratoire de recherche "Biotechnologie et Qualité Alimentaire (BioQuAl)", qui vise à contribuer à la connaissance et à la caractérisation des différents types de viandes consommées en Algérie. Cette étude fait suite à un travail de recherche antérieur mené par Sanah (2017) dans le cadre d'un mémoire de magistère.

Les résultats obtenus ont souligné la nécessité d'investigations supplémentaires et plus rigoureuses sur la qualité de la viande de lapin ainsi que les facteurs influençant la consommation et l'achat des consommateurs.

Les méthodes expérimentales et numériques sont utilisées dans ce travail de recherche, qui est décrite en trois parties principales.

La première section est une revue bibliographique composée de trois chapitres. Le premier chapitre présente et détaille plusieurs aspects liés à la classification taxonomique du lapin, à ses avantages physiologiques et anatomiques, à sa production et sa consommation, ainsi qu'à la classification des races et à l'élevage cunicole. Le deuxième chapitre examine les types de fibres musculaires du lapin, la composition biochimique du muscle à l'abattage ainsi que les différents aspects de la maturation de la viande et de la transformation du muscle en viande. Enfin, le dernier chapitre se concentre sur les caractéristiques corporelles du lapin, les qualités nutritionnelles, les propriétés sensorielles, les caractéristiques physico-chimiques ainsi que les facteurs affectant la qualité de la carcasse et de la viande cunicole.

En ce qui concerne la deuxième section, elle présente les matériaux et les méthodes employés afin d'analyser, d'une part, les facteurs qui impactent la consommation et l'achat de viande de lapin par les consommateurs, ainsi que les raisons de la faible consommation, ainsi que les variables socio-géographiques qui caractérisent les bouchers et l'activité de boucherie. D'autre part, elle vise à caractériser les traits morphologiques du lapin et les différentes qualités de sa viande, notamment ses caractéristiques biochimiques, physico-chimiques, sensorielles et nutritionnelles.

Finalement, la troisième et la dernière partie présentent et discutent les principaux résultats obtenus dans cette étude, principalement à travers quatre publications. L'objectif de la première est d'évaluer l'impact des facteurs sociogéographiques et des indices de qualité intrinsèques et extrinsèques sur la fréquence de consommation des consommateurs, la décision d'achat liée à la viande de lapin, ainsi que la motivation et les difficultés à une consommation faible. L'objectif du second article est d'identifier les principaux paramètres et éléments qui influencent la vente de la viande de lapin dans le nord-est de l'Algérie du point de vue des bouchers.

Le troisième article présente l'impact du génotype et du sexe du lapin sur les caractères morphologiques, les caractéristiques de la carcasse et la composition chimique de la viande de lapin. Enfin, le dernier article vise à examiner et à comparer les caractéristiques physico-chimiques de la viande et les attributs sensoriels de deux races de lapins algériens : la population locale algérienne et la nouvelle lignée (ITELV2006).

*Revue
bibliographique*

Chapitre I :
Généralités sur la
production et l'élevage
de lapin de chair

Chapitre 1. Généralités sur la production et l'élevage de lapin de chair

1.1. Définition et classification taxonomique du lapin

Le lapin (famille des Léporidés) se distingue comme un petit mammifère herbivore, aisément reconnaissable à ses longues oreilles proéminentes et sa queue touffue. Espèce monogastrique, sa présence à l'état sauvage s'étend sur l'ensemble des continents et sous toutes les latitudes. Parmi ses traits caractéristiques les plus notables, on compte sa capacité de reproduction prolifique. Bien qu'il soit connu pour ronger divers matériaux, le lapin ne se classe pas parmi les rongeurs, à l'instar des souris (Gidenne, 2015).

En accord avec les caractéristiques anatomiques distinctives des lagomorphes, le lapin se singularise par deux traits majeurs : des oreilles proéminentes, dont la taille avoisine celle de la tête, et des membres postérieurs particulièrement développés. Dans son environnement naturel, le lapin occupe le statut de proie, et ces deux attributs physiques confèrent vraisemblablement des avantages évolutifs déterminants dans sa stratégie de fuite face aux prédateurs (Gidenne, 2015).

Le lapin européen (*Oryctolagus cuniculus*), espèce chromosomique $2n = 44$, appartient à l'ordre des *Lagomorphes* au sein des mammifères placentaires. Cet ordre se distingue de l'ordre des Rongeurs par plusieurs traits anatomiques spécifiques, notamment le mouvement latéral des mâchoires, la présence de deux paires d'incisives supérieures et un nombre différent de doigts. Le genre *Oryctolagus*, auquel appartient le lapin européen, est classé au sein de la famille des Léporidés. Plus précisément, il est rattaché à la sous-famille des *Léporinés*, qui regroupe également les genres *Sylvilagus* (lapins américains à queue courte) et *Lepus* (lièvres typiques) (Arnold, 2005). Les membres de l'ordre des *Lagomorphes* sont indigènes de tous les coins du globe, sauf l'Antarctique, Madagascar, quelques régions indonésiennes et la partie sud de l'Amérique du Sud. Ils n'ont été introduits par l'homme que récemment en Nouvelle-Zélande et en Australie (Dalle Zotte, 2014).

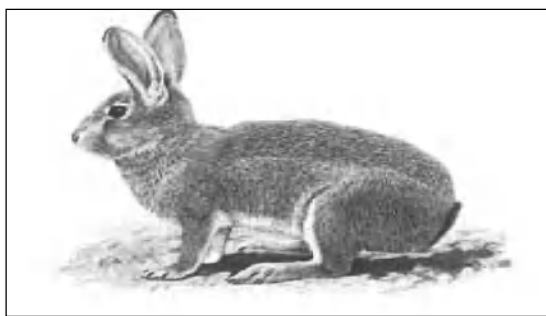


Figure 01. Genre *Oryctolagus* (Catalano, 1974).

1.2. Origine et diffusion du lapin domestique

Le lapin sauvage, *Oryctolagus cuniculus*, originaire des régions méridionales de l'Europe et de l'Afrique du Nord, a fait son apparition dans l'histoire humaine dès l'Antiquité. Sa découverte par les Phéniciens lors de leur arrivée en Espagne vers 1000 avant J.-C. marque le début d'une longue cohabitation entre cet animal et l'homme. Durant l'époque romaine, le lapin s'impose comme un symbole emblématique de l'Espagne. Les Romains, vecteurs de sa diffusion à travers l'Empire, l'apprécient comme gibier. Les pratiques culinaires de l'époque révèlent une consommation de lapereaux, fœtus ou nouveau-nés, sous le nom de "Laurices". Bien que non encore domestiqués, les lapins font l'objet de recommandations d'élevage en parcs ou enclos par Varron (116-27 av. J.-C.), comme le souligne [Arnold \(2005\)](#).

L'origine du lapin européen reste difficile à établir avec précision en raison de la fragilité de ses os ([Dawson, 1967](#)). Des restes de Léporidés ont été mis au jour dans des couches de l'ère Éocène (il y a 37 à 53 millions d'années) dans le nord de l'Espagne, tandis que des lapins présentant des structures similaires aux espèces actuelles vivaient dans toute l'Europe au Pré-Pléistocène (il y a 1 à 2 millions d'années) mais se sont éteints pendant la période glaciaire de Würm (il y a 20 000 à 75 000 ans) partout sauf dans la péninsule ibérique et le sud de la France ([Gibb, 1990](#)). Les plus anciens fossiles d'*Oryctolagus cuniculus* (il y a 300 000 à 600 000 ans) indiquent que l'aire de répartition originelle du lapin était limitée à la péninsule ibérique et au sud de la France jusqu'à la Loire ([Branco et al., 2000](#)).

Les premiers témoignages écrits sur le lapin et sa présence dans la péninsule ibérique nous viennent des Phéniciens (1100 av. J.-C.), qui ont nommé la région "I-Sephan-im" (Terre des lapins), plus tard latinisé en "Hispania". En Espagne, les Phéniciens ont commencé à commercialiser des lapins le long de toute la côte méditerranéenne. Les Grecs, et notamment Aristote, ont loué la finesse de leur viande. Les Romains ont également laissé de nombreux témoignages écrits sur le lapin ([Zoccarato, 2008](#)).

D'après le témoignage écrit d'Aristote sur la finesse de sa viande, l'intérêt pour le lapin est né chez les Grecs. Les premières tentatives primitives d'élevage de lapins à des fins gastronomiques et économiques furent menées par les Romains dans la péninsule ibérique, où ils élevaient des lapins dans des enclos clôturés spéciaux. Ce n'est qu'à partir du IX^e siècle de notre ère que le lapin sauvage et domestique a commencé à se répandre dans d'autres régions d'Europe, mais les connaissances limitées sur ses habitudes et ses besoins nutritionnels et environnementaux ont fait que les tentatives d'élevage n'étaient qu'occasionnelles.

Une nouvelle vague de diffusion du lapin vers de nombreuses îles et continents s'est produite pendant l'expansion coloniale britannique, les lapins étant normalement élevés à bord des navires et considérés comme une nourriture pour les équipages ([Dalle Zotte, 2014](#)).

1.3. Avantages de la physiologie et de l'anatomie du lapin

Le lapin présente de nombreux aspects intéressants qui permettent de le considérer théoriquement comme un animal idéal pour la production de viande. Il a un cycle de vie court, une gestation courte, il est notamment très prolifique et il a une bonne capacité de conversion alimentaire. Le lapin est un mammifère herbivore hautement spécialisé, étant un monogastrique à fermentation caecale ; sa physiologie digestive lui permet d'obtenir des protéines et des vitamines grâce à la cécotrophie. Ce dernier est une stratégie très efficace pour exploiter les protéines alimentaires de faible qualité en recyclant, par fermentation dans le caecum, les sécrétions endogènes de protéines et les cellules épithéliales exfoliées de l'intestin grêle ([Lebas et al., 1997](#) ; [Carabaño et Piquer, 1998](#)).

Grâce à sa physiologie digestive particulière, le lapin peut exploiter des aliments riches en cellulose (fourrages) en convertissant environ 20 % de ses protéines en viande comestible, et ce, sans concurrencer l'homme pour la nourriture. Il s'avère donc utile dans le cadre d'un élevage durable ([Dalle Zotte, 2014](#) ; [Cullere et Dalle Zotte, 2018](#)).

Chez le lapin, la femelle présente une particularité physiologique notable : son ovulation est induite par l'accouplement. Cette caractéristique entraîne des portées multiples, généralement composées de trois à dix lapereaux. Ce mode de reproduction confère au lapin le statut de mammifère polytoque. Sa stratégie reproductive se caractérise par la production d'un grand nombre de petits durant la période d'abondance alimentaire, qui s'étend généralement du printemps au début de l'été. De plus, la lapine peut avoir plusieurs portées successives, avec parfois un accouplement survenant le jour même de la mise bas. Cette faculté remarquable lui permet d'exploiter au maximum les ressources alimentaires disponibles, augmentant ainsi son succès reproducteur ([Gidenne, 2015](#)).

En termes de masse musculaire, les parties postérieures du corps du lapin, à savoir la longe et les cuisses, présentent la plus grande concentration de tissus musculaires. Du point de vue du boucher, le muscle le plus volumineux est le *Longissimus dorsi*. Sur le plan anatomique, cette masse musculaire est constituée d'une série de muscles distincts : le long dorsal, le long épineux et le multifide du dorsolombaire (*Longissimus lumborum*) ([Gidenne, 2015](#)).

1.4. Étude des populations de lapins

- **Populations:** Au sein d'une même espèce d'animaux domestiques, il existe des populations locales ou géographiques distinctes. Se caractérise notamment par une forte hétérogénéité phénotypique, observable au niveau de l'apparence extérieure des individus. Cette diversité se traduit par des variations de taille, de couleur de pelage, de morphologie et d'autres traits distinctifs (De Rochambeau, 1989).
- **Races:** À partir de ces populations, les éleveurs ont procédé à une sélection rigoureuse au sein des populations animales, aboutissant à la création de races distinctes. Chaque race est définie par un standard précis, décrivant les caractéristiques idéales des individus qui la composent. Cette sélection vise à obtenir des animaux homogènes en termes de morphologie et de performances (De Rochambeau, 1989).
- **Souches:** En élevage de lapins de boucherie, une souche (ou lignée) est définie comme un groupe d'individus de petite taille (souvent quelques dizaines de mâles et quelques centaines de femelles) qui a été sélectionné pour un objectif spécifique. Une souche est une population fermée ou presque fermée : l'introduction d'animaux extérieurs est exceptionnelle. Les animaux d'une même souche sont plus homogènes que ceux d'une même race (De Rochambeau, 1989).
- Dans le cadre de l'amélioration génétique animale, la création de nouvelles races ou populations à partir de races aux qualités complémentaires peut s'avérer une alternative intéressante au maintien et au croisement des populations parentales. Cette approche, appelée synthèse génétique, permet de combiner les atouts de différentes races pour obtenir une population aux caractéristiques optimales (Bidanel, 1992).

1.5. Classification des races de lapins

La diversité des races de lapins domestiques est remarquable, se manifestant par des variations morphologiques et phénotypiques distinctes. Ces différences s'expriment principalement au niveau de la fourrure et de la forme du corps.

➤ **En fonction de la nature de la fourrure:**

- **Races communes:** Ces races canines se distinguent par la présence d'un sous-poil dense et duveteux, d'une longueur d'environ deux centimètres, surmonté d'un poil de jarre plus clairsemé mais plus épais et plus long, atteignant généralement trois à quatre centimètres. Ce poil de jarre est également connu sous l'appellation de "poils de garde".

- **Races Rex ou à poil court:** Ces races présentent une fourrure veloutée caractérisée par une longueur homogène du duvet et des poils de jarre, tous deux mesurant environ 2 cm.
- **Races d'Angora :** possèdent une fourrure "laineuse" (5 à 6 cm de long). En raison de la densité et de la longueur atteintes par le pelage à la fin de sa croissance, ces races ne supportent pas bien les températures élevées. De plus, il existe une large gamme de couleurs et de motifs de fourrure (Djago et Kpodekon, 2007), (Figure 02).



Figure 02. Exemples de couleurs et de motifs de fourrure de lapin (Arnold et al., 2005).

- **En fonction de la taille :** Les femelles lapines présentent généralement un poids supérieur aux mâles, avec une différence pouvant atteindre 10%.
- **Races naines :** Les races naines se caractérisent par un poids adulte chez les mâles inférieur à 3 kg. Elles se distinguent par une excellente conformation, une croissance précoce et une viande fine. Exemples : l'Argenté Anglais, le Petit Russe.
- **Races moyennes :** Les races moyennes regroupent les lapins dont le poids adulte chez les mâles se situe entre 3 et 5 kg. Ces races présentent un intérêt commercial certain, du fait de leur précocité, de leur format adapté à la demande en Afrique, d'une conformation satisfaisante et d'une viande fine et dense. Exemples : Le Fauve de Bourgogne, l'Argenté de Champagne, le Californien et Bleu de Vienne.
- **Races géantes :** Les races géantes se distinguent par un poids adulte chez les mâles pouvant atteindre 7 kg, voire plus. Leur croissance est relativement lente, et leur viande se caractérise par sa longueur et son gros grain. Ces races sont principalement destinées à la production de viande transformée (pâtés, rillettes, etc.).

Ils ne sont souvent pas très prolifiques. Exemples : Géant des Flandres et Blanc de Bouscat, Bélier Français, Géant Papillon Français. (Figure 03), (Djago et Kpodekon, 2007).



Figure 03. Exemples de races de lapins (Arnold *et al.*, 2005).

➤ **En fonction de l'origine**

Lebas (2000) a proposé une classification des lapins en quatre groupes distincts, basée sur leur origine et leur mode de sélection :

- **Races primitives:** Appelées aussi races primaires, elles descendent directement des lapins sauvages et constituent la souche originelle de toutes les autres races.
- **Races sélectionnées:** Issues d'un processus de sélection artificielle à partir de races primitives. Elles présentent des caractéristiques morphologiques ou productives améliorées.
- **Races synthétiques:** Obtenues par le croisement contrôlé de plusieurs races, souvent avec l'objectif de combiner des caractéristiques avantageuses de chacune d'entre elles. Elles présentent une grande diversité morphologique et productive.
- **Races mendéliennes:** Fixent un nouveau caractère à détermination génétique simple, apparu par mutation. Ces races sont généralement issues de croisements accidentels ou d'une sélection rigoureuse pour un caractère spécifique.

1.6. Production et consommation de viande cunicole

1.6.1. Dans le monde

Selon la littérature internationale, la [FAO \(2021\)](#) indique une production mondiale totale d'environ 861 739 tonnes de viande de lapin provenant d'Asie (597 147 t), d'Europe (150 772 t), d'Afrique (983 59 t) et des Amériques (15 459 t) (Figure 04). La Chine est le premier producteur mondial (849 150 tonnes/an), suivie par la République populaire démocratique de Corée (172 680 t/an), l'Égypte (65 602 t/an), l'Italie (54 397 t/an), l'Espagne (50 552 t/an) et la France (48 396 t/an). Cependant, l'Afrique dans son ensemble est la troisième région productrice de viande de lapin ([Cullere et Dalle Zotte, 2018](#)).

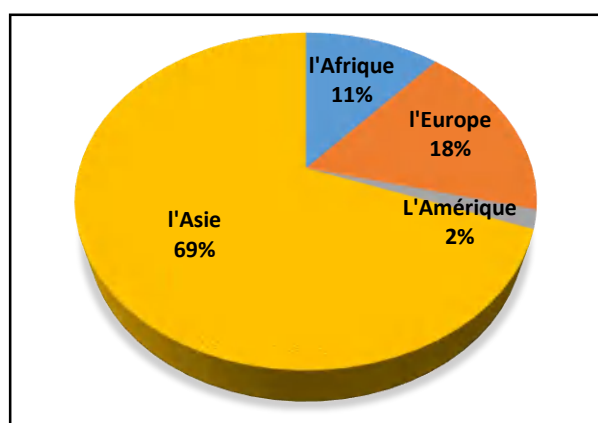


Figure 04. Production totale de viande de lapin par continent en 2021 (en % de la production totale) ([FAO, 2021](#)).

L'élevage cunicole s'affirme comme un pilier essentiel des économies nationales, y compris en Europe ([Dalle Zotte et Szendrő, 2011](#)). En effet, les données de 2016 montrent que l'Europe détient actuellement près de 93 % et 67 % des importations et des exportations mondiales de viande de lapin, respectivement. Les principaux pays importateurs sont l'Allemagne, la Belgique, la Fédération de Russie et le Portugal, tandis que, la Hongrie, la Belgique, la France et l'Espagne sont les quatre plus grands pays exportateurs européens (Figure 05). La Chine est le premier pays exportateur mondial, représentant 27 % de la production totale, mais aucune donnée officielle sur les importations n'est disponible ([FAOSTAT, 2018](#)). L'élevage de lapins dans les pays en développement a permis à de nombreuses personnes de sortir de la pauvreté. Selon la FAO, l'offre mondiale de viande de lapin provenant d'Europe a augmenté de plus de 80% entre 1961 et 1985. L'industrie cunicole asiatique a également connu une croissance rapide au cours des 30 dernières années ([Wu, 2022](#)).

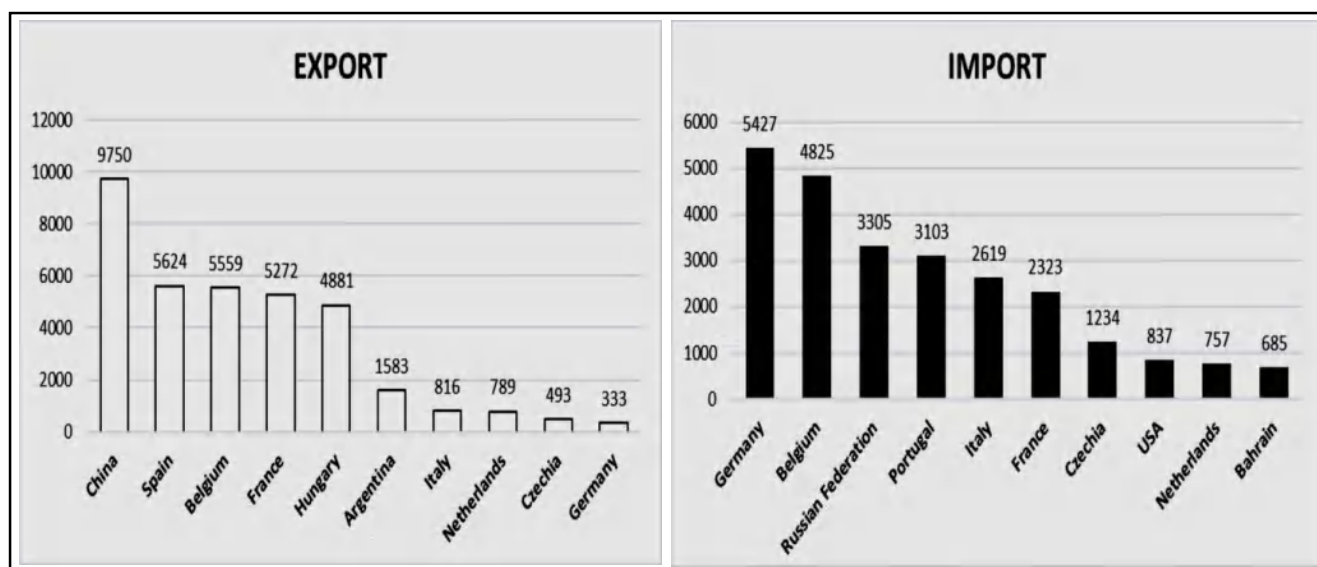


Figure 05. Principaux pays importateurs et exportateurs de viande cunicole dans le monde (tonnes) (FAOSTAT, 2018).

Cependant, la consommation de viande de lapin n'est pas répandue dans le monde entier, notamment dans l'hémisphère occidental, et se limite principalement à la région méditerranéenne (Algérie, Chypre, Égypte, France, Italie, Malte, Portugal et Espagne) et à quelques autres pays européens (Belgique, République tchèque, Allemagne et Luxembourg) (Cullere et Dalle Zotte, 2018).

La disponibilité de données officielles précises et homogènes sur la consommation de viande cunicole demeure limitée, mais elle représente moins de 3% de toutes les viandes consommées dans l'Union européenne, étant ainsi considérée comme un marché de niche (European Commission, 2015). En Afrique, où l'Égypte est considérée comme le premier producteur de lapins, la part de la viande cunicole dans la consommation domestique est estimée à seulement 3,3% (Alboghady et Alashry, 2010). Au Kenya, il a été constaté une situation similaire où la consommation de viande cunicole demeure rare, même chez les éleveurs de lapins (Mailu et al., 2017). Des études récentes (FAOSTAT, 2020 ; Krunt et al., 2022) ont rapporté une augmentation du rendement et de consommation de viande cunicole dans des pays comme la Chine et le Mexique, alors que dans les pays européens qui en étaient traditionnellement les principaux consommateurs (Italie, Pologne, France et Espagne), une diminution significative a été observée (Müller et al., 2016 ; Krunt et al., 2022).

1.6.2. En Algérie

En Algérie, la production de viande de lapin s'est élevée à environ 8474 tonnes en 2021, soit 1% de la production mondiale (861 739 tonnes), (FAO, 2021). Il s'agit d'une légère augmentation par rapport à 2020 (8428 tonnes). La production nationale a connu une évolution remarquable au cours des cinq dernières années grâce aux différents programmes et projets de développement et de rationalisation de cet élevage (Figure 06). En 2021, la production de viande de lapin en Algérie a atteint 8474 tonnes, soit 1% de la production mondiale (FAO, 2021). Cette production a connu une légère augmentation par rapport à 2020 (8428 tonnes). La figure 06 illustre l'évolution remarquable de la production nationale au cours des cinq dernières années. Cette croissance s'explique par la mise en œuvre de divers programmes et projets de développement et de rationalisation de l'élevage cunicole. La création d'une nouvelle souche synthétique a également joué un rôle crucial dans la promotion de la filière (Lakabi-Ioualitène *et al.*, 2008 ; Mefti-Korteby *et al.*, 2010).

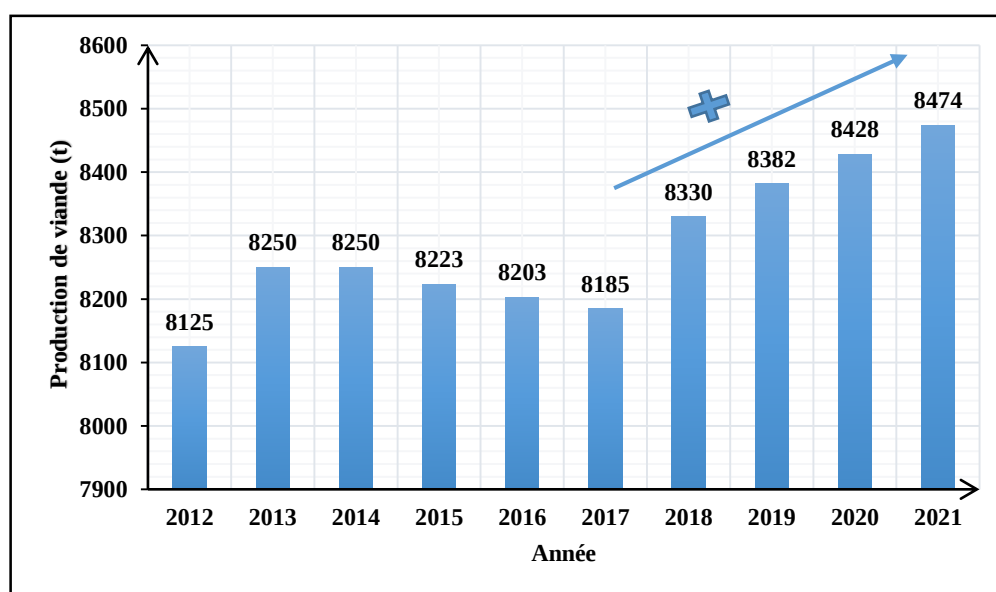


Figure 06. Production de viande cunicole en Algérie de 2012 à 2021 (en tonnes) (FAO, 2021).

Concernant le volet de consommation de la viande cunicole, des recherches antérieures ont montré que celle-ci est répandue dans toutes les régions d'Algérie, en particulier dans les régions de l'est et du centre du pays, principalement sous forme d'autoconsommation par les éleveurs et leurs familles. L'étude de Gacem et Lebas (2000) a également révélé des disparités significatives de la consommation de lapin selon le milieu de vie. En effet, les populations rurales affichaient une consommation moyenne de 1,52 kg/habitant/an, contre 0,39 kg/habitant/an dans les zones urbaines.

Dans le même contexte, une étude récente menée par [Sanah et al. \(2020\)](#) a met en évidence un écart entre le potentiel nutritionnel de la viande de lapin et son adoption limitée par la population algérienne. Des efforts multidisciplinaires sont nécessaires pour lever les freins identifiés, notamment en améliorant la distribution, sensibilisant aux bienfaits nutritionnels et en promouvant des recettes valorisant les qualités gustatives du lapin. L'adoption de stratégies marketing ciblées et l'éducation des consommateurs pourraient contribuer à lever les barrières et à favoriser l'intégration durable de la viande de lapin dans les habitudes alimentaires algériennes.

1.7. Histoire de l'élevage de lapin dans le monde

La viande issue du lapin européen (*Oryctolagus cuniculus*), jouit d'une longue histoire de commerce et de consommation dans la région méditerranéenne, remontant aux Phéniciens vers 1100 avant J.-C. ([Dalle Zotte, 2014](#)). L'intensification de l'élevage cunicole pour la production de viande a été initiée dans le sud de la Californie et dans certains pays méditerranéens (France, Italie et Espagne), ce qui a progressivement conduit l'élevage de lapins à devenir une industrie zootechnique hautement spécialisée, techniquement avancée et unique ([McNitt et al., 2013](#)).

Bien que l'intérêt de l'homme pour le lapin comme source de nourriture remonte à l'Antiquité, l'élevage spécialisé pour la production de viande n'a débuté que dans les années 1920, dans le sud de la Californie, puis à partir des années 1970 dans certains pays européens ([Cullere et Dalle Zotte, 2018](#)). Jusqu'aux années 1970, le lapin était un animal auquel on accordait peu d'importance dans les comptes d'exploitation des fermes et qui était souvent décimé par les maladies ou les prédateurs tels que les rats, les chats et les chiens. Il s'agissait d'une forme d'élevage irrationnelle en raison de la promiscuité du lapin, de l'impossibilité de contrôler l'accouplement et de l'absence des règles d'hygiène les plus élémentaires. Il était donc principalement destiné à la consommation familiale et rarement à la vente, et même dans ce cas, uniquement au niveau local ([Dalle Zotte, 2014](#)).

Après les années 1970, l'évolution du secteur zootechnique et les connaissances scientifiques sur les besoins nutritionnels du lapin et la lutte contre les maladies, l'introduction de l'insémination artificielle, le développement de systèmes de mise à bas cycliques et la large expansion de souches hybrides hautement productives ont conduit à une progression intense et relativement rapide de ce secteur d'élevage (Cullere et Dalle Zotte, 2018). Ces facteurs ont conduit au développement de systèmes d'élevage plus intensifs et plus rentables, accompagnés de l'expansion de fermes cunicoles intensives utilisant des cages (Figure 07). Ces systèmes ont permis d'atteindre une productivité remarquable et un meilleur contrôle des facteurs de production. L'intérêt pour cette espèce s'explique par sa forte prolificité et par sa capacité à convertir 20 % de son apport protéique en viande (Dalle Zotte, 2014).



Figure 07. Exemple d'élevage intensif (secteur de la reproduction) (Dalle Zotte, 2014).

1.8. Elevage de lapins en Algérie

L'élevage de lapins en Algérie, à l'instar de nombreuses nations, s'inscrit dans une tradition ancestrale. L'arrivée de colons européens au 19ème siècle, porteurs de leur culture de consommation de viande de lapin, a favorisé l'émergence d'unités cunicoles rationnelles au Maghreb (Colin et Lebas, 1995). En Algérie, la cuniculture traditionnelle se caractérisait par un petit cheptel, une orientation familiale, une visée d'autoconsommation et des conditions d'élevage souvent précaires. Ce n'est qu'à partir des années 1980 que cette activité a suscité l'intérêt des autorités publiques et des éleveurs professionnels, attirés par les nombreux atouts du lapin : prolificité élevée, croissance rapide et viande hautement nutritive.

L'échec de l'introduction des souches hybrides a conduit à une nouvelle stratégie basée sur la valorisation du lapin local. Bien que le lapin local présente des défauts en termes de prolificité et de poids adulte, il offre une bonne adaptation aux conditions climatiques locales et maintient sa productivité en été. Ces résultats suggèrent que le lapin local pourrait constituer une base intéressante pour le développement de la production cunicole en Algérie, à condition d'améliorer ses performances productives (Lakabi *et al.*, 2004 ; Zerrouki *et al.*, 2005a et 2005b ; Kadi *et al.*, 2008 ; Gacem *et al.*, 2008).

Après cela, la pratique de méthodes d'élevage plus rationnelles (modernes) se développe, mais certaines difficultés freinent son essor. Les principales raisons de cette situation sont particulièrement : l'indisponibilité d'aliments granulés équilibrés et de reproducteurs de haute qualité, une connaissance insuffisante des possibilités de production des populations de lapins qui existent dans les élevages et de la qualité nutritionnelle des aliments effectivement disponibles (Berchiche et Lebas, 1994 ; Berchiche *et al.*, 1996).

L'Algérie abrite une diversité de populations de lapins domestiques, fruit d'un métissage complexe entre la population locale et des races étrangères introduites dans le cadre de programmes de développement rural. Ce processus d'hybridation s'est intensifié avec l'importation de reproducteurs sélectionnés tels que les Hyla et Hyplus, destinés à l'élevage intensif (Berchiche et Kadi, 2002 ; Othmani-Mecif et Benazzoug, 2005 ; Djellal *et al.*, 2006). Parmi les races introduites, la population blanche, plus lourde et plus prolifique que la population locale au phénotype albinos, occupe une place prépondérante dans les élevages algériens. Elle dérive du Hyplus hybride importé de France (Berchiche *et al.*, 2012).

Après l'arrêt de l'importation de races améliorées, les éleveurs ont été contraints de reproduire la descendance de lapins hybrides importés en population fermée (fort taux de consanguinité) ou en croisant avec des lapins de la population locale, seule alternative au renouvellement de la population existante. Après plusieurs années de croisements aléatoires, une population de lapins appelée "population blanche" s'est formée, dont le niveau de performance initial a diminué (Lounaouci *et al.*, 2012).

Ces dernières années, l'élevage de lapins en Algérie a connu un nouvel essor (Figure 08). Ce développement est soutenu par plusieurs facteurs tels que : la mise en place de mécanismes de financement divers pour le développement des fermes cunicoles par les autorités, dans le but de promouvoir la production animale et de diversifier l'offre de protéines d'origine animale (Mouhous et al., 2021). Des aides publiques à l'installation de nouveaux éleveurs de lapins (Mouhous et al., 2019).



Figure 08. Quelques exemples d'élevages de lapins en Algérie (Sanah, 2017).

1.8.1. Difficultés de l'élevage cunicole en Algérie

À l'instar de bon nombre de nations africaines en voie de développement, l'Algérie en est encore aux premiers stades de la constitution d'un secteur cunicole dynamique. L'élevage de lapins reste une activité de production marginale. Dans les zones rurales, il se présente toujours sous la forme d'exploitations individuelles de petites taille (Merad et al., 2015).

Deux études menées par [Zerrouki et al. \(2005b\)](#) et [Kadi et al. \(2008\)](#) dans la région de Tizi-Ouzou ont mis en lumière des défis majeurs auxquels est confronté l'élevage ovin. Les résultats indiquent que le secteur est marqué par plusieurs problématiques, dont: Coûts élevés des aliments, l'absence d'une chaîne de commercialisation structurée et efficace. Ces conjonctures défavorables ont eu un impact considérable sur le tissu productif local, conduisant à la cessation d'activités de la majorité des exploitations établies.

Une enquête réalisée par [Sanah \(2017\)](#) auprès d'éleveurs algériens a révélé que les éleveurs de lapins algériens font face à quatre défis principaux: Problèmes sanitaires, le coût élevé des aliments et d'investissement, ainsi que les contraintes de commercialisation.

L'amélioration de l'élevage cunicole repose sur un ensemble de mesures visant à la fois à soutenir les éleveurs dans leur production, à structurer le marché et à promouvoir la filière auprès des consommateurs.

1.8.2. Création de nouvelle souche synthétique

Dans les pays en développement, l'approche la plus efficace est le développement de lignées synthétiques, créées par le croisement de populations ou races locales avec des souches européennes sélectionnées. Ces souches proviennent principalement de l'Université de Valence (Espagne) et de l'INRA (France). Elles peuvent être spécialisées en lignées maternelles, paternelles ou polyvalentes. Cette approche permet de tirer parti des caractères complémentaires des populations locales, bien adaptées à l'environnement, et des souches sélectionnées. Elle permet également d'exploiter la moitié de l'hétérosis. Les estimations favorables de l'hétérosis directe et maternelle observées pour la reproduction, la lactation, la croissance, les caractéristiques de la carcasse et les paramètres physiologiques liés au stress thermique encouragent les producteurs de lapins des pays chauds à utiliser ces lignées ([Khalil et Bolet, 2010](#)).

Dans le but de stimuler la production de viande en Algérie, un programme d'amélioration génétique des lapins a été élaboré depuis 2004 en collaboration entre l'Institut technique algérien d'élevage (ITELV) à Baba Ali près d'Alger, l'INRA de Toulouse et l'université de Tizi-Ouzou, avec l'assistance de deux experts français : M. Bolet (généticien) et M. Lebas (nutritionniste).

Afin d'améliorer les performances de production cunicole en Algérie, une nouvelle souche synthétique appelée ITELV2006 a été développée par l'Institut Technique des Elevages (ITELV) en collaboration avec l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). La souche INRA2666, issue du croisement de la souche INRA2066 et de la souche Verde de l'Université polytechnique de Valence, a été choisie comme race paternelle en raison de ses performances de croissance et de reproduction reconnues. Les femelles de la population locale algérienne ont été sélectionnées comme race maternelle (Gacem et Bolet, 2005).

La descendance F1 a été répartie en 9 familles distinctes, chacune composée de 9 femelles et de 2 à 4 mâles. Afin de minimiser la consanguinité, un système de rotation entre familles a été mis en place pour la production de la génération F2. 81 femelles F1 et 18 mâles F2 ont été utilisés à cet effet. La même approche a été employée pour obtenir les générations F3 et F4. À partir de la génération F5, la descendance a été considérée comme la première génération (G0) de la véritable souche ITELV2006. Cette génération G0 a ensuite été sélectionnée sur la base de deux critères principaux : la taille de la portée vivante à la naissance et le poids corporel à 75 jours d'âge (Brun et Baselga, 2005).

Après quatre générations d'homogénéisation, cette lignée synthétique a été comparée à deux populations locales pendant 18 mois dans des conditions identiques. Les résultats ont montré que les lapines de la lignée synthétique étaient plus lourdes (+200 à 420 g) et avaient une taille de portée observée plus élevée (+1,9 à 2,5 nés vivants) par rapport aux populations locales. Aucune interaction génotype x saison n'a affecté le classement des génotypes. Ceci indique que la lignée synthétique est bien adaptée aux conditions climatiques locales et plus productive que les populations locales. Cette comparaison confirme le potentiel de la lignée synthétique pour la production de lapins en Algérie. Elle est actuellement sélectionnée pour le poids à l'âge d'abattage et la taille de la portée. La lignée synthétique est diffusée par l'ITELV auprès des coopératives et des fermes de multiplication (Gacem et al., 2008, 2009 ; Lebas et al., 2010).

1.8.3. Chaîne d'approvisionnement et commercialisation de la viande cunicole

La chaîne d'approvisionnement du lapin a connu de profondes mutations logistiques et organisationnelles au fil des siècles. Avant l'ère industrielle, les éleveurs vendaient leurs lapins aux bouchers ou les commercialisaient directement sur les marchés. De nombreux systèmes urbains de production et de boucherie étaient implantés dans les zones rurales (Składanowska-Baryza et Stanisz, 2019).

En général, la chaîne de production du lapin dans le monde est composée de fournisseurs d'intrants, d'éleveurs de lapins à des fins bouchères, d'abattoirs/découpeurs, de distributeurs et enfin de consommateurs (Cullere et Dalle Zotte, 2018).

L'unité d'abattage est souvent liée à l'industrie de transformation, qui gère également le conditionnement de la viande de lapin et peut également assurer l'activité d'exportation. (Baviera-Puig *et al.*, 2017 ; Cullere et Dalle Zotte, 2018).

Dans les pays européens, le responsable de l'abattoir effectue soit la première activité de commercialisation en fournissant les grandes surfaces, soit en commercialisant les carcasses/découpes auprès des grossistes, puis en suivant le circuit traditionnel (boucheries) (Cullere et Dalle Zotte, 2018). En Algérie, l'amont de la filière cunicole est constitué d'éleveurs et de revendeurs, tandis que l'aval est constitué de bouchers et de consommateurs. Les éleveurs qui présentent le maillon initial de la chaîne commerciale du lapin vendent leurs lapins à quatre types d'acheteurs : les consommateurs, les bouchers, les revendeurs et, depuis peu, l'abattoir (Sanah *et al.*, 2022).

1.8.4. Prix de la viande cunicole

La production de viande de lapin dans les pays développés n'est pas aussi bien établie que celle d'autres types de viande, principalement en raison de la difficulté à réduire le coût de l'alimentation des lapins. En effet, le coût de production de la viande de lapin est deux fois plus élevé que celui des poulets de chair. Toutefois, dans les pays développés, où la consommation de viande ne croît pas rapidement, la concurrence entre les différents types de viande est forte. Comme la viande de lapin est plus chère que les autres viandes blanches, sa consommation restera probablement limitée si elle n'est vendue que sous forme de carcasses entières (Maertens, 1999 ; Dalle Zotte, 2002). En Algérie, le prix constitue un obstacle majeur à la consommation de viande de lapin. Le prix moyen d'un kilogramme de cette viande s'élève à $(750,14 \pm 150,18)$ DA, affichant une tendance à la hausse au fil des années. Cette augmentation tarifaire positionne le lapin comme une viande de luxe, accessible à une clientèle sélective. En comparaison, le prix moyen du poulet s'établit à 280 DA le kilogramme, soit un ratio de 2,67 par rapport au lapin. Ceci corrobore les données de Sanah *et al.* (2020) qui démontrent que le poulet est la viande la plus consommée et la plus accessible en Algérie. Cette disparité de prix s'observe également dans les pays sous-développés, où la viande de lapin est généralement deux fois plus chère que la viande de poulet et d'autres viandes blanches. Ce facteur explique en grande partie sa faible consommation, notamment au sein des ménages à faible revenu (Dalle Zotte, 2002).

Chapitre II:
Transformation post-
mortem du muscle de
lapin en viande

Chapitre 2. Transformation post-mortem du muscle de lapin en viande

2.1. Définition de la viande

La viande est l'ensemble des tissus comestibles d'un animal consommés comme nourriture. Elle constitue une source alimentaire pour l'homme depuis des millénaires. Selon « American Meat Science Association », la viande est principalement constituée de muscles squelettiques striés et des tissus associés provenant d'espèces mammifères, aviaires, reptiles, amphibiens et aquatiques couramment récoltées pour la consommation humaine. Les abats comestibles, constitués d'organes et de tissus musculaires non squelettiques, sont également considérés comme de la viande. Bien que les os ne soient pas considérés indépendamment comme de la viande, lorsqu'ils sont associés à une portion de viande avec os, comme un steak ou une côtelette, ils sont alors considérés comme de la viande ([Boler et Woerner, 2017](#)).

2.2. Structure du muscle squelettique strié

Le muscle squelettique strié, tissu hétérogène se transformant en viande après la mort de l'animal, joue un rôle prépondérant dans la détermination de la qualité de cette dernière. Représentant 40 à 50 % du poids vif des animaux domestiques destinés à la production de viande, ce tissu musculaire est principalement constitué de fibres musculaires entourées de plusieurs couches de tissu conjonctif. Cette organisation hétérogène confère au muscle ses propriétés fonctionnelles et détermine en partie les caractéristiques de la viande issue de sa transformation ([Jurie et Listart, 2010](#)).

Le muscle squelettique, responsable du mouvement volontaire du corps, présente une organisation hiérarchique complexe, allant de l'enveloppe externe aux éléments contractiles les plus fins. Cette organisation assure la cohésion, la vascularisation et l'innervation des fibres musculaires, permettant leur contraction efficace (Figure 09). L'épimysium est une enveloppe fibreuse de tissu conjonctif dense qui recouvre le muscle. Un muscle est séparé d'un autre par cette enveloppe. Elle se prolonge dans la plupart des muscles avec le tendon pour l'attacher à l'os. Le périmysium est un tissu conjonctif intramusculaire qui regroupe les fibres musculaires en faisceaux à l'intérieur. Le tissu conjonctif est un tissu lâche composé de cellules et d'une matrice extracellulaire qui renferme les lipides intramusculaires ainsi que le système vasculaire et nerveux qui alimente les fibres. L'endomysium, qui entoure la fibre musculaire, se prolonge dans le périmysium ([Lüllmann-Rauch et Sprumont, 2008](#) ; [Frontera et Ochala, 2015](#)).

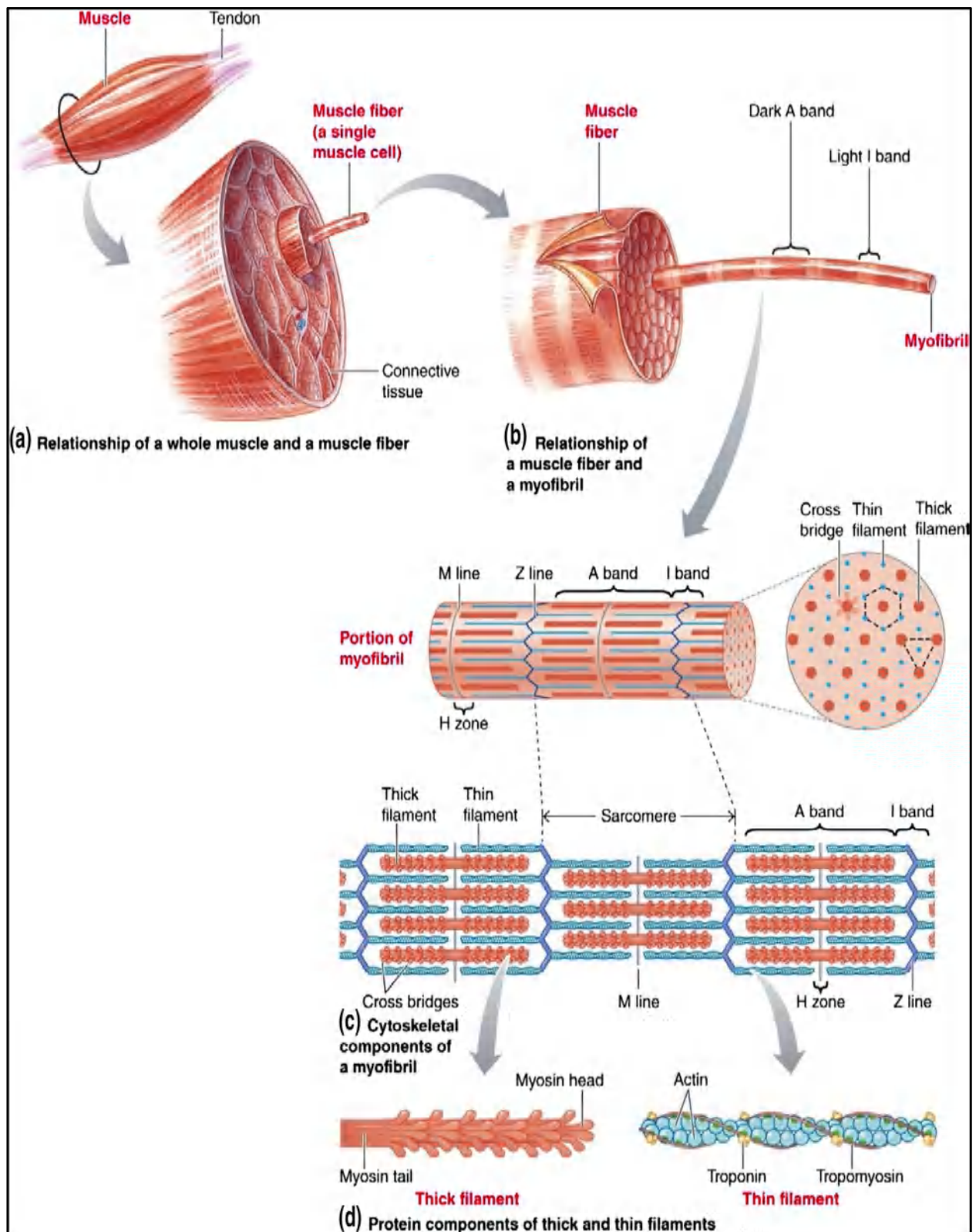


Figure 09. Structure du muscle squelettique (Frontera and Ochala, 2015).

2.3. Protéines musculaires

D'après [Smulders et al. \(2014\)](#), les protéines musculaires peuvent être classées en trois catégories principales : les protéines sarcoplasmiques, les protéines myofibrillaires et les protéines du stroma :

- **Protéines sarcoplasmiques:** peuvent être dissoutes dans l'eau ou dans des solutions salines à faible concentration d'ions. Bon nombre d'entre elles sont des enzymes impliqués dans la dégradation du glycogène.
- **Protéines myofibrillaires:** Ces protéines, qui peuvent être subdivisées en protéines contractiles et cytosquelettiques, constituent la majeure partie du mécanisme contractile du muscle et ne sont solubles que dans des solvants à force ionique plus élevée que celle requise pour l'extraction des protéines sarcoplasmiques. Les principales protéines contractiles sont la myosine, l'actine et le complexe troponine-tropomyosine.
- **Protéines du stroma:** Elles comprennent le collagène, l'élastine et la réticuline, toutes présentes dans le tissu conjonctif, ainsi que les protéines que l'on trouve dans les systèmes membranaires des organites cellulaires musculaires, tels que les mitochondries et le réticulum sarcoplasmique.

2.4. Types de fibres musculaires chez le lapin

Dans un même muscle, les fibres présentent des différences en termes de morphologie, de physiologie et de biochimie. Les muscles du lapin sont composés d'un mélange de fibres de diverses natures, en proportions différentes selon leur fonction (posture, propulsion, respiration, etc.) et leur position anatomique. À l'avant de la carcasse se trouvent les fibres les plus oxydatives, tandis que celles de la cuisse et du filet sont les moins. Il y a donc deux grandes catégories de fibres musculaires chez le lapin en fonction de leur vitesse de contraction : les fibres lentes (fibres de type I) et les fibres rapides (fibres de type IIA, IIX et IIB) ; ([Delmas et Ouhayoun, 1990](#)).

Les fibres musculaires nécessitent de l'énergie provenant de l'hydrolyse de l'ATP en ADP par l'ATPase myofibrillaire. Les propriétés contractiles des fibres musculaires dépendent du type d'ATPase porté par la myosine, la principale protéine constitutive des myofibrilles ([Hämäläinen et Pette, 1993](#) ; [Gondret et Bonneau, 1998](#)).

2.5. Composition biochimique du muscle à l'abattage

Au moment de l'abattage (10 à 11 semaines), la musculature squelettique du lapin constitue environ 70% du poids de la carcasse. Biochimiquement, ces muscles présentent une forte concentration d'eau (70 à 74%) et de protéines (20 à 23%). Ces protéines sont composées de 60 % de protéines myofibrillaires, 29 % de protéines sarcoplasmiques et 11 % de protéines du tissu conjonctif (principalement collagène). Les muscles renferment aussi des lipides, qui représentent entre 0,8 et 5,0% du poids net. Le muscle strié du squelette est constitué essentiellement de fibres musculaires capables de se contracter sous l'action d'un neurone moteur. Le tissu conjonctif, qui structure les fibres musculaires en faisceaux et enveloppe les éléments vasculaires et neuronaux, est responsable de l'efficacité de la contraction. Des amas d'adipocytes se forment ([Gondret et Bonneau, 1998](#)).

2.6. Transformation *post-mortem* du muscle en viande

La conversion du muscle en viande, c'est-à-dire la transformation des tissus vivants en un produit carné qui devient finalement comestible, est une étape cruciale de la production de viande. Cependant, cette transformation est un processus complexe et imbriqué, où la biochimie, la physiologie, la nutrition, la santé, la technologie et d'autres facteurs se combinent pour affecter la structure, l'intégrité et le protéome du muscle. Les modifications biochimiques qui se produisent lors de l'abattage de l'animal ont une influence considérable sur la qualité de la viande et sur les étapes ultérieures de sa transformation. Ces changements sont communément désignés sous le nom de modifications *post-mortem* et se distinguent par des modifications importantes de la structure et de la nature des éléments musculaires ([Paredi et al., 2012](#)).

Lorsque le muscle se transforme en viande, il traverse successivement trois étapes distinctes : la mort cellulaire programmée (apoptose), la rigidité *mortis* et la maturation ([Ouhayoun, 1990 ; Ouali, 1991](#)). Ces étapes sont résumées de manière succincte dans la figure 10.

2.6.1. Mort cellulaire programmée

Pendant le processus d'abattage, la carcasse est exsanguinée, ce qui prive les cellules musculaires de nutriments et d'oxygène. Cette situation extrême provoque la mort cellulaire programmée, aussi connue sous le nom d'apoptose. L'apoptose précoce joue un rôle essentiel en favorisant l'action des autres systèmes protéolytiques, ce qui favorise la dégradation contrôlée des tissus musculaires et la maturation de la viande ([Ouali et al., 2006](#)).

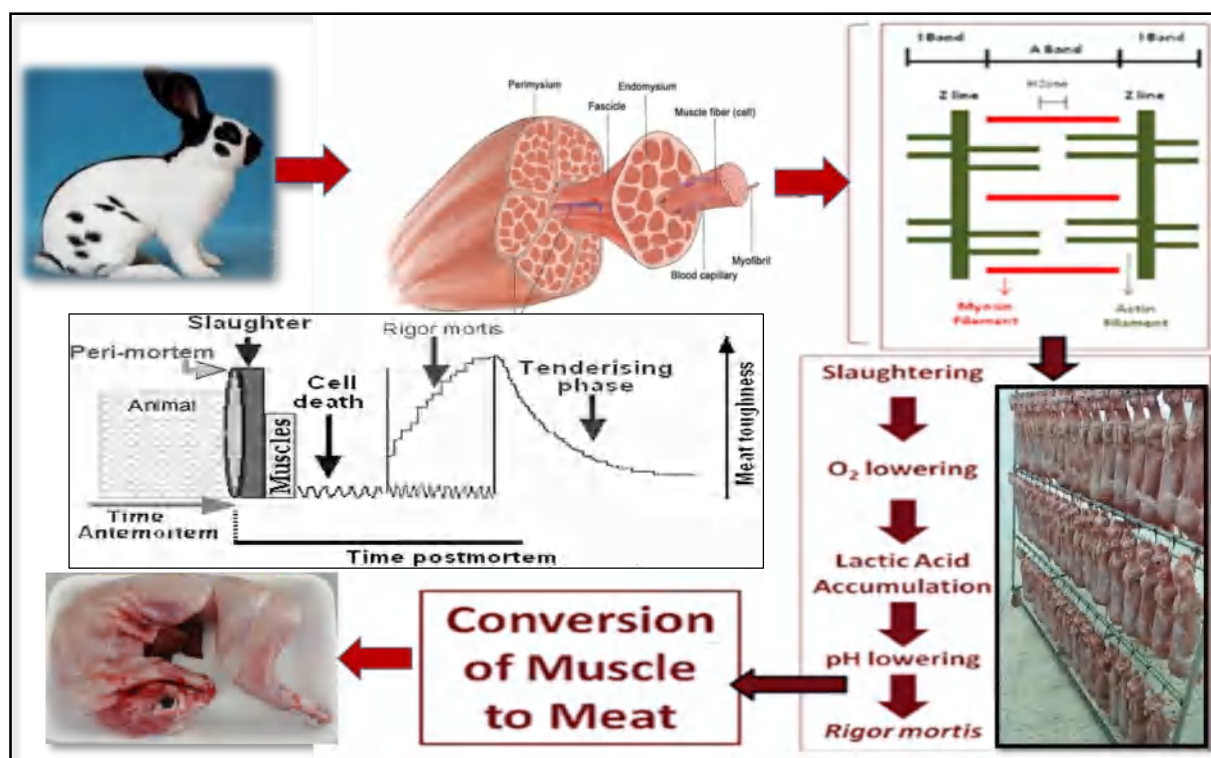


Figure 10. Représentation schématique des phases de transformation du muscle en viande (Ouali et al., 2006; Paredi et al., 2012, modified).

2.6.2. Installation de la rigidité cadavérique ou *Rigor mortis*

La concentration d'ATP reste relativement stable après la mort de l'animal tant que la concentration de phosphocréatine reste élevée. Quand il n'y a plus suffisamment de phosphocréatine pour compenser la diminution d'ATP, la concentration de ce dernier diminue et la rigidité du corps induite. La glycolyse, qui produit de l'ATP à partir du glycogène, ne permet pas de contrebalancer son hydrolyse. Effectivement, l'ATP, responsable de l'énergie requise pour la contraction musculaire, agit également comme un plastifiant, ce qui permet au muscle de se détendre. En l'absence d'ATP, on comprend facilement que le muscle perd son élasticité et devient rigide (Ouali, 1991 ; Santé et al., 2001).

2.6.3. Maturation et attendrissement musculaire

La maturation, (qui peut durer plusieurs jours), est un processus essentiel qui entraîne la croissance du muscle. Pendant cette phase, la dureté du muscle est considérablement diminuée, pouvant atteindre 80 %. Le muscle peut retrouver sa longueur pré-rigor grâce à cette diminution de la dureté lors d'un étirement, mais à la différence de l'état pré-rigor, cet étirement n'est plus réversible. La maturation est un processus biologique qui repose sur la libération des liens entre les fibres musculaires.

L'action d'un groupe d'enzymes spécifiques, les protéases, est responsable de ce relâchement, qui détruit les protéines du muscle. Les structures myofibrillaires et les protéines associées sont touchées par cette dégradation, connue sous le nom de protéolyse post mortem, ce qui entraîne une sensation d'attendrissement de la viande (Ouali, 1990 ; Ouali, 1991 ; Taylor et al., 1995).

2.7. Evolutions des paramètres physico-chimiques et biochimiques au cours de la transformation du muscle en viande

L'attendrissement de la viande est fortement influencé par l'évolution des paramètres physico-chimique, enzymatique et structural pendant sa transformation.

2.7.1. Évolution du pH musculaire

Le muscle, privé d'oxygène et de nutriments après l'abattage, cherche à préserver son intégrité en épuisant ses propres réserves d'énergie (phase de *rigor mortis*). La manifestation de ce phénomène est une accumulation d'acide lactique et une diminution consécutive du pH, ce qui est connu sous le nom d'acidification musculaire. Selon Huff-Lonergan et Lonergan (2007), cette acidification entraîne une diminution de la capacité de rétention d'eau (CRE) et de la libération de calcium, ce qui entraîne la formation de ponts actomyosiniques entre les filaments de myosine et d'actine.

Le pH diminue de 7,0-7,2 à un pH maximal, qui varie de 5,6 à 6,4 en fonction des muscles. La vitesse d'acidification chez le lapin serait d'environ 3,10-3 unités de pH par minute, à la fois dans les muscles oxydatifs et dans les muscles oxydatifs. La variation du pH, mesurée par la mesure du pH ultime du muscle, est principalement influencée par la quantité de glycogène présente lors de l'abattage (Renou et al., 1986 ; Delmas et Ouhayoun, 1990 ; Gondret et Bonneau, 1998).

2.7.2. Évolution de la capacité de rétention d'eau

Les interactions entre les protéines myofibrillaires et l'eau se transforment après la mort de l'animal. Effectivement, pendant la maturation post-mortem, le pH diminue et se rapproche du point isoélectrique des protéines myofibrillaires ($pH_i = 5$). La diminution du pH provoque une réduction du réseau de protéines myofibrillaires. Selon Offer et Knight (1988) et Boakye et Mittal (1993), les espaces intra et intermyofibrillaires diminuent et l'eau est expulsée vers l'espace extracellulaire, puis à l'extérieur de la cellule.

Ainsi, le temps de maturation *post-mortem* diminue la capacité de rétention d'eau des protéines myofibrillaires. Selon [Boakky et Mittal \(1993\)](#), il existe une corrélation positive entre la vitesse de réduction du pH et la capacité de rétention d'eau des protéines. La capacité de rétention d'eau des protéines sera diminuée à mesure que la température augmente ([Hamm, 1982](#) ; [Lesiak et al., 1996](#)).

2.7.3. Évolution de la pression osmotique

Après la mort de l'animal, la pression osmotique augmente immédiatement et tend à se stabiliser à la fin de la période de *rigor mortis* ([Bonnet et al., 1992](#)). La pression osmotique maximale atteinte dans la phase *post-rigor* est fortement dépendante du muscle, cela peut en partie expliquer la différence de capacité de rétention d'eau entre les muscles d'une même carcasse. Lorsque le pH musculaire diminue, les espaces extracellulaires deviennent hyperosmotiques, ce qui provoque une migration de l'eau hors des cellules musculaires jusqu'à ce que le sarcolemme devienne perméable aux protéines et aux ions ([Smulders et al., 2014](#)).

2.7.4. Évolution des systèmes enzymatiques

Le processus de maturation de la viande est principalement régi par des mécanismes enzymatiques. Ces enzymes provoquent une dégradation partielle et contrôlée (protéolyse ménagée) des constituants myofibrillaires, les structures contractiles du muscle. Cette fragilisation structurale est à l'origine de l'attendrissement et du développement des saveurs caractéristiques de la viande maturée ([Ouali, 1991](#)). Plusieurs systèmes enzymatiques semblent jouer un rôle dans ce processus, agissant conjointement au sein du tissu musculaire. Parmi les plus importants, Selon [Ouali et al. \(1987\)](#) et [Blanchet \(2010\)](#), on peut mentionner les cathepsines lysosomales, le couple calpaïnes/calpastatine, qui est certainement le système le plus étudié, les matrixines, les protéases à sérine, les caspases et le protéasome

2.7.5. Évolution des protéines myofibrillaires

Les altérations des protéines myofibrillaires sont responsables de la réduction de la dureté de la viande ou de son accroissement. Les calpaïnes, protéases calcium-dépendantes fonctionnant à pH neutre, et les cathepsines, protéases lysosomales acides, sont responsables de l'évolution de la structure myofibrillaire des muscles de lapin. La protéolyse *post-mortem* est plus sensible chez les myofibrilles de type rapide que chez les myofibrilles de type lent, du moins lorsqu'elle est réalisée *in vitro* par une attaque à la calpaïne.

La maturation de la viande serait donc d'autant plus rapide que le muscle est riche en fibres rapides. Toutefois, comme cela a été prouvé chez le bovin ([Ouali et al., 1987](#) ; [Ouali et al., 1988](#) ; [Zamora et al., 1996](#)).

2.7.6. Évolution de la structure collegénique

Le collagène, l'élément principal du tissu conjonctif, est essentiel pour la texture de la viande. Le processus de maturation ne modifie pas ses caractéristiques thermiques et mécaniques, ce qui définit une fermeté de base de la viande. La contribution du collagène à la dureté globale de la viande semble faible chez le lapin, animal relativement jeune, en raison de sa faible masse musculaire et de sa forte solubilité thermique ([Gondret et Bonneau, 1998](#)).

Chapitre III :
Qualités de viande
et de carcasse de
lapin

Chapitre 3. Qualités de viande et de carcasse de lapin

3. Qualités de la viande et de la carcasse de lapin

Les qualités de la viande cunicole englobent les aspects d'hygiène liés à la sécurité et à la toxicologie (présence de micro-organismes indésirables ou de résidus tels que des antibiotiques, des hormones ou des contaminants chimiques), la valeur nutritionnelle et les attributs technologiques et sensoriels ([Cavani et al., 2009](#)).

En général, la qualité de la viande est évaluée en utilisant une combinaison d'analyses chimiques et histologiques des propriétés musculaires, de mesures objectives des propriétés de la viande fraîche ou cuite, et de scores subjectifs attribués par des panels de dégustation entraînés. Traditionnellement, elle comprend des facteurs tels que la capacité de rétention d'eau, l'évaluation de la couleur de la surface musculaire fraîchement coupée, les pertes à la cuisson et le pH mesuré après 24 h de l'abattage, qui sert d'indicateur de la qualité technologique et organoleptique. Des données récentes suggèrent que les propriétés sensorielles, en particulier la tendreté et la saveur, sont également des critères importants qui influencent le choix des consommateurs ([Dalle-Zotte, 2002](#)).

Afin d'évaluer la tendreté de la viande de lapin, on utilise à la fois des mesures instrumentales de la texture et des évaluations sensorielles. De plus, la teneur et la composition de la graisse intramusculaire ont été considérées comme des facteurs importants pour la qualité gustative, bien que la relation entre la teneur en graisse de la viande de lapin et la perte en eau à la cuisson ou les caractéristiques sensorielles reste quelque peu sujette à discussion. Enfin, le nombre, la taille et la fréquence des types de fibres musculaires au moment de l'abattage peuvent également jouer un rôle dans la qualité sensorielle de la viande ([Gondret et al., 1998](#) ; [Hernandez et al., 1998](#) ; [2000](#) ; [Hernandez, 2006](#)). Les caractéristiques de la viande et de la carcasse sont présentées dans le tableau 01.

Tableau 01. Caractéristiques qualitatives de la carcasse et de la viande chez le lapin (Cavani et al., 2009).

Type	Caractéristique de qualité
Carcasse	Qualité hygiénique (charge microbienne et résidus chimiques) Rendement à l'abattage Poids de la carcasse et des principaux découpages Aspect (couleur et conformation) Dépôt de tissu adipeux (consistance et couleur) Rendement en viande Présence de défauts (blessures, fractures osseuses, etc.)
Viande	Qualité hygiénique (charge microbienne et résidus chimiques) Aspect (couleur, forme et taille) Valeur nutritionnelle (composition chimique et qualité des protéines et lipides) Caractéristiques technologiques (pH, capacité de rétention d'eau, texture, sensibilité à l'oxydation, etc.) Attributs sensoriels (tendreté, jutosité et saveur)

3.1. Qualité bouchère et composition de la carcasse à l'abattage

La qualité de la carcasse doit répondre à des objectifs économiques, tels que le rendement en viande vendable, l'aspect et l'attractivité pour le consommateur. Chez le lapin, la qualité de la carcasse concerne principalement :

- **Poids de la carcasse:** Il varie de 1,0 à 1,8 kg, selon les pays ou régions européens considérés.
- **Rendement à l'abattage:** ou rendement en carcasse, appelé carcasse entière (55 à 60% du poids vif).
- **Rendement en morceaux de découpe:** La carcasse de lapin peut suivre une dissection anatomique en suivant les articulations anatomiques (partie avant, partie intermédiaire et partie arrière), ou elle peut suivre la dissection technologique, qui se traduit par quatre parties principales : pattes avant, cage thoracique, longe et pattes arrière. La longe, les pattes avant et les pattes arrière sont considérées comme les premiers morceaux de découpe, tandis que la cage thoracique est classée comme un morceau de deuxième catégorie (Figure 11). En conséquence, le rendement du longe varie entre 23 et 28 % et celui des pattes arrière entre 27 et 29 % de la carcasse réfrigérée (Blasco et Ouhayoun, 1993).

- **Chair:** La "chair" est définie par le rapport viande/os de la carcasse de référence (7,0 à 8,0) ou de la cuisse arrière (5,5 à 6,0). Ce rapport est considéré comme le meilleur indicateur de la qualité de la viande.
- **Résistance des os des pattes:** La résistance des os des pattes peut également être considérée comme un facteur de qualité, tant pour les animaux vivants que pour les carcasses vendues.
- **Graisse:** La "graisse" est exprimée en pourcentage de gras dissécable (3 à 6 % de la carcasse de référence).
- **Perte en ressuage:** Les pertes au refroidissement varient de 2,4 à 4 % de la carcasse ([Blasco et Ouhayoun, 1996](#) ; [Colin, 1999](#) ; [Hernández, 2006](#)).

En général, la recherche sur la composition de la carcasse chez les animaux d'élevage prend de plus en plus d'importance, car les consommateurs exigent des carcasses de plus en plus maigres, attrayantes et implicitement, saines. Heureusement, la carcasse de lapin commercial est assez maigre et ne présente pas de problèmes qualitatifs graves liés à des anomalies de la biologie musculaire ou à la manipulation avant et après l'abattage, par rapport à d'autres espèces ([Ouhayoun, 1992](#)).

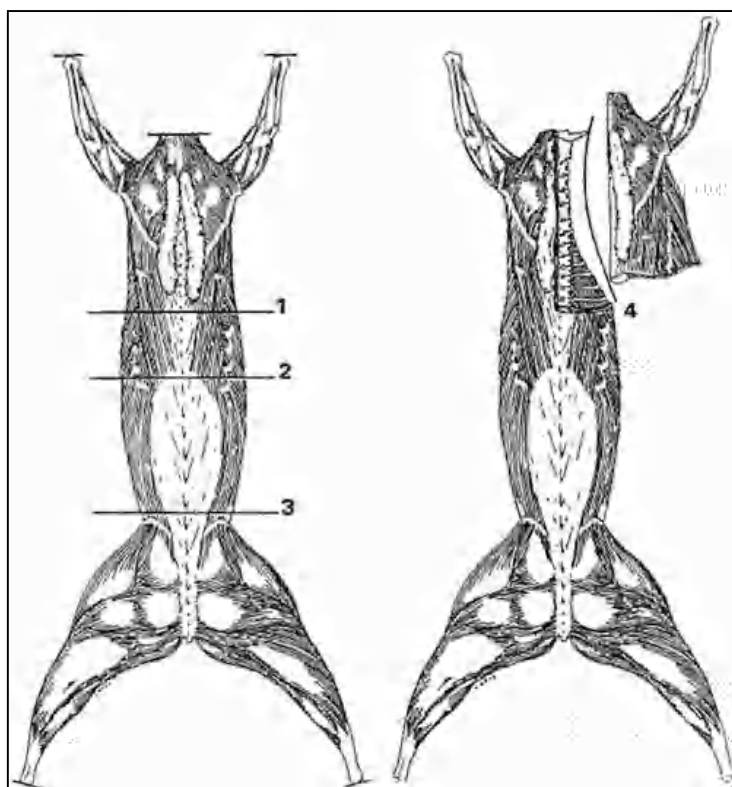


Figure 11. Découpe de la carcasse de lapin selon la division anatomique (coupes 2 et 3) et la division technologique (coupes 1, 3 et 4) ([Blasco and Ouhayoun, 1993](#)).

Les lapins sont disponibles à la vente sous diverses formes, notamment des carcasses entières, des morceaux de découpe et des produits de charcuterie. Par conséquent, de nombreux facteurs liés à la qualité de la carcasse et de la viande doivent être pris en compte. Selon les normes établies par « World Rabbit Science Association » les caractéristiques de composition corporelle les plus couramment mesurées comprennent: le rendement à l'abattage, les proportions des parties avant, intermédiaire et arrière de la carcasse réfrigérée, l'engraissement de la carcasse et le rapport muscle-os ([Blasco et Ouhayoun, 1996](#)).

Les caractéristiques des carcasses de lapin peuvent être affectées par plusieurs facteurs: la génétique, l'âge et le poids, le mode d'alimentation, les conditions environnementales (température et saison), la densité de peuplement et la taille du groupe, les conditions avant l'abattage et les facteurs technologiques. Les lapins élevés à des fins de viande dans des systèmes intensifs sont des hybrides spécialisés abattus à l'âge de 11-13 semaines et, par conséquent, caractérisés par l'uniformité des caractéristiques de la carcasse ([Blasco et Ouhayoun, 1996](#)).

3.2. Qualité nutritionnelle de la viande de lapin

Il est de plus en plus crucial de prendre en compte la valeur nutritionnelle de la viande afin de déterminer sa qualité et son acceptabilité par les consommateurs. La viande représente une composante essentielle de protéines et d'acides aminés. Mais elle constitue aussi une importante source d'acides gras saturés, qui, en excès, peuvent être associés à des maladies chroniques non carencielles comme l'obésité, le diabète de type 2 et les maladies cardiovasculaires. De nombreux chercheurs ont récemment étudié la valeur nutritionnelle de la viande de lapin, montrant qu'elle est plus nutritive que d'autres viandes ([Dalle Zotte, 2004](#) ; [Combes, 2004](#) ; [Combes et Dalle Zotte, 2005](#)).

Outre l'eau, les protéines et les lipides sont les principaux constituants de la viande. De plus, la viande est une source importante de micronutriments facilement absorbables, notamment de vitamines et de minéraux ([Hernandez, 2006](#)).

La viande de lapin possède des propriétés nutritionnelles et diététiques exceptionnelles. Selon les tableaux 02 et 03, la composition proximale de la viande révèle une richesse en protéines supérieure à d'autres types de viandes (environ 22 % pour le filet (muscle *Longissimus dorsi* ou LD) et la viande de cuisse arrière) ([Hernández and Dalle Zotte, 2010](#)).

La partie maigre de la viande (teneur en eau et en protéines) est relativement constante ($73,0 \pm 2,3$ g d'eau et $21,5 \pm 1,4$ g de protéines pour 100 g de viande), avec une tendance à la diminution de la partie médiane (filet) vers la partie arrière puis vers la partie avant de la carcasse. La teneur en minéraux est également constante, se situant autour de 1,2-1,3 g/100 g de viande. Le filet est le morceau le plus maigre de la carcasse du lapin, avec une teneur moyenne en lipides de 1,8 g/100 g de viande, tandis que la partie la plus grasse est la partie avant, avec une teneur moyenne en lipides de 8,8 g/100 g. Le morceau quantitativement le plus important est la cuisse arrière, et sa teneur en lipides est assez faible (en moyenne 3,4 g/100 g) par rapport aux autres viandes (Hernández and Dalle Zotte, 2010).

Tableau 02. Composition chimique et valeur énergétique des portions de viande de lapin (Hernández and Dalle Zotte, 2010).

	Membres antérieurs	Râble (<i>Longissimus dorsi</i>)	Membres postérieurs	Carcasse
Eau, g/100 g	69,5	74,6	73,8	69,7
Protéine, g/100 g	18,6	22,4	21,7	20,3
Lipide, g/100 g	8,8	1,8	3,4	8,4
Cendre, g/100 g	-	1,2	1,2	1,8
Energie, kJ/100 g	899	603	658	789

Selon Dalle Zotte (2002), la quantité de lipides varie considérablement en fonction de la portion prise en compte, ainsi que des facteurs de production, notamment l'alimentation. La viande de lapin présente une valeur énergétique modérément élevée (de 603 kJ/100 g dans le filet à 899 kJ/100 g dans la partie avant), qui est principalement influencée par sa teneur élevée en protéines (60 % de la valeur énergétique), (Dalle Zotte et Szendrő, 2011).

Tableau 03. Composition chimique et valeur énergétique des viandes (pour 100 g de partie comestible) (Salvini et al., 1998).

	Porc		Bovin		Ovin		Poulet		Lapin	
	Inter.	Moy.	Inter.	Moy.	Inter.	Moy.	Inter.	Moy.	Inter.	Moy.
Eau (g)	60-75,3	70,5	66,3-71,5	69,1	70,1-76,9	73,5	67,0-75,3	72,2	66,2-75,3	70,8
Protéine(g)	17,2-19,9	18,5	18,1-21,3	19,5	20,3-20,7	20,5	17,9-22,2	20,1	18,1-23,7	21,3
Lipide(g)	3-22,1	8,7	3,1-14,6	9,0	1-7	4,0	0,9-12,4	6,6	0,6-14,4	6,8
Energie (kJ)	418-1121	639	473-854	665	385-602	493,5	406-808	586	427-849	618

Inter :intervalle ; moy :moyenne.

3.2.1. Teneur en minéraux

La viande est une source importante de minéraux. Les viandes rouges, en particulier la viande bovine, sont l'une des sources les plus abondantes en fer (1,8- 2,0 et 3,3 mg/100 g pour le bœuf et l'agneau, respectivement). Comme le montre le tableau 04, la viande de lapin, comme les autres viandes blanches, ne contient que des quantités modestes de fer (1,3 et 1,1 mg/100 g dans le partie arrière et le râble, respectivement). Cependant, le fer contenu dans la viande est principalement du fer héminique, qui est facilement absorbable. Pour cette raison, la viande de lapin peut contribuer à couvrir une partie des besoins journaliers recommandés en fer (AJR). La viande de lapin présente une faible concentration de sodium: 37 mg/100 g dans le râble et 49,5 mg/100 g dans les cuisses. Cette caractéristique rend la viande cunicole particulièrement adaptée aux régimes alimentaires des personnes souffrant d'hypertension. Le phosphore, deuxième minéral le plus abondant dans la viande en termes de quantité, est particulièrement présent dans la viande de lapin (234 et 222 mg/100 g dans le cuisse et le râble, respectivement) (Parigi Bini *et al.*, 1992 ; Williams, 2007).

La quantité de sélénium contenue dans la viande de lapin varie considérablement en fonction de la quantité ajoutée à l'alimentation, allant de 9,3 µg/100 g de viande dans les régimes non supplémentés à environ 39,5 µg/100 g de viande dans les aliments enrichis à 0,50 mg de sélénium/kg d'aliment. On a constaté que 140 g de viande de lapins nourris avec des aliments enrichis en sélénium pouvaient couvrir l'AJR en sélénium pour les adultes (Rayman, 2004 ; Dokoupilová *et al.*, 2007).

Tableau 04. Teneur en minéraux de différentes viandes (mg/100 g de partie comestible) (Dalle Zotte, 2004; Dalle Zotte and Szendrő, 2011).

	Lapin	Bovin	Poulet	Porc	Ovin
K	428-431	330-360	260-330	300-370	260-360
P	222-234	168-175	180-200	158-223	170-214
Fe	1,1-1,3	1,8-2,3	0,6-2,0	1,4-1,7	0,8-2,3
Na	37-47	51-89	60-89	59-76	83-89
Ca	2,7-9,3	10-11	11-19	7-8	9-14
Sélénium, µg	9,3-15	17	14.8	8,7	<10

3.2.2. Teneur en vitamines

La viande est une source importante de vitamines B biodisponibles, dont la teneur varie d'une espèce à l'autre et même d'un morceau de viande à l'autre au sein de la même espèce. La cuisson réduit la teneur initiale en vitamines. Environ 8 % de la riboflavine (vitamine B2), 12 % de l'acide pantothénique (vitamine B5), 21 % de la pyridoxine (vitamine B6) et 77 % de la niacine (vitamine B3) sont apportés par jour avec 100 g de viande de lapin ([Lombardi-Boccia et al., 2005](#) ; [Hernández et Dalle Zotte, 2010](#)).

Dans les pays les plus développés du monde, la carence en vitamine B12, associée à la popularité du végétarisme, est de plus en plus préoccupante. La vitamine B12 est principalement présente dans la viande de ruminants et de lapin, et une consommation de 100 g de viande de lapin représente trois fois les apports journaliers recommandés en vitamine B12 ([Dalle Zotte et Szendrő, 2011](#)). En outre, comme les autres viandes, la viande de lapin ne renferme que des traces de vitamine A. Il est cependant important de souligner qu'une grande quantité de cette vitamine est présente dans le foie de lapin comestible. La vitamine E a été ajoutée à l'alimentation (200 mg/kg) afin d'améliorer la stabilité oxydative de la viande, ce qui a entraîné une augmentation de près de 50 % de la teneur en vitamine E. En outre, la cuisson ne modifie pas la concentration en vitamine E ([Ismail et al., 1992](#) ; [Castellini et al., 2000](#) ; [Dal Bosco et al., 2001](#)).

Tableau 05. Teneur en vitamines de différentes viandes (mg/100 g de partie comestible maigre) ([Dalle Zotte, 2004](#); [Dalle Zotte and Szendrő, 2011](#)).

Vitamine	Lapin	Poulet	Veau	Vache	Porc
B₂	0,09-0,12	0,12-0,22	0,14-0,26	0,11-0,24	0,10-0,18
PP	3,0-4,0	4,7-13,0	5,9-6,3	4,2-5,3	4,0-4,8
B₁	0,18	0,06-0,12	0,06-0,15	0,07-0,10	0,38-1,12
B₆	0,43-0,59	0,23-0,51	0,49-0,65	0,37-0,55	0,50-0,62
PP	3,0-4,0	4,7-13,0	5,9-6,3	4,2-5,3	4,0-4,8
B₁₂	8,7-11,9	<1,0	1,6	2,5	1,0
E	0,16	0,26	0,12	0,09-0,20	0-0,11
D, µg	Trace	0,2-0,6	1,2-1,3	0,5-0,8	0,5-0,9

3.2.3. Teneur en acides aminés

La composition en acides aminés des protéines présentes dans diverses viandes est présentée dans le tableau 06. Non seulement cette composition diffère entre les espèces, mais aussi entre les muscles d'une même espèce. Selon [Lawrie \(1991\)](#), la quantité de tryptophane, qui est semblable chez différentes espèces, diffère de 10 % entre les différents muscles du porc.

La valeur biologique de la viande de lapin est élevée car elle renferme tous les acides aminés essentiels (AAE) indispensables à l'anabolisme des protéines dans l'organisme. Outre son taux élevé de protéines, la viande de lapin renferme des concentrations élevées d'acides aminés essentiels. La viande de lapin est la plus abondante en lysine, en acides aminés soufrés, en thréonine, en isoleucine, en leucine, en phénylalanine et en tyrosine par rapport à d'autres viandes. En raison de leur concentration élevée et équilibrée en AAE, ainsi que de leur facilité de digestibilité, les protéines de viande de lapin ont une valeur biologique accrue. En outre, la viande de lapin est dépourvue d'acide urique et peu riche en purines ([Dalle Zotte, 2004](#) ; [Hernández et Dalle, 2010](#)).

Tableau 06. Teneur en acides aminés essentiels de différentes viandes (g/100 g de partie comestible) ([Dalle Zotte, 2004](#)).

	Lapin	Veau et vache	Porc	Poulet
Arginine	1,23	1,23	0,97	1,22
Lysine	1,85	1,69	1,29	1,66
Isoleucine	0,99	0,93	0,77	0,92
Histidine	0,53	0,59	0,49	0,52
Thréonine	1,16	0,85	0,74	0,85
Valine	0,99	1,02	0,81	0,89
Phénylalanine	1,03	0,80	0,63	0,73
Tryptophane	0,21	0,22	0,20	0,21
Méthionine-Cystéine	1,10	0,74	0,60	0,77
Tyrosine	0,73	0,68	0,54	0,66
Leucine	1,81	1,57	1,20	1,60

3.2.4. Teneur en collagène

La viande de lapin est tendre et facile à digérer, comme le montre le tableau 07, en raison de sa faible élasticité et de la solubilité élevée de son collagène (Ouhayoun et Lebas, 1987 ; Combes *et al.*, 2003).

Tableau 07. Teneur (mg/g de muscle sec) et solubilité (%) du collagène dans différents types de viandes (Dalle Zotte, 2004).

	Porc (<i>L. lumbarum</i>)	Bœuf (<i>L. dorsi</i>)	Poulet (<i>Pectoralis</i>)	Lapin (<i>L. lumbarum</i>)
Collagène total	170	15-21	20	16,4
Solubilité du collagène	17,0	11-12	21,8	75,3

3.2.5. Teneur en acides gras

Concernant la teneur en matières grasses, le tableau 08 démontre que la viande de lapin pourrait être un aliment extrêmement bénéfique pour l'alimentation humaine. Les acides gras insaturés (AGI) constituent environ 60 % du total des acides gras (AG) dans la viande de lapin, tandis que la teneur en acides gras polyinsaturés (AGPI), qui représente 32,5 % du total des AG, est bien supérieure à celle des autres viandes, y compris la volaille (Salma *et al.*, 2007 ; Wood *et al.*, 2008). La principale source d'acide linoléique (18:2n-6), présente dans tous les aliments donnés à toutes les espèces animales, est l'alimentation. Il constitue $22 \pm 4,7$ % du total des AG chez le lapin. L'acide α -linolénique (18:3n-3) est aussi un acide gras essentiel (AG) comme l'acide linoléique.

La viande cunicole est particulièrement riche en acide α -linolénique (qui représente $3,3 \pm 1,5$ % du total des AG) par rapport à la quantité contenue dans les autres viandes (1,37 % du total des AG dans l'agneau, 0,95 % dans le porc et 0,14 à 2,34 % dans le bœuf). La viande de lapin contient également des proportions importantes d'AGPI à chaîne longue (C20-22), qui sont formés à partir des acides linoléique et α -linolénique (Enser *et al.*, 1996 ; Dalle Zotte et Szendrő, 2011).

Le rapport entre les oméga-6 et les oméga-3 est particulièrement intéressant parmi les AGPI. Les autorités sanitaires établissent les recommandations en se basant sur le rapport oméga-6/oméga-3 du lait maternel, qui est de 7. Le rapport oméga-6/oméga-3 des AGPI des lipides de la viande de lapin est compris entre 6 et 7, ce qui correspond très proche aux recommandations (Crawford et Marsh, 1995 ; Dalle Zotte, 2004).

La viande cunicole présente des teneurs en cholestérol inférieures à celles de toutes les autres viandes courantes : en considérant une portion de viande maigre (muscles *Longissimus thoracis* et *lumborum* pour le lapin, le bœuf, le veau et le porc, et muscle *Pectoralis major* pour le poulet), les teneurs moyennes en cholestérol sont respectivement de 47,0 ; 48,7 ; 52,3 ; 62,7 et 55,3 mg/100 g de viande. L'alimentation et, dans une moindre mesure, la sélection et les conditions d'élevage peuvent influencer le profil en acides gras de la viande de lapin. Il semble donc probable que la composition en acides gras puisse être améliorée par la sélection génétique chez les lapins (Dalle Zotte et Szendrő, 2011).

Tableau 08. Proportions relatives des différents types d'acides gras (% du total des AG) et teneur en cholestérol (mg/100 g) des lipides intramusculaires du *Longissimus dorsi* (le muscle pectorale chez le poulet) (Dalle Zotte et Szendrő, 2011).

	Porc	Bœuf	Veau	Poulet	Lapin
AGS	38,1	45,2	45,7	32,7	38,9
AGMI	46,7	43,5	39,8	35,4	28,0
AGPI	13,8	8,79	13,3	27,4	32,5
20:5 n-3	0,14	0,25	0,41	0,13	0,15
22:6 n-3	0,15	0,07	0,16	1,01	0,31
n-6	14,3	7,55	9,07	26,2	24,1
n-3	0,72	1,43	2,14	1,99	5,50
n-6/n-3	21,9	8,90	6,61	15,8	7,02
Cholestérol	62,7	48,7	52,3	55,3	47,0

AGMI : acides gras mono insaturés ; AGPI : acides gras polyinsaturés ; AGI : acides gras insaturés.

3.3. Qualité technologique de la viande de lapin

3.3.1. pH

La capacité de conservation de la viande réfrigérée dépend fondamentalement de son pH. En effet, celui-ci détermine l'équilibre microbien de l'environnement. On considère généralement que les viandes avec un pH ultime élevé, plus de 6, sont impropres à la conservation, car les micro-organismes protéolytiques y développent rapidement de mauvaises odeurs. Par contre, une viande ayant un pH trop bas (< 5,5) se distingue par une rétention d'eau plus faible lors de la conservation et de la cuisson.

Aucune anomalie musculaire significative n'a été observée chez le lapin, même dans les muscles présentant des valeurs de pH extrêmes, comme le *Longissimus lumborum* (pH = 5,5), le plus glycolytique, et le *Soleus* (pH = 6,4), le plus oxydatif (Dalle Zotte, 2004).

3.3.2. Force de cisaillement et pertes en eau à la cuisson

La viande de poulet et de lapin est généralement considérée comme étant plus tendre que les viandes rouges telles que le porc et le veau. Ceci est corroboré par des mesures de la force de cisaillement, qui est la force mécanique requise pour couper la viande. En moyenne, la force de cisaillement de la viande de poulet cuite est de 1,5 kg/cm², tandis que celle du lapin est de 3,4 kg/cm². En comparaison, la force de cisaillement du porc se situe entre 4 et 5 kg/cm², et celle du veau entre 4 et 8 kg/cm² (Tableau 09).

La viande de lapin, classée parmi les viandes "blanches", est souvent perçue comme sèche par les consommateurs, ce qui est principalement attribué à sa faible teneur en graisse intramusculaire. Cette caractéristique se traduit par une réflectance lumineuse élevée, et un faible indice de rougeur dus à une concentration en myoglobine peu élevée. Ces propriétés influencent non seulement la perception gustative de la viande de lapin mais également son évolution chromatique durant le stockage (Dalle Zotte, 2004).

Tableau 09. pH, couleur, fermeté et pertes à la cuisson des viandes (valeurs moyennes du muscle *Longissimus dorsi* ; muscle *Pectoralis major* du poulet) (Dalle Zotte, 2004).

	Lapin	Poulet	Veau	Boeuf	Porc
L*	56-60	51-53	54-55	41-44	48-52
a*	2,6-3,4	1,3-2,5	11-12	20-21	8-11
b*	4-5	13-14	8,5-9,4	11	5
pH_u	5,6-5,7	5,6-5,7	5,5-5,6	5,6	5,5-5,7
Force de cisaillement (kg/cm²)	2,4-4,5	1,4-1,7	2,5-3,1	4-8	4-5
Pertes à la cuisson (%)	20-22	20-21	29-31	27-32	29-35

3.3.3. Capacité de rétention d'eau

La CRE de la viande se définit comme son aptitude à maintenir son contenu hydrique, en partie ou en totalité. Ce pouvoir est intrinsèquement lié à la manipulation et à l'état de la viande, tel que le pH, la température et la structure musculaire (Honikel, 2009).

La teneur en eau et sa distribution dans la viande influencent significativement ses caractéristiques intrinsèques et sa qualité finale.

Des pertes importantes en eau sous forme d'exsudat peuvent avoir des conséquences néfastes sur plusieurs aspects tels que : le rendement financier (diminution du poids de la viande vendue et perte de valeur ajoutée. La valeur nutritionnelle (altération des teneurs en nutriments et en minéraux). La demande du consommateur (aspect sec et moins appétissant, texture moins juteuse et ferme). Et les propriétés technologiques (difficultés de transformation et de conservation) (Jennen *et al.*, 2007).

3.4. Propriétés sensorielles

Les caractéristiques sensorielles de la viande ont un impact essentiel sur la décision du consommateur. L'apparence (couleur et texture de la viande crue), la texture (tendreté et jutosité) et le goût (saveur, odeur et arôme) sont les variables les plus significatives. La viande de lapin est perçue par le consommateur traditionnel comme ayant des propriétés sensorielles positives : elle est tendre, maigre et délicatement parfumée. Néanmoins, le principal motif de refus est son goût typique de gibier, parfois perçu par le consommateur et dû en partie à la teneur en matières grasses de la viande et à sa composition en acides gras (Dalle Zotte, 2002).

3.4.1. Apparence

L'apparence de la viande est également un facteur déterminant dans la décision du consommateur. La majorité des consommateurs sont découragées par le fait que la viande de lapin soit encore principalement vendue entière ou découpée en carcasses, notamment les jeunes dont le choix est principalement motivé par la présentation du produit (Figure 12). Cet aspect, associé au fait que les consommateurs qui n'ont pas l'habitude de manger un certain type de viande ont généralement tendance à le rejeter, rend le changement des habitudes alimentaires particulièrement complexe. L'apparence a un impact important sur la consommation. Ainsi, améliorer l'image de la viande de lapin et la promouvoir auprès des clients traditionnels et nouveaux serait une étape clé pour stimuler la consommation (Hoffman *et al.*, 2004 ; Petracci *et Cavani*, 2013 ; Cullere *et Dalle Zotte*, 2018). Dernièrement, on a vu sur le marché une nouvelle gamme de produits novateurs à base de viande de lapin, notamment des produits fumés, en conserve, surgelés, séchés, en sauce, rôtis, ainsi que des saucisses de viande de lapin (Siddiqui *et al.*, 2023).

3.4.2. Tendreté

La tendreté correspond à l'ensemble des sensations ressenties lors de la mastication de la viande et représente la facilité avec laquelle elle peut être coupée ou tranchée. L'acceptabilité de la viande par le consommateur est grandement influencée par elle (Ouali *et al.*, 2006 ; Rosset, 1984).

La douceur est fréquemment un indicateur de qualité, mais elle peut être très variable d'un morceau à l'autre. Les disparités de tendreté observées sont liées à la répartition, aux caractéristiques et à l'évolution du collagène et des myofibrilles, mais aussi à divers facteurs : espèce, race, sexe, âge, conditions d'abattage et de stockage. Elle se développe pendant les phases de transformation du muscle en viande. Contrairement à cela, la dureté fait référence à la résistance de la viande à la coupe ou à la mastication (Huff-Lonergan *et al.*, 1999 ; Ouali, 1990 ; Evrat-Georgel, 2008).



Figure 12. Présentations et formes d'achat de lapin sur le marché algérien (format traditionnel : carcasses entières ou demi) (Sanah *et al.*, 2022).

3.4.3. Couleur

La couleur de la viande est le principal facteur auquel les consommateurs prêtent attention lorsqu'ils évaluent l'aspect extérieur des produits frais à base de viande. Elle est étroitement liée à la fraîcheur de la viande et peut fortement influencer la décision d'acheter ou non un produit alimentaire particulier. La couleur de la viande constitue un attribut essentiel de sa qualité, tant technologique que culinaire. Elle est influencée par une multitude de facteurs, dont la race, le sexe, l'âge, le type de muscle, le régime alimentaire, les pratiques d'élevage et les procédés d'abattage. Néanmoins, la teneur en myoglobine du tissu musculaire demeure le déterminant principal de la couleur de la viande (Boles et Pegg, 2001 ; Maj *et al.*, 2012).

Le lapin est généralement considéré comme ayant les valeurs les plus élevées de clarté de la viande et un niveau de saturation relativement faible parmi les différentes espèces animales utilisées pour la production de viande. En ce qui concerne la classification des couleurs, la viande de lapin fait partie des viandes blanches, à l'instar de la volaille, même si sa couleur semble plus éclatante et plus profonde. D'après les études disponibles (Gondret *et al.*, 2005 ; Metzger *et al.*, 2006 ; Hernández *et al.*, 2006), la couleur de la viande de lapin est généralement évaluée après un délai d'au moins 24 heures après la mort. Cela explique les connaissances limitées disponibles concernant les changements qui se produisent pendant les premières heures *post-mortem* (Maj *et al.*, 2012).

La viande de lapin peut changer d'apparence en fonction de la durée de conservation : elle peut devenir plus foncée et plus sèche ou humide selon les systèmes d'emballage, ce qui a des conséquences sur son acceptabilité par le consommateur. En effet, le consommateur associe la fraîcheur et la qualité à une bonne coloration de la viande maigre. Pour ces raisons, les conditions de conservation doivent être prises en compte et différentes méthodes d'emballage doivent être évaluées (Dalle Zotte, 2002).

3.4.4. Jutosité

La jutosité ou la saveur sucrée de la viande est une caractéristique gustative. Elle est causée par la mastication qui libère de l'eau, puis par la stimulation de la salivation par les lipides. La quantité d'eau est proportionnelle à la quantité de matières grasses et au pH de la viande. La viande à un pH très bas aura tendance à perdre son eau et à devenir sèche, tandis qu'une viande à un pH élevé aura une rétention d'eau bonne et donc une jutosité plus élevée (Monin, 1991 ; Touraille, 1994).

3.4.5. Texture

Selon plusieurs recherches, la texture est un élément essentiel pour évaluer la qualité de la viande. Elle fait principalement référence à ses caractéristiques mécaniques. À leur tour, celles-ci sont étroitement liées aux propriétés des éléments structuraux de la viande. Il s'agit du symbole externe de la structure interne du produit, et toute modification de la structure se traduit immédiatement par des changements dans les caractéristiques de texture ([Lepetit et Culioli 1994](#) ; [Oryl, 2004](#)).

3.4.6. Flaveur

La saveur constitue une expérience sensorielle complexe résultant de l'intégration des perceptions gustatives et olfactives au cours de la consommation d'un aliment. Il dépend d'un certain nombre de composés chimiques libérés pendant la cuisson, notamment les composés soufrés, les alcools, les esters, les nucléotides, certains acides aminés et la créatine. La fraction lipidique de la viande, dont la composition est très variable, détermine la saveur spécifique de chaque espèce ([Fournier, 2003](#) ; [Guillem et al., 2009](#)).

3.5. Facteurs affectant la qualité de la carcasse et la viande de lapin

La viande de lapin est généralement de qualité assez stable, et contrairement à d'autres espèces, on ne constate pas de changements spécifiques de la texture et des caractéristiques physiques de la viande. Les facteurs de production ne peuvent pas altérer les caractéristiques de la carcasse et de la viande ([Cavani et al., 2009](#)). Cependant, d'après la littérature, certains chercheurs ont cité de nombreux facteurs affectant les qualités de la carcasse et de la viande. Ainsi, en fonction de leur importance, la description sera divisée en deux parties : les facteurs d'effet modéré et ceux d'effet élevé.

3.5.1. Facteurs d'effet modéré sur la qualité de la carcasse et de la viande de lapin

a. Effets environnementaux

Les facteurs environnementaux, tels que la température et la saison, peuvent avoir un impact significatif sur la croissance et les performances à l'abattage des lapins. Lorsque la température ambiante est supérieure à la valeur de thermoneutralité (température à laquelle la production de chaleur d'un animal est égale à sa déperdition de chaleur), les lapins mangent moins et grandissent plus lentement. Cela peut conduire à un poids de vente inférieur à l'âge d'abattage. Cependant, la proportion plus faible de peau, d'intestin vide et d'abats dans la carcasse peut parfois compenser cette perte de poids ([Dalle Zotte, 2002](#)).

De même, lorsque la température ambiante est inférieure à la valeur de thermoneutralité, les lapins croissent également plus lentement en raison de l'augmentation des besoins énergétiques pour la thermorégulation (maintien d'une température corporelle constante). Ces effets saisonniers peuvent être économiquement défavorables pour les producteurs et les transformateurs, surtout si les consommateurs préfèrent les carcasses lourdes (Dalle Zotte, 2002).

b. Techniques d'élevage

Récemment, dans le but d'améliorer le bien-être animal et de différencier la production de viande de lapin, les chercheurs se sont intéressés à l'étude d'un type d'hébergement plus extensif. Il a été démontré que les animaux élevés en enclos présentent un taux de croissance plus faible, un moins bon rendement à l'abattage et un pourcentage de gras périrénal inférieur, principalement en raison de l'activité physique accrue. Les animaux élevés en enclos sont également moins matures et doivent être abattus plus tard. L'augmentation de la densité d'élevage (de 12 à 16 lapins/m²) a eu des effets similaires sur la qualité de la carcasse et de la viande et sur le type de cage (1 contre 3 lapins/cage). Ce dernier favorise légèrement l'élevage collectif, en entraînant des pertes au transport plus faibles et une viande plus claire, ainsi qu'une meilleure résistance à la fracture du tibia (Xiccato et al., 1999 ; Van Der Horst et al., 1999 ; Dalle Zotte, 2002).

Une densité d'élevage supérieure à l'optimum peut entraîner une diminution de la production, une altération de l'état de santé des animaux et créer des conditions de stress et d'inconfort pour ceux-ci. À l'inverse, une densité inférieure à l'optimum risque de ne présenter aucun avantage pour les animaux et de ne pas être rentable (Szendrő et Dalle Zotte, 2011).

c. Conditions avant et après l'abattage

Un autre point critique de la chaîne de production du lapin est représenté par les phases avant et après l'abattage des animaux, qui peuvent affecter le bien-être animal ainsi que la sécurité et la qualité de la carcasse et de la viande. La durée du transport et du parage ainsi que le stress thermique ont des effets négatifs sur le taux de mortalité. L'abattage et la qualité de la carcasse et de la viande, en plus du bien-être animal, sont des facteurs essentiels (Lambertini et al., 2006 ; Maria et al., 2006 ; Cavani et al., 2009).

Certaines recherches ont évalué l'effet du jeûne alimentaire ou hydrique pendant la période précédant l'abattage. L'effet principal consistait en une réduction significative attendue du poids des lapins transportés et du volume des abats, cette méthode semblant donc avantageuse pour l'abattoir.

Du point de vue de la qualité de la viande, aucune différence significative n'a été observée : seul le pH ultime musculaire était augmenté et la clarté réduite par le jeûne. La viande des lapins transportés, évaluée de manière instrumentale ou sensorielle présentait plus souvent un pH plus élevé et, par conséquent, une meilleure capacité de rétention d'eau (WHC), apparaissait plus foncée et moins colorée, et s'avérait plus tendre, (Ouhayoun et Lebas, 1994 ; Dalle Zotte et *al.*, 1995 ; Dalle Zotte, 2002).

3.5.2. Facteurs à fort impact sur la qualité de la carcasse et de la viande de lapin

a. Effets génétiques

La variabilité génétique entre les lapins de race pure est très importante. À titre d'exemple, un lapin géant peut être cinq fois plus lourd qu'un lapin nain à l'âge adulte. Le poids adulte s'est avéré crucial pour déterminer le taux de croissance, le degré de précocité et, en fin de compte, la composition corporelle du lapin (Rochambeau, 1997).

Actuellement, les programmes de sélection visent à obtenir des taux de croissance rapide chez les lapins en utilisant des reproducteurs terminaux de grande taille. Cela permet d'améliorer l'efficacité alimentaire et de raccourcir la période d'élevage. Cependant, si ces lapins sont abattus à un poids commercial léger, ils risquent de ne pas être totalement matures. Cela peut entraîner des conséquences indésirables telles que : un rendement inférieur en carcasse en raison de la proportion plus élevée du tube digestif, une qualité de carcasse inférieure due aux modifications du dépôt de graisse, une qualité de viande inférieure due à un métabolisme énergétique glycolytique dans le tissu musculaire. Cela peut conduire à : une diminution de la tendreté due à un pH final et une capacité de rétention d'eau plus faibles. Ainsi une diminution de la saveur et de la jutosité due à un manque de lipides intramusculaires (Dalle Zotte et Ouhayoun, 1998 ; Dalle Zotte, 2002).

b. Facteurs biologiques : âge et poids

Les lapins sont abattus entre 9 et 13 semaines, selon le degré de maturité souhaité et le poids corporel exigé par le marché, ce dernier variant de 2 à plus de 2,6 kg. Les variables âge et poids d'abattage jouent un rôle crucial en raison de leur influence sur la qualité de la viande. (Parigi Bini et *al.*, 1992 ; Dalle Zotte, 2014).

Le poids corporel de l'animal augmente avec l'âge, ce qui complique la détermination des effets du poids ou de l'âge seul. L'âge ou le poids de l'animal à l'abattage influence considérablement la composition et la qualité de la carcasse et de la viande.

Cela s'explique par des modifications des coefficients allométriques, le rendement de la carcasse augmentant jusqu'à environ 91 ou 98 jours d'âge (Dalle Zotte et Ouhayoun, 1995 ; Dalle Zotte et *al.*, 1995 ; Jehl et Juin, 1999).

Retarder l'âge d'abattage réduit les pertes au refroidissement et améliore la teneur en viande de la carcasse l'abattage tardif des ovins présente un compromis entre la production de viande accrue et la qualité de la viande. Le choix de l'âge d'abattage optimal dépendra de divers facteurs, tels que les objectifs de production, les préférences des consommateurs et les exigences du marché, ce qui a un impact négatif sur l'indice de conversion alimentaire et réduit la viabilité économique de l'élevage des lapins au-delà d'un certain âge.

La qualité générale de la viande augmente à mesure que l'animal grandit. La viande a une teneur en lipides plus élevée au détriment de la teneur en eau, et le goût et l'arôme de la viande peuvent devenir plus développés. Une étude a montré qu'un retard de l'abattage des lapins à 18 semaines a donné une viande plus tendre et moins fibreuse que celle de lapins de 11 semaines, mais aucune différence significative n'a été observée en termes de jutosité et de saveur (Juin et *al.*, 1998 ; Jehl et Juin, 1999 ; Dalle Zotte, 2002).

c. Facteurs d'alimentation

L'alimentation des lapins est un facteur important qui a été largement étudié. La plupart des recherches ont porté sur les effets de différents modes d'alimentation, soit en modifiant la quantité d'aliment distribuée, soit la teneur en énergie du régime alimentaire. Les résultats de ces études montrent que si les lapins mangent moins de 85 % de ce qu'ils consommeraient *ad libitum*, leur croissance, leur efficacité alimentaire, leur rendement à l'abattage, leur engraissement et leur teneur en lipides sont tous affectés négativement. Par conséquent, nourrir les lapins à moins de 85 % de leur consommation *ad libitum* n'est pas rentable pour la production de viande (Dalle Zotte, 2002).

Afin de produire des lapins portant une étiquette indiquant qu'ils ont été élevés pendant une période plus longue, certains producteurs essaient de les nourrir avec des restrictions modérées, en leur donnant moins de nourriture, de la nourriture moins riche en énergie ou en limitant leur accès à la nourriture. Cependant, les recherches sur ce sujet ont montré que la restriction de l'apport alimentaire des lapins se traduit par de moins bonnes performances zootechniques, un poids de carcasse, un rendement et une adiposité plus faibles. De plus, les lapins soumis à une restriction ont une teneur plus faible en gras intramusculaire et une proportion plus faible de fibres oxydatives dans leur muscle *Longissimus lumborum*.

Cela signifie que la viande de lapins soumis à une restriction est moins tendre et savoureuse (Ouhayoun et al., 1986 ; Gondret et al., 1999 ; Dalle Zotte, 2002).

d. Facteurs technologiques

La conversion du muscle en viande se traduit par des changements quantitatifs de divers métabolites (glycogène, acide lactique, ATP, phosphate) et de propriétés physiques (pH, force ionique, contractilité). Le processus glycolytique peut varier considérablement d'une carcasse à l'autre en fonction du traitement appliqué au début de la période *post-mortem* et il est facilement manipulable.

Les propriétés de la viande qui présentent le plus d'intérêt pour le consommateur sont fortement affectées par les traitements de la carcasse dans les premières heures suivant la mort. Le type de refroidissement peut influencer modérément la capacité de rétention d'eau de la viande (CRE), l'évolution biochimique du muscle en viande et le développement bactérien, en fonction de sa capacité à atteindre le pH_u (Dalle Zotte, 2002). L'évolution de la qualité de la viande pendant le stockage frigorifique est fortement affectée par différents facteurs : température, durée, rupture de la chaîne du froid, emballage, etc. (Hulot et Ouhayoun, 1999).

e. Méthodes de cuisson

On a étudié les effets de différentes techniques de cuisson sur les propriétés gustatives et nutritionnelles de la viande de lapin en utilisant des techniques d'ébullition, de cuisson sous-vide, de cuisson à la vapeur, de cuisson au micro-ondes, de rôtiage, de friture et de cuisson sous pression. Les caractéristiques physico-chimiques de la viande de lapin cuite ont varié considérablement en fonction du procédé de traitement. Parmi elles, la viande de lapin cuite sous-vide présentait des pertes à la cuisson plus faibles et une élasticité moindre ; la viande de lapin rôtie est plus dure et plus digestible ; et la viande de lapin frite en immersion était assez dure, mâchable et avait une couleur dorée brillante (Saxmose Nielsen et al., 2020).

Matériel et Méthodes

Démarche expérimentale de la thèse

Dans cette section, nous aborderons la démarche expérimentale mise en place afin d'atteindre nos objectifs, qui sont :

- 1- Étude de la consommation et de la commercialisation de la viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie ;
- 2- Caractérisation de la qualité de la viande de lapin de la population locale et de la nouvelle lignée synthétique (ITELV2006).

Afin d'atteindre le premier objectif, cette étude s'appuie sur une première recherche menée dans le cadre d'un mémoire de magistère soutenu en 2017. Ce dernier avait pour objectif d'étudier la situation de l'élevage de lapins dans l'est de l'Algérie en réalisant une enquête dans 15 Wilayas. Les résultats préliminaires obtenus nous ont permis d'approfondir notre étude sur d'autres aspects de commercialisation et de consommation de la viande cunicole, tout en utilisant des tests statistiques plus puissants.

L'étude expérimentale de la présente étude est divisée en deux parties principales comme suit :

i. Étude des facteurs de consommation et de marketing de la viande cunicole en réalisant deux enquêtes auprès de 360 consommateurs et 32 bouchers de viande de lapin afin de comprendre leurs attitudes, leurs perceptions, leurs habitudes d'achat et les facteurs liés à la viande de lapin. Les deux enquêtes réalisées sont complémentaires et permettront d'obtenir une vision complète de la consommation de viande cunicole.

- 1- En premier lieu, l'enquête auprès des consommateurs permettra d'analyser les facteurs sociogéographiques influençant les modes de consommation, notamment : Facteurs sociodémographiques: Âge, sexe, situation matrimoniale, situation professionnelle, etc. Familiarité avec la viande cunicole: Niveau de connaissance, fréquence de consommation, etc. Connaissance de la valeur nutritionnelle et préférences culinaires: Perception des bienfaits nutritionnels de la viande de lapin. Attitudes et perceptions: Goût, prix, disponibilité, commodité, etc. Comportement d'achat: Fréquence d'achat, canaux d'achat préférés, prix d'achat, etc.
- 2- En deuxième lieu, l'enquête auprès des bouchers est portée sur 32 bouchers spécialisés dans la viande de lapin. Elle vise à dégager des insights sur les aspects marketing et de vente au détail de l'activité de boucherie, notamment : Les facteurs sociodémographiques: Niveau d'études, ancienneté dans le métier, situation géographique de la boucherie, etc.

Politique de marketing: Type de viande de lapin vendue, approvisionnement, critères de sélection des produits, formats d'achat proposés, circuit de distribution, obstacles marketing rencontrés, etc.

ii. Étude des caractères morphologiques du lapin et des paramètres de qualité de la viande

Les paramètres étudiés impliqués dans la caractérisation des lapins des deux races et de leur viande seront abordés comme suit :

1. Caractérisation morphométrique des lapins comprend la mesure de nombreux caractères tels que : la longueur dorsale, le tour de lombes, la longueur du râble, etc.
2. Caractérisation de la carcasse des deux races comprend différentes variables telles que : le pourcentage de perte en eau par ressuage, le poids de la graisse dissécable, le rendement à l'abattage, etc.
3. La caractérisation physico-chimique et biochimique consiste à mesurer divers paramètres par exemple : le pH, la capacité de rétention d'eau, la perte en eau à la cuisson, etc.
4. La caractérisation des propriétés sensorielles de la viande comprend onze attributs sélectionnés (goût, jutosité, tendreté, cohésion, etc.).
5. La caractérisation biochimique (nutritionnelle) de la viande de lapin porte sur cinq paramètres : la teneur en matières grasses, en protéines, en humidité, en cendres et en acides gras.

En accord avec ces objectifs, nous avons opté pour la méthode décrite et exposée ci-dessous (Figure 13. a, b).

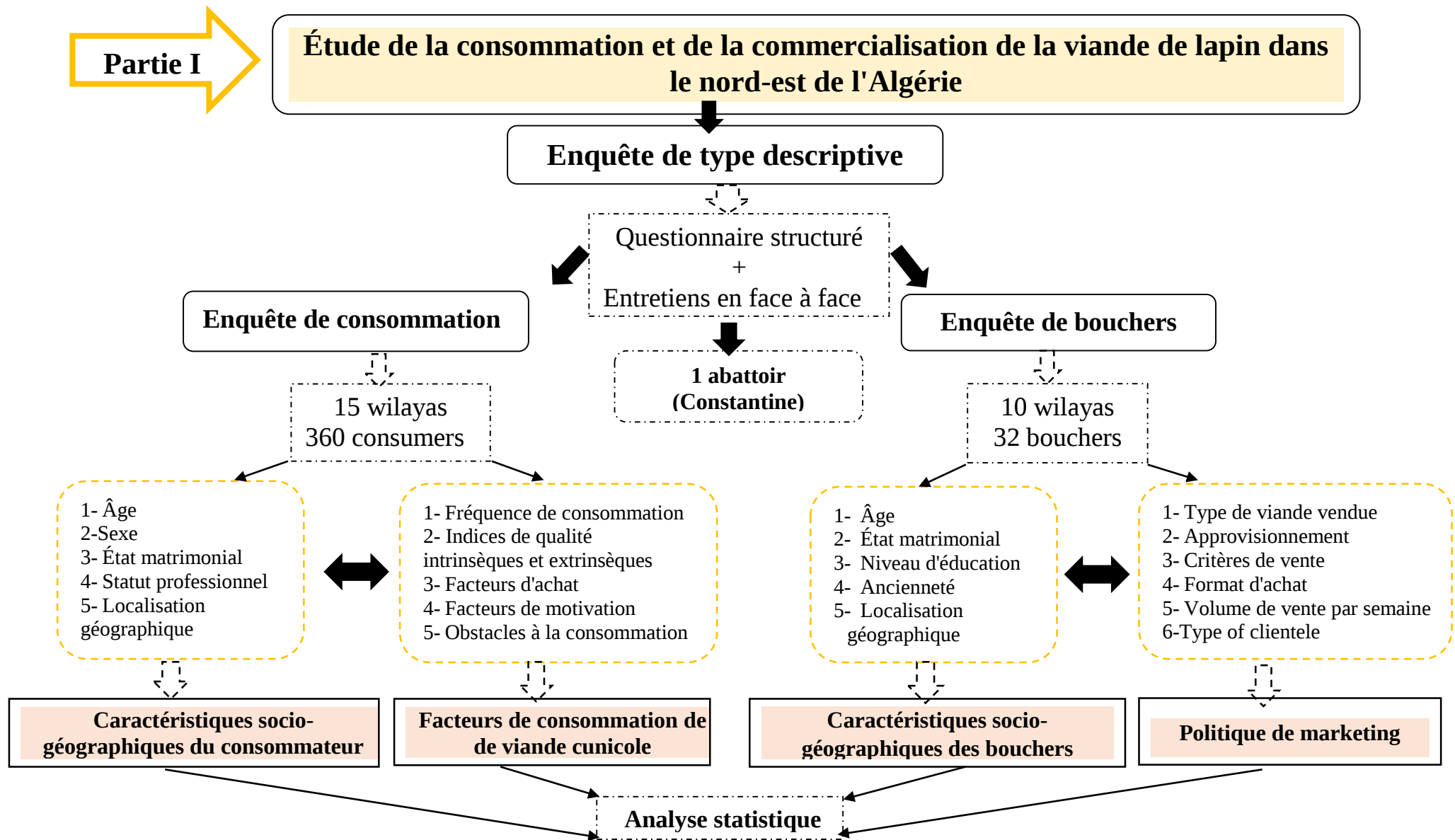


Figure 13.a : Méthodologie adoptée pour l'étude des facteurs de la consommation et la commercialisation de la viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie.

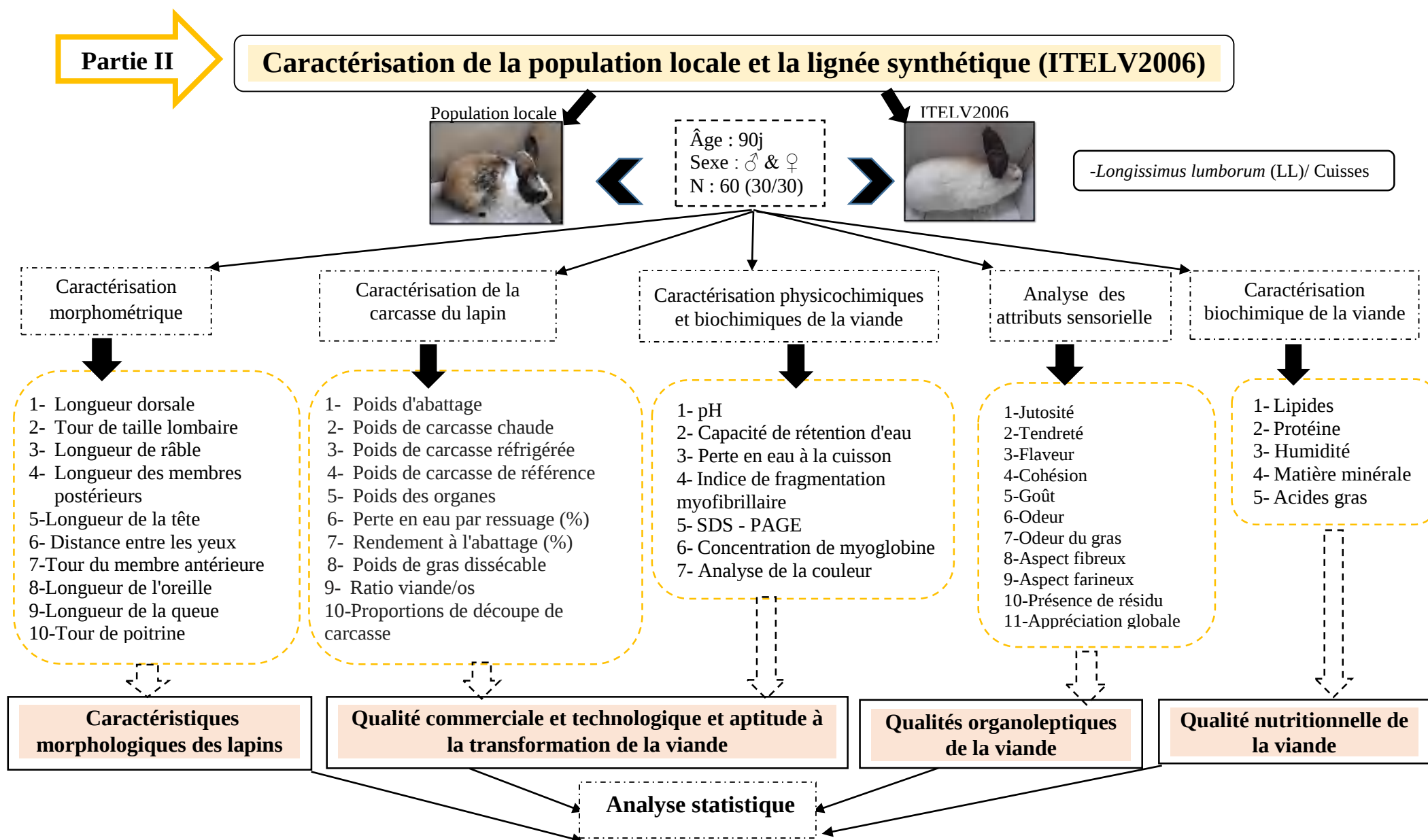


Figure 13.b: Approche expérimentale adoptée pour la caractérisation de la population locale et la lignée synthétique (ITELV2006).

Partie 1. Étude des facteurs de consommation et de commercialisation de viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie

1.1. Enquête auprès des consommateurs

1.1.1. Champ et population d'étude

Nous avons effectué notre étude sur le terrain dans 15 Wilayas du Nord-Est de l'Algérie (Figure 14). Plus de 47 communes ont fait l'objet de visites entre octobre 2016 et mars 2020. La sélection des personnes devait respecter certains critères d'inclusion, tels que le consentement, car le recrutement des personnes interrogées dépendait de leur accord pour participer à l'étude. De plus, il est nécessaire que les participants soient consommateurs de viande cunicole et de l'Est algérien. L'échantillon était composé de 360 consommateurs, avec une marge d'erreur de $\pm 5,16\%$ et un niveau de fiabilité de 95%.



Figure 14. Carte géographique illustrant la répartition des wilayas étudiées (champ d'étude).

L'enquête a été réalisée en face à face, et chaque questionnaire a pris environ cinq à dix minutes à remplir. Cette méthode nous a permis d'éviter les omissions, car tous les questionnaires étaient vérifiés après chaque entretien. Avant la mise en place de l'enquête en elle-même, une phase initiale de notre travail de terrain a été basée principalement sur la collecte d'informations sur les fermes d'élevage cunicoles situées dans les différentes Wilayas cibles. Tout on se appuyant sur les résultats rapportés dans la revue de littérature.

La deuxième étape consistait à recueillir les coordonnées et les adresses des éleveurs de lapins et des bouchers auprès de l'institut technique de l'élevage, de certaines administrations étatiques et auprès de certains chercheurs dans le domaine. Par la suite, 30 consommateurs (membres de la famille, des collègues de travail, des amis et des voisins, etc.) des éleveurs et des bouchers se sont portés volontaires pour former de petits groupes, chaque groupe comprenant un ou deux consommateurs de chaque Wilaya. On a explicitement demandé aux participants de commenter la clarté des questions.

Par conséquent, certaines questions ont été reformulées afin d'améliorer la précision et la clarté du questionnaire. Après avoir été testée, notre population d'enquête a été sélectionnée de la même manière, c'est-à-dire en utilisant les coordonnées et les adresses des familles et des proches des éleveurs de lapins et des bouchers. Une fois que chaque répondant a accepté de participer à l'enquête, le rendez-vous d'entretien a été planifié en fonction de son temps libre.

Les 12 questions de notre questionnaire étaient divisées en trois parties, avec des questions sur la fréquence de consommation de viande de lapin, les raisons et les difficultés à la consommer, le prix d'achat et de vente, les préférences et les bénéfices nutritionnels. Le questionnaire était composé de questions fermées à choix multiples, de questions semi-fermées et de questions ouvertes qui permettaient à la personne interrogée de sélectionner une réponse précise ou de donner librement son opinion (Annexe N°1).

1.1.2. Attributs et variables

Pour analyser les éléments qui influencent la consommation et l'achat de la viande cunicole par les consommateurs, ainsi que les causes de la faible consommation, cinq variables sociogéographiques ont été utilisées comme principales variables de contrôle, comme suit : âge : les tranches d'âge considérées étaient 18-29 ans, 30-39 ans, 40-49 ans, 50-59 ans et plus de 60 ans, sexe : homme ou femme, état civil : célibataire ou marié(e), situation professionnelle : chômeur, employé, agriculteur ou éleveur, commerçant, étudiant, retraité, femme au foyer et autres. Finalement, la localisation géographique des enquêtés, ou nous avons visité 15 wilayas du nord-est de l'Algérie.

Le choix des cinq variables sociogéographiques antérieures s'appuie sur plusieurs études portant sur la consommation de viande, et en particulier la consommation de lapin ([Sanah et al., 2020](#)).

Sur la base des conclusions tirées à partir des données bibliographiques, le choix des attributs de la viande s'est fait sans recourir à une échelle. Les enquêtés ont été simplement invités à indiquer les attributs qui, selon eux, favorisent principalement le bon goût, la tendreté,

etc., ou au contraire, freinent leur consommation (disponibilité, prix, etc.), ou encore ceux qui guident leur décision d'achat, tels que la couleur, la fraîcheur et la race.

1.2. Enquête auprès des bouchers

1.2.1. Champ d'étude et échantillonnage

Afin de caractériser la boucherie de la viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie, la recherche de bouchers participants à l'enquête s'est déroulée selon différentes méthodes : dans un premier temps, nous avons eu recours à une revue de la littérature, c'est-à-dire à des publications et également à des rapports techniques locaux. La deuxième étape a consisté à recueillir les coordonnées et les adresses des bouchers auprès de l'institut technique de l'élevage, de certaines administrations publiques (chambre de commerce et direction des services agricoles), et de contacts personnels.

Afin de répondre à l'objectif de cette étude, une méthode d'enquête descriptive a été utilisée. Les données ont été obtenues par le biais d'une enquête de terrain menée par des entretiens en face à face, complétée par un questionnaire structuré. Des observations personnelles effectuées sur le terrain ont permis de recueillir des informations sur la présentation des carcasses dans les boucheries et l'abattage des lapins, ainsi que sur les étapes de découpe et de préparation au niveau d'un abattoir spécialisé. Les données de l'enquête ont été recueillies sur une période allant d'octobre 2016 au mars 2017, tandis que les données concernant l'abattoir ont été collectées en 2020.

Notre étude a porté sur les régions du nord-est de l'Algérie, incluant dix wilayas (Figure 15). La zone d'étude est située entre 34°44 et 36°59 de latitude nord et 4°8 et 8°4 de longitude est. Elle couvre une superficie de 48 766 km² et comptent 8,6 millions d'habitants. Le questionnaire a été pré-testé auprès de dix bouchers (un boucher par wilaya) afin de recueillir des informations préliminaires sur la commercialisation de la viande cunicole dans la zone d'étude.

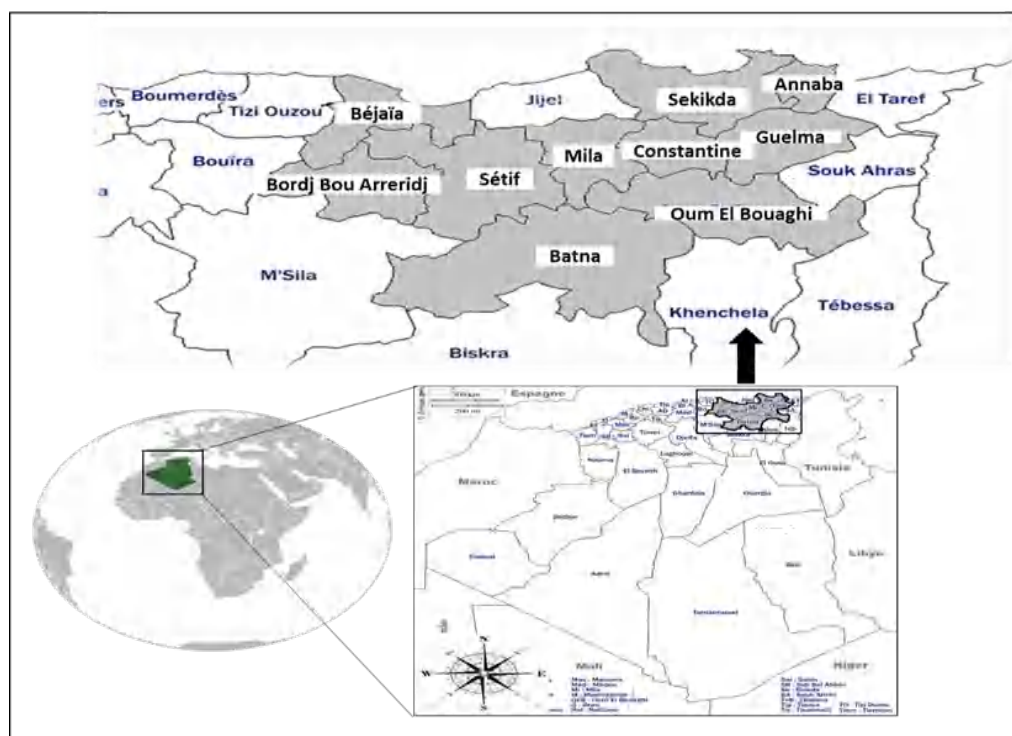


Figure 15. Carte géographique présentant la répartition des wilayas étudiées (zone d'étude).

Des modifications pertinentes ont ensuite été apportées au questionnaire en fonction de ces résultats, ce qui a permis de le valider. La méthode d'échantillonnage aléatoire simple a été utilisée pour sélectionner les enquêtés cibles dans différents lieux tels que les centres commerciaux, les marchés quotidiens et les boucheries. Tous les bouchers sélectionnés ont été contactés et invités à participer volontairement à l'étude. L'échantillon utilisé était composé de 32 bouchers.

Les informations ont été collectées grâce à une enquête sur le terrain qui a impliqué des entretiens en face à face. Cela n'a pris que quelques minutes aux participants qui ont accepté de participer à l'enquête. Un questionnaire structuré bilingue a été développé en arabe et en français pour faciliter la compréhension et la réponse des participants.

Le questionnaire d'enquête est divisé en deux sections et comprenait 19 questions (Annexe N°2) expliquées par des questions fermées à choix multiples et des questions ouvertes permettant aux bouchers de choisir une réponse spécifique ou de donner leur avis librement. Les données obtenues à partir du questionnaire ont été organisées en codant les questions pour les préparer à la collecte des données.

Le questionnaire présentait des questions visant à recueillir des informations sur les caractéristiques socio-géographiques des bouchers, telles que l'âge, l'état civil, le niveau d'études, l'ancienneté, la situation géographique et des informations générales concernant la

politique de marketing, comme le type de viande vendue, l'approvisionnement, les critères de vente du lapin, le format d'achat, le volume des ventes par semaine, etc. En outre, le circuit commercial, les obstacles marketing et les solutions proposées ont été abordés.

1.2.2. Cadre conceptuel

Le cadre conceptuel de notre étude s'articule autour de variables dépendantes et indépendantes, ainsi que de leurs interactions, tel que représenté dans la Figure 16. Cette méthodologie trouve des applications concrètes dans plusieurs études antérieures (Sanah *et al.*, 2022).

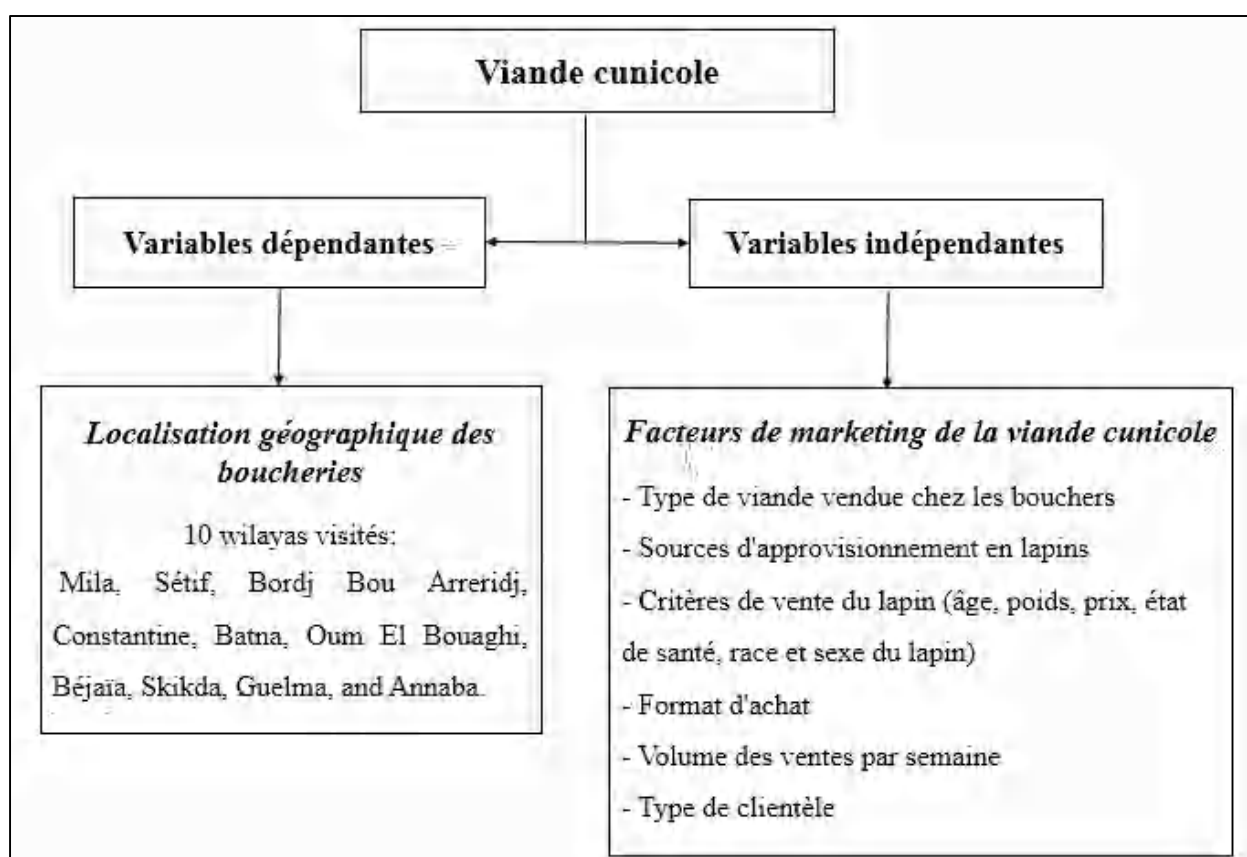


Figure 16. Cadre conceptuel de l'étude, décrivant les variables indépendantes et dépendantes.

1.3. Analyse statistique

En fonction de l'objectif visé, différentes analyses statistiques ont été utilisées :

(i) En premier lieu. La méthode d'analyse univariée permet de décrire les données en utilisant des statistiques de base et des distributions de fréquences. On a employé des statistiques descriptives afin d'obtenir une vision globale des données et des données sur leur répartition et les fréquences des réponses. (ii) En deuxième lieu, l'analyse bivariée, plus précisément le test du χ^2 a été utilisé afin d'étudier la relation entre les variables dépendantes et indépendantes (les facteurs de qualité de viande et de commercialisation en relation avec les variables sociogéographiques). Tandis que, l'analyse factorielle a permis de compléter l'analyse descriptive en dressant un panorama complet des liens existant entre les différentes variables et facteurs.

En vue d'établir une classification des différentes wilayas, et d'établir la corrélation entre les zones géographiques et les facteurs de commercialisation de la viande cunicole, une analyse de classification hiérarchique (HAC) (utilisant la méthode de Ward) suivie d'une analyse en composantes principales (ACP) ont été réalisées.

Trois logiciels utilisés pour l'analyse des données sont utilisés : XLSTAT 5.03. Version 2014, Epi-Info version 7 et STATGRAPHICS (2009). Dans cette étude, la HAC et l'ACP ont été effectuées en utilisant le logiciel statistique JMP Trial 15 (SAS Institute Inc. Cary, NC, États-Unis).

Les différences étaient considérées comme statistiquement significatives au seuil de 5%.

Partie 2. Caractérisation de la population locale et la lignée synthétique (ITELV2006)

2.1. Matériel biologique

a) Description et origine

Un total de 60 lapins de la population locale algérienne (Loc) et de la race synthétique (Syn) (30 lapins par groupe, sex-ratio 1:1 mâle : femelle) ont été utilisés dans cette expérience.

- **Population locale** : obtenue auprès de l'Institut Technique de l'Elevage (ITELV Baba Ali, Alger). Cette race a été créée à partir de reproducteurs reçus de différentes régions algériennes en 1988. Les animaux ont été classés en catégories selon leur provenance, maintenus en groupes fermés et accouplés selon un plan d'intersection rotatif entre les groupes. Ces animaux sont de petite taille, endémiques, et leur poids adulte ne dépasse pas 3 kg. Ils se caractérisent par une grande variabilité de la couleur de leur fourrure (noir, gris, brun, fauve) (Figure 17) (Belabbas et al., 2021).



Figure 17. Population locale avec différentes couleurs de fourrure.

- **Lignée synthétique**: La lignée synthétique ITELV2006 a été développée dans le cadre d'une collaboration scientifique entre l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) en France et l'Institut Technique d'Élevage et de Lutte Vétérinaire (ITELV) en Algérie. Cette collaboration visait le transfert de matériel biologique à des fins expérimentales, comme illustré par la Figure 18.

En 2003, la première génération de lapins a été obtenue par insémination de 81 lapines locales avec du sperme de mâles de la souche INRA 2666, sélectionnés pour leur productivité élevée à la naissance et au sevrage, et adaptés à des performances optimales en climat chaud. Selon [Brun et Baselga \(2005\)](#), cette souche était une lignée synthétique expérimentale basée sur le croisement de la souche INRA 2666 avec la souche V de l'Université polytechnique de Valence en Espagne. La génération suivante de la lignée synthétique a été obtenue par rotation du plan entre les familles de la même génération afin de limiter l'augmentation de la consanguinité. La lignée Syn a été formée après cinq générations de croisements ([Gacem et al., 2008](#)). La souche a été développée et est maintenant distribuée aux producteurs algériens par l'intermédiaire des autres stations expérimentales de lapins. Le noyau de sélection est situé à l'ITELV de Baba Ali, où les ressources génétiques sont gérées.



Figure 18. Ligne synthétique avec différentes couleurs de fourrure.

b) Élevage et abattage des animaux

Dans notre expérimentation, les deux groupes d'animaux étudiés ont été obtenus par saillie naturelle. Les animaux ont été élevés de la naissance à l'abattage à la station expérimentale de lapins de l'ITELV, située à Hamma Bouziane, (Constantine, Algérie), (Figure 19).

Cette station a reçu le noyau de sélection de la souche synthétique pour poursuivre la phase de diffusion. Les animaux des deux sexes utilisés dans cet essai ont été logés dans des cages collectives de type flat deck.

Il y avait des mangeoires et des abreuvoirs à tétines dans toutes les cages. Des conditions d'élevage identiques ont été mises en place pour l'élevage des animaux. Durant les mois de mars, avril et mai, l'essai a eu lieu dans une chambre ventilée à des températures allant de 20 à 25°C. Pendant toute la durée de l'expérience, les animaux ont été exposés à une photopériode constante de 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité. Les deux races ont été nourries *ad libitum* avec un aliment commercial en granulés (fabriqué par EL ALF du Groupe Kherbouche, Tlemcen, Algérie) contenant les composés suivants : protéines brutes 15 %, matières grasses brutes 2,5 %, cendres brutes 10 %, cellulose brute 12 % ; calcium ; phosphore ; vitamines (A, E, D₃) ; sel (NaCl).

À la fin de l'expérience, les groupes d'animaux ont été abattus au laboratoire à l'âge de 90 jours, sans jeûne préalable par sectionnement de l'artère carotide et des veines jugulaires. Les carcasses écorchées et éviscérées ont été stockées à 4°C.



Figure 19. Conditions d'élevage des animaux au clapier de la station expérimentale de lapins de Hamma Bouziane, Constantine.

Les muscles *Longissimus lumborum* (LL) et de la patte arrière ont été prélevés sur chaque carcasse pour analyse en laboratoire. La moyenne de trois répétitions a été utilisée pour l'analyse de toutes les variables. La recherche a été menée au Laboratoire de biotechnologie et de qualité des aliments (INATAA, Université des Frères Mentouri Constantine 1, Algérie). L'étude a été réalisée dans le respect des directives de l'Université Mentouri Constantine 1 sur les normes éthiques.

c) Choix des muscles

Dans notre étude, le choix des muscles à analyser n'a pas été aléatoire. Selon [Blasco et Ouhayoun \(1996\)](#), le rôble (*Longissimus lumborum*) et les pattes arrière sont considérés comme les parties les plus représentatives de la qualité de la viande cunicole. De plus, ils font partie des morceaux de carcasse de lapin les plus valorisés en raison de leur teneur élevée en viande maigre ; ils sont également les plus chers et les parties les plus adaptés à l'étude de la qualité de la viande cunicole ([Kowalska et al., 2014](#) ; [Rasinska et al., 2018](#)).

2.2. Caractérisation de la carcasse du lapin

La procédure d'abattage et de découpe des carcasses ont été réalisés selon les recommandations de l'Association mondiale de science cunicole (WRSA), décrites par [Blasco et Ouhayoun \(1996\)](#). Immédiatement avant l'abattage, les lapins ont été pesés (poids vif, P_{vif}). Les lapins abattus ont été saignés, et la peau, les organes génitaux, la vessie urinaire, le tractus gastro-intestinal et les parties distales des pattes ont été retirés avant d'être pesés. Les carcasses, avec la tête, les organes de la cage thoracique (cœur, poumons, thymus, trachée et œsophage), le foie, les reins et les graisses périrénale et scapulaire, ont été pesées 30 minutes après l'abattage (poids de carcasse chaude, PCH) puis réfrigérées à 4°C pendant 24 heures (Figure 20). Après ce temps, le poids des carcasses réfrigérées (PCR) a été mesuré, et le rendement à l'abattage (RA) a été calculé comme le rapport entre le PCR et le PA selon la formule suivante : $(\text{PCR}/\text{PA}) \times 100$.

La tête, le foie, les poumons, le thymus, l'œsophage, le cœur et les reins ont été retirés de la carcasse pour obtenir le poids de carcasse de référence (PCRéf), qui ne contient que de la viande, du gras et des os (Figure 21). Comme l'a suggéré [Honikel \(1998\)](#), le pourcentage de la perte en eau par ressuage (PPE) a été mesuré en utilisant la carcasse entière de chaque animal. Toutes les carcasses ont été suspendues pendant 24 heures à 4°C. La perte par ressuage correspondant à la différence entre le poids de la carcasse chaude et celui de la carcasse réfrigérée, et était exprimée en pourcentage du poids initial : $\text{PPE} = 100 \times (\text{PCC} - \text{PCS})/\text{PCC}$.

Afin d'obtenir une bonne prédiction de la teneur en viande de la carcasse, il a suffi de calculer le rapport viande/os du membre postérieur (MP).

Les MP gauches ont été désossés pour séparer les os de la viande, et le poids de ces éléments a été enregistré selon la formule suivante : $V/O = PV / PO$, où V/O représente le rapport viande/os, PV le poids de la viande (g) et PO le poids des os (g), conformément à [Pla \(2008\)](#) (Figure 22).

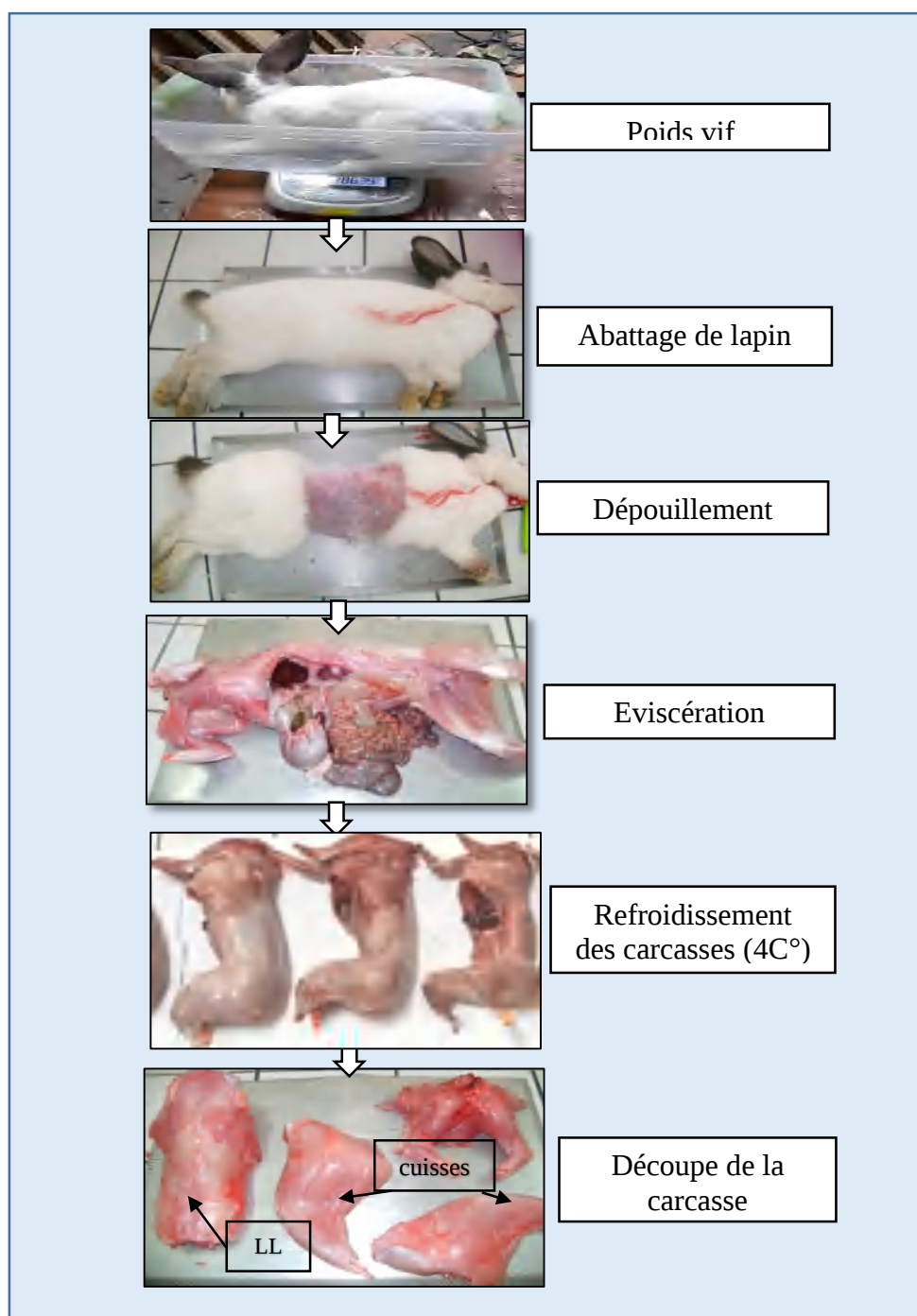


Figure 20. Étapes de l'abattage de lapins.

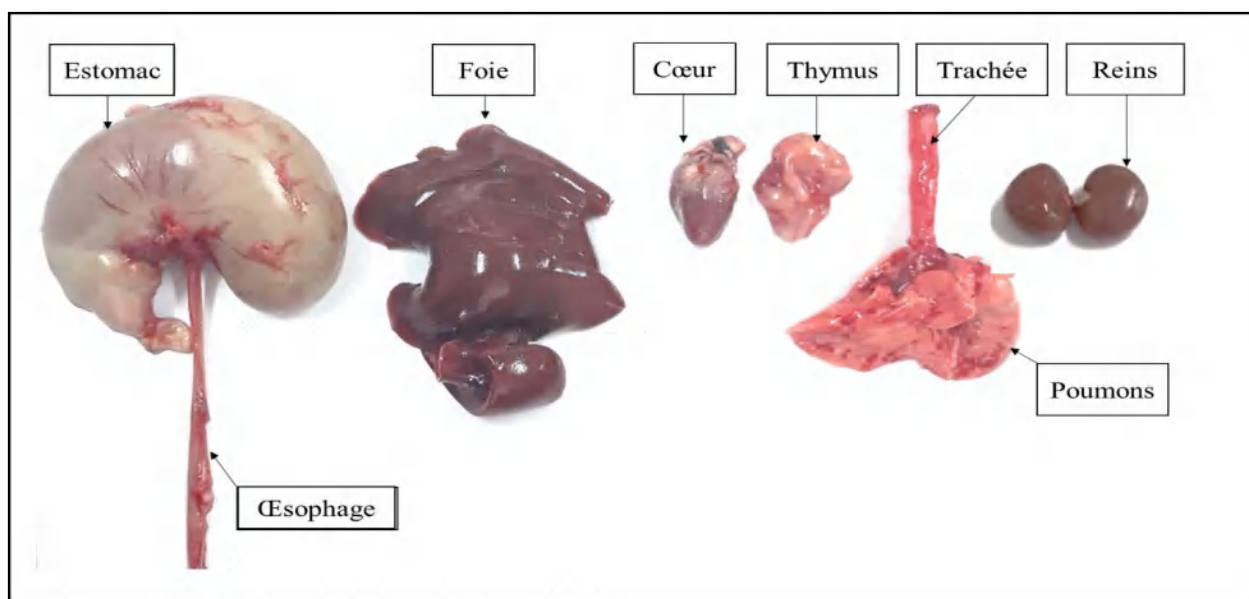


Figure 21. Principaux organes du lapin.

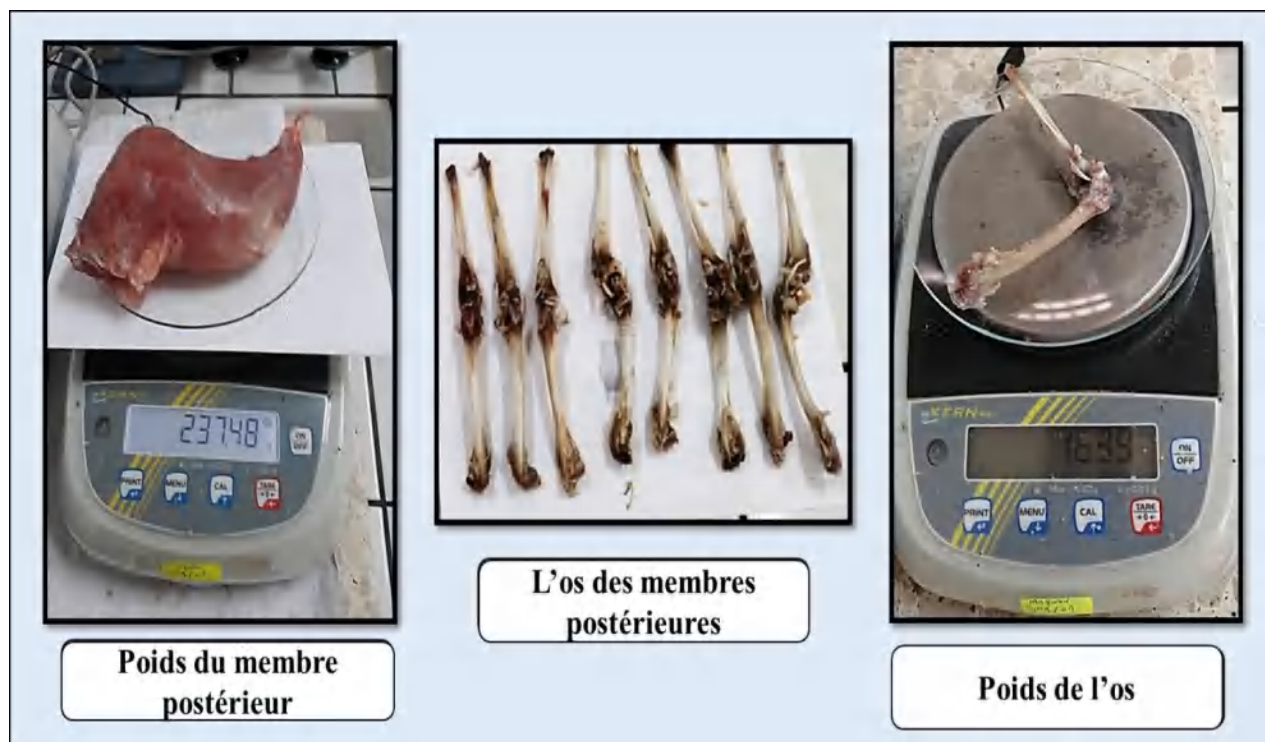


Figure 22. Mesure du rapport viande/os.

D'autres part le poids des organes suivants ont été mesurés : poids du rein (PoR), poids du foie (PoF), poids des organes de la cage thoracique (thymus, trachée, œsophage, poumon et cœur) (PoCT). Poids du tissu adipeux représenté par le poids de la graisse scapulaire (PGs), poids de la graisse périrénale (PGp), poids de la graisse inguinale (PGi), poids total de la graisse dissécable (PTGD), qui correspond à la somme des poids des dépôts de graisse périrénale, inguinale et scapulaire ($PTGD = PGs + PGp + PGi$). La carcasse a été sectionnée Entre la dernière vertèbre thoracique et la première vertèbre lombaire, ainsi qu'entre les 6ème et 7ème vertèbres lombaires, ce qui a donné trois parties : Poids de la partie antérieure (PPA), Poids de la partie intermédiaire (PPI), Poids de la partie postérieure (PPP), (Figure 23 et 24).

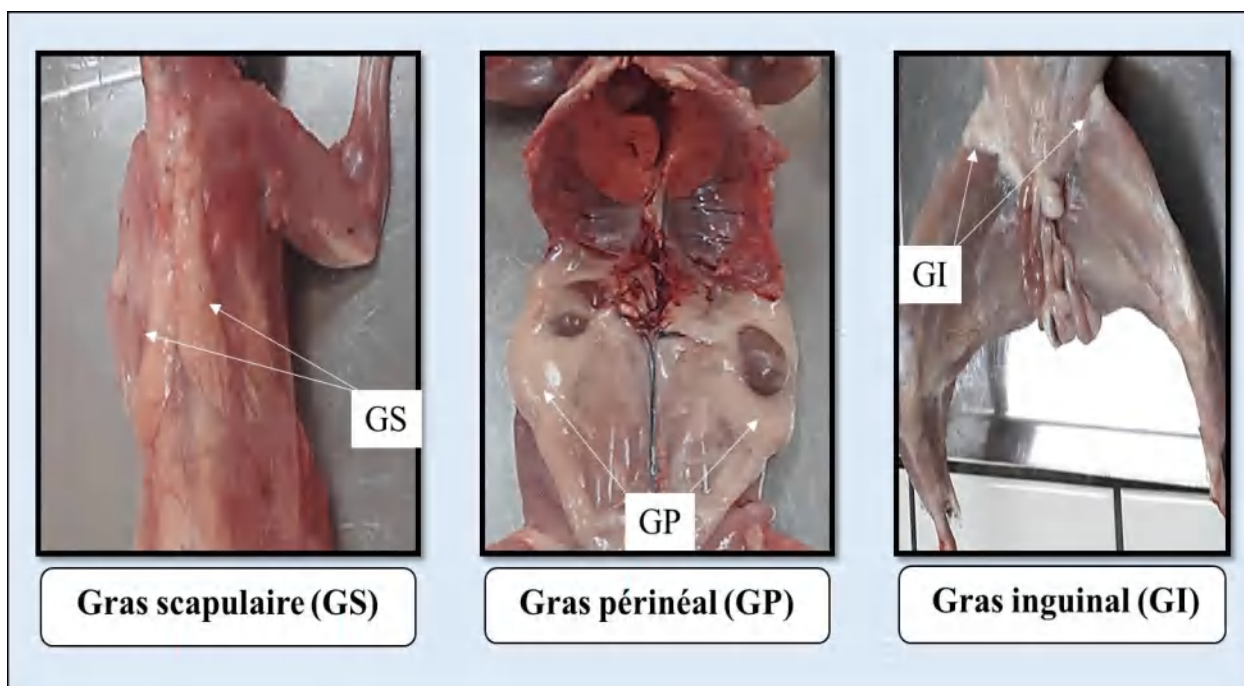


Figure 23. Illustration anatomique de la graisse dissécable du lapin.

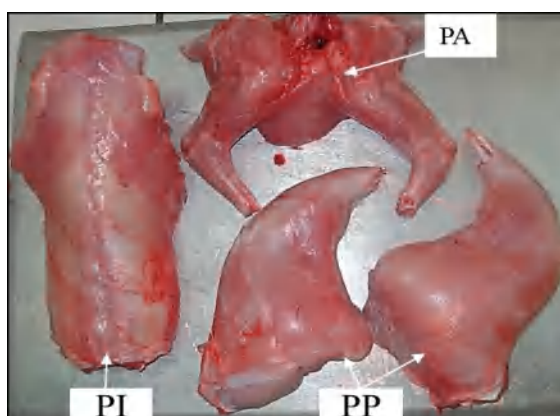


Figure 24. Découpe de la carcasse en trois parties : Partie avant (PA), partie intermédiaire (PI) et partie postérieure (PP).

2.3. Caractérisation morphométrique du lapin

L'objectif des mesures morphologiques était de caractériser et de comparer la phénotypie des deux races de lapins. Tous les lapins, avant d'être abattu ont été mesuré selon les variables suivantes et conformément aux recommandations de l'Association Française de Science Cunicole (AFSC) (Blasco et Ouhayoun, 1996) : Longueur dorsale (LD) : intervalle entre la vertèbre atlas et la 7ème vertèbre lombaire. Circonférence lombaire (CL) : périmètre de la carcasse au niveau de la 7ème vertèbre lombaire. Longueur de la longe (LL) : longueur entre les épines neurales de la première et de la dernière vertèbre lombaire. Longueur du membre postérieur (LMP) : longueur de l'épine neurale de la dernière vertèbre lombaire jusqu'à l'insertion du tendon calcanéen commun. Longueur de la tête (LT), tour de poitrine (TP), distance entre les yeux (DE). Tour du membre antérieur (TMA). Longueur (LO) et largeur de l'oreille (LE). Longueur de la queue (LQ).

Afin de quantifier les traits morphologiques des lapins, des repères ont été préalablement définis sur la surface corporelle, en accord avec la figure 25 et les définitions des paramètres du tableau 10 (FFC, 2000). La mesure de chaque paramètre a été réalisée en prenant la moyenne de trois valeurs.

Table 10. Définition des variables évaluées lors de l'analyse morphologique (FFC, 2000).

Caractère morphologique	Définition
Longueur dorsale (LD)	mesurée entre les points (E) et (I), sous le profil de la colonne vertébrale.
Circonférence lombaire (CL)	Largeur moyenne de la région lombaire
Longueur de la longe (LL) :	Mesurée entre (F) et (G) le long du profil spinal
Longueur des membres postérieurs (LMP)	Mesurée entre (J) et (K)
Longueur de la tête (LT)	Mesurée entre les points (A) et (B)
Distance entre les yeux (DY)	c'est la distance horizontale entre les centres des pupilles des deux yeux.
Tour du membre antérieur (TMA)	Diamètre mi-diaphyse du membre antérieur, mesuré au niveau du repère (M).
Longueur d'oreille (LO)	Mesurée entre les points (C) et (D)
Longueur de la queue (LQ)	Mesurée entre les points (I) et (H)
Tour de poitrine (TC)	Mesuré à l'arrière des épaules, le mètre ruban passe sous l'omoplate gauche (O) en arrière.

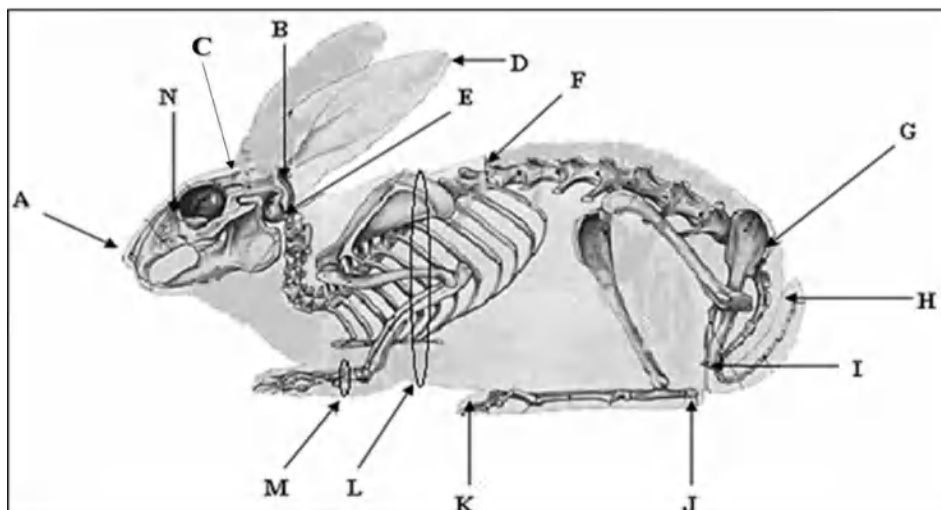


Figure 25. Figure représentative des repères employés dans l'analyse morphologique (FFC, 2000).

La longueur de l'oreille, de la patte et de la queue a été mesurée selon les recommandations de l'association française des cunicultures (FFC, 2000) à l'aide d'un mètre ruban métallique ayant les caractéristiques techniques suivantes : Distance de mesure : 0 à 300 cm ; taille de graduation : 1 mm ; précision : +/- 5 mm. On a effectué la mesure des autres paramètres quantitatifs en utilisant un mètre ruban de 150 cm de long gradué en mm. La Figure 26 illustre l'emploi du matériel de mesure pour certains paramètres morphologiques.

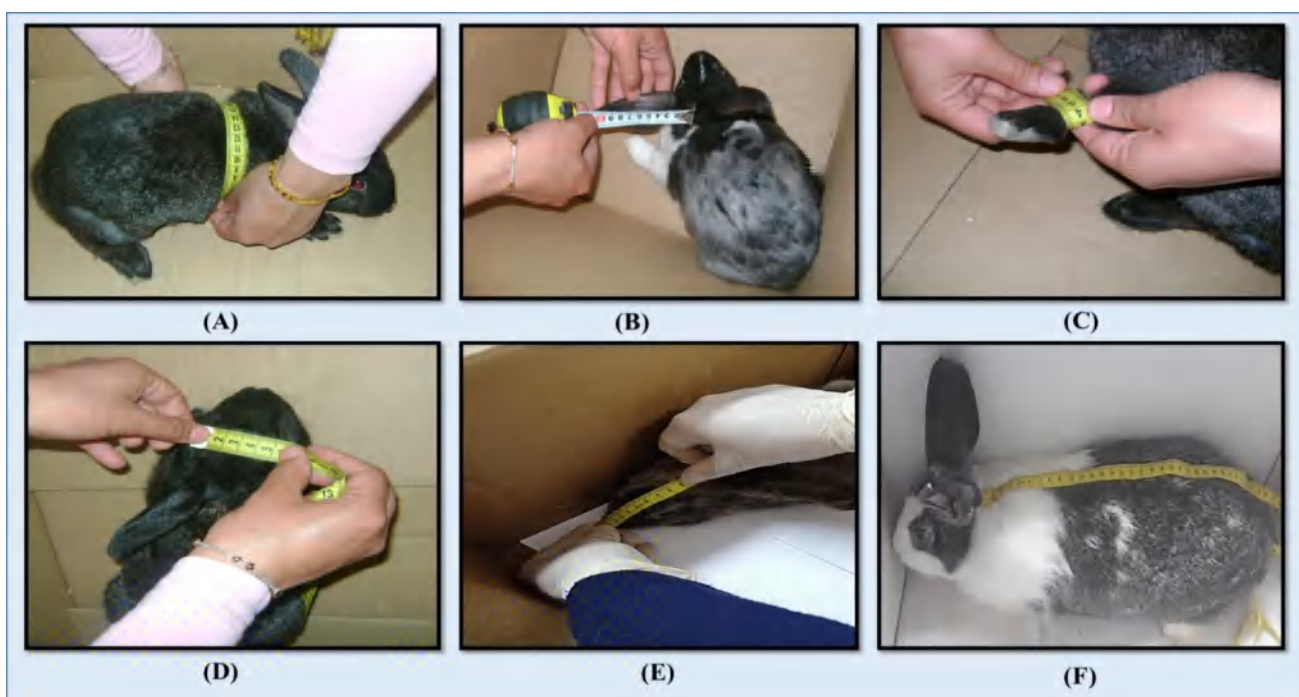


Figure 26. Mesure des paramètres morphologiques.

(A) : Tour de poitrine ; (B) : Longueur de l'oreille ; (C) : Tour du membre antérieur; (D) : Distance entre les yeux ; (E) : Longueur de la tête ; (F) : Longueur dorsale.

2.4. Etude physico-chimique et biochimique de la viande cunicole

2.4.1. pH

Selon [McGeehin et al. \(2001\)](#), on a mesuré le pH en triplicate dans le muscle LL après avoir homogénéisé 1 g de muscle cru pendant 30 secondes avec un polytron dans 10 ml d'iodoacétate de sodium (5 mM) et de chlorure de potassium (150 mM) à un pH de 7,0 (Annexe N°3). Le pH a été mesuré en utilisant un pH-mètre préalablement calibré avec une électrode combinée en verre. Le sodium iodoacétate joue un rôle d'inhibiteur des enzymes glycolytiques, ce qui maintient le pH stable et empêche ainsi la glycolyse cellulaire. L'emploi d'un tampon permet de préserver la stabilité des éléments (Figure 27).

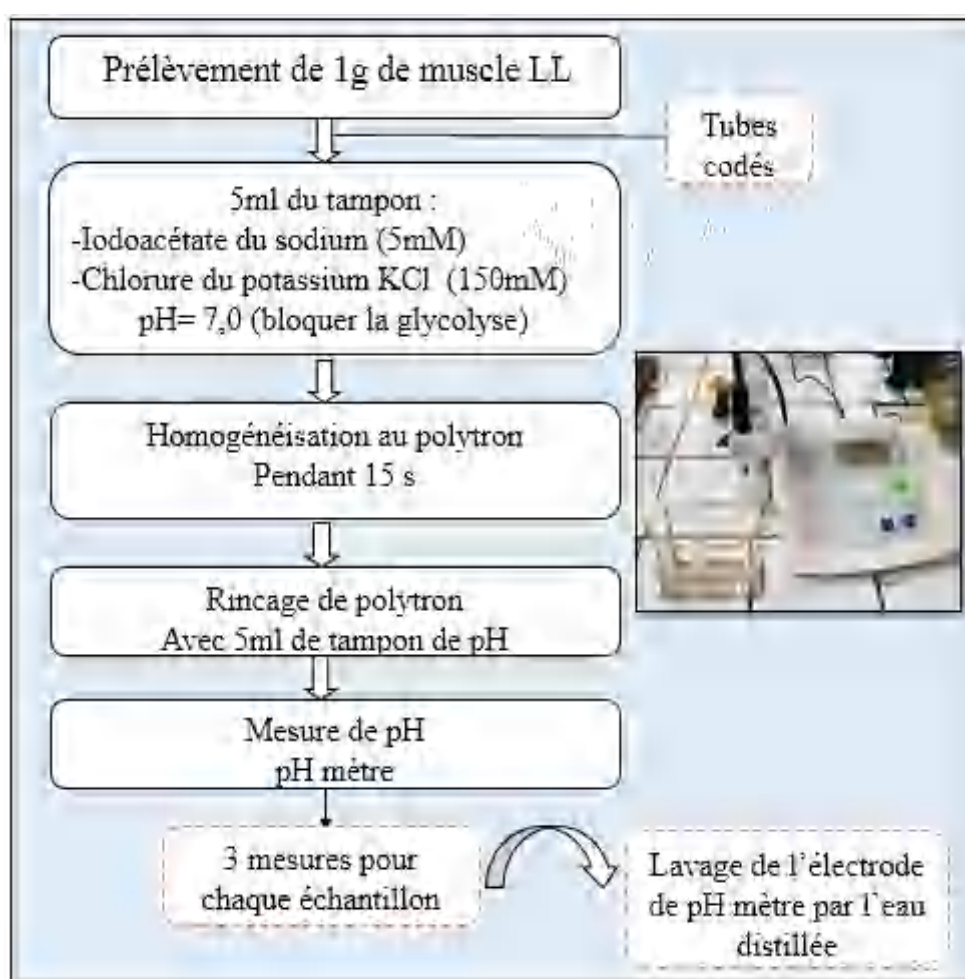


Figure 27. Protocole de mesure du pH ([McGeehin et al., 2001](#)).

2.4.2. Capacité de Rétention d'Eau (CRE) et Pourcentage d'Eau Reléguée (PER)

La capacité de rétention d'eau (CRE) du muscle LL a été mesurée selon la méthode de [Grau et Hamm \(1953\)](#), également appelée "méthode par presse-filtre" ou "water binding", avec de légères modifications des surfaces déterminées. Il a été prélevé un échantillon de 300 ± 5 mg (G) de muscle LL, placé sur un papier filtre, séché à l'étuve (à 40°C , pendant 5 min), pesé (P) et conservé dans un dessiccateur. Par la suite, on l'a placé entre deux plaques de verre, puis on a appliqué un poids de 2,25 kg sur l'échantillon pendant 5 minutes ([Pla et Apolinar, 2000](#)). Par la suite, on a dessiné minutieusement des cercles de la viande (M) et du jus libéré (T) sur du plastique transparent, puis on a pesé rapidement le papier filtre humide après avoir retiré soigneusement la viande compressée (Figure 28). Les surfaces ont été évaluées en utilisant le logiciel libre Image.

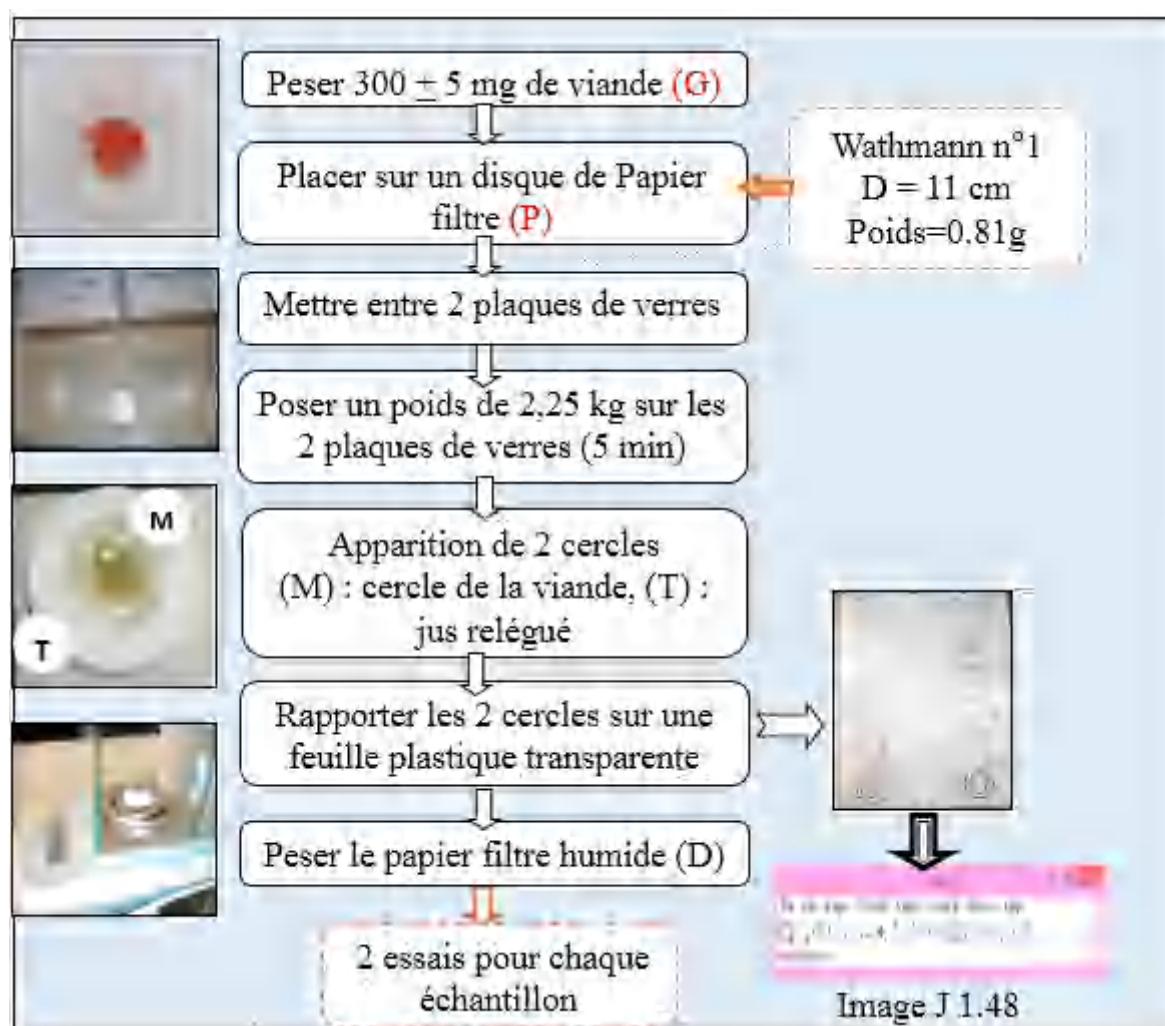


Figure 28. Différents stades de mesure de la CRE et du PER
([Grau et Hamm, 1953](#) ; [Pla et Apolinar, 2000](#) ; [Hafid et al., 2016](#)).

Les zones dessinées sur du plastique transparent ont été scannées et quantifiées à l'aide de l'option de "freehand selection" (Hafid *et al.*, 2016). La CRE est calculée en utilisant la formule ci-après : $CRE = M/T \times 100$. Le pourcentage d'eau libérée (PER) a été calculé quant à lui comme le rapport entre le pourcentage de poids d'eau reléguée (papier humide - papier sec) et la viande intacte $\times 100$.

2.4.3. Perte en eau à la cuisson

La PC a été déterminées comme décrit dans Pascual et Pla (2007). Un échantillon de viande de 10 g a été pesé (P1) et congelé à -20°C . Lorsque cela était nécessaire, les échantillons de muscle LL étaient décongelés à 4°C pendant 24 heures et cuits dans des sachets en plastique à 80°C pendant 1 heure en les plongeant dans un bain d'eau bouillante continue. Après refroidissement pendant 10 minutes par immersion dans l'eau, les échantillons étaient retirés des sachets, séchés en surface à l'aide d'un papier absorbant et pesés (P2). Les pertes à la cuisson étaient calculées selon la formule suivante :

$(P1-P2) \times 100/P1$. La mesure a été réalisée en triplicate (Figure 29).

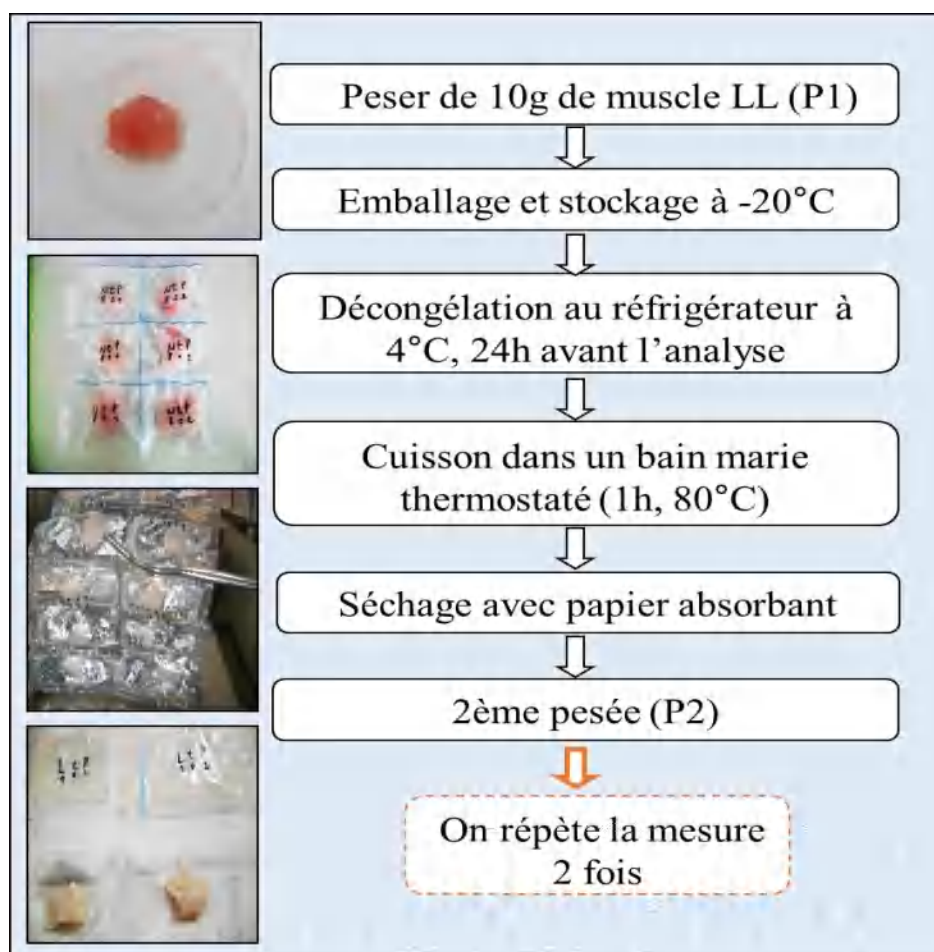


Figure 29. Étapes de mesure de la perte en eau à la cuisson (Pascual et Pla, 2007).

2.4.4. Détermination de l'indice de fragmentation myofibrillaires

L'IFM a été calculé en utilisant la méthode de turbidité de [Culler et al. \(1978\)](#) qui a été modifiée par [Li et al. \(2012\)](#). On a pesé et homogénéisé 2 g de muscle LL en utilisant un Polytron avec 10 ml de tampon d'extraction (Tampon Rigor, RB) à un pH de 7,0 pendant 25 s. Par la suite, on a effectué deux centrifugations successives, la première à une vitesse de 2000 rpm pendant 15 minutes à une température de 4°C. Le surnageant a été retiré et le culot a été collecté et solubilisé avec 5-10 ml de RB. La centrifugation suivante a été réalisée dans les mêmes conditions (2000 rpm pendant 15 minutes à 4°C), (Figure 30).

- Dosage des protéines musculaires extraites

La méthode colorimétrique de [Bradford \(1976\)](#) a permis de mesurer la concentration en protéines de la suspension de myofibrilles. Le tampon d'extraction assure la stabilité du pH pendant l'extraction pour prévenir la dénaturation des protéines. En outre, il est possible que le tampon d'extraction renferme des inhibiteurs de protéase ou d'autres substances afin de garantir la stabilité de la protéine cible, ce qui permet d'obtenir un rendement optimal et de préserver son activité.

Une solution d'albumine sérique bovine (BSA) avec une concentration de 2 mg/ml a été utilisée comme étalon (solution mère). Les dilutions préparées avaient des concentrations de 0, 20, 30, 40, 50 et 60 µg/ml de BSA, mélangées au tampon d'extraction et au réactif de Bradford. La solution de réactif de Bradford réagit avec des acides aminés spécifiques de la BSA, entraînant un changement de couleur (Annexe N°2 et 3).

On a utilisé comme étalon une solution d'albumine sérique bovine (BSA) à une concentration de 2 mg/ml. Les concentrations de BSA dans les dilutions préparées étaient de 0, 20, 30, 40, 50 et 60 µg/ml, dans le tampon d'extraction et dans le réactif de Bradford. En réagissant avec des acides aminés spécifiques de la BSA, la solution de réactif de Bradford change de couleur (voir Annexes N°2 et 3).

Le tampon a été dilué avec des aliquotes de suspensions de myofibrilles à une concentration finale de protéines de $0,5 \pm 0,05$ mg/ml. On a effectué une mesure immédiate de l'absorbance à 540 nm en utilisant un spectrophotomètre.

En fin, la moyenne des lectures d'absorbance en triplicate a été multipliée par 200 pour obtenir l'IFM pour chaque échantillon (Hopkins *et al.*, 2000).

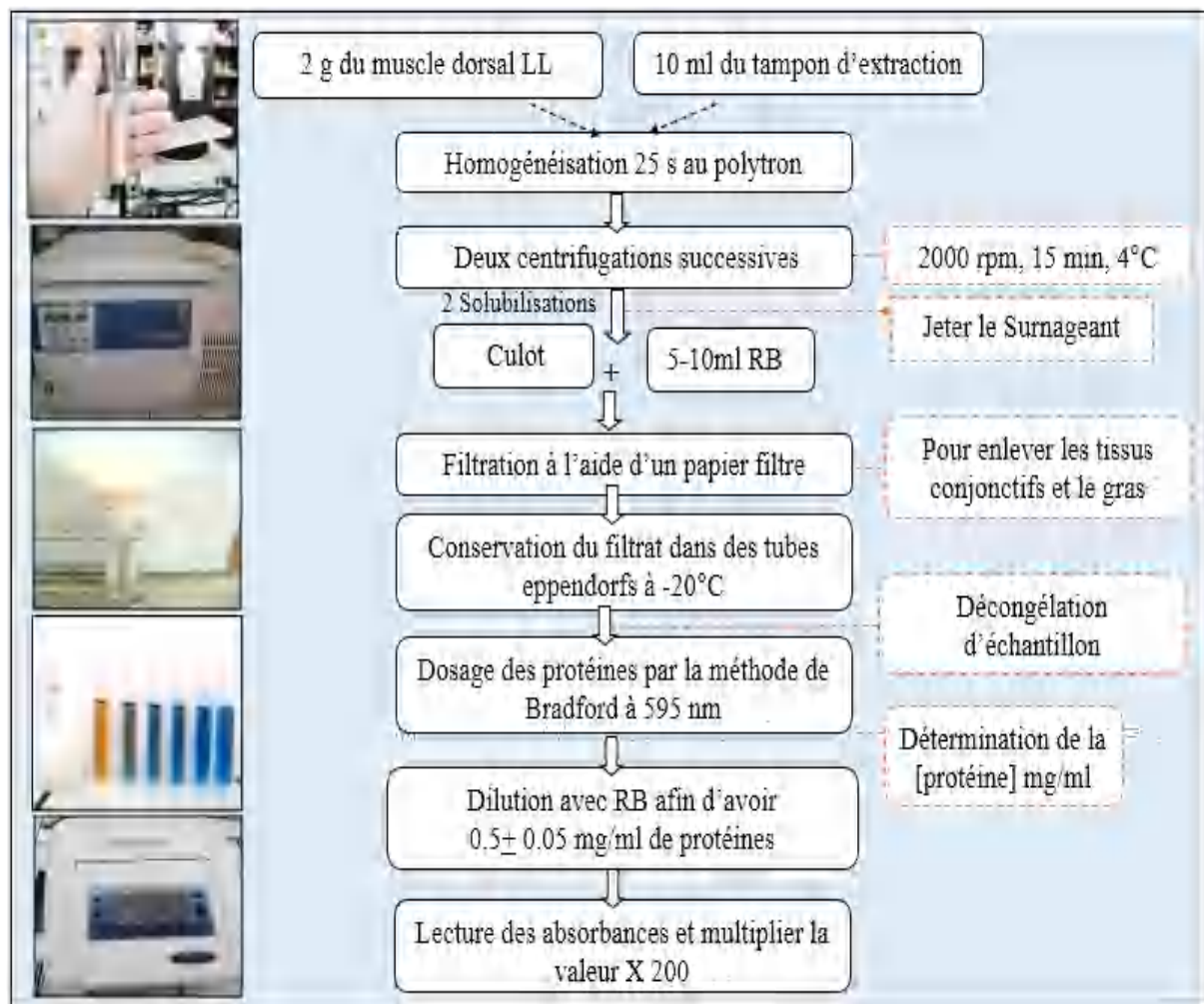


Figure 30. Protocole de mesure de l' IFM (Culler *et al.* 1978 modifié par Li *et al.* 2012).

2.4.5. Détermination du profil électrophorétique des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires par SDS-PAGE

La méthode de Laemmli (1970) a été utilisée pour analyser les extraits de protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires en utilisant une électrophorèse SDS-PAGE unidimensionnelle. Cette méthode utilise un champ électrique pour séparer les molécules de protéines sur un gel de polyacrylamide. Ce gel se compose d'une structure maillée avec une porosité variable. Dans ce gel, la migration des molécules plus grandes est perturbée par les molécules plus petites. Les deux étapes de la procédure sont la préparation des échantillons et la séparation des protéines par électrophorèse sur gel de polyacrylamide sur gel.

A. Préparation des échantillons : Trois étapes sont requises pour préparer les échantillons pour l'électrophorèse : l'extraction, le dosage et la dénaturation des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires.

- **Extraction des protéines :** On a extrait les protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques en suivant la méthode décrite par [Joo et al. \(1999\)](#). 10 ml de tampon d'extraction contenant été ajoutés à un échantillon de 0,5 g de viande fraîche de muscle LL, puis homogénéisé pendant 15 secondes à l'aide d'un Polytron. Par la suite, on a filtré le mélange homogénéisé sur une gaze, puis on a centrifugé le filtrat à 4000 rpm pendant 15 minutes à une température de 4°C. Les protéines sarcoplasmiques présentes dans le surnageant ont été prélevées, tandis que les protéines myofibrillaires ont été solubilisées avec 5 ml de tampon d'extraction, puis filtrées sur papier filtre. Par la suite, l'ensemble des solutions de protéines extraites (sarcoplasmiques et myofibrillaires) a été conservé dans des tubes Eppendorf à une température de -20°C jusqu'à la date de l'analyse par électrophorèse. Les étapes décrites précédemment sont résumées dans la figure 31 ci-dessous.
- **Dosage des protéines :** La concentration en protéines des extraits sarcoplasmiques et myofibrillaires a été déterminée par la méthode de [Bradford \(1976\)](#) en utilisant l'albumine sérique bovine comme standard (voir page 69). L'objectif de cette méthode est d'évaluer la concentration ou la quantité de protéines extraites, afin de charger la même quantité de protéines dans chaque puits du gel.
- **Dénaturation des protéines :** Dans des tubes Eppendorf, on mélange 50 µl de la solution de protéines à analyser avec un tampon dénaturant (50 µl) afin de dénaturer les échantillons de protéines, le tout à un pH de 6,8. Pour compléter la dénaturation, les échantillons sont ensuite chauffés à 95°C pendant 5 min dans un bain d'eau. Les protéines perdent alors leur structure spatiale active. Ensuite, 5 µl de bleu de bromophénol sont ajoutés, servant d'indicateur coloré. Les échantillons sont stockés dans un congélateur à une température de -20°C jusqu'à leur utilisation (Figure 31).

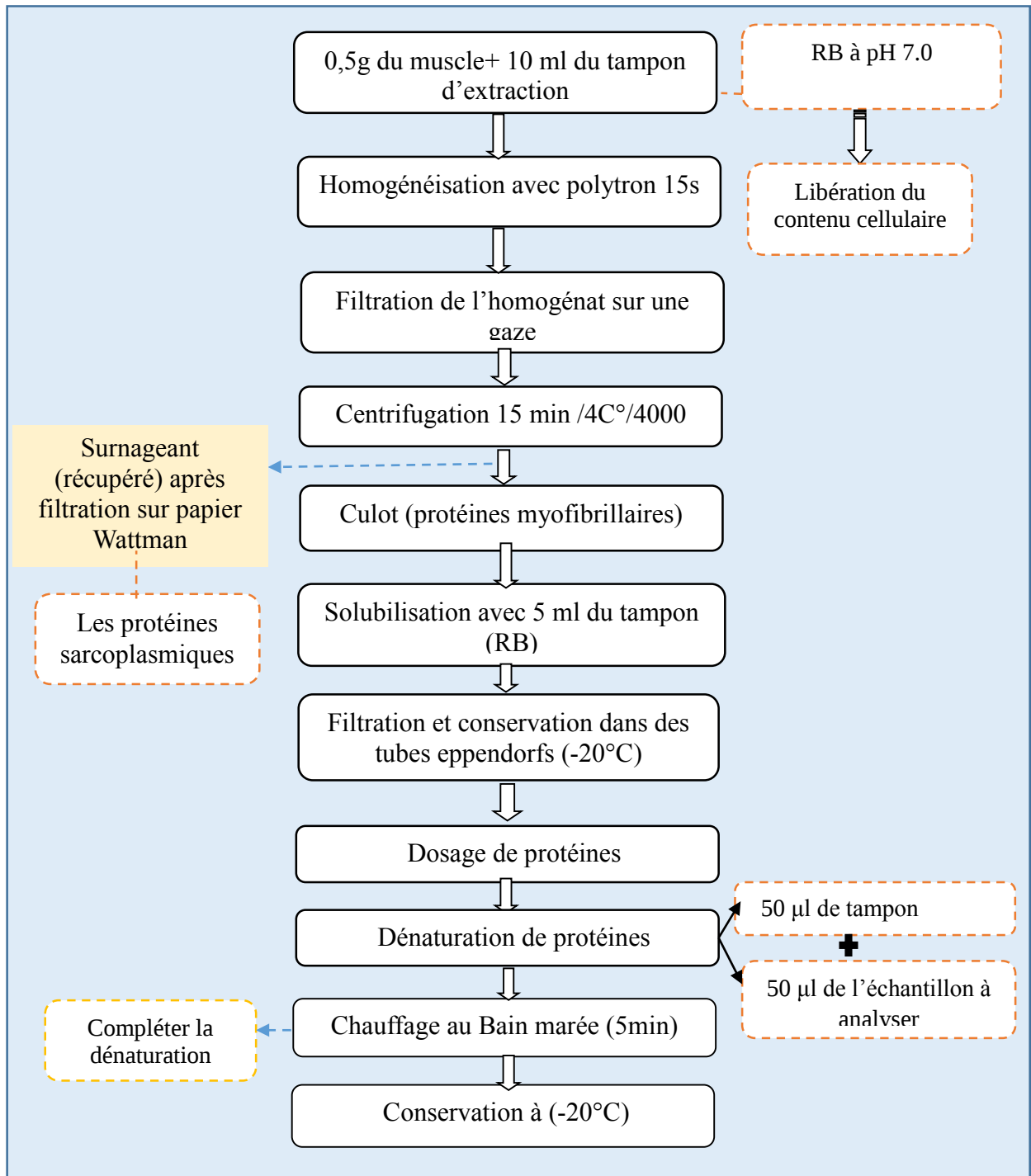


Figure 31. Protocol de préparation des échantillons pour l'analyse par SDS-PAGE. (Bradford, 1976 ; Joo *et al.*, 1999).

B. Séparation des protéines par électrophorèse sur gel de polyacrylamide

La préparation du gel : implique l'utilisation de gels discontinus, c'est-à-dire de zones avec des pourcentages acrylamide/bisacrylamide différents.

- Le gel de concentration est la première partie du gel, ce qui facilite l'entrée homogène des protéines dans le gel.

- Le gel de séparation est la deuxième étape, où les protéines sont séparées en fonction de leur poids moléculaire.

Une fois que nous avons préparé les gels d'empilement (stacking) et de résolution (resolving), nous commençons par remplir les plaques avec le gel de séparation (en laissant environ 1-2 cm d'espace en haut) et nous remplissons rapidement l'espace vide avec une solution d'alcool.

Le gel se solidifie en 25 à 30 min environ. Après la polymérisation, l'alcool est éliminé et la substance restante est essuyée avec du papier absorbant.

Par la suite, le gel concentré est rapidement ajouté après sa préparation en superposant les plaques avec le peigne adéquat. Une fois que le gel de stacking a polymérisé, le peigne est enlevé, créant ainsi 10 puits. Les peignes sont de différentes tailles et dents, ce qui permet de déposer des échantillons de protéines allant de 10 µl à 30 µl pour la séparation. La coulée des gels entre deux plaques de verre donne une épaisseur de 1 mm par gel.

Dépôt de protéines dans les puits de gel : Un mélange de protéines de poids moléculaire connu, avec des marqueurs de poids moléculaire bleus et allant de 10 à 250 kda (#161-0305), est utilisé dans le premier puits, obtenu auprès de Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA.

Les échantillons de protéines dénaturées sont placés dans les puits après décongélation. Par la suite, le tampon de migration est ajouté à la cuve d'électrophorèse (pH = 8,3) et les plaques de verre contenant le gel polymérisé sont immergées dans la cuve avec le tampon de migration (voir annexe 2).

Ensuite, la cuve est reliée à un générateur qui génère un courant électrique qui entraîne la migration des protéines, d'abord à 80 volts pendant 15 minutes à 1 heure, pour les concentrer dans le premier gel de concentration. La migration de la glycine et des protéines est stimulée par ce courant électrique intense, ce qui les dépose sur le front de migration des ions chlorure, créant ainsi des bandes très fines de protéines concentrées à la limite supérieure du deuxième gel. Finalement, ce gel de séparation (gel de résolution) permet de séparer les protéines en fonction d'un gradient de taille, à travers un réseau moléculaire, en augmentant le potentiel électrique à 145 volts pendant environ 2 h.

Coloration au bleu de Coomassie et détermination de la masse moléculaire (MM) des protéines : Une fois la migration terminée, on retirera le gel du moule et on fixera les protéines dans une solution de fixation. Par la suite, on plonge le gel dans une solution de colorant Coomassie et on le fait agiter pendant au moins 20 min. Ensuite, le gel est décoloré progressivement par plusieurs lavages et agitation dans une solution de décoloration, la même

solution utilisée pour fixer les protéines, jusqu'à ce que les bandes protéiques soient parfaitement visibles.

- **Lecture et estimation des poids moléculaires :** Les bandes protéiques ont été analysées en utilisant le logiciel d'analyse Un-Scan-It Gel 6.1. (Figure 32).

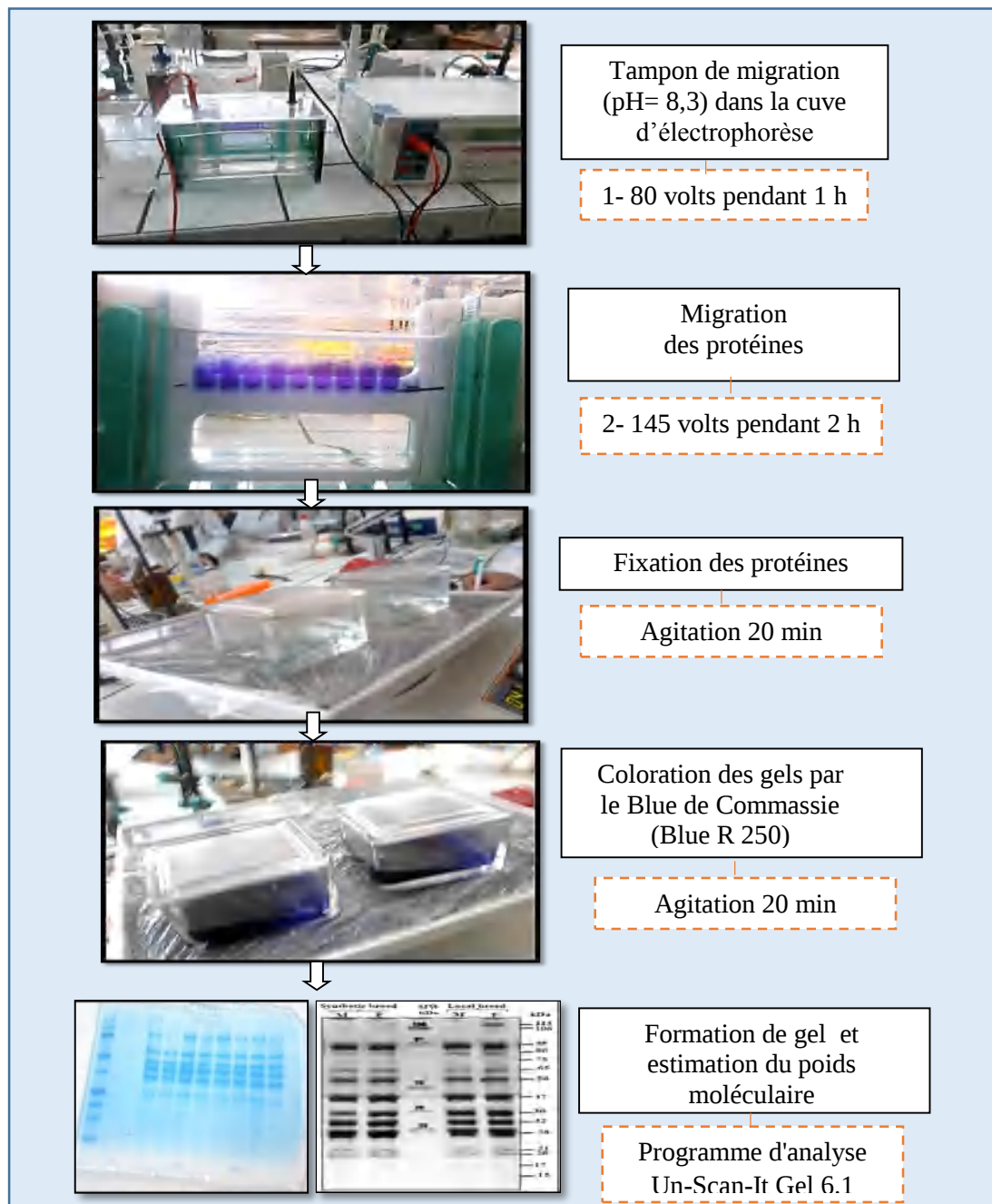


Figure 32. Etapes de la réalisation de l'électrophorèse SDS-PAGE.

2.4.6. Teneur en myoglobine

Les pigments ont été extraits à partir d'échantillons de viande de lapin en suivant les principes de [Faustman et de Phillips \(2001\)](#). On a homogénéisé 5g de l'échantillon préalablement congelé dans 45 ml de tampon phosphate à pH 6,8. On a filtré l'homogénat sur un papier filtre Whatman n°1, puis on a mesuré l'absorbance du filtrat à l'aide d'un spectrophotomètre dans des cuves visibles de 2 ml à une longueur d'onde de 525 nm, avec un tampon phosphate comme blanc, l'analyse a été effectuée en triplicate (Figure 33) avec un coefficient d'extinction de 7,6 mM⁻¹ cm⁻¹ : [Myoglobine] (mg/g) = [A / (7,6 mM⁻¹ cm⁻¹ x 1 cm)] où : x [17000/1000] x 10.

- 7,6 mM⁻¹ cm⁻¹ = coefficient d'extinction molaire de la myoglobine à 525 nm ;
- 1 cm = longueur du trajet optique de la cuve ;
- 17 000 Da = masse moléculaire moyenne de la myoglobine ;
- 10 = facteur de dilution ([Canto et al., 2015](#)).

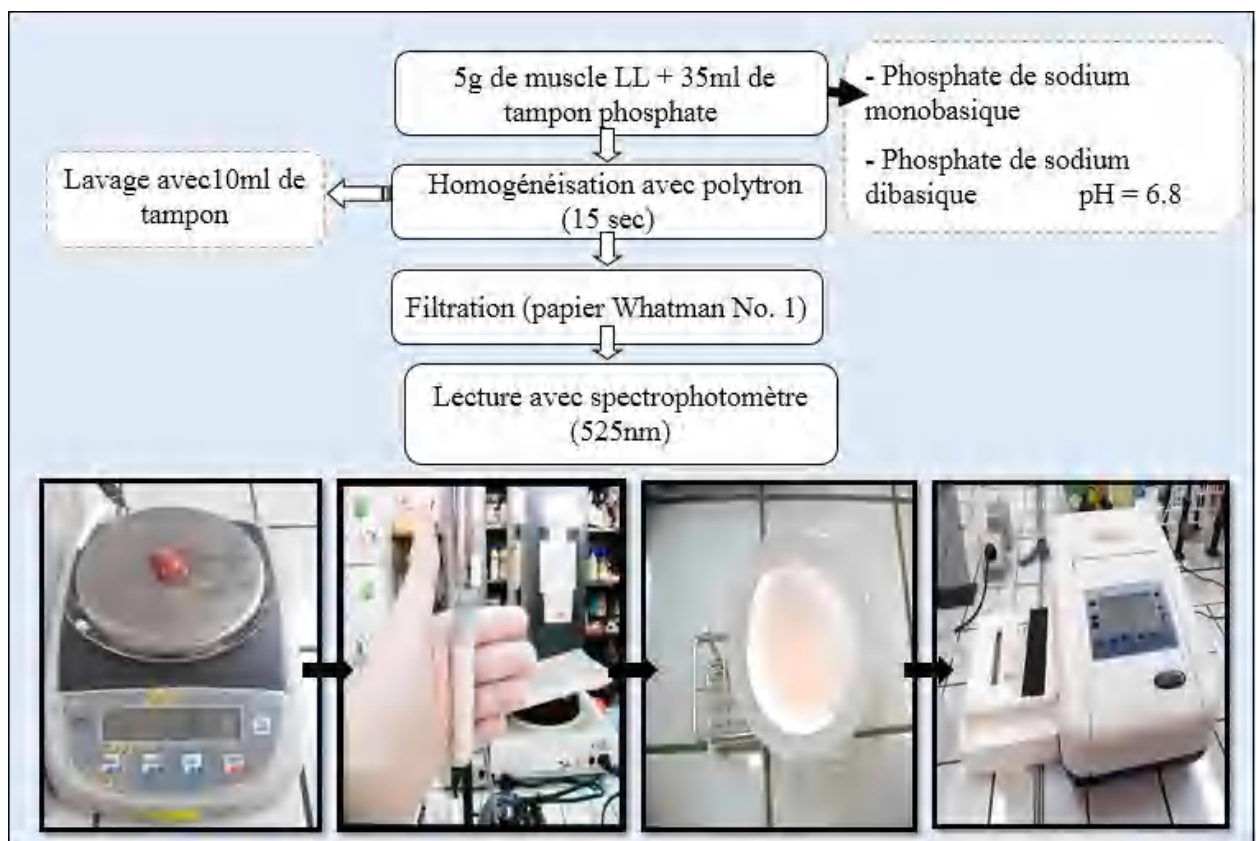


Figure 33. Etapes de la mesure de la concentration de myoglobine
([Faustman et Phillips, 2001](#)).

2.4.7. Analyse colorimétrique de la viande de lapin

La couleur de la viande cunicole a été déterminée selon la méthode de [He et al. \(2020\)](#) en utilisant l'application d'extraction de couleur «Colour Grab» (version 3.6.1, 2017, Loomatix Ltd., Munich, Allemagne).

Pour garantir que la capture de la couleur ne soit pas affectée par la lumière ambiante, une boîte fermée en polystyrène (39 x 17 x 28 cm) a été utilisée et intégrée avec une LED blanche 1,2 W 5 V pour obtenir un éclairage uniforme et diffus au-dessus de l'échantillon. Dans notre expérience nous avons utilisé le mode colorimétrique CIE-L*a*b*. Il s'agit d'un modèle mathématique de couleur basé sur la sensibilité du spectre visuel humain ([Chen et Ren, 2014](#)), où la valeur L* désigne la clarté, tandis que a* et b* sont des coordonnées de couleur (+a* = rouge, -a* = vert, +b* = jaune, -b* = bleu). Les mesures de couleur ont été effectuées à 5 endroits différents sur le même muscle LL (Figure 34). Les valeurs de saturation de couleur (chroma ; C*) et de teinte (teinte ; H*) ont été calculées à l'aide de la formule suivante ([Cielab, 1976](#)) : $H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$, $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$.

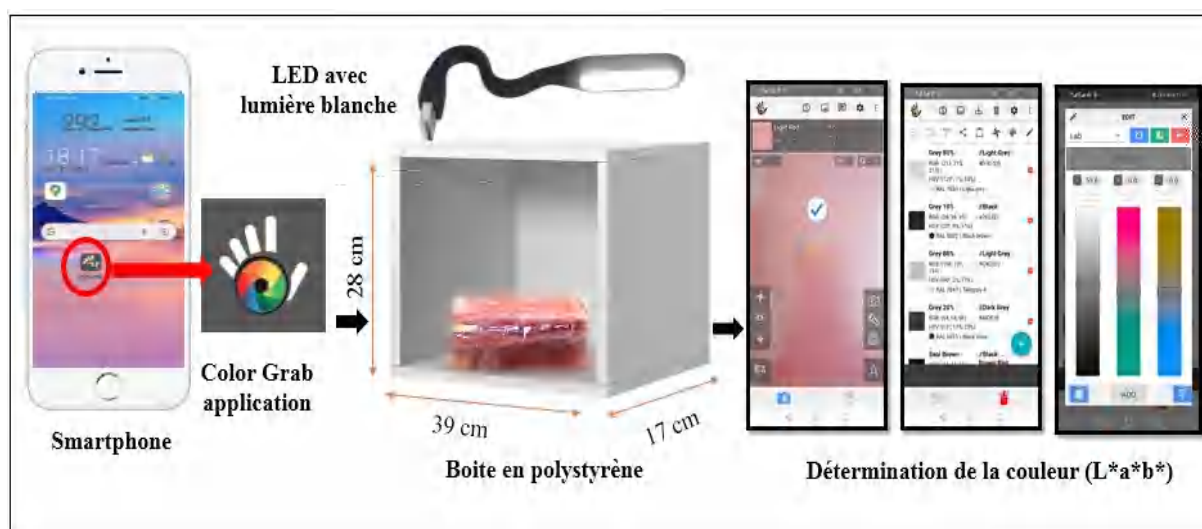


Figure 34. Analyse colorimétrique de la viande lapine par l'application de « Color Grab ».

2.5. Caractérisation biochimique de la viande de lapin

Les cuisses de lapin ont été utilisées pour l'analyse de la composition chimique de la viande cunicole. Jusqu'au jour de l'analyse, les échantillons ont été stockés dans des sacs en plastique à une température de -20°C.

2.5.1. Teneur en eau

L'eau de la viande fraîche est mesurée à l'aide d'une méthode thermogravimétrique. C'est une technique de séchage par pesée qui consiste à sécher les échantillons jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids constant. Pour l'étude de la matière sèche, la viande est d'abord broyée à l'aide d'un broyeur industriel.

La méthode de [Petit et al. \(2014\)](#) consiste à peser 5 g de viande fraîche dans une boîte de Pétri, puis à les sécher à 105°C jusqu'à obtenir un poids constant (24 heures). Ensuite, les boîtes sont placées dans un dessiccateur pour être refroidies et pesées (Figure 35). On répète l'opération trois fois et on enregistre les résultats en moyenne $\pm$ écart type. La quantité d'eau est représentée par le pourcentage (%) suivant : Teneur en eau (%) = $(P_1 - P_2) / P_1 \times 100$, avec :

P_1 : masse (en g) de l'échantillon avant déshydratation.

P_2 : masse (en g) de la boîte de Pétri et de l'échantillon d'essai après déshydratation – masse (en g) de la boîte de Pétri vide.

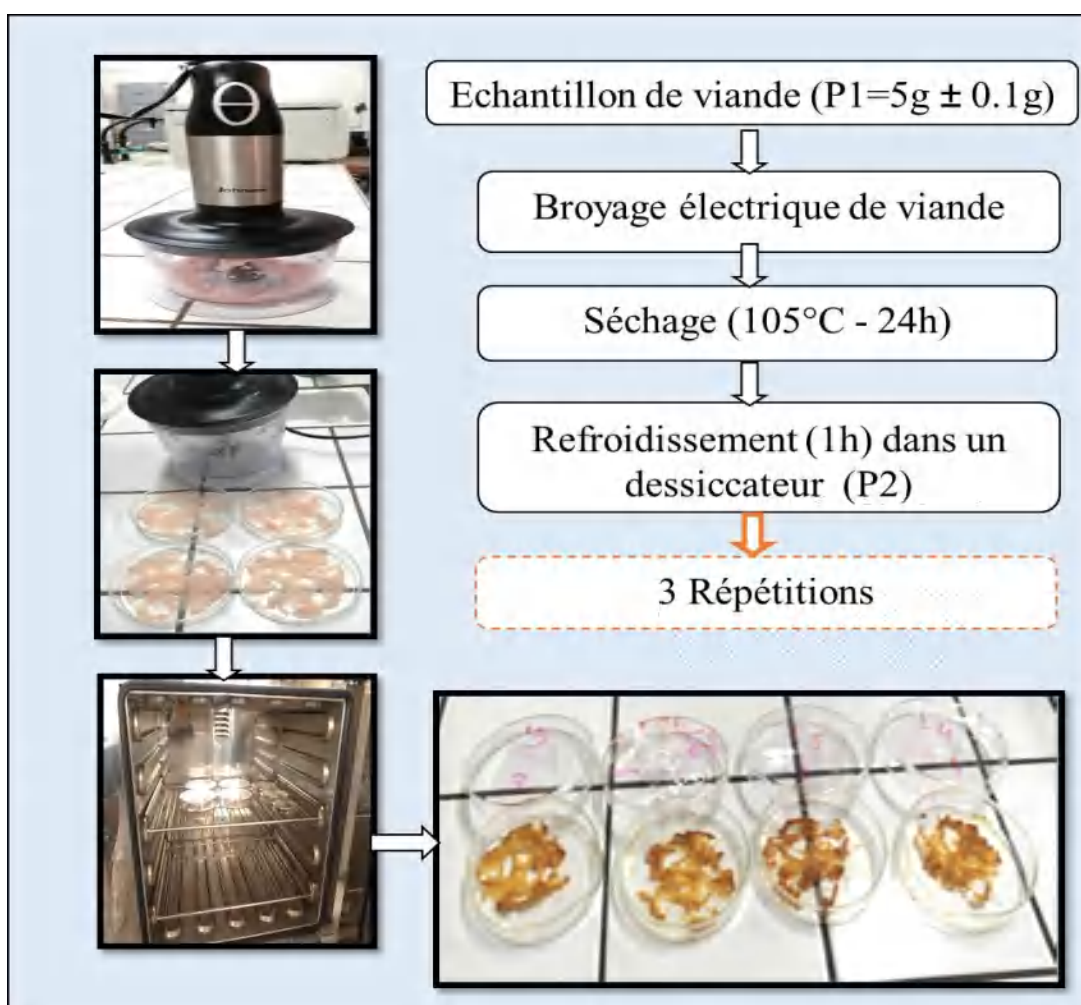


Figure 35. Mesure de la teneur en eau ([Petit et al., 2014](#)).

2.5.2. Teneur en cendres

La quantité de cendres correspond à la totalité des sels minéraux d'un échantillon. La méthode utilisée par (Marra *et al.*, 1999 ; Komprda *et al.*, 2012) consiste à minéraliser 1 g ($\pm 0,1$) de viande hachée dans un four à moufle (Nabertherm, Allemagne) à une température de 550°C pendant 3 h jusqu'à ce qu'elle atteigne une masse constante. On déplace ensuite les cendres présentes dans les creusets dans un dessiccateur et on les mesure à l'aide d'une balance de précision (Figure 36). Les résultats de l'analyse sont obtenus en triplicate et sont exprimés en moyenne $\pm$ écart type. La quantité de cendres est déterminée en utilisant la relation ci-dessous: Teneur en cendres (%) = $(P_2 - P_0) / (P_1 - P_0) \times 100$ avec :

P_0 = poids du creuset vide

P_1 = poids du creuset + échantillon

P_2 = poids du creuset + résidu calciné

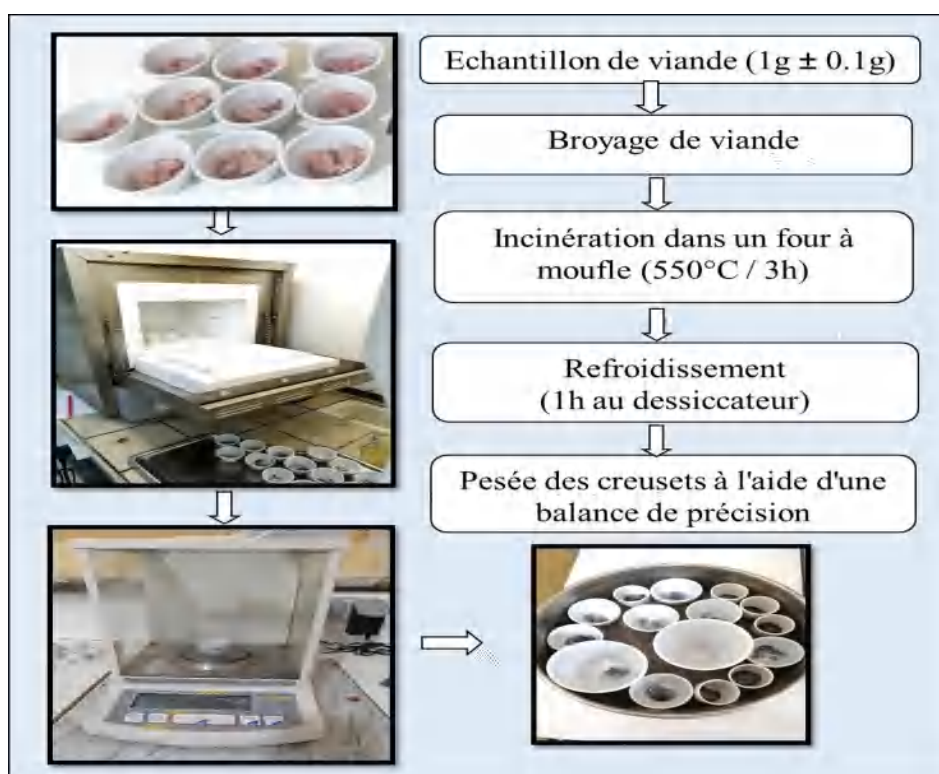


Figure 36. Mesure de la teneur en cendres.

2.5.3. Teneur en matières grasses

La teneur totale en lipides a été extraite par la méthode SOXHLET, en utilisant un traitement à chaud et l'hexane comme solvant, tel que décrit dans la norme ISO (1996) et par Komprda *et al.* (2012). 2g d'échantillon ont été placés dans des cartouches tarées. En parallèle, 50 ml d'hexane ont été introduits dans des ballons en verre préalablement pesés.

L'ensemble "cartouches et ballons " a été introduit dans l'unité d'extraction réglée à 140 °C pendant 4 heures. La matière grasse s'accumule dans les ballons jusqu'à la fin de l'extraction.

L'hexane est ensuite évaporé à l'aide d'un rotavapor, la matière grasse est récupérée et pesée (Figure 37). La relation suivante donne la quantité totale de lipides exprimée en pourcentage : Teneur en lipides (%) = $P_2 - P_1 / P_e \times 100$, avec :

P_1 = poids du ballon en verre vides (g)

P_e = poids de l'échantillon (g)

P_2 = poids du ballon en verre + matière grasse extraite (g)

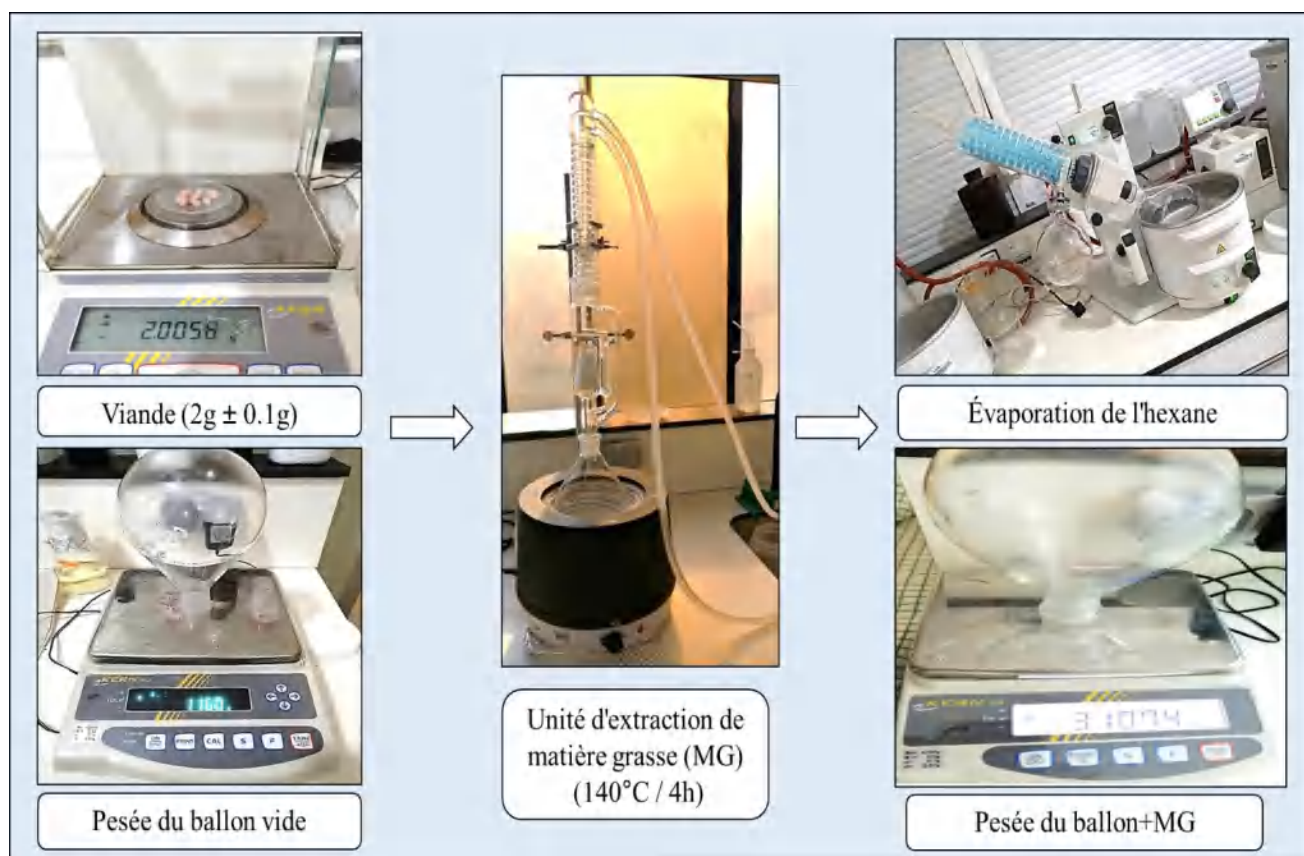


Figure 37. Détermination de la teneur en lipides (ISO, 1996 ; Komprda et al., 2012).

2.5.4. Teneur en azote total (méthode Kjeldahl)

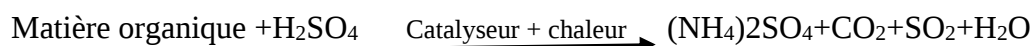
La teneur en protéines totales (protéines brutes, $N \times 6,25$) a été évaluée par la méthode Kjeldahl selon l'AOAC 981.10 (AOAC, 2000). Cette méthode repose sur la destruction de la matière organique par chauffage avec un acide fort en présence d'un catalyseur. L'azote présent est converti en sulfate d'ammonium en présence d'hydroxyde de sodium et l'ammoniac est collecté dans de l'acide borique et titré avec un acide dilué.

Finalement, on transforme l'azote total en protéines totales en utilisant un facteur de conversion de 6.25. La méthode Kjeldahl consiste en trois étapes pour évaluer la quantité d'azote dans un échantillon organique.

a. Minéralisation

La première étape consiste à minéraliser l'échantillon en le chauffant avec de l'acide sulfurique concentré (H_2SO_4 , 96%) dans un minéraliseur de type (FOSS. TecatorTM, digesteur automatique). Ce processus détruit la matière organique de l'échantillon et convertit l'azote en sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Dans notre étude, nous avons pesé 1 g de viande de lapin et ajouté 20 ml de H_2SO_4 . Nous avons ensuite chauffé le mélange dans un minéraliseur pendant 4 h en présence d'un catalyseur (KjeltecTM, Kjeltabs IB48).

Le mélange a été chauffé à 420°C jusqu'à ce que le contenu du matra soit complètement incolore. Pendant ce stade, l'acide sulfurique se décompose en partie et se transforme en SO_2 et SO_3 . Ces gaz forment des fumées blanches, irritantes et toxiques. La réaction est présentée ci-dessous :



b. Distillation

Pour transformer les ions ammonium (NH_4^+) en ammoniac (NH_3) lors de la minéralisation, il est nécessaire de réaliser une alcalinisation du milieu. Cette opération est effectuée en utilisant une base forte, généralement une solution d'hydroxyde de sodium à 40%. La distillation est ensuite effectuée par le biais d'un appareil à distiller (de type BÜCHI Distillation Unit K-355).



L'ammoniac (NH_3) libéré est entraîné par la vapeur d'eau lors de la distillation, puis condensé et récupéré dans une solution d' H_3BO_3 à 4% avec un indicateur coloré (Tachirou). La réaction suivante montre que l'acide borique capture l'ammoniac sous sa forme acide:



c. Titrage

Après la distillation, le titrage est réalisé le plus rapidement possible, en s'assurant que la température du distillat ne dépasse pas 25 °C pour éviter les pertes d'ammoniac. Une solution de HCl (0,1 N) est utilisée pour titrer l'ammoniac récupéré jusqu'à ce que l'indicateur se transforme en rose-violet. On effectue cette opération manuellement en utilisant une burette de titrage.

La teneur totale en azote est exprimée en pourcentage et est obtenue selon l'équation suivante : $\text{Azote (\%)} = [(V - V_0) \times 14 \cdot N / P] \times 100$, avec :

N = Normalité de l'HCl titrant (0,1 N)

V = Volume de HCl utilisé pour le titrage (ml)

V_0 = Volume du blanc (ml) = 0,1 ml

P = Poids de l'échantillon analysé (1 g)

14 : Masse molaire de l'azote

On calcule la quantité de protéines totales en fonction du pourcentage d'azote total en utilisant un facteur de conversion dans la formule suivante : Le pourcentage de protéines = Azote % x 6,25 (Facteur de conversion : 6.25).

La figure 38 présente les différentes étapes de la mesure de la concentration en protéines.

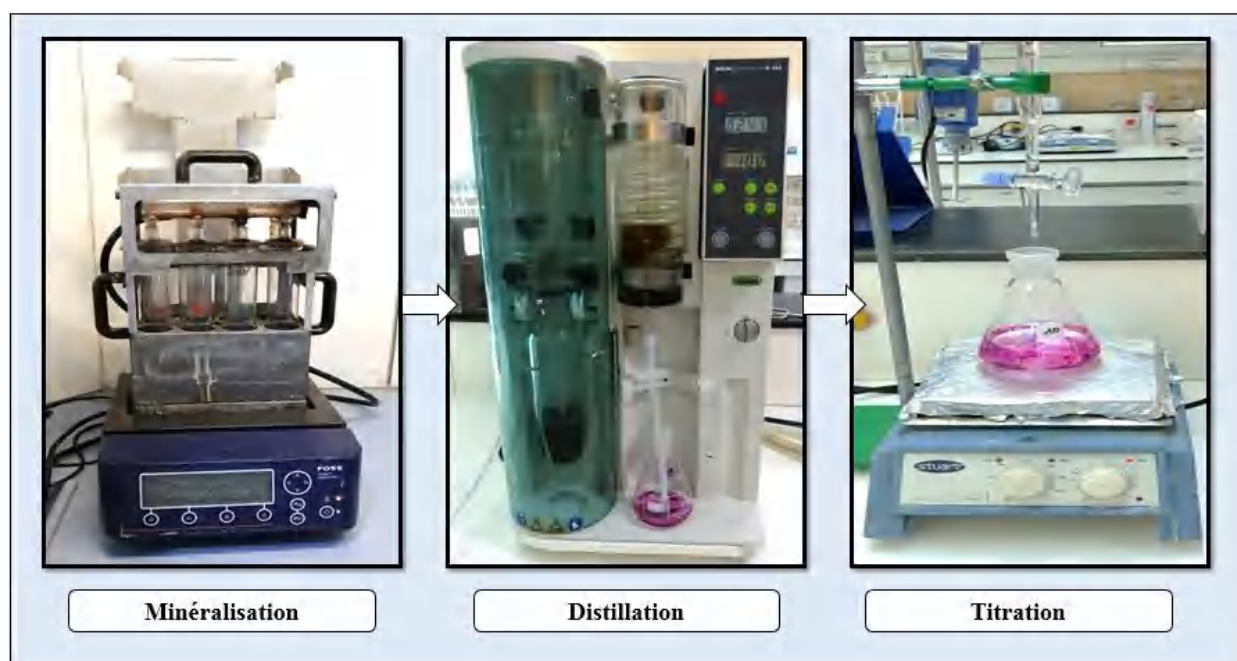


Figure 38. Dosage de la teneur en azote total (méthode Kjeldahl) (AOAC, 2000).

2.5.5. Détermination du profil d'acides gras

La détermination du profil des acides gras inclut les phases suivantes :

a. Extraction et dosage de la matière grasse

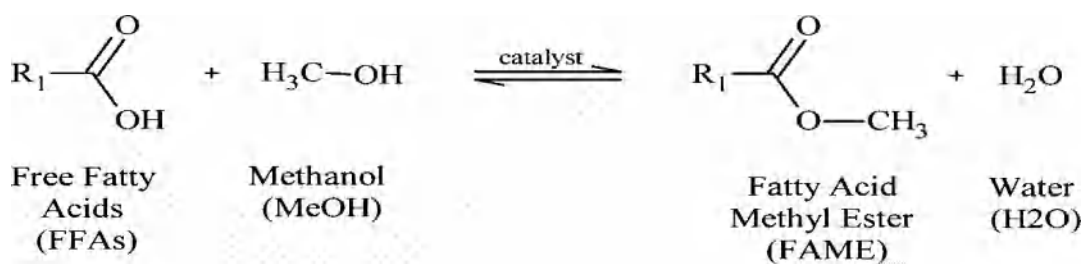
La matière grasse totale a été extraite par la méthode SOXHLET (voir page 78).

b. Méthylation des acides gras

Après avoir extrait les lipides à l'aide de la méthode de Soxhlet, comme mentionné précédemment (page 80), on a mesuré la teneur en acides gras (AG) après avoir méthylié les échantillons. Selon la méthode de Morrison et Smith (1964), les esters méthyliques d'acides gras (EMAG) ont été fabriqués en utilisant du trifluorure de bore à 8% dans le méthanol (BF₃/MeOH). On a pesé 100 mg d'échantillon et on l'a placé dans un tube à essai à vis de 10 ml. Par la suite, 1,5 ml d'hexane et 1,5 ml de BF₃/MeOH ont été ajoutés. Le tube est fermé hermétiquement en utilisant de l'azote, agité vigoureusement puis chauffé à une température de 100°C pendant une heure (Figure 39).

Une fois refroidi à température ambiante, on a ajouté 1 ml d'hexane et 2 ml d'eau distillée, puis on a agité le tout sous azote. Après le repos, deux phases se sont séparées. La première phase a été extraite dans un autre tube contenant de l'azote, tandis que la seconde phase a été extraite à deux reprises avec 1 ml d'hexane. On a lavé les phases combinées (esters méthyliques d'acides gras, EMAG) avec 2 ml d'eau distillée, puis on les a séchées sur du sulfate de sodium anhydre.

On a évaporé le solvant sous azote et on a ajouté de l'hexane afin d'atteindre une concentration des EMAG appropriée pour l'analyse par chromatographie en phase gazeuse. La réponse est exposée ci-dessous.



c. Analyse par chromatographie en phase gazeuse

On a procédé à l'analyse des esters méthyliques d'acides gras en utilisant une chromatographie en phase gazeuse capillaire (Chrompack CP 9002, Pays-Bas) équipé d'une colonne capillaire en gel de silice (30 m × 0,32 mm (i.d.), 0,25 µm) recouverte d'une phase stationnaire de (RTX 2330 90 % biscyanopropyl + 10 % polysiloxane).

Le gaz vecteur était l'azote. On a ajusté la température du four de 150 à 230 °C à une vitesse de 4 °C/min. Les orifices d'injection et de détection à ionisation de flamme (FID) ont été réglés respectivement à 250 °C et 260 °C. On a injecté un volume de 0,8 µL avec un rapport de division de 1:100. On a identifié les EMAG individuels en se basant sur le temps de rétention des échelles FAME authentiques, et on a exprimé la proportion relative de chaque AG dans les échantillons en pourcentage du total des AG. Finalement, on a utilisé la moyenne de chaque AG pour déterminer la somme des acides gras saturés (AGS), monoinsaturés (AGMI) et polyinsaturés (AGPI). La quantité d'acides gras (AG) présente dans la cuisse était la moyenne de trois mesurages.

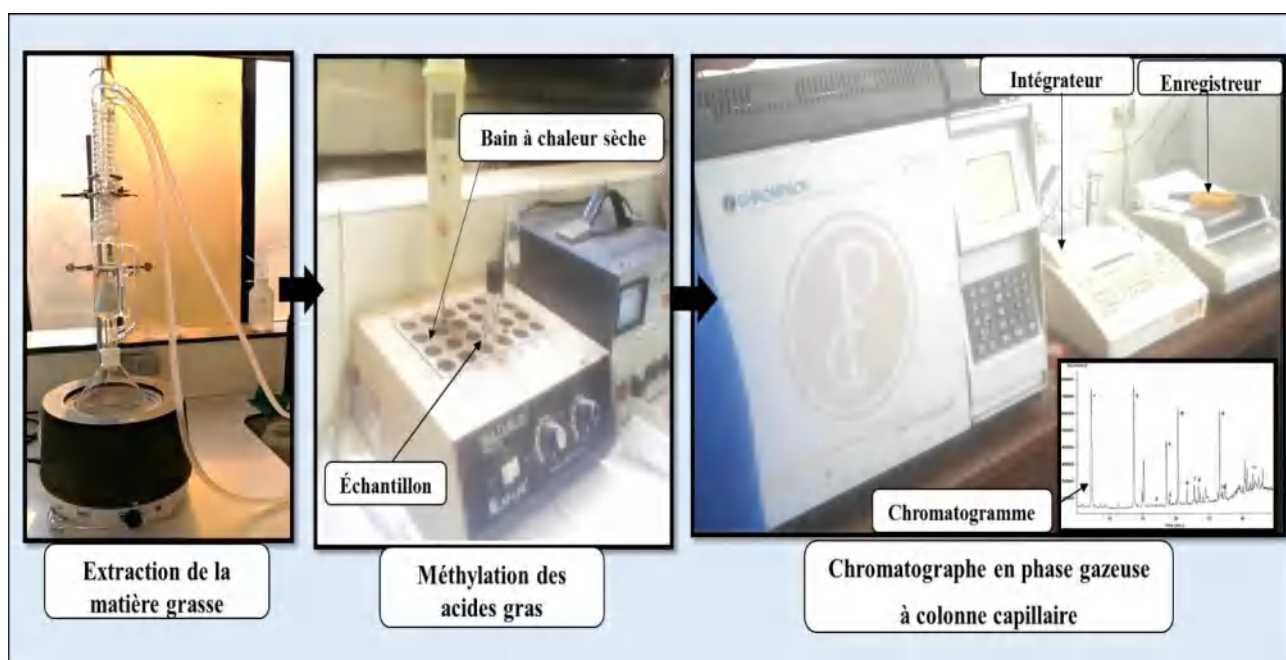


Figure 39. Détermination du profil d'acides gras (Morrison et Smith, 1964).

2.6. Analyse Sensorielle

a. Préparation des échantillons pour l'analyse sensorielle

Après avoir été décongelé à 4°C pendant 24 heures, le muscle LL a été divisé en 10 morceaux similaires, placés dans des sachets de cuisson étiquetés et bien fermés, puis plongés dans un bain d'eau maintenu à une température constante de 80°C pendant environ 1 heure, jusqu'à ce que la température à cœur atteigne 80°C (Honikel, 1998). Nous avons opté pour cette technique de cuisson afin d'assurer un régime thermique uniforme en surface et à l'intérieur de l'échantillon. De plus, elle favorise une texture homogène en évitant la création d'une croûte en surface (Laroche, 1983 ; Hernandez *et al.*, 1999). Une fois la cuisson terminée, les échantillons sont immédiatement déplacés dans la salle de dégustation afin d'être déguster chauds.

b. Salle de dégustation

Les échantillons ont été dégustés par un jury entraîné dans une salle de dégustation normalisée, sous lumière artificielle blanche conforme à la norme ISO 8589:1988. La salle de dégustation est située à proximité du laboratoire et est équipée de 10 cabines individuelles permettant d'isoler les dégustateurs. Sa conception vise à garantir un confort et une concentration optimaux pour les juges, tels que : la propreté, l'absence de distractions, les odeurs, le bruit, les cadres et les décorations, etc.

c. Jury

Un groupe de dix personnes expérimentées (5 femmes et 5 hommes) a été choisi pour évaluer les caractéristiques sensorielles de la viande de lapin. Ce groupe comprenait des professeurs, des étudiants de troisième cycle et du personnel de laboratoire. Chaque membre du panel avait reçu une formation en analyse sensorielle et était donc qualifié pour ce genre d'analyse. En outre, une formation a été mise en place afin de familiariser les participants avec le vocabulaire spécifique, de leur enseigner à évaluer les produits, d'améliorer leurs compétences sensorielles et de leur permettre de faire des jugements purement qualitatifs sans prendre en compte leurs préférences.

d. Test Sensoriel

Lors de chaque session, les échantillons étaient servis immédiatement aux juges sans sel ni épices dans des assiettes blanches. Ils étaient servis chauds au panel et coupés en cubes d'environ 5 g. Chaque juge évaluait en moyenne deux échantillons et chaque échantillon étant évalué par dix juges. Au début de la session et entre les échantillons, les juges recevaient un gobelet contenant de l'eau (90 %) et du jus de pomme (10 %) ([Hutchison et al., 2012](#)).

Une liste de onze paramètres sélectionnés a été utilisée (intensité du goût de lapin, intensité de l'odeur du gras, intensité de l'odeur de lapin, jutosité, tendreté, cohésion, caractère fibreux, farineux, résidu et appréciation globale). Chaque attribut était coté de 0 à 10 à l'aide d'une ligne continue non structurée de 10 cm (Annexe N°5), conformément à la norme UNE-EN-ISO 4121:2006 ([AENOR, 2006](#)).

On a effectué un test de préférence par paire pour évaluer s'il y avait une préférence statistiquement significative entre deux échantillons de viande de races différentes et des deux sexes. Les 10 panélistes se sont vu demander d'indiquer l'échantillon présentant les propriétés sensorielles les plus appréciées.

Étant donné l'adoption d'une procédure de choix forcé, un échantillon devait être choisi, même si la sélection par l'évaluateur était aléatoire (Watts *et al.*, 1989). Les sessions de dégustation ont eu lieu entre 10h00 et 11h30 du matin ou entre 14h00 et 15h30 l'après-midi (Figure 40).

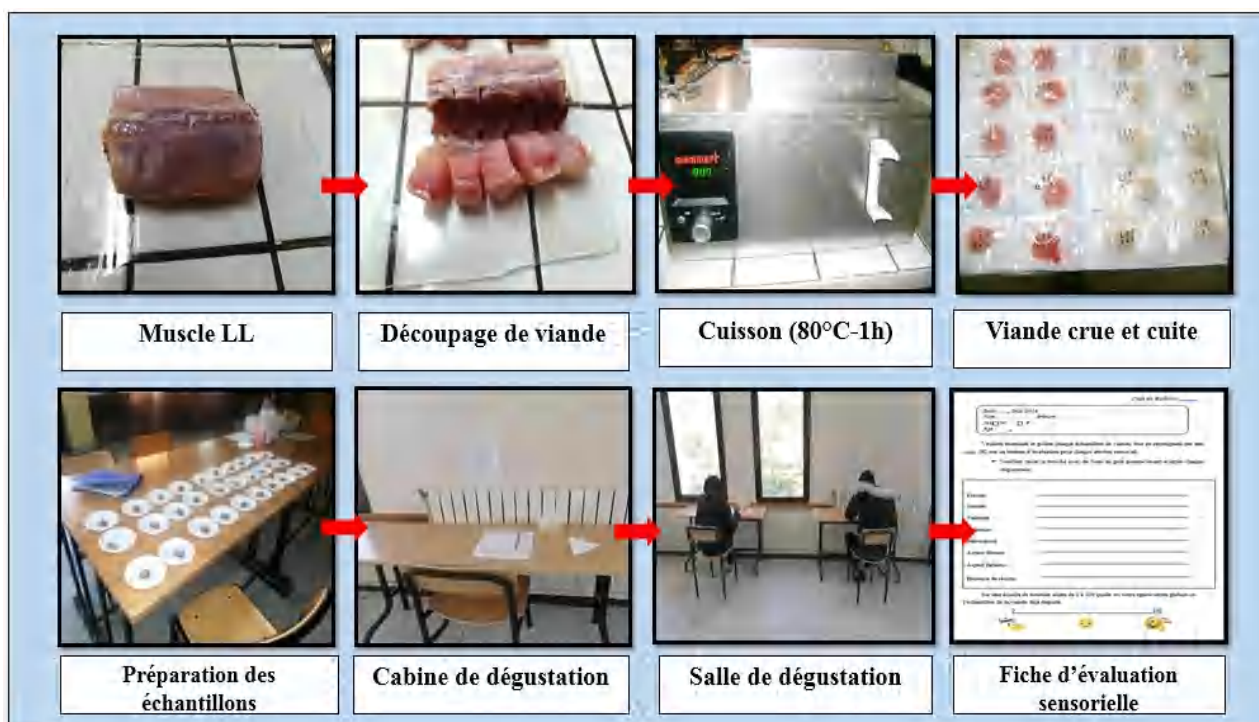


Figure 40. Phases de l'évaluation sensorielle.

2.7. Analyse statistique

Différentes méthodes statistiques ont été employées en fonction des variables étudiés. Les résultats sont présentés sous forme de moyennes et d'erreur quadratique moyenne (RMSE). Dans un premier temps, les données ont été analysées par la méthode des moindres carrés appliquée au modèle linéaire général (GLM), en suivant un modèle à effets fixes qui incluait le génotype, le sexe et leur interaction.

Quand on a constaté des disparités statistiques entre les groupes ($P < 0,05$), un test de comparaison de Fisher a été utilisé. Deuxièmement, un test du χ^2 a été utilisé pour déterminer quel type de viande était préféré par les panélistes en fonction de la race et du sexe. Troisièmement, une analyse de corrélation de *Pearson* suivie d'une analyse en composantes principales (ACP) ont été effectuées pour évaluer la relation entre les caractères morphométriques et les caractéristiques de la carcasse et la relation entre les variables physico-chimiques et les attributs sensoriels. L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel statistique JMP 15 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Selon un seuil de $P < 0,05$, les comparaisons ou les corrélations étaient considérées comme statistiquement significatives.

Résultats et discussion

Préambule

La présente section se consacre à l'exposé et à l'analyse approfondie des principaux résultats obtenus dans le cadre de notre étude expérimentale. L'ensemble de ces résultats a fait l'objet de quatre publications scientifiques distinctes, chacune d'entre elles étant précédée d'un résumé concis et précis et présente un ensemble de résultats spécifiques, accompagnés d'une analyse détaillée et d'une discussion contextualisée.

Le premier article vise à déterminer l'impact des facteurs sociogéographiques (tels que le lieu de résidence, le niveau de revenu, etc.) et des indices de qualité intrinsèques (caractéristiques de la viande) et extrinsèques (image de la viande, prix, etc.) sur la fréquence de consommation de viande cunicole, les décisions d'achat des consommateurs, les motivations et les obstacles à une consommation plus élevée. Tandis que, la deuxième publication a pour objectif d'étudier et d'identifier les principaux paramètres et facteurs qui influencent la commercialisation de la viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie, en se basant sur le point de vue des bouchers. Le troisième article, quant à lui, se penche sur l'influence du génotype (race) et du sexe du lapin sur les caractères morphologiques (taille, poids, etc.), les caractéristiques de la carcasse (découpe, rendement) et la composition chimique (protéines, lipides, etc.) de la viande de lapin. Enfin, le dernier article vise à comparer les caractéristiques physico-chimiques (couleur, pH, texture, etc.) et les attributs sensoriels (jutosité, saveur, odeur) de la viande de deux races de lapins algériens : la population locale et la nouvelle lignée ITEL V2006.

La présente partie se conclura par une discussion générale englobant les points saillants de nos résultats. Une comparaison avec des études antérieures est effectuée afin de situer nos résultats dans le contexte scientifique actuel.

Enfin, une conclusion générale synthétisera les contributions majeures de notre travail et soulignera les perspectives de recherche futures ouvertes par nos résultats.

Publication 01**Viande de lapin dans l'est de l'Algérie : motivations et obstacles à la consommation****“Rabbit Meat in the East of Algeria: Motivation and Obstacles to Consumption”****Sanah Ibtissem, Becila Samira, Djeghim Fairouz, Boudjellal Abdelghani**Publié dans *World Rabbit Science*. 2020, 28: 221-237

Résumé

La viande cunicole est peu intégrée dans les traditions culinaires en Algérie par rapport aux autres types de viande largement consommés, tels que le mouton et le poulet. L'objectif de cette étude est d'analyser l'impact des facteurs sociogéographiques, des indicateurs de qualité intrinsèques et externes, sur la fréquence de consommation, la décision d'achat, les motivations et les principaux obstacles à la consommation de viande de lapin. 360 consommateurs ont participé à une enquête dans 15 wilayas de l'Est algérien. Les résultats indiquent que la consommation de viande de lapin est répandue dans toutes les wilayas étudiées, mais avec une fréquence limitée pour la plupart des personnes interrogées (79%). D'un côté, la consommation est principalement motivée par le goût (59%) et la valeur nutritionnelle (27%). Par ailleurs, les obstacles sont divers : la rareté de la viande de lapin sur le marché (42%), le prix (22%), les habitudes alimentaires (17%), le manque d'informations sur la valeur nutritionnelle (13%), le mauvais goût (3%) et sa ressemblance avec la viande de chat (3%). Quant aux critères d'achat, les consommateurs privilégient la tendreté (58%) et la fraîcheur (14%) en ce qui concerne les critères d'achat. Malgré la reconnaissance des avantages nutritionnels de la viande de lapin par la plupart des consommateurs, celle-ci se trouve mal placée dans le choix des consommateurs, se classant au quatrième rang après le mouton, le bœuf et la volaille. Le tableau croisé révèle que le genre, la situation professionnelle et la localisation géographique sont trois facteurs qui ont un impact significatif sur la perception et le comportement des consommateurs à l'égard de la viande de lapin. La première étude à analyser le profil du consommateur algérien met en évidence les éléments qui favorisent et entravent la consommation de viande cunicole.

Mots clés : Lapin de chair, profil du consommateur, fréquence de consommation, achat, Algérie.

RABBIT MEAT IN THE EAST OF ALGERIA: MOTIVATION AND OBSTACLES TO CONSUMPTION

SANAH I. , BECILA S. , DJEGHIM F. , BOUDJELLAL A. 

*Equipe Maquav, Laboratoire de Biotechnologie et Qualité des Aliments.

[†]Equipe TEPA, Laboratoire de Nutrition et Technologie Alimentaire.

Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A-A), Université Frères Mentouri Constantine 1, Route de Aïn El Bey, 25000 Algérie.

Abstract: In Algeria, rabbit meat consumption is insufficiently anchored in culinary traditions compared to other types of meat that are widely consumed, namely sheep and chicken. The purpose of this research is to investigate the influence of sociogeographic variables, both intrinsic and extrinsic quality cues, on consumption frequency, purchasing decision, motivations and the main deterrents to rabbit meat consumption. A survey is conducted with 360 consumers across 15 *wilayas* (districts) in Eastern Algeria. The results help us draw a conclusion that rabbit meat is consumed in all surveyed *wilayas* with a low frequency of consumption for the majority of respondents (79%). On the one hand, the causes of consumption are mainly: good taste (59%) and nutritional value (27%). On the other hand, the limiting factors are different: scarcity of rabbit meat on the market (42%), price (22%), eating habits (17%), lack of information on nutritional value (13%), bad taste (3%) and its resemblance to cat meat (3%). Regarding purchasing criteria, tenderness (58%) and freshness (14%) were chosen by most consumers. Although most consumers recognise the nutritional benefits of rabbit meat, it is poorly ranked in the choice of its consumers, placing it fourth after sheep, beef and poultry. Cross tabulation results show that gender, employment status and geographical areas are three variables that significantly affect the consumer's perception and behaviour towards rabbit meat. This study is the first to analyse the Algerian consumer profile and sheds light on factors encouraging and hindering rabbit meat consumption.

Key Words: meat rabbit, consumer profile, consumption frequency, purchasing, Algeria.

INTRODUCTION

Meat is an essential part of the everyday diet of a significant proportion of any society, as it is considered a valuable food (Fayemi, 2012). According to the statistics presented by Soare and Chiurciu (2017), its consumption is a crucial indicator of the living standard. Moreover, in developing countries, the growth of meat consumption is likely to increase. The average annual consumption of meat in developed countries is 75.5 kg/capita year, whereas consumption estimation in developing countries is of 33.9 kg/capita year. Worldwide, the levels of meat consumption are projected to increase by 72% in 2030 compared to the situation in 2000 (Fiala, 2008; Udomkun *et al.*, 2018).

The increase in meat consumption is a sign of a better future with regard to malnutrition levels among people with lower income in most African countries, which also suffer from micronutrient deficiency (Neumann *et al.*, 2003).

The meat consumption model adopted in Southern Mediterranean countries is focused on sheep and poultry meat (FAO, 2014). In Algeria, the diet consists of poultry, eggs, sheep, and beef, whereas the consumption of goat and camel meat is much lower. The kinds of red meat consumed by Algerians are primarily sheep meat 55% and beef 34%, with an average consumption of 10.5 kg/capita year, whereas the average consumption of white meat is 15 kg/capita year. Statistically, despite the increase in meat consumption, particularly of white meat, Algerians

Correspondence: I. Sanah, sanahibtissem@gmail.com. Received April 2020 - Accepted August 2020.
<https://doi.org/10.4995/wrs.2020.13419>

consume the lowest amount of meat in the Maghreb, due to the low production rate. Comparably, Moroccans consume 15.9 kg/capita year and the Tunisians 18.6 kg/capita year (Sadoud, 2011; Chikhi and Bencharif, 2016).

Algeria produces more than 26 million sheep, 2 million cattle and an average production of 300 000 t of white meat per year (MADR, 2017). Meat importing is a means of regulating the market during periods of high demand, i.e. Ramadhan and several other religious holidays. Imported meat is mainly frozen beef (ONS, 2014a). Algeria imports almost 40 000 t of frozen meat every year, in addition to live cattle and chickens. Furthermore, in 2013, Algeria imported 19 784 t of live bovine animals from France, 20 000 t of fresh or chilled bovine meat from Brazil and 40 199 t from India (ONS, 2014b).

In Algeria, there is a pressing need for increased animal production to meet the ever-growing demand for animal proteins (Zerrouki *et al.*, 2004; Lounaoui *et al.*, 2008). In order to diversify Algeria's animal protein supplies and fulfil the food needs of the population, the authorities have implemented a series of measures, such as the growth of micro-livestock production, in particular for the processing of white meat, i.e. poultry, rabbits and turkey (Zerrouki *et al.*, 2005). Those programmes have been designated the National Agricultural Development Plan (PNDA), initiated in 2000, and National Fund for Regulating Agricultural Development (FNRDA) launched in 2008.

Their main objectives are to support agricultural activities and increase animal production in order to modernise, renovating the livestock infrastructures, and to ensure a good income for farmers, slaughterhouse owners and converters. Other policies have been introduced in certain Algerian regions including, for example, the coaching of young breeders prior to the creation of a rabbit unit, the setting up of facilities with local materials and the allocation of 16 females + 2 males for each unit.

Moreover, new strategies have been proposed in the rabbit genetic improvement programmes in hot climate countries like Egypt and Saudi Arabia (Youssef *et al.*, 2008). In this regard, a synthetic rabbit line has been created in Algeria since 2003 through crossbreeding. The females are from the local population, while the males are from the French strain INRA 2666. This is considered a new approach to improve rabbit production. In addition, the new line has showed 20% more litter size and higher growth rate and weight than the local population (Zerrouki *et al.*, 2014). Worldwide, the use of the rabbit is justified by its different attributes, as it has a short reproductive cycle, of around 30 to 32 d of gestation. They are particularly prolific, with up to 40 to 60 kits per year, i.e. about 8 to 12 kits per litter (Dalle Zotte, 2014).

Additionally, according to Bodnar and Horvath (2008), rabbit meat is a nourishing alternative for people. It has well known nutritious characteristics such as low cholesterol and high protein. It also has high and balanced contents of essential amino acids along with easy digestibility, which gives rabbit meat proteins that increase their biological value (Hernández and Dalle Zotte, 2010). Relatedly, the rabbit also has a great capacity to add value to the by-products of the Agri-Food industries (Bolet *et al.*, 2012; Petrescu and Petrescu-Mag, 2018). According to FAO (2018), Algeria is ranked tenth in the world, with an estimated production of 8468 t in 2018, which represents 0.6% of global world production, i.e. 1 393 899 t in 2018. This is a slight increase compared to 2017, which represents 8406 t. As a matter of fact, there is still little research into the determinants of the level of meat consumption among consumers (Laestadius *et al.*, 2013). Only a few studies focus on the African context, where food quality and malnutrition remain huge challenges (Onifade *et al.*, 2010; Mailu *et al.*, 2012; Mailu *et al.*, 2017; Adanguidi, 2020).

Most of the research conducted on rabbits in Algeria to date has often focused on carcass production, fertility and yield (Zerrouki *et al.*, 2014; Belabbas *et al.*, 2016; Kadi *et al.*, 2018; Belabbas, 2019). To the best of our knowledge, in Algeria, studies about rabbit meat production are scarcely reported. However, those focusing on consumers' preferences, perceptions or motivation related to rabbit meat are non-existent. This study is believed to be the starting point for investigating and reporting Algerian consumers' perceptions and behaviours related to rabbit meat. Uncovering the consumers' perceptions on specific product is considered a success factor in today's competitive market (McEachern and Schröder, 2004; Groot and Albus, 2015; Montero Vicente *et al.*, 2018). Consequently, this situation encouraged us to question factors that influence consumers' consumption and purchase of rabbit meat. Is it related to sociogeographic factors, to some meat quality cues or both of them? In this context, the study's objectives are to assess the extent to which sociogeographic factors and both intrinsic and extrinsic quality cues influence consumers' frequency of consumption, purchasing decision related to rabbit meat, motivation and obstacles underlying low consumption.

MATERIAL AND METHODS

Study area and sample selection

Our Fieldwork was carried out in 15 *wilayas*, i.e. 15 geopolitical districts. More than 47 municipalities were visited in the Eastern part of Algeria (Figure 1) during a period that lasted from October 2016 to March 2017. The selected participants agreed to voluntarily participate only within the criteria of rabbit consumption and belonging to our target areas of study. The sample size encompassed 360 interviews, yielding an error of $\pm 5.16\%$ and a confidence level of 95%. The percentage of population with the feature studied (p) and without the feature studied (q) were considered 0.5. Petrescu and Petrescu-Mag (2018) used an error of 6.65% in a study on Romanian consumer behaviour related to rabbit meat as a functional food; they also reported that even though the usually accepted error in social science is 4-5% (Cea, 2010), higher levels are used and accepted as long as their level is acknowledged. Additionally, our sample error was acceptable as long as there are numerous studies in social sciences that focused on food or other topics with results associated with higher error. For example, an error of 7% was accepted in a study on consumers' willingness to pay for nutritional claims (Rhormens *et al.*, 2017). Likewise, an investigation on perceptions regarding Community Based Marine Ecotourism relied on results with an error of 7% (De-Magistris and Lopéz-Galán, 2016) and in a study by Pérez López *et al.* (2005) on organisational learning, an error of 6.9% was used.

The survey was conducted face-to-face and each of the questionnaires took about five to ten minutes to complete. This method allowed us to avoid missing cases, as all questionnaires were verified after each interview. Before carrying out the actual survey, an initial phase of our fieldwork was based primarily on gathering information on rabbit breeding units that are located in different *wilayas*. We used the findings reported in the literature review. The second step revolved around gathering contact details and addresses of rabbit breeders and butchers from technical institute of animal production, some producer organisations and researchers. Afterwards, 30 members of the breeders and butchers' families, work colleague, friends, and neighbours volunteered to form small groups, where each group included one or two consumers from each *wilaya*. Participants were explicitly asked to comment on the clarity of the questions. Thereafter, some questions were reformulated for the sake of enhanced precision and clarity. After being tested, our sample of consumers was selected in the same way, i.e. using the contact details and addresses of families and individuals of rabbit breeders and butchers. After each respondent agreed to participate in the survey, the interview appointment was planned according to the respondent's free time.



Figure 1: Geographical map showing the distribution of the *wilayas* surveyed (The study area).

Our questionnaire consisted of 12 questions divided into three parts, including information focusing on rabbit meat consumption frequency, motivation and obstacles to consumption, the purchase and selling price, preferences and nutritional benefits. The questionnaire encompassed different types of questions, i.e. closed questions with multiple choice, semi-enclosed, and open questions that allow the interviewer to choose a specific answer or give their opinion freely.

Attributes and variables

To investigate the factors that influence consumer's consumption and purchasing of rabbit meat and the reasons for low consumption, five sociogeographic variables were applied as main control variables, as follows: Age: the ranks considered were 18-29, 30-39, 40-49, 50-59, and older than 60. Gender: male or female. Marital status: single or married. Employment status: unemployed, employed, farmer or breeders, trade, student, retired, housekeepers, and others. Finally, geographical location, i.e. the case study where interviews took place, which are 15 *wilayas* from Eastern part of Algeria. *Wilayas* in the case study are: Bordj Bou Arreridj, Mila, Sétif, Batna, Béjaïa, Constantine, Oum El Bouaghi, Guelma, Souk Ahras, Sekikda, Jijel, Tebessa, Annaba, Khenchla, and M'sila.

The choice of the previous five sociogeographic variables was based on several studies focusing on meat consumption, particularly rabbit consumption (Mailu *et al.*, 2017; Schmid *et al.*, 2017; Escribá-Pérez *et al.*, 2017; Islam *et al.*, 2018; Montero Vicente *et al.*, 2018; Adanguidi, 2020; Szendrő *et al.*, 2020). In order to understand the factors affecting consumer behaviour, motivation, perception, attitudes and expectation towards the different types of meat, generally the scientific approach included attributes that refer to both extrinsic and intrinsic quality indicators. Intrinsic quality cues are those which are physically part of the product itself, e.g. texture, tenderness, colour, flavour, freshness and visible drip and visible fat. Whereas extrinsic cues are not physically part of the product, e.g. price, promotion, designation of origin, quality labelling and presentation (Acebrón and Dopico, 2000; Glitsch, 2000; Becker *et al.*, 2000; Grunert *et al.*, 2004; Grunert, 2006). Some authors suggest other indicators as psychological cues, such as beliefs, attitudes and expectations, along with major background cues, for instance safety, nutrition, sustainability and ethics (Troy and Kerry, 2010; Font-i-Furnols and Guerrero, 2014). Considering the findings from the literature review, the choice of meat attributes was made without using a scale. We simply asked the respondents to choose the attributes which mainly motivate good taste and tenderness etc., or hinder their consumption, such as availability, price etc., or those related to their purchasing decision, like colour, freshness and breed.

Statistical analysis

The statistical data analysis techniques used in this study were as follows: (i) Univariate analysis describing the data using basic statistics and frequency distributions. Descriptive statistics were used to get an overview of the data and information about its distributions and frequencies of answers. (ii) Bivariate analysis, specifically, cross tabulations and factor analysis. Chi-square contingency tests were used to determine whether meat quality attributes were independent from sociogeographic characteristics. Factor analysis was used to have a global image of the associations between the various variables and factors. Two software packages were used for statistical processing, namely Epi-Info software version 7 and STATGRAPHICS (2009). Differences were considered statistically significant at a level of $P < 0.05$. Examples of this methodology can be found in (Beal *et al.*, 2004; Mailu *et al.*, 2017; Islam *et al.*, 2018; Montero Vicente *et al.*, 2018; Szendrő *et al.*, 2020).

RESULTS AND DISCUSSION

Sociogeographic profile of consumers

First of all, to give a better picture of the sample, some sociogeographic characteristics of the respondents are described. The majority (59%) of respondents are men, with 212 compared to 148 female respondents (41%) (Table 1). Moreover, the predominant presence of males in our sample is similar to the Algerian reality, which has 49.4% women and 50.6% men (ONS, 2012). The average age of consumers is 40 yr. Some 53% of consumers belong to the younger age categories (18-29 and 30-39 yr), i.e., the economically active population. According to data from the national statistical office (2012), these percentages represent the characterisation of the age of the Algerian people, as 75%

of them are less than 25 yr old (ONS, 2012; Chikhi and Padilla, 2014). The two studies carried out by Sadoud (2019) in the Tiaret region of Algeria, on perception of lamb meat, and the one conducted by Adanguidi (2020) in Benin focused on consumer preference for rabbit meat, show age percentages very close to those observed in this study.

Concerning employment status, most respondents are public sector employees (24%), farmers and breeders (18%), housekeepers (10%). There are also a few students (8%), traders (8%), retired public servants (6%) and unemployed persons (5%), whereas 16% of them have other activities i.e. doctor, teacher, builder etc. In 56% of cases, rabbit meat consumers are married. Looking at the geographic distribution, the majority of consumers (180; 59%) belonged to six main *wilayas*: Bordj Bou Arreridj, Mila, Sétif, Batna, Béjaïa, and Constantine. These are the main areas where rabbit breeding units are present; other areas presented a low number of consumers, such as the following *wilayas*: Oum El Bouaghi, Guelma, Souk Ahras, Sekikda, and Jijel etc.

Consumption frequency according to sociogeographic variables

Table 2 shows the cross tabulations for consumption frequency and sociogeographic characteristics of rabbit meat consumers with statistically significant coefficients. According to the table, the majority of consumers represented (79%) rarely eat rabbit meat, only two to three times a year, while the others (21%) eat rabbit meat once a week. It seems that rabbit meat is not consumed by the population in this research. The potential consumers of rabbit meat are likely to be men, those who are employed in the public sector, who represent (24%), and those whose main activity is farming or breeding, especially rabbit breeders who reach (18%). These consumers are mainly located in Bordj Bou Arreridj, Mila, Sétif, Batna, Béjaïa, and Constantine, whereas in the remaining regions a weak level of consumption is found, such as in Oum El Bouaghi, Guelma, Souk Ahras, Sekikda, Jijel etc.

Chi-square test confirms that consumption frequency has a significant association with two sociogeographic variables: employment status ($\chi^2=15.99$; $P=0.02$) and geographical location ($\chi^2=52.28$; $P<0.0001$). In contrast, rabbit meat consumption frequency is invariant to age ($\chi^2=6.40$; $P=0.17$), gender ($\chi^2=2.66$; $P=0.10$) and marital status ($\chi^2=0.02$; $P=0.86$).

On the one hand, the variation in consumption frequency according to geographical areas may, therefore, be related to consumer behaviours, habits, or the availability

Table 1: Sociogeographic profile of rabbit meat consumers (N=360).

Variable	Frequency	%
Total respondents	360	100
Gender		
Male	212	58.88
Female	148	41.11
Age, year		
18–29	88	24.44
30–39	105	29.16
40–49	89	24.72
50–59	51	14.16
>60	27	7.50
Marital status		
Single	158	43.88
Married	202	56.11
Employment status		
Unemployed	21	5.83
Employed	89	24.72
Farmer & breeders	68	18.88
Trade	29	8.05
Student	31	8.61
Retired	25	6.94
Housekeepers	38	10.55
Others (Teacher, Doctor, Electrician, Builder...)	59	16.38
Wilaya (districts)		
Bordj Bou Arreridj	42	11.66
Mila	39	10.83
Sétif	34	9.44
Batna	33	9.16
Béjaïa	33	9.16
Constantine	32	8.88
Oum El Bouaghi	26	7.22
Guelma	22	6.11
Souk Ahras	20	5.55
Sekikda	19	5.27
Jijel	16	4.44
Tebessa	15	4.16
Annaba	11	3.05
Khenchla	9	2.50
M'sila	9	2.50

Table 2: Cross tabulations of rabbit meat consumption frequency and reasons of consumption according to sociogeographic characteristics.

Variable	Consumption Frequency				Reasons of consumption				
	Once a week	2-3 times/ year	χ^2	P-value	Good taste	Nutritional value	Tenderness and easy digestibility	χ^2	P-value
Total respondents (%)	21	79			59	27	14		
Gender									
Male	52	165	2.66	0.10	162	25	30	70.38	<0.0001
Female	24	119			51	72	20		
Age (yr)									
18–29	11	77	6.40	0.17	52	23	13	3.88	0.86
30–39	26	79			66	23	16		
40–49	18	71			50	28	11		
50–59	14	37			31	15	5		
>60	7	20			14	8	5		
Marital status									
Single	34	124	0.02	0.86	99	37	22	1.88	0.39
Married	42	160			114	60	28		
Employment status									
Unemployed	1	20	15.99	0.02	4	12	5	73.67	<0.0001
Employed	17	72			46	26	17		
Farmer & breeders	24	44			58	6	4		
Trade	2	29			16	3	10		
Student	5	20			19	9	3		
Retired	6	23			13	9	3		
Housekeepers	9	29			12	21	5		
Others (Teacher, Doctor, Builder...)	12	47			45	11	3		
Wilayas(districts)									
Bordj Bou Arreridj	9	33	52.28	<0.0001	34	7	1	274.43	<0.0001
Mila	0	22			22	13	4		
Sétif	3	23			33	0	1		
Batna	0	11			32	1	0		
Béjaïa	14	19			13	18	2		
Constantine	12	21			25	3	4		
Oum El Bouaghi	5	27			10	7	9		
Guelma	1	15			0	22	0		
Souk Ahras	0	9			6	2	12		
Sekikda	0	9			6	13	0		
Jijel	14	25			10	2	4		
Tebessa	3	16			2	0	13		
Annba	0	20			11	0	0		
Khenchla	14	20			5	4	0		
M'sila	1	14			4	5	0		

of rabbit meat in local markets. In this context, previous research has shown that rabbit meat is consumed in all areas of Algeria, and particularly in the Central and Eastern regions, by the farmers and their families, i.e., self-consumption (Gacem and Lebas, 2000). On the other hand, the consumer's work affects consumption frequency. Hence, it is generally higher among public sector employees (89), farmers and breeders (68), and those who have an activity such as doctor or teacher (59). Logically, most of those respondents who had the lowest income buy rabbit

meat less frequently compared to higher income groups. The connection between income and meat consumption is well documented. There is a very close connection between income and meat consumption (Brunner *et al.*, 2010). Escribá-Pérez *et al.* (2017) examined the rabbit meat consumption habits of different social groups. As a result, a linear increasing tendency was observed in consumption frequency between low and upper class. Moreover, a similar observation was made by Szendrő (2016) in a former study. As pointed out by Delport *et al.* (2017) in South Africa, as meat is a normal or luxurious good for the majority of people, a rise in real disposable income will lead to an increase in meat consumption. These results confirm those of previous studies in other geographical contexts, which show that there is a relationship between rabbit meat consumption and age, gender and occupational status (McLean-Meynsse, 2000; Beal *et al.*, 2004; González-Redondo, 2010). In contrast to our findings, in a recent study on consumers' attitude to rabbit meat consumption in eight countries, Szendrő *et al.* (2020) found a statistically significant coefficient between consumption frequency, age and gender.

Our findings are in line with the results obtained by Bodnar and Horvath (2008) in Hungary, where 46% of the interviewees bought rabbit meat only once or twice a year. In a similar study with Spanish consumers, Buitrago-Vera *et al.* (2016) indicated that 39.4% of respondents purchase rabbit meat, at most, once a year. Another recent study by Petrescu and Petrescu-Mag (2018) found that the dominant consumption frequency of Romanian consumers was less than one day per month (56% of the sample). Similar findings were produced in Spain by Escribá-Pérez *et al.* (2019), who analysed the consumption of rabbit meat by children and reported that the average consumption frequency for rabbit meat is between once a month and once every 2 or 3 mo.

Cullere and Dalle Zotte (2018) state that rabbit meat consumption is not popular worldwide; it is mainly limited to the Mediterranean region, in countries like Algeria. They added that official data on rabbit meat consumption are scarce and very heterogeneous, but it accounts for less than 3% of all meats consumed in the European Union. In Africa, where Egypt is considered the foremost producer of rabbit, the share of rabbit meat in household meat consumption was estimated as a mere 3.3% (Alboghdady and Alashry, 2010). A similar situation has been observed in Kenya, where the frequency of rabbit meat consumption is still low, even among rabbit keepers (Mailu *et al.*, 2017).

To our knowledge, in Algeria, only one study is available in the literature that has come up with this issue. This study found that Algerian people consume around 0.86 kg/capita year i.e. 1.52 kg in rural and 0.39 kg in urban areas (Gacem and Lebas, 2000). Those values are lower than those estimated by Guarro (1991), as the Spanish consume 4.1 kg/capita year in rural areas, 2.2 kg/capita year in big cities, and higher than those indicated by Galal and Khalil (1994) in Egypt, where rabbit meat consumption was estimated at 0.7 kg/capita in 1992.

Reasons for rabbit meat consumption according to sociogeographic variables

Considering the reasons for consumption of rabbit meat, the answers obtained can be divided into three groups: 59% of consumers appreciated rabbit meat because of its good taste, 27% of them because of its nutritional value, and 14% because of its tenderness and easy digestibility.

Cross tabulations in the second part of Table 2 using chi-square test showed high significant differences among the different reasons for consumption according to gender ($\chi^2=70.38$; $P<0.0001$), employment status ($\chi^2=73.67$; $P<0.0001$) and geographic distribution variable ($\chi^2=274.43$; $P<0.0001$), while no significant differences were found with age ($\chi^2=3.88$; $P=0.86$) and marital status variable ($\chi^2=1.88$; $P=0.39$).

For men, good taste, tenderness and easy digestibility are the most important reasons for consumption, whereas women generally consume rabbit meat for its nutritional value. Our results indicate that men seem to appreciate rabbit meat more than women. Petrescu and Petrescu-Mag (2018) reported in their research that taste is the main driver of food consumption. Through various studies, taste was proven to be a very important factor for food choice, dietary behaviours and intake; for example, 82% of tested Australian consumers rated taste as a very/extremely important factor for food choice (Kourouniotis *et al.*, 2016). Our findings coincide with those obtained by González-Redondo *et al.* (2010) in their study of the factors affecting rabbit meat consumption among Spanish university students. The study showed that rabbit meat was perceived more negatively by females than by males, which is based on emotional and moral reasons. Likewise, recent research in Spain on consumer segmentation based on food-related lifestyles has shown similar findings, where 72.4% of consumers find rabbit meat tasty and 35.9% of them consider it healthy (Buitrago-Vera *et al.*, 2016). Similarly, Adanguidi (2020), in his research in Benin, found that the attraction of rabbit

meat to the majority of consumers is due to its taste (97% of respondents). About 88% of consumers said that rabbit meat is good for their health. The ranking of preference criteria indicates that pleasure and good taste are the main reasons why respondents consume rabbits.

Food consumption can be influenced by a great variety of motives. People may choose meat because they like the taste, because they think it is healthy, because it is sold for a good price, or simply because they are used to eating meat. These are all imaginable and valid reasons that can determine an individual's motivation to consume meat products or not. Usually, it is not simply one motive that determines the consumer's decision but the interplay between several (Hoek *et al.*, 2011; Renner *et al.*, 2012).

It should be noted that in Algeria, rabbit meat consumption is related to certain periods of the year or events. Our study shows that rabbit meat consumption peaks are mostly in winter and during the month of Ramadhan. Nevertheless, periods of low consumption are the religious festivals such as Aïd El Fitre, the year-end holidays, or during the summer season (Table 3). However, in Benin, the consumption peaks during holiday seasons such as Easter, end of the year, etc. (Adanguidi, 2020).

It also appears that most consumers (61%) recognise the nutritional benefits of rabbit meat, namely its low cholesterol and fat content and high protein and vitamin content. It was recommended to introduce this type of meat into the diet in certain circumstances, for example for pregnant women, as well as in certain cases of chronic illnesses such as diabetes, cardiovascular diseases and anaemia.

Reasons for low consumption according to sociogeographic variables

The same statement was observed when analysing the relationship between reasons for low consumption according to sociogeographic characteristics (Table 4). Chi-square test confirmed that age ($\chi^2=15.33$; $P=0.75$) and marital status ($\chi^2=4.42$; $P=0.49$) did not show any association with low consumption of rabbit meat. However, gender ($\chi^2=19.51$; $P=0.002$), consumer's occupation ($\chi^2=75.74$; $P=0.49$) and geographical location ($\chi^2=462.81$; $P=0.49$) presented significant differences.

Considering the main causes of low consumption of rabbit meat, the answers are varied: the most frequently advanced reason is the scarcity of rabbit meat in the market (42%), the purchase price (22%), eating habits (17%), lack of information on nutritional value (13%), and finally the bad taste, alongside its resemblance to cat meat with the same frequency (3%). Generally, according to consumer's occupation, there are three obstacles: availability of rabbit meat, price and eating habits, which are mostly chosen by employees, farmers and breeders, and others such as doctors and teachers, etc. The remaining obstacles are chosen differently by the rest of the consumers. Looking at geographical areas, the main hindering factors, such as scarcity of rabbit meat in the market, purchase price and eating habits, are chosen especially by consumers in *wilayas* which have a large number of consumers, such as Bordj Bou Arreridj, Mila, Sétif, Batna and Béjaïa. By gender, the availability of rabbit meat, price and eating habits are the main obstacles advanced by men. In addition to those factors, in contrast, women have cited other factors such as lack of information, resemblance to cat meat and bad taste.

Several authors have tried to analyse the factors hindering rabbit meat consumption in many countries. In Algeria, for instance, a survey conducted with butchers, restaurant owners and hotels in Tizi Ouzou showed that the low consumption of rabbit meat is not due to low consumer demand, but mainly due to its unavailability in the markets (Kadi *et al.*, 2008).

Table 3: Consumer's distribution according to the period of consumption of rabbit meat.

Consumption period	Frequency	Proportion (%)
Winter season	144	40
Month of Ramadhan	94	26
Winter season + month of Ramadhan	94	26
Religious festivals / year-end holidays	14	4
Summer season	14	4
Total	360	100

Table 4: Cross tabulations of low consumption reasons according to sociogeographic characteristics.

Variable	Reasons of low consumption						χ^2	P-value
	Scarcity of rabbit meat	Purchase price	Eating habits	Lack of information	Its resemblance to cat	Bad taste		
Total respondents (%)	42	22	17	13	3	3		
Gender								
Male	80	56	41	21	1	2	19.51	0.002
Female	71	23	20	26	10	9		
Age (yr)								
18-29	42	13	15	12	2	4	15.33	0.75
30-39	41	27	19	11	4	3		
40-49	40	14	16	14	4	1		
50-59	18	16	7	7	1	2		
>60	10	9	4	3	0	1		
Marital status								
Single	71	32	30	15	5	5	4.42	0.49
Married	80	47	31	32	6	6		
Consumer's work								
Unemployed	8	3	4	4	2	0	75.74	<0.0001
Employed	33	23	15	9	7	2		
Farmer & breeders	31	12	22	2	0	1		
Trade	9	4	2	9	1	4		
Student	19	3	1	6	1	1		
Retired	9	8	2	5	0	1		
Housekeepers	15	9	5	8	0	1		
Others (Teacher, Doctor, Builder...)	27	17	10	4	0	1		
Wilayas (districts)								
Bordj Bou Arreridj	12	22	8	0	0	0	462.81	<0.0001
Mila	18	0	19	2	0	0		
Sétif	23	10	1	0	0	0		
Batna	24	9	0	0	0	0		
Béjaïa	27	4	0	2	0	0		
Constantine	12	12	8	0	0	0		
Oum El Bouaghi	4	5	9	8	0	0		
Guelma	1	3	15	3	0	0		
Souk Ahras	1	0	0	8	7	4		
Sekikda	3	2	1	10	1	2		
Jijel	13	3	0	0	0	0		
Tebessa	4	0	0	3	3	5		
Annaba	0	5	0	6	0	0		
Khenchla	5	4	0	0	0	0		
M'sila	4	0	0	5	0	0		

In Tunisia, this observation correlates with those reported by Bergaoui and Kriaa (2001), where the Tunisian does not eat rabbit meat because it is unknown, but because it is insufficiently present in markets or supermarkets, as well as the fact that people do not have the reflex of thinking about it and buying it.

In Lebanon, according to Chalah and Hajj (1996), the most advanced reason is the scarcity of meat in the markets, while other causes have been divided between the ignorance of how to cook it, the high cost of meat and the lack of desire. It should also be noted that the Shia in Lebanon do not consume rabbits because of the existence of a religious ban in the Hadith. In Hungary, a study carried out by Bodnor (2009) showed that 46% of respondents found rabbit meat too expensive in shops and they only buy it once or twice a year. In Australia, an ethical obstacle to meat eating was also mentioned by Bastian *et al.* (2012) for consumers who showed that many people liked eating meat; however, in order to maintain their eating habits, they denied that the animals they consumed had minds, thus reducing the dissonance between love of eating meat and caring about animals. In Spain, Petrescu and Petrescu-Mag (2018) indicated that the most important obstacles to rabbit meat consumption stated by the interviewees were high price and disgust (31.9%), lack of availability on the market (30.6%), empathy with another living creature which is deprived of freedom and then slaughtered (26.4%) and the fact that the rabbit is perceived as a pet and as a cute animal (25.5%).

According to Buitrago-Vera *et al.* (2016), a similar situation is present among Spanish consumers, who declared that the main obstacles facing rabbit meat consumption were the fact that they were not used to it (28.3%) and that they disliked the taste (26.7%). In Benin, the survey conducted by Adanguidi, (2020) showed that there were several factors which limit rabbit consumption. The first factor according to 56% of the respondents is the purchase price, which seems to be relatively high compared to that of chicken or small ruminant meat. The second factor according to 38% of the respondents is the low availability of rabbit meat during certain periods of the year. Other limiting factors mentioned by respondents are distance from points of sale, storage difficulties and product quality.

Cullere and Dalle Zotte (2018) have cited another important point concerning the visible characteristics of the meat which also play a key role in consumer's choice. They considered that selling rabbit meat as a whole carcass, i.e., resembling a cat or a human infant, can discourage most consumers, especially young consumers whose choices are particularly driven by product presentation, which is the case in Algeria's butchers. They added that appearance has a great impact on consumption, so improving the image of rabbit meat and promoting it to both traditional and new customers would be a key step to stimulate consumption. In addition to this, the taste of meat could also be a deciding factor influencing consumption (Dalle Zotte, 2002).

The influence of gender on rabbit meat consumption is widely studied. Petrescu and Petrescu-Mag, (2018) have found significant differences between men and women. Their results indicate that men appreciate rabbit meat more than women. For the latter category, disgust and ethical concerns were stronger. Similarly, women in a Spanish study showed a stronger perception of rabbit as a companion animal compared to men (González-Redondo and Contreras-Chacón, 2012). French women also mentioned disgust as a generator of low meat consumption, regardless of its type (Rousset *et al.*, 2005).

Respondents were also asked to indicate the principal motives that could increase their consumption. Three proposals were recorded, involving the availability in the market (53%), lowering the price (36%) and improving the way of preparation (11%). These results coincide with those obtained by Szendrő (2016), whose study reported that most of the respondents would increase the amount of meat they consumed if it were available in more outlets. It would then be easier for them to access it, followed by cheaper price and better-known nutritional and health benefits. However, 23.4% of Hungarian consumers would not have changed their consumption for any reason.

As a general rule, concerning the way of preparation, it should be remembered that rabbit meat does not require long cooking (Djago and Kpodékon, 2000). To eat a rabbit, consumers in Eastern Algeria usually cook it by roasting alone or accompanied with vegetables, grilled, fried in oil with potatoes, or even with pasta or soups.

In Tunisia, Bergaoui and Kriaa (2001) reported that the rabbit lends itself well to preparation and can adapt very well to spicy Tunisian cuisine. The rabbit is often prepared in Kamounia, which is a very spicy cumin stew or with spaghetti. Consumers in Benin prepare it in different sauces: tomato sauce, peanut sauce, sesame sauce etc. (Djago and Kpodékon, 2000). Rabbits in Nigeria are processed by roasting or removal of skin, and cutting into parts. Consumers

prefer smoked rabbit, probably because it reflects the traditional preparation of game animals (Abu *et al.*, 2008). It seems important to note that in some European countries the culture of rabbit meat cooking is very poor. A survey was carried out in Hungarian regions showed that only 14% of the people surveyed could list more than two rabbit recipes (Bodnar and Horvath, 2008). Rabbit meat consumption is still based on home preparation. Moreover, rabbit meat-based dishes are mainly prepared following traditional recipes, often demanding long preparation time and the knowledge of specific culinary skills which do not meet the present ease of preparation requirement (Cullere and Dalle Zotte, 2018). Currently, very few processed rabbit meat products are sold, such as burgers, fresh sausages, filled rolls and baby food. In recent years, these products have gained some ground in the market compared to conventional variants made with beef and pork (Mancini *et al.*, 2017).

Rabbit sources of provisioning and selling price

It was found that the consumer has several sources of rabbit provisioning (Table 5). It is clear that the purchase price of the living rabbit is cheaper than the price of the carcass at the butcher. A survey carried out by Gacem and Lebas (2000) through 48 *wilayas* in Algeria found that rabbit meat (carcasses) is available in the urban markets of Constantine and Algiers; however, in the centre and south of the country it is more difficult to buy rabbit carcasses in local markets. Our results can be related to those reported by Bodnar and Horvath (2008) in Hungary. These authors found that the majority of consumers buy rabbit directly from farmers (70%), and they declare themselves unsatisfied with the distribution of rabbit meat in supermarkets. Hence, 46% of the surveyed consumers found that rabbit meat is too expensive in the shops, and they buy it only one or two times a year.

Szendró (2016), in his research, also stated that the primary source was breeders for (75.2%) of respondents, with other sources of rabbit supply, where 14.8, 14.8, 12.4, 1.4, and 1.4% were purchased from a market, a butcher, a hyper-/super market, a convenience store or a discount store, respectively, while 12.9% indicate that it is received from friends and family members, purchased from a slaughterhouse or hunted. Similarly, in Benin, the consumers surveyed obtain their supplies as living rabbits (50% of respondents) and rabbit carcasses (29% of respondents) (Adanguidi, 2020). Unlike Hungarians and Beninese people, in Romania, consumers prefer to buy already slaughtered animals, whole, from small Romanian producers. However, most of them prefer to buy them from supermarkets (32.9%) (Petrescu and Petrescu-Mag, 2018).

Our analysis shows that the average price of rabbit meat is (750.14±150.18) DA/kg, (1 Euro=145.53 DA). Only two studies in Algeria have focused on price. In 2000, Gacem and Lebas reported a price between 360 to 380 DA/kg (2.47 to 2.61 €) in Constantine and Algiers i.e. two *wilayas* in Algeria.

However, Kadi *et al.* (2008) have cited an average price per kg equal to 470±62 DA (3.23 €) in the *wilaya* of Tizi Ouzou. The price of one kg of this meat in butchers increases over the years, thus making rabbit a luxurious meat, with selective consumers. Additionally, in 1994, the ratio between the average market price of 1 kg of rabbit and 1 kg of chicken was 2.14, but in 1996 it was only 1.78. In 1998, it increased to 2.07 (Gacem and Lebas, 2000). As indicated above, in 2016, the average price of 1 kg of rabbit was 750 DA (5.15 €) and that of chicken was 280 DA (1.92 €), which means the ratio was 2.67. It should be noted that in Algeria, the meat that is mostly sold for consumption and the easiest to know is that of chicken. Dalle Zotte (2002) reported that in underdeveloped countries, rabbit meat is generally twice as expensive as chicken meat, as well as for other white meat. This explains its low consumption, in particular for low-income families. Another study carried out on rabbit meat preference in Catalonia revealed that price was the main limiting factor for rabbit meat consumption among non-traditional or new consumers (Kallas and Gil, 2012). Our results are also similar to those obtained by Bergaoui and Kriaa (2001), which reported that rabbit is actually a little more expensive than chicken, but much less than sheep and beef.

Table 5: Distribution of consumers by rabbit supply sources.

Rabbit supply sources	Frequency	Proportion (%)
Breeders (rabbit on foot)	202	56
Local markets (rabbit on foot)	108	30
Butchers (carcass)	50	14
Total	360	100

Three recent studies have found a similar situation. In Kenya, Mailu *et al.* (2012) showed that the relatively high price of farmed rabbits makes them less competitive compared to chicken. Spanish consumers declared that chicken was the most frequently consumed because they considered it the most economical fresh meat (Montero Vicente *et al.*, 2018). This result is also confirmed by Petrescu and Petrescu-Mag (2018) in a study carried out in Romania, where they found that rabbit meat is perceived as low cholesterol and leaner, tastier and healthier than other meat, but is so expensive that its consumption is low, being 2.2 times lower than chicken and 1.8 times lower than pork.

Rabbit meat purchasing criteria

As regards the purchasing criteria for rabbit meat, tenderness was chosen by most consumers (58%) as the first purchasing criterion, followed by freshness (14%), price (12%), breed (10%) and colour (6%). It should be noted that visual appearance characteristics of meat, such as tenderness, freshness and colour, which constitute the intrinsic quality cues, are highly related with Algerian consumers' choice at the point of purchase. In turn, 22% of respondents are interested in extrinsic cues such as price or breed (origin). Specifically for rabbit, Kallas and Gil (2012) noted that for rabbit meat consumers in Spain, the price is considered less important than other factors such as local origin, certified quality brand and boneless rabbit meat format. However, non-consumers identified the economic factor as the main limiting factor for purchasing this kind of meat. Although the price seems not to be the most important attribute when purchasing, usually lower prices are preferred and are likely important for a segment of consumers with low purchasing power or those for whom meat characteristics or type is not an important issue (Font-i-Furnols and Guerrero, 2014).

Place of rabbit meat in consumer's choice

Regarding the question of favourite meat, rabbit meat is chosen by 14% of its consumers, thus coming in fourth position behind sheep meat, beef and poultry. Consumption of goat meat remains very marginal (Figure 2). The same results were obtained in Nigeria, where Dario *et al.* (2012) reported that rabbit meat is ranked the fourth after beef, bush meat and chevon and just ahead of poultry in terms of preference. In Spain, the different types of fresh meat are consumed from highest to lowest frequency in the following order: chicken, beef, pork, turkey, rabbit and lamb, with fresh chicken meat the most often consumed. Among the six meat types that are studied, rabbit meat is the fifth most consumed by

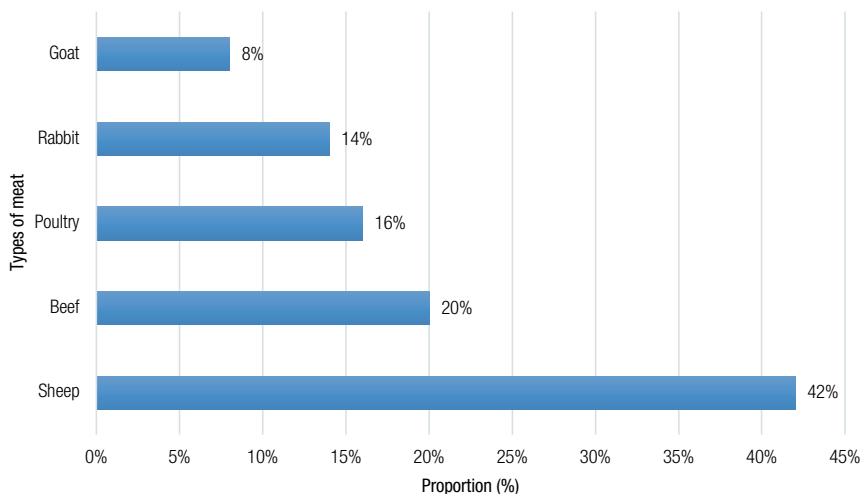


Figure 2: Distribution of the surveyed consumers according to the type of meat preferred (N=360).

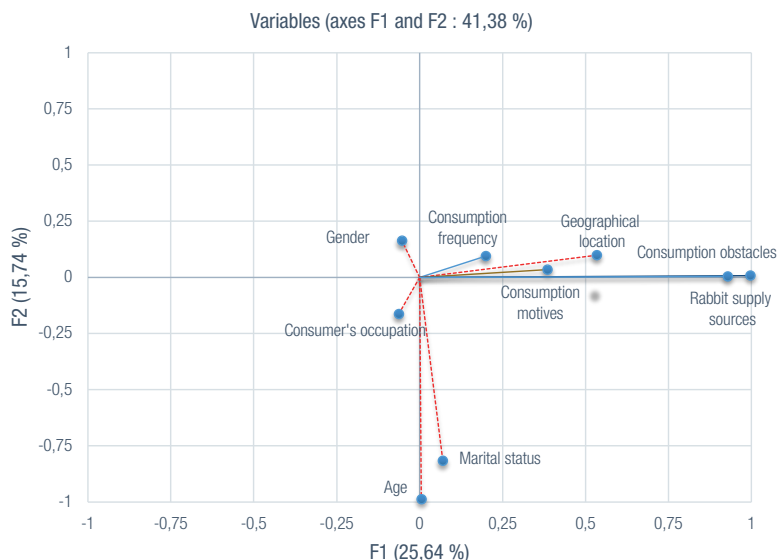


Figure 3: Sociogeographic variables association with the different factors (consumption frequency, motives, obstacles, and rabbit supply sources).

frequency (Escribá-Pérez *et al.*, 2017). In Benin, Adanguidi, (2020) analysed the positioning of rabbit meat among meat products consumed by the respondents. The data collected show that fish is in first place in terms of expenditure, while rabbits are in fourth place. In terms of preference, rabbits come in second place after local chicken. Although rabbit is more popular than fish and goats, consumers spend less money on it. Bear in mind that sheep and poultry are the most available meats in all regions of Algeria. Lamb is the main source of red meat for Algerian consumers, at a rate of 55% of the proportion of meat consumed, ahead of beef (34%), whereas poultry is the most frequently consumed among white meats (Nejraoui, 2012). Despite the fact that lamb meat has the highest price (130 DA, 0.89 €) compared to the others types of meat, i.e. red and white, it is still the most frequently consumed. This is in agreement with the results of a recent study on sheep meat consumption in Algeria, where the author showed that approximately 50% of the respondents buy sheep meat once a week, while 18.62% buy it between 2 and 4 times a week. However, 32.35% of households buy sheep meat only once a month (Sadoud, 2019). As the previous paragraphs have shown, the availability of rabbit meat is the major barrier that reduces its consumption.

Regarding the question: *What kind of meat do you think rabbit meat looks like?* The results obtained indicate that 37% of consumers consider rabbit meat to be similar to poultry meat, 17% compared it to goats, 7 and 4% of the surveys compared it to cattle and sheep, respectively, while 35% of consumers say it does not resemble any type of meat. Concerning the organoleptic qualities of rabbit meat, most consumers consider that the latter has a smell, shape and tenderness similar to chicken meat, whereas, taste and colour are closer to goat meat.

In order to give a global picture of our study, the factorial analysis was carried out (Figure 3), which resulted in two different axes. The first axis explained that 25.64% of the variance was mainly characterised by consumption obstacles, motives, frequency, rabbit supply sources and geographical location, whereas the second one explained 15.74% of the variability that is represented mainly by age and marital status. The two axes together explained 41.38% of the variance. In this figure, we can see the distribution of five sociogeographic characteristics between two axes and the different factors, i.e. consumption frequency, motives, obstacles, and rabbit supply sources. It clearly shows that among the five sociogeographic variables, geographical areas, employment status, and gender were strongly associated with consumption motives, obstacles and frequency, despite the fact that age and marital status were weakly associated. Other remarkable findings with regard to factor analysis showed another factor which is

strongly correlated with consumption barriers: rabbit supply sources can be considered among the factors that hinder consumption, as it is related with the availability of rabbit meat.

CONCLUSION

The results presented above reveal a number of important points about rabbit meat consumption. The results show that consumers of rabbit in Eastern regions of Algeria tend to generally be people with an average age of 40 years, married, public sector employees, farmers or breeders, geographically located in the *wilayas* where rabbit-farming units are the most present. Interestingly, gender, employment status and geographic location are the most important variables that significantly affect consumption frequency and factors encouraging or limiting rabbit meat consumption. In contrast, other variables like age and marital status did not have any influence.

In fact, rabbit meat consumption is still low and its consumption continues to be negligible. The majority of respondents consume it two or three times a year. Generally, this meat is consumed especially in rural regions by farmers and their families. The consumption is mainly increased during the month of Ramadhan and the winter season or is linked to special events.

Factors that influence rabbit meat consumption are highly complex, heterogeneous and depend not only on the sensory properties of the meat, but also on psychological and sociogeographic factors. Good taste and nutritional value are intrinsic quality cues that encourage people to eat rabbit. When purchasing the meat, the consumer will be interested in other qualities such as tenderness, freshness and price.

The availability of rabbit meat and its price may be the major determinants of rabbit meat consumption. By supporting the breeders, rabbit meat would replace chicken and turkey in most of the cases, as it could be produced very easily if its price became less expensive, with a good distribution in markets associated with more information about its benefits via communication tools like television, newspapers and online social networking services such as Facebook. All this can be very effective in changing people's attitudes. Concerning people who reject consumption for emotional reasons, such as its resemblance to a cat or human infant, enhancing product appearance in terms of good presentation with suitable and attractive packaging may solve the problem.

This study has contributed to creating the profile of Algerian consumers of rabbit meat. The results obtained can help guide decision makers such as governments, planners, institutes and academics in the promotion of rabbit meat production or the development of new marketing strategies to raise consumers' interest in rabbit meat. In order to gain a better understanding of the obstacles to rabbit meat consumption in Algeria, this study must be supplemented by surveys focused on other participants in this sector, namely farmers and butchers.

Acknowledgements: The authors would like to thank all consumers who participated in the survey.

Conflicts of interest: Authors confirm that there are no known conflicts of interest related to this publication.

REFERENCES

- Abu A., Onifade A.A., Abanikanda O.T.F., Obineye R.I. 2008. Status and Promotional Strategies for Rabbit Production in Nigeria. In: *9th World Rabbit Congress. 10-13 June, 2008, Verona, Italy. 1499-1503.*
- Acebrón L.B., Dopico D.C., 2000. The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality: an empirical application for beef. *Food Qual Prefer.*, 11: 229- 238. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(99\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(99)00059-2)
- Adanguidi J. 2020. Analysis of Consumer Demand and Preference for Rabbit Meat in Benin. *Int. J. Mark. Stud.*, 12. <https://doi.org/10.5539/ijms.v12n1p14>
- Alboghday M.A., Alashry M.K. 2010. The demand for meat in Egypt: An almost ideal estimation. *Afr. J. Agr. Res. Econ.*, 4(1):70-81.
- Bastian B., Loughnan S., Haslam N., Radke H.R. 2012. Don't mind meat? The denial of mind to animals used for human consumption. *Pers. Soc. Psychol. B.*, 38: 247-256. <https://doi.org/10.1177/0146167211424291>
- Beal M.N., McLean-Meyinsse P.E., Atkinson C. 2004. An Analysis of Household Consumption of Rabbit Meat in the Southern United States. *J. Food Distrib. Res.*, 35(1), 24-29.
- Becker T., Benner E., Glitsch K. 2000. Consumer perception of fresh meat quality in Germany. *Brit. Food J.*, 102: 246-266. <https://doi.org/10.1108/00070700010324763>
- Belabbas R., García M.L., Ainbaziz H., Berbar A., Zitouni G., Lafri M., Bouzouan M., Merrouche R., Ismail D., Boumahdi Z., Benali N., Argente M. 2016. Ovulation rate and early embryonic survival rate in female rabbits of a synthetic line and a local Algerian population. *World Rabbit Sci.*, 24: 275-282. <https://doi.org/10.4995/wrs.2016.5301>

- Belabbas R., Luz García M.L., Ainbaziz H., Benali N., Berbar A., Boumahdi Z., Argente M.J. 2019. Growth performances, carcass traits, meat quality, and blood metabolic parameters in rabbits of local Algerian population and synthetic line. *Vet. World*, 12: 55-62. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.55-62>
- Berchiche M., Lebas F. 1994. Rabbit rearing in Algeria: family farms in the Tizi Ouzou area. In: Baselga M. (ed.), Marai I.F.M. (ed.). *Rabbit production in hot climates*. Zaragoza: CIHEAM, 1994. 409-413. (*Cahiers Options Méditerranéennes*; n. 8). 1. *International Conference of rabbit production in hot climates*, 1994/09/06-08, Cairo (Egypt). Available at: <http://om.ciheam.org/om/pdf/c08/95605318.pdf>. Accessed April 2020.
- Bergaoui R., Kriaa S. 2001. Modern rabbit production in Tunisia. *World Rabbit Sci.*, 9: 69-76. <https://doi.org/10.4995/wrs.2001.448>
- Bodnar K., Horvath J. 2008. Consumers' opinion about rabbit meat consumption in Hungary. *9th World Rabbit Congress*, 10-13 June, 2008, Verona, Italy, 1519-1522.
- Bodnar K. 2009. Rabbit production and consumption in Hungary. *Lucrări Științifice, Seria Agronomie*, 52, 69-72.
- Bolet G., Zerrouki N., Gacem M., Brun J.M., Lebas F. 2012. Genetic parameters and trends for litter and growth traits in a synthetic line of rabbits created in Algeria. *10th World Rabbit Congress*. 3-6 September, 2012, Sharm El-Sheikh, Egypt, 195-199.
- Brunner T.A., van der Horst K., Siegrist M. 2010. Convenience food products. Drivers for consumption. *Appetite*, 55: 498-506. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.08.017>
- Buitrago-Vera J., Escribá-Pérez C., Baviera-Puig A., Montero-Vicente L. 2016. Consumer segmentation based on food-related lifestyles and analysis of rabbit meat consumption. *World Rabbit Sci.*, 24: 169-182. <https://doi.org/10.4995/wrs.2016.4229>
- Cea M.A. 2010. Métodos de encuesta. Teoría y práctica, errores y mejora. Editorial Síntesis, S.A., Madrid, Spain. 496 pp.
- Chalah T., Hajj E. 1996. Potentialities of rabbit meat production and consumption in Lebanon. *World Rabbit Sci.*, 4: 69-74.
- Chikhi K., Bencharif A. 2016. La consommation de produits carnés en Méditerranée: quelles perspectives pour l'Algérie? In: Napoléone M., Ben Salem H., Boutonnet J.P., López-Francos A., Gabiña D. (eds.), *The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems*, Zaragoza: CIHEAM, 435-440.
- Chikhi K. Padilla M. 2014. L'alimentation en Algérie: quelles formes de modernité? *New Medit*, 13, n. 3, Bari, Italy.
- Cullere M., Dalle Zotte A. 2018. Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Sci.*, 143: 137-146. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.029>
- Dalle Zotte A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.*, 75: 11-32. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00308-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00308-6)
- Dalle Zotte A. 2014. Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers*, 4: 62-67. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0035>
- Dario F.A.S., Abi H.M., Oluwatusun F.M. 2012. Social acceptability of rabbit meat and strategies for improving its consumption in Ekiti State, southwestern Nigeria. *Livest. Res. Rural Dev.*, 24 Article#94. Available at <http://www.lrrd.org/lrrd24/6/dair24094.htm>. Accessed April 2020.
- De-Magistris T., Lopéz-Galán B. 2016. Consumers' willingness to pay for nutritional claims fighting the obesity epidemic: the case of reduced-fat and low salt cheese in Spain. *Public Health*, 135: 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2016.02.004>
- Delpont M., Louw M., Davids, T., Vermeulen H., Meyer F. 2017. Evaluating the demand for meat in South Africa: an econometric estimation of short-term demand elasticities. *Agrekon*, 56: 13-27. <https://doi.org/10.1080/03031853.2017.1286249>
- Djago Y., Kpodékon M. 2000. Le guide pratique de l'éleveur de lapins en Afrique de l'Ouest. *Impression 2000 éd., Cotonou, Bénin*, 1ère édition; 106 pp.
- Escribá-Pérez C., Baviera-Puig A., Buitrago-Vera J., Montero-Vicente L. 2017. Consumer profile analysis for different types of meat in Spain. *Meat Sci.*, 129: 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.015>
- FAO. 2014. Evolution de la production de viandes (tonnes) dans quelques pays méditerranéens (2011-2013). Available at <https://faostat.fao.org>. Accessed April 2020.
- FAO. 2018. Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole: Division de la statistique. Available at <http://faostat3.fao.org/download/Q/QL/E>. Accessed April 2020.
- Fayemi P.O., Muchenje V. 2012. Meat in African context: From history to science. *Afr. J. Biotechnol.*, 11, 1298-1306. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2728>
- Fiala N. 2008. Meeting the demand: An estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. *Ecol. Econ.*, 67: 412-419. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.12.021>
- Font-i-Furnols M., Guerrero L. 2014. Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Sci.*, 98: 361-371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>
- Gacem M., Lebas F. 2000. Rabbit husbandry in Algeria. Technical structure and evaluation of performances. *7th World Rabbit Congress*, 4-7 July, 2000, Valencia, Spain. B: 75-80.
- Glitsch K. 2000. Consumer perceptions of fresh meat quality: cross-national comparison. *Brit. Food J.*, 102: 177-194. <https://doi.org/10.1108/00070700010332278>
- González-Redondo P., Contreras-Chacón G.M. 2012. Perceptions among university students in Seville (Spain) of the rabbit as livestock and as companion animal. *World Rabbit Sci.*, 20: 155-162. <https://doi.org/10.4995/wrs.2012.1147>
- González-Redondo P., Mena, Y., Fernández-Cabanás V.M. 2010. Factors affecting rabbit meat consumption among Spanish university students. *Ecol. Food Nutr.* 49: 298-315. <https://doi.org/10.1080/03670244.2010.491053>
- Groot E., Albisu L.M. 2015. A bottom-up model to describe consumers' preferences towards late season peaches. *Span. J. Agric. Res.* 13: e0110. <https://doi.org/10.5424/sjar/2015134-7605>
- Grunert K.G. 2006. Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. *Meat Sci.*, 74: 149-160. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.016>
- Grunert K.G., Bredahl L., Brunso K. 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector – a review. *Meat Sci.*, 66: 259-272. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00130-X)
- Guarro O.R. 1991. Secteur cynicole espagnol. *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaire Méditerranéens (CIHEAM)*; no. 17.

- Hernández P., Dalle Zotte A. 2010. Influence of diet on rabbit meat quality. In: *The nutrition of the rabbit, de Blas and Wiseman, editors, CABI Publishing, Oxon, UK.* 163-178. <https://doi.org/10.1079/9781845936693.0163>
- Hoek A.C., Luning P.A., Weijzen P., Engels W., Kok F.J., de Graaf C. 2011. Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance. *Appetite*, 56: 662-673. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.02.001>
- Islam M.J., Sayeed M.A., Akhtar S., Hossain M.S., Liza A.A. 2018. Consumers profile analysis towards chicken, beef, mutton, fish and egg consumption in Bangladesh. *Brit. Food J.*, 120: 2818-2831. <https://doi.org/10.1108/BJF-03-2018-0191>
- Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M. 2008. Commercialization of rabbit's meat in Tizi-Ouzou area, Algeria. In *Proc.: 9th World Rabbit Congress. 10-13 June, 2008, Verona, Italy.*
- Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M. 2013. The potential of rabbit meat marketing in Tizi-Ouzou area, Algeria. *Online Journal of Animal and Feed Research*. 3. 96-100.
- Kadi S.A., Ouendi M., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2018. Nutritive value of sun-dried common reed (*Phragmites australis*) leaves and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 26: 113-121. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.5217>
- Kallas Z., Gil J.M. 2012. A dual response choice experiments (DRCE) design to assess rabbit meat preference in Catalonia: A heteroscedastic extreme-value model. *Brit. Food J.*, 114: 1394-1413. <https://doi.org/10.1108/00070701211262984>
- Kourouniotis S., Keast R., Riddell L., Lacy K., Thorpe M., Cicerale S. 2016. The importance of taste on dietary choice, behaviour and intake in a group of young adults. *Appetite*, 103: 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.03.015>
- Laestadius L.I., Neff R.A., Barry C.L., Frattaroli S. 2013. Meat consumption and climate change: the role of non-governmental organizations. *Climate Change*, 120: 25-38. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0807-3>
- Lounaoui-Ouyed G., Lakabi-loualilene D., Berchiche M., Lebas F. 2008. Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. In *Proc.: 9th World Rabbit Congress. 10-13 June, 2008, Verona, Italy.*
- MADR. 2017. Recherche agronomique. Ministère de l'agriculture et de développement rural. Available at <http://madrp.gov.dz/> Accessed April 2020.
- MADR. 2018. Recherche agronomique. Ministère de l'agriculture et de développement rural. Available at <http://madrp.gov.dz/> Accessed April 2020.
- Mailu S.K., Muhammad L., Wanyoike M.M., Mwanza R.N. 2012. Rabbit meat consumption in Kenya. *MPRA Paper No. 41517*.
- Mailu S.K., Wanyoike M.M., Muhammad L., Mwanza R.N. 2017. The frequency and some correlates of rabbit meat consumption in Kenya. *Tanzania J. Agr. Sci.*, 16: 62-71.
- Mancini S., Preziuso G., Dal Bosco A., Roscini V., Paci G. 2017. Modifications of fatty acids profile, lipid peroxidation and antioxidant capacity in raw and cooked rabbit burgers added with ginger. *Meat Sci.*, 133: 151-158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.003>
- McEachern M., Schroder M.J.A. 2004. Integrating the voice of the consumer within the value chain: a focus on value-based labelling communications in the fresh meat sector. *J. Consum. Mark.*, 21: 497-509. <https://doi.org/10.1108/07363760410568716>
- McLean-Meynsse P.E. 2000. Assessing the Market Outlook for Rabbit Meat in Louisiana and Texas. *J. Food Distr. Res.*, 31: 139-144. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.27429>
- Montero-Vicente L., Escrivá-Pérez C., Baviera-Puig A., Buitrago-Vera J. 2018. Analysis of the commercial value of rabbit meat based on positioning of the different types of fresh meat. Spain. *J. Agric. Res.*, 16: e0110. <https://doi.org/10.5424/sjar/2018163-13407>
- Nedjraoui D. 2012. Profil fourrager - Algérie. *Document FAO*.
- Neumann C.G., Bwibo N.O., Murphy S.P., Sigman M., Whaley S., Allen L.H., Demment M.W. 2003. Animal source foods improve dietary quality, micronutrient status, growth and cognitive function in Kenya school children: Background, study design and baseline findings. *J. Nutr.*, 133: 3941S-3949S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3941S>
- Onifade A.A., Okhiomah A., Obiyan R.I., Abanikannda O. 2010. Rabbit production in Nigeria: some aspects of current status and promotional strategies. *World Rabbit Sci.*, 7: 51-58. <https://doi.org/10.4995/wrs.1999.380>
- ONS. 2012. Premier recensement économique 2011. *Collections Statistiques*, N°172/2012, N° 69, Alger.
- ONS. 2014a. Evolution des Echanges de Marchandises de 2001 à 2012. *Collections Statistiques*, N° 182/2014. *Série E: Statistiques Economiques*, N° 75, Alger, 51-52.
- ONS. 2014b. Evolution des Echanges de Marchandises de 2003 à 2013. *Collections Statistiques*, N° 188/2014. *Série E: Statistiques Economiques*, N° 75, Alger, 45-87.
- Pérez López S., Montes Peón J.M., Vázquez Ordás J.C. 2005. Organizational learning as a determining factor in business performance. *The Learning Organization*, 12: 227-245. <https://doi.org/10.1108/09696470510592494>
- Petrescu D., Petrescu-Mag R. 2018. Consumer behaviour related to rabbit meat as functional food. *World Rabbit Sci.*, 26: 321-333. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.10435>
- Renner B., Sproesser G., Strohbach S., Schupp H.T. 2012. Why we eat what we eat. The Eating Motivation Survey (TEMS). *Appetite*, 59: 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.04.004>
- Rhormens M.S., Pedrini A.D.G., Ghilardi-Lopes N.P. 2017. Implementation feasibility of a marine ecotourism product on the reef environments of the marine protected areas of Tinharé and Boipeba Islands (Cairu, Bahia, Brazil). *Ocean Coast. Manage.*, 139: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.022>
- Rousset S., Deiss V., Juillard E., Schlich P., Droit-Volet S. 2005. Emotions generated by meat and other food products in women. *Brit. J. Nutr.*, 94: 609-619. <https://doi.org/10.1079/BJN20051538>
- Sadoud M. 2011. Place de l'activité bouchère dans la filière viande rouge algérienne. *Archivos Zootecnia*, 60, 309-312.
- Sadoud M. 2019. Perception de la viande ovine par le consommateur de la région de Tiaret en Algérie - Viandes & Produits Carnés, VPC-2019-35-2-2. Available at <https://www.viandesetproduitscarnes.com> Accessed April 2020.
- Schmid A., Gille D., Piccinali P., Bütikofer U., Chollet M., Altintzoglou T., Honkanen P., Walther B., Stoffers H. 2017. Factors predicting meat and meat products consumption among middle-aged and elderly people: evidence from a consumer survey in Switzerland. *Food Nutr. Res.*, 61: 1308111. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1308111>
- Soare E., Chirciu I.A. 2017. Study on the pork market worldwide. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 17, Issue 4.

- Szendrő K. 2016. Consumer perceptions, concerns, and purchasing practices of rabbit meat in Hungary. *J. Food Prod. Mark.*, 22: 683-693. <https://doi.org/10.1080/10454446.2015.1121437>
- Szendrő K., Szabó-Szentgróti E., Szigeti O. 2020. Consumers' Attitude to Consumption of Rabbit Meat in Eight Countries Depending on the Production Method and Its Purchase Form. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9: 654. <https://doi.org/10.3390/foods9050654>
- Tebani M. 2019. L'économie agricole et rurale dans la zone de l'Ouarsenis (wilaya de Tissemsilt, Algérie), 2008-2014. *University Mustapha Stambouli of Mascara, Faculty of Nature and Life Sciences, Algeria.*
- Troy D.J., Kerry J.P. 2010. Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Sci.* 86: 214-226. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.009>
- Udomkun P., Ilukor J., Mockshell J., Mujawamariya G., Okafor C., Bullock R., Nabahungu N.L., Vanlauwe B. 2018. What are the key factors influencing consumers' preference and willingness to pay for meat products in Eastern DRC?. *Food Sci. Nutr.*, 6: 2321-2336. <https://doi.org/10.1002/fsn3.813>
- Youssef Y.K., Iraqi M.M., El-Raffa A.M., Afifi E.A., Khalil M.H., García M.L., Baselga, M. 2008. A Joint Project to Synthesize New Lines of Rabbits in Egypt and Saudi Arabia: Emphasis for Results and Prospects. In: *Proceeding of 9th World Rabbit Congress, 10-13 June, 2008, Verona, Italy.* p1637-1642.
- Zerrouki N., Bolet G., Berchiche M., Lebas F. 2004. Breeding performances of local Kabyle rabbits does in Algeria. In *Proc.: 8th World Rabbit Congress, 7-10 September 2004 Puebla Mexico.* 371-377.
- Zerrouki N., Kadi S. A., Berchiche M., Bolet G. 2005. Evaluation de la productivité des lapines d'une population locale algérienne, en station expérimentale et dans des élevages. In *Proc. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 2005 Novembre, Paris, France, 11, 14.*
- Zerrouki N., Lebas F., Gacem M., Meftah I., Bolet G. 2014. Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in 2 breeding locations. *World Rabbit Sci.*, 22: 269-278. <https://doi.org/10.4995/wrs.2014.2129>

Publication 02**Analyse descriptive des paramètres de commercialisation de la viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie****“Descriptive Analysis of Rabbit Meat Marketing Parameters in the North-East of Algeria”****Ibtissem Sanah, Abdelghani Boudjellal, Samira Becila***Publié dans World Rabbit Sci. 2022, 30: 163-180*

Résumé

Comme la plupart des pays africains, en Algérie, le marché de la viande cunicole manque de structuration et d'organisation. Très peu d'études ont abordé cette question. Ainsi, cet étude vise à examiner les principaux paramètres de la commercialisation de la viande cunicole. Pour atteindre cet objectif, une enquête sur terrain par le biais d'entretiens en face à face a été réalisée auprès de 32 bouchers à travers les zones clés de la production de lapins à travers dix wilayas dans le nord-est de l'Algérie. Les résultats obtenus montrent que les bouchers sont majoritairement des hommes, appartenant à six wilayas principales ; la plupart d'entre eux sont mariés, avec une moyenne d'âge de 45 ans, et la plupart ont un niveau d'instruction secondaire ou un baccalauréat. Les tableaux croisés ont montré un coefficient significatif entre la localisation des bouchers et quatre facteurs de marketing qui sont: les critères de vente du lapin, le volume des ventes par semaine, le type de viande vendue et le type de clientèle. L'analyse hiérarchique des classes (HCA) et l'ACP nous permettent de classer et de montrer la corrélation entre les différentes wilayas et les facteurs de marketing influents. Le marché de la viande cunicole semble être modeste, fragmenté et non organisé, en raison de nombreux obstacles, principalement le manque de connaissances et de sensibilisation à la viande lapine, le coût élevé de production, le prix de vente élevé et l'indisponibilité. Malgré ces revers, il existe une possibilité d'améliorer la commercialisation de la viande cunicole, tout en augmentant la production, en soutenant les éleveurs, en réduisant le prix de vente du lapin et en sensibilisant la population à la qualité nutritionnelle de ce type de viande. À notre connaissance, cette recherche est la première à créer le profil sociogéographique des bouchers de lapins et à étudier l'association entre les différents aspects et facteurs liés à la commercialisation de la viande cunicole.

Mots-clés: viande de lapin, profil sociogéographique des bouchers, facteurs de marketing, Algérie.

DESCRIPTIVE ANALYSIS OF RABBIT MEAT MARKETING PARAMETERS IN THE NORTH-EAST OF ALGERIA

Ibtissem Sanah^{1B}, Abdelghani Boudjellal^{1B}, Samira Becila^{1B}

Equipe Marqueurs Biologiques de la Qualité des Viandes (MaQuaV), Laboratoire de Biotechnologie et Qualité des Aliments, Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Université frères Mentouri Constantine 1, Route de Ain El Bey, CONSTANTINE 25000 Algérie.

Abstract: As in many African countries, the rabbit meat sector in Algeria lacks a structured market system. Very few studies have approached this issue. Thus, this paper aims to investigate the main parameters of rabbit meat marketing. To meet this objective, a descriptive survey method was provided, using a structured questionnaire, literature review and direct observation. Our study has covered the key areas of rabbit production including ten *wilayas* (i.e. geopolitical districts, regions, provinces, areas) situated in the north-eastern part of Algeria. A survey was carried out among 32 butchers. Data were obtained through a field survey using face-to-face interviews. The result shows that the butchers are mostly men, belonging to six main *wilayas*; the majority of them are married, with an average age of 45 yr, and most have secondary school level or baccalaureate educational qualifications. Cross tabulations have shown a significant coefficient between location of butchers and four marketing factors i.e. rabbit selling criteria, sales volume per week, type of meat sold, and type of clientele. Hierarchical cluster analysis (HCA) and principal component analysis (PCA) allow us to classify and to show the correlation between the different *wilayas* and the influential marketing factors. Rabbit meat market seems to be modest, fragmented and not organised, due to many obstacles, mainly lack of knowledge and awareness of rabbit meat, high cost production, high selling price and unavailability. Despite these setbacks, there is an opportunity to enhance rabbit marketing by increasing production, supporting breeders, reducing the selling price of rabbit and educating people about the nutritional quality of this kind of meat. To the best of our knowledge, this research is the first to create the sociogeographic profile of rabbit butchers and investigate the association between the different aspects and factors linked to rabbit meat marketing.

Key Words: rabbit meat, butcher sociogeographic profile, marketing factors, Algeria.

INTRODUCTION

Meat consumption has been part of human culture for millennia; in addition, it has historically been driven by the pleasurable experience of eating meat and its high nutritional value (Aboah and Lees, 2020). Rabbit meat appears to be able to satisfy consumers' nutritional needs (Wood *et al.*, 2008) and status as an important resource that may solve part of the food shortage problem around the world (El-Sabrou, 2018). Additionally, this type of meat is preferred as a sustainable source of proteins in an era where climate change, population and changing meat consumption patterns are growing in developing countries (Mutsami and Karl, 2020). Rabbit has a relatively low production cost and high nutritional meat quality, including low fat, sodium and cholesterol levels (Lukefahr, 2010). Other qualities include the

Correspondence: I. Sanah, ibtissem.sanah@umc.edu.dz. Received November 2021 - Accepted February 2022.
<https://doi.org/10.4995/wrs.2022.16649>

Cite as: Sanah I., Boudjellal A., Becila S. 2022. Descriptive analysis of rabbit meat marketing parameters in the north-east of Algeria. *World Rabbit Sci.*, 30: 163-180. <https://doi.org/10.4995/wrs.2022.16649>

immense potential and good attributes which include high growth rate, short gestation period and high prolificacy comparable to that of broiler chicken, (Baruwa, 2014). With good husbandry, rabbits can produce over 40 kits per annum compared to one calf for cattle and up to two kids in goats (Dairo *et al.*, 2012). Rabbits are considered odour-free, noiseless, and can adapt to many ecosystems, unlike many of the larger ruminants (Muriithi and Matz, 2015). The rabbit has also the ability to thrive on green forage, food wastes and agricultural by-products, with potential income generation and limited competition with humans for similar food (Ensminger, 1991; Egbo, 2001). Rabbit meat also had a negligible fraction of enteric methane production (2.3%) compared to beef (65.5%), dairy (26.2%) and pork (6.1%). Furthermore, amongst the animals, rabbits have the highest feed conversion efficiency (Vayssieres *et al.*, 2010), which is considered to be a key factor in the prediction of environmental sustainability and economic success (Cesari *et al.*, 2018). Rabbit meat consumption is not popular worldwide. It is thus considered a speciality market, and is mainly limited to the Mediterranean region, namely Italy, Spain, France, Portugal, Egypt, Algeria, Cyprus and Malta, as well as some other European countries such as Germany, Belgium, the Czech Republic and Luxembourg (Dalle Zotte and Cullere, 2019). Based on the international literature, the FAO (2019) reports that in Algeria, rabbit meat production accounted for 0.9% i.e. 8569 ton of the global world production (883 936 ton). Like many developing countries in Africa, Algeria is still in the initial stages of developing a vibrant rabbit sector. Rabbit farming remains a marginal production activity. In rural areas, it still takes the form of individual farms and smallholdings (Merad *et al.*, 2015). In recent years, rabbit breeding in Algeria has been marked by a new relaunch. This development is supported by the various financing mechanisms for the development of rabbit farms set up by the authorities to promote animal production and diversify the supply of animal protein (Mouhous *et al.*, 2020), as well as state aid for the establishment of new rabbit breeders (Mouhous *et al.*, 2019). The global food market is undergoing many transformations. In many developing countries, the rabbit is purposely bred to achieve self-sufficiency in home protein. Unfortunately, rabbit production, introduced as an alternative to remedy the shortage of protein, has not received sufficient attention (Nina *et al.*, 2020). As in Algeria, the rabbit meat production sector is still characterised by a lack of organisation and structure that affects all its segments, feed, breeding and commercialisation (Mouhous *et al.*, 2019).

It is important to remember that meat marketing is the most important part when farming with rabbits, and it is also the most difficult and time-consuming. The issues underlying the marketing strategies include the increasing importance of quality, organoleptic and sensory properties of food in general, as well as issues relating to food safety and human health (Hoffman *et al.*, 2004).

In addition, raising rabbits for meat production must include several considerations, among others availability of processing facilities, market requirements, transportation cost and potential buyers. In the Algerian market, rabbit meat is still rarely found compared to chicken, turkey, sheep and beef. In fact, there is scant knowledge regarding the marketing factors that affect the purchasing of rabbit meat. It should be noted that there are very few studies that have focused on rabbit meat marketing. Much of the existing literature has also analysed subjects in relation to feed and feeding, nutritional requirements and growth (Berchiche *et al.*, 2000; Kadi, 2012; Mouhous *et al.*, 2017; Harouz-Cherifi *et al.*, 2018) or reproduction (Gacem and Lebas, 2000; Zerrouki *et al.*, 2005; Gacem *et al.*, 2009). In this situation, it is worth investigating the attributes and the various intrinsic and extrinsic quality cues of rabbit meat that affect its purchasing and the socio-geographical variables which characterise butchers and butchery activity. So, the overall aim of this research is to determine the main parameters and factors that affect rabbit meat marketing in north-eastern Algeria from the viewpoint of the butchers.

MATERIAL AND METHODS

Scope and information sources

In order to characterise the features of rabbit meat butchery in north-eastern Algeria, searching for butchers to take part in the survey was carried out in varying ways: in the first step we used the literature review, i.e. publications and also local technical reports. The second step revolved around gathering contact details and addresses of butchers from the Technical Institute Of Animal Production, some producer organisations, the trade office and personal contacts.

Study area and sample selection

To meet the objective of this study, the descriptive survey method was used. Data were obtained through a field survey using face-to-face interviews, combined with structured questionnaire. Personal observations during the fieldwork helped us in gathering information about carcass presentation at butcherries and rabbit slaughter, butchering and preparation steps at the slaughterhouse. The survey data were gathered during a period that lasted from October 2016 to March 2017, whereas the data concerning the slaughterhouse were collected in 2020.

Our study has covered the north-eastern regions of Algeria, including ten *wilayas* (Figure 1), also called as governorates or provinces. The study areas are located between latitude 34°44 and 36°59 North and longitude 4°8 and 8°4 East. It covers 48 766 km² with 8.6 million in habitants (Figure 1).

The questionnaire was pretested with ten butchers —one butcher from each region— in order to gather first-hand information about rabbit meat marketing in the study areas. Relevant changes were then made to the questionnaire based on these findings, which helped validate our questionnaire. The simple random sampling method was used to select the targeted respondents at different location such as shopping malls, daily markets and butchers' shops. All the butchers found were contacted and invited to participate in the study voluntarily. The sample used consisted of 32 butchers. Data were obtained through a field survey using face-to-face interviews. This required only a few minutes to be completed by the participants who were willing to take part in the survey. A dual-language structured questionnaire was developed in Arabic and French to make it easier for the participants to understand and provide responses.

The survey form was divided into two sections and included 19 questions (questionnaire) which are explained by closed questions with multiple choice and open-ended questions that allow the butchers to choose a specific answer or give their opinion freely. The data obtained from the questionnaire were organised by coding the questions to prepare them for data collection.

The questionnaire introduced questions to gather information regarding butchers' socio-geographical characteristics such as age, marital status, educational level, seniority, geographical location and general information concerning marketing policy, such as the type of meat sold, supply, rabbit selling criteria (age and weight of slaughter, slaughter yield, price, etc.), purchasing format, sales volume per week, etc. In addition to this, the trade circuit, marketing obstacles and proposed solutions were discussed.



Figure 1: Geographical map showing the distribution of the *wilayas* surveyed (the study area).

Conceptual framework

In our study the conceptual framework is provided using dependent variables and independent variables, as well as their relationship, as illustrated in Figure 2. Examples of this methodology can be found in (Hoffman *et al.*, 2004; Kadi *et al.*, 2013; Baviera-Puig *et al.*, 2017; Benabdelaziz *et al.*, 2020).

Statistical analysis

Depending on the target, a different statistical analysis was used. First, a Chi-square (χ^2) test was used to find the relationship between dependent and independent variables using XLSTAT 5.03. Version 2014. Second, in order to classify the different *wilayas* and establish the correlation between geographical location areas and rabbit marketing factors. Hierarchical cluster analysis (HCA) (HAC using the Ward method) followed by principal component analysis (PCA) were carried out. HCA and PCA were performed using the statistical software JMP Trial 15 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA). A *p*-value less than 0.05 was considered statistically significant.

RESULTS AND DISCUSSION

Sociogeographic profile of butchers

The butchers' sociogeographic data are given in Table 1. The survey revealed that our participants are mostly men, and 62.5% were married. The average age of the surveyed participants was 45.25 yr. The majority of the participants (24) belonged to the 40-59 yr old age group and accounted for 75% of total responses, whereas participants between 18-39 yr of age (7) accounted for 21.87% of responses. Only 3.12% were older than 60. In terms of educational level, a large percentage (53.12%) of participants had secondary school level or baccalaureate, 34.37% were educated at primary school or vocational training school, while 6.25% had postgraduate degrees, and only 6.25% of the sample had no studies. Most of the participants (71.87%) were not new to butchery activity (more than 5 yr of experience). As for the geographic distribution, the majority of butchers' shops (27; 84.36%) were located in six main *wilayas*: Bordj Bou Arreridj, Sétif, Mila, Constantine, Batna, and Béjaïa. These are the main areas where rabbit breeding units are present (Sanah *et al.*, 2020); the remaining *wilayas* such as Sekikda, Oum El Bouaghi, Guelma and Annaba presented a low number of butchery shops (5; 15.64%).

Our survey revealed that butchers selling rabbit meat are mainly located in urban areas, specifically in poultry shops. Those shops are generally located in municipal markets and malls. This observation agrees with those of Kadi *et al.* (2013) and Mezali *et al.* (2014), who conducted similar studies in other regions of Algeria. The results show that the

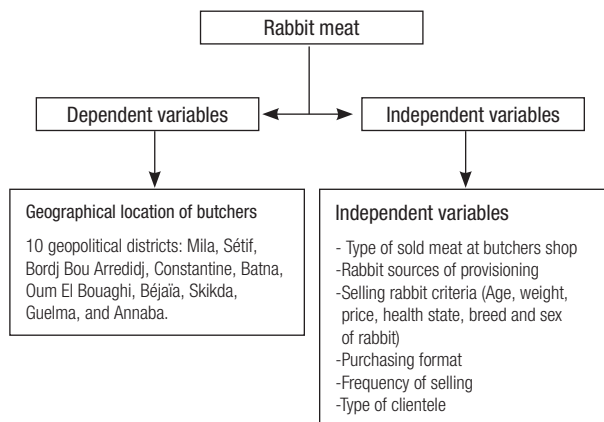


Figure 2: Conceptual framework of the study, depicting the independent and dependent variables.

marketing of rabbit meat takes place in very specific butchers located in the metropolitan and municipal markets and malls. Therefore, urban citizens who like rabbit meat can buy it only in a few stores at the level of the urban centre, often several kilometres away from their place of residence (Kadi *et al.*, 2008).

Relation between rabbit meat marketing factors and geographical location

Cross tabulations for rabbit meat marketing factors (dependent variables) according to sociogeographic characteristics of butchers (independent variables) have shown statistically significant coefficients between geographical location of butchers and some marketing factors (Table 2). Chi-square test confirms that geographical location (district) has a significant association with four dependent variables: type of meat sold ($\chi^2=54.49$; $P=0.001$), rabbit selling criteria ($\chi^2=83.71$; $P=0.000$), sales volume per week ($\chi^2=64.00$; $P<0.0001$) and type of clientele ($\chi^2=46.31$; $P=0.012$). In contrast, geographical area is invariant to the remaining factors such as rabbit sources of provisioning and purchasing format.

Type of meat sold

When asking butchers about the type of meat sold in their shops, more than 65% of them are poultry shops, i.e. they specialise in selling chicken and turkey meat. Meanwhile, in the rest of butchers we have observed other types of meat, basically sheep, beef or rarely goat meat. Chi-square test confirms that the type of meat sold in these shops has a significant association with geographical location of the butchers ($\chi^2=54.49$; $P=0.001$), which can be explained on one hand by the fact that rabbit meat is considered among white meats. On the other hand, the diet in Algeria generally consists of poultry, eggs, sheep and beef, whereas the consumption of goat and camel meat is much lower and each region is characterised by one or two major types of animal (livestock) production (Sadoud, 2011; Chikhi and Bencharif, 2016).

Rabbit selling criteria

Regarding the question: *What are the purchasing criteria for rabbit that you require?* The results showed that the main attributes that butchers consider when purchasing rabbit are as follows: age (41%), weight (15%), selling price (15%), health state (15%), breed (9%) and sex of the rabbit (3%).

Age and weight of the rabbit for sale. Our survey revealed that the selling weight is around 1.5 to 3 kg, and the age at slaughter is 10 to 14 wk, with slaughter yield around 65%. These results are very close to those observed in other geographical regions. In a recent paper by Benabdelaziz *et al.* (2020), the selling weight observed in Algiers region was around 2.45 kg. In another recent paper published by Dalle Zotte and Cullere (2019), the authors pointed out that rabbits farmed for meat purposes in intensive systems are specialised hybrids slaughtered at 11 to 13 wk of age, and, therefore, characterised by uniformity in carcass traits. In Western Cap, Hoffman

Table 1: Socio-geographic profile of butchers (n=32).

Variable	Frequency	%
Total respondents	32	100
Gender		
Male	32	100
Female	0	0
Age (yr)		
18–29	4	12.5
30–39	3	9.37
40–49	12	37.5
50–59	12	37.5
>60	1	3.12
Marital status		
Single	12	37.5
Married	20	62.5
Educational level		
No studies	2	6.25
Primary school	4	12.5
Vocational training school	7	21.87
Secondary school	6	18.75
Bachelor	11	34.37
Other (Master, doctorate,...)	2	6.25
Seniority (yr)		
1–5	9	28.12
>5	23	71.87
Wilaya (districts)		
Bordj Bou Arreridj	6	18.75
Sétif	6	18.75
Mila	5	15.62
Constantine	4	12.5
Batna	3	9.37
Béjaïa	3	9.37
Sekikda	2	6.25
Oum El Bouaghi	1	3.12
Guelma	1	3.12
Annaba	1	3.12

Table 2: Cross tabulations of rabbit meat marketing factors according to socio-geographic characteristics of butchers.

Dependant Variables	Selling rabbit criteria						Frequency of selling					
	We	Ag	Pr	He	Br	Se	Frequency of selling					
							χ^2	P-value	<20	20-60	>60	
BBA	1	1	1	2	0	0	83,7	<0,0001	0	5	0	64
Sétif	0	0	4	0	0	0			0	0	4	
Mila	3	0	0	0	0	0			0	3	0	
Cne	6	0	0	0	0	0			0	0	6	
Batna	0	3	0	1	1	1			0	0	6	
Béjaïa	2	1	0	0	0	0			0	0	3	
Sekikda	0	0	0	0	2	0			0	2	0	
OB	0	0	0	1	0	0			0	1	0	
Guelma	1	0	0	0	0	0			1	0	0	
Annaba	0	0	0	1	0	0			1	0	0	
Total	13	5	5	5	3	1			2	11	19	
%	40	16	16	16	9	3			6	34	60	

Dependant Variables	Type of meat sold					Type of clients						
	Ch & Tu	Sh	Be	Goat		χ^2	P-value	Ho	Ho+ht+Re	P.I	Ba	
BBA	3	2	0	0		54,49	0,001	0	2	0	0	46,31
Sétif	4	0	0	0				2	2	0	2	0,012
Mila	3	0	0	0				0	3	3	0	
Cne	6	0	0	0				6	0	0	0	
Batna	0	0	5	1				3	1	0	0	
Béjaïa	3	0	0	0				0	3	0	0	
Sekikda	0	2	0	0				1	1	0	0	
OB	0	1	0	0				1	0	0	0	
Guelma	1	0	0	0				0	1	0	0	
Annaba	1	0	0	0				1	0	0	0	
Total	21	5	5	1				14	13	3	2	
%	65	16	16	3				44	41	9	6	

BBA: Bordj Bou Arreridj; Cne: Constantine; OB: Oum el Bouaghi; W:Weight; A:Age; P: Price; Br:Breed; Sex: Se; car/wk:carcass/week; Ch & Tu: Chicken & turkey; Sh: Sheep; Be: Beef; Go: Goat; Ho: Households; Ho+Ht+Re: Households+hotels+restaurants; P.I: private individuals; Ba: Bars.

et al. (2004) argue that a commercial producer should consider table rabbits that are likely to weigh 2 kg at an age of 9 to 10 wk, and which will produce the greatest amount of profit. According to the Australian market demand, a previous study reported by Eady and Prayaga (2000) stated that rabbits sold as a whole carcass in butcher shops are slaughtered at 1.0 to 1.3 kg, while those portioned for the restaurant trade are slaughtered at 1.4 to 1.7 kg. These authors added that the differences in slaughter weight are associated with differences in growth period on the farm.

In Spain, the average rabbit live weight at slaughter in 2012 was 2.190 kg (Pascual *et al.*, 2014). Meanwhile, in France and Italy, the rabbit live weight at slaughter is 2.5 to 2.6 kg (Xiccato and Trocino, 2007; Coutelet and Hurand, 2016). In the same context, Dalle Zotte (2014) stated that slaughter age, which typically ranges between 9 and 13 wk and a slaughter weight from 2.0 to more than 2.6 kg, is dependent on market requirements. Similar observations were made by Moreki *et al.* (2019) in their survey in Botswana with rabbit breeders, as they found that rabbits were sold from six weeks of age. Moreover, forty-five percent (45%) of the respondents said they used age and weight to set prices for their rabbits, followed by 25% who used a combination of age, sex and weight, and 10% who used age only. Heavy rabbits fetched a better price than lighter rabbits.

Selling price of rabbit meat. As regards the selling price of rabbit meat, it varies between 700 and 900 AD/kg, (4.35 and 5.59 €/kg) (1 Euro=160.98 AD). The live rabbit is sold at between 300 and 400 AD (1.86 and 2.48 €/

kg). In previous studies, Mezali *et al.* (2014) found an average price around 750 AD/kg for a purchasing price varying between 400 and 500 AD/kg. This result is also confirmed by Merad *et al.* (2015).

In a recent paper by Benabdelaziz *et al.* (2020) the living rabbit is sold for a price that varies between 360 and 400 AD/kg (2.70 and 3.00 €/kg) for wholesale and between 500 and 550 AD/kg (3.75€ and 4.12 €/kg) for retail, whereas the slaughtered rabbit is sold at a price that varies between 650 and 800 AD/kg (4.87€ and 6.00 €/kg). It was found that the price of one kilogram of rabbit meat is more expensive for sale than that one of white meat i.e. poultry 298 AD (2.23€/kg), and turkey 405 AD (2.51 €/kg), but lower than that of red meat i.e. beef 1251 AD (7.77 €/kg), and sheep 1486 AD/kg (9.23 €/kg) (Benabdelaziz *et al.*, 2020).

It appears that the price of rabbit meat varies in each country, but can cost between 4-8 €. For example, in Greece, the price of 1 kg of rabbit meat is 8 € (Spilioti *et al.*, 2017). Another recent study in Vietnam, by Thu (2019) found that the price of meat rabbit sold to intermediaries has recently been varied, from 2.3 to 2.75 USD/kg live weight; however, it has been around 7.0 USD/kg carcass weight when sold to the consumers. The price of reproductive rabbits has been much higher and depends on the breed quality. In Abidjan, the price of a kilogram of live rabbit is 3000 to 5000 CFA franc (US\$ 5.05 to 8.42) for Ivorian producers. However, the price of one 1 kg of live rabbit is more expensive in Côte d'Ivoire than in Senegal (2500 to 3000 CFA franc/kg or US\$4.21 to 5.05) (Nina *et al.*, 2020).

It should be noted that in Algeria, the price of one kg of this meat in butchers increases over the years. According to Kadi *et al.* (2013), the price increased considerably because of the increase in the price of the raw materials on the world market and which constitute the feed of the rabbits, as many of their main ingredients such as soybean meal, dehydrated alfalfa, corn and other micro ingredients are imported from overseas.

Similar observations were made by Pascual *et al.* (2014) where the variation in prices of raw materials for manufacturing feed in recent years has been one of the most influential factors in the accounting results of rabbit farms and one of the main causes of their lack of profitability, as no notable increase in earnings for rabbit producers has been reported. These raw materials are mainly of European origin, but despite this, their prices have been affected by swings in feed costs in general (CESFAC, 2012).

Breed, health state and rabbit sex. As noted in the interviews, type of breed, health state and rabbit sex seem to be less important criteria when selling rabbit. The most common breeds observed in this study are synthetic rabbit line (ITELV 2006) which has been reared in Algeria since 2003, New Zealand White and Californian rabbit; these last two breeds have also been reported to be the most popular breeds for meat production in other parts of the world due to their good growth characteristics and a high meat: bone ratio (Serem *et al.*, 2013). In Spain, Baviera-Puig *et al.* (2017) had also observed similar trends where rabbits raised for meat are generally the New Zealand White breed. This observation is also made by Iheukwumere *et al.* (2018) in Nigeria, where the two most popular breeds reared are New Zealand and the Californian.

Based on the analysis presented earlier, it appears that rabbit selling criteria such as age, weight, and selling price of rabbit are almost the same among European and African countries.

Purchasing format of rabbit and main selling sources of provisioning

Most of the butchers interviewed (75% of them) buy their rabbits either alive or slaughtered directly from the farmers (at farm level), while 25% of butchers buy their rabbits from local markets.

It should be noted that the butchers who buy their animals alive usually set aside a place around the butcher shop to sacrifice their rabbits without any veterinarian inspection, as there were no slaughterhouses specialised in rabbit. This observation agrees with those of Benabdelaziz *et al.* (2020), who conducted a similar study in Tizi-Ouzou area (Algeria). They found that the slaughtering at farm level is carried out without any sanitary control by an approved veterinarian, and that farmers use these practices to increase their profits.

In the same context, our results are in agreement also with those of Kadi *et al.* (2013), who found in Tizi-Ouzou that rabbits are marketed live or killed to butcheries, poultrys and restaurants. They are bought from producers generally as whole carcasses in 86.49% of cases.

Similarly, in Benin, it was also found that rabbits are marketed either alive (31% of cases) or in the form of a carcass (69% of cases) (FAO, 2018). In Botswana, rabbits were sold alive or dressed. As there are no rabbit slaughter facilities in this country, rabbits were slaughtered and dressed in home kitchens prior to delivery to retailers, hotels and individual buyers (Moreki *et al.*, 2019). Our findings are also similar to those in a previous study conducted by Bodnár (2009) in Hungary, who reported that clients bought live rabbits, whole carcasses or different rabbit meat cuts.

In the present study, rabbits are marketed in butcheries generally as whole carcasses. Whole carcasses include the head, thoracic content (heart, lungs, ...), liver, kidneys and extremities of the legs and the corresponding skin. The offal is discarded (Figure 3).

Algerian legislation relating to the presentation and marketing of fresh rabbit carcass requires that carcasses must be completely dressed except for the head, ears and the hind leg tips; the carcass must be completely eviscerated and the finished product must be packaged and labelled (Benabdelaziz *et al.*, 2020). For an average carcass weight that varies between 0.9 and 1.9 kg. This carcass weight is similar to that reported in several studies carried out in Algeria (Guermah *et al.*, 2011; Kadi *et al.*, 2013, 2016; Hannach-Rabia *et al.*, 2017; Harouz-Cherifi *et al.*, 2018; Benabdelaziz *et al.*, 2020). Our results are similar to those obtained by FAO (2018) in Benin, where they found that the weight of a rabbit carcass varies between 1 and 1.4 kg and the live rabbit weighs on average 2 kg.

Sales volume per week

Sales volume of rabbit meat per week differs significantly according the region ($\chi^2= 64.00$; $P<0.0001$) (Table 2). Generally, between 20 to 200 carcass per week are sold, with an average amount of 63 carcasses. Sétif, Bordj Bou Arreridj, Béjaïa, and Constantine are *wilayas* which present high numbers of sold carcass with more than 60 carcasses per week, whereas Batna, Mila, Oum El Bouaghi, and Skikda represent 20 to 60 carcasses per week. The remaining regions, such as Guelma, and Annaba present less than 20 carcasses per week. Our results are higher than those obtained by Kadi *et al.* (2008) in their survey in Tizi-Ouzou, where they found that the total quantities sold amount to 44.56 kg per week or an average of 32 carcasses per week.

In our study, differences in sale volumes of rabbit meat per week are probably due to a variety of reasons, such as culinary traditions or eating habits of consumers in each *wilaya*; the availability of rabbit meat in local markets, which is related to the number of breeding units and farmers established in each *wilaya*. Moreover, we have observed that sales frequency is related to higher income groups of consumers who are generally found in large *wilayas* like Sétif, Bordj Bou Arreridj, Béjaïa and Constantine.

Rabbit meat customers

Our results show that the type of rabbit meat customers varied significantly with the geographical areas ($\chi^2=46.31$; $P=0.012$) (Table 2). The buyers of rabbit meat are householders (43.75%), restaurant managers with householders and luxury hotels (40.62%), private individuals (9.38%) and bars (6.25%). Our findings coincide with those obtained



Figure 3: Rabbit purchasing format in the chicken store. (A) in Constantine; (B) in Algiers area (B) (Algeria); (C) rabbit cooked format in the restaurant.

by Mezali *et al.* (2014) in their sociocultural and economic research conducted with sellers and consumers of rabbit meat in the region of Algiers (capital of Algeria). They found that the householders are the main buyers of rabbit meat (90% of cases). In Benin, a study by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2018) showed that rabbit meat buyers consist mainly of restaurants (79% of cases), individuals and/or households (82% of cases), and traders (39% of cases). A similar result was obtained in a recent study in Botswana, where 46% of the respondents said their clients were restaurants, hotels and supermarkets, individuals (39%) and government institutions (5%) such as schools (Moreki *et al.*, 2019). Another recent research work by Nina *et al.* (2020) in Côte d'Ivoire found that the main customers for rabbit meat are restaurant managers (35%) and households (35%), while supermarkets and ranchers are the other customers, with 15% each.

Hierarchical cluster analysis (HCA) and principal component analysis (PCA)

In order to identify and classify the study area i.e. 10 geopolitical districts (*wilayas*) which share the same marketing factors, a constellation diagram was drawn up. This diagram (Figure 4) consisted of three clusters. Cluster one (C1) included only one *wilaya*: Sétif. Cluster (C2) contained three *wilayas*: Bordj Bou Arreridj (BBA), Constantine (Cne) and Béjaïa. Cluster (C3) contained the highest number of similar *wilayas*, which are: Mila, Batna, Sekikda, Guelma, Oum el Bouaghi and Annaba. It is clear that the *wilayas* that belong in the same cluster have some similarities. Therefore, the principal component analysis (PCA) was carried out to show the correlation between rabbit meat marketing factors and geographical location of butchers. The first two PCA axes described 71.8% of the total variation. The first axis explained that 41.9% of the variance was strongly correlated with the following factors: selling rabbit criteria especially (weight, age and selling price), type of meat sold and type of clientele. The second axis explained 29.9% of the variability that is mainly represented by one factor i.e. frequency of selling. It clearly shows that each cluster regrouped one or many *wilayas* which have similarities concerning the rabbit marketing factors, for instance: cluster (C2) includes three *wilayas*: Cne, BBA, and Béjaïa, which have a high selling frequency. Sétif district is associated with the type of meat sold, it was observed that in this *wilaya* the rabbit meat is sold along with beef and goat meat. The remaining neighbouring *wilayas* share two main factors: rabbit selling criteria and type of clientele.

Rabbit slaughterhouse and processing

The slaughterhouse represents the processing industry, as it takes in live animals and, after slaughter and butchering, leaves them ready for consumption in several different types of presentation. Slaughterhouses usually integrate the cutting rooms and preparation of the various packaging or presentation options (Baviera-Puig *et al.*, 2017).

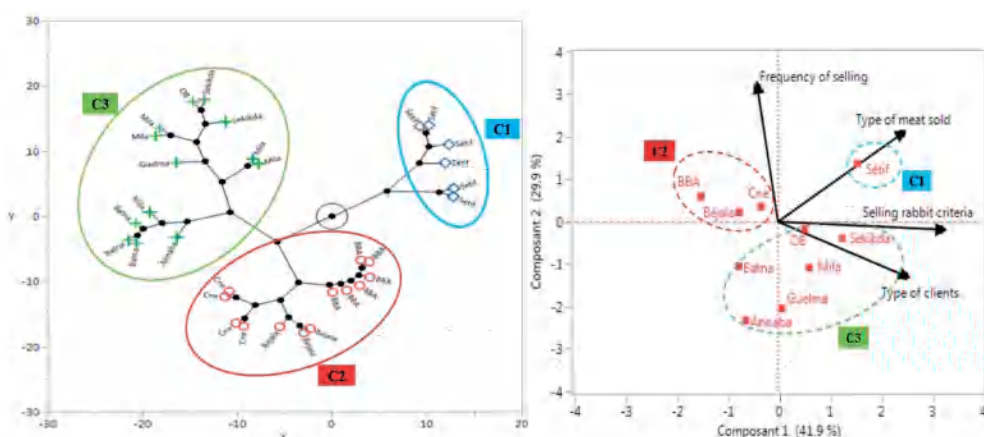


Figure 4: Hierarchical cluster analysis (HCA) and principal component analysis (PCA) between geographical location of butchers and rabbit meat marketing factors. C1 :Cluster 1 ; C2 :Cluster 2 ; C3 :Cluster 3 ; Cne : Constantine; BBA : Bordj Bou Arreridj; OB : Oum el Bouaghi.

Unlike in other types of livestock such as cattle, sheep, turkey or poultry, in the eastern part of Algeria there was no slaughterhouse specialised for rabbits. In the course of our research we had the chance to visit the first slaughterhouse in Algeria specialised in rabbit slaughtering implanted in 2020, located in the industrial area of Bekira, about 3 km from Constantine (Wilaya of Algeria). *Cirta abattoir* is a small, modern well-equipped rabbit slaughterhouse which was constructed by Boumali brothers with a capacity of 200 rabbits/d (about 5 Qx per day). The main aim of the slaughterhouse is to increase rabbit meat production, ensuring veterinary control and traceability of production and consumption, in order to finally obtain a packaged and labelled meat product. With collection of the living animals from the different farms, the slaughterhouse sacrifice process takes place on the same day the rabbits are collected from their place of origin. The rabbits are slaughtered by cutting the jugular vein with a sharp knife; the rabbit is held firmly by the rear legs and head and is stretched full length. Logically, by law the slaughterhouse is systematically monitored by veterinary inspectors, as are the qualitative requirements. Based primarily on visual meat inspections, these checks determine aspects such as abnormal odours and colours, malformations, presence of traumatic injuries, bruising and any other serious anomaly or emaciation whose presence qualifies the affected item as unfit for sale (Baviera-Puig *et al.*, 2017). According to slaughterhouse managers, handling of the meat is done under strict security and hygiene measures to ensure products with the maximum quality and freshness. Before packaging, the carcasses are cleaned to remove hair and any soil or debris. In the final packaging zone, the required weight of the carcasses will be controlled depending on each client, always between 1-1.2 kg. Dressed rabbits may be sold as whole carcass, half carcass or quartered and cut into pieces, then bagged or tray-packaged with their own brand.

Finally, the rabbit carcasses are stored at a cold temperature, preferably at 4°C, before delivery and are distributed to different consumers in refrigerated trucks. The slaughterhouse distributes the rabbit meat especially to butchers and private individuals at a price of 800 DA per kg (Figure 5). As noted in the interviews, the managers use different methods to market their products and these are through social media (Facebook), breeders' association, participation in national and local fairs and exhibitions. It should be noted that the whole carcass with high weight is more attractive for Algerian consumers according to the experts interviewed. In contrast, a different situation is present among Greek consumers. The sale of rabbit meat as a whole carcass and not in pieces of meat, did not appeal much to consumers, as its cooking method is complex and time-consuming. Young consumers prefer eating food that requires only a short preparation time (Spilioti *et al.*, 2017). The first steps in modern processing are slaughtering, evisceration and

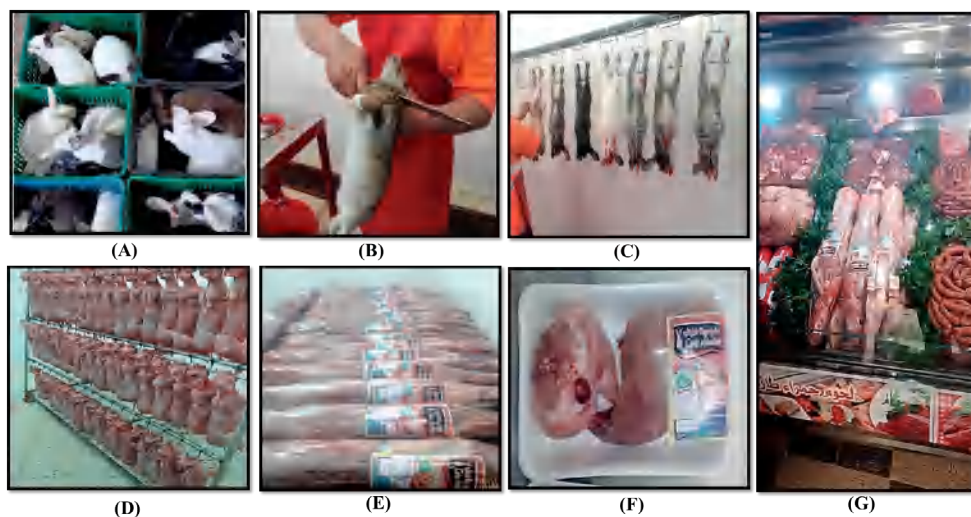


Figure 5: Slaughter and processing steps at rabbit slaughterhouse in Constantine areas (Algeria). (A): Collect of alive animals; (B): Rabbit slaughter; (C): Rabbit skinning and evisceration; (D): Rabbit carcass sweating ; (E): Whole carcass packaging; (F): Cut-up parts carcass packaging ;(G): Marketing of packaged and labeled meat in the butcher shop.

chilling of carcasses (Cavani and Petracci, 2004). Further processing can be referred to as the operations ranging from cutting of the carcass into parts, packaging of raw consumer products, deboning and portioning to formulation of specific products (shaping, marinating, coating, etc.), cooking and packaging (Petracci and Cavani, 2013). It should be remembered that processed rabbit meat products (deboned, marinated, cooked, etc.) are still non-existent in the Algerian markets compared to other types of meat like chicken, sheep or beef. This is in agreement with the results of a recent study by Moumen *et al.* (2016) in the Aures region (Algeria). They found that rabbit meat is consumed at home without processing, and the final quality of the product mainly depends on the raw material, i.e. the chemical composition of the muscle. In this regard, many studies have found a similar situation. Cavani *et al.* (2009) in their paper reported that the majority of rabbit meat is sold as whole carcass and cut-up, strictly remaining a commodity in which almost all consumption is based on home preparation. In contrast, the market share of processed poultry meat products has seen a tremendous increase in recent decades. Our results are also similar to those obtained by Petracci and Cavani (2013), which reported that rabbit meat is still currently sold worldwide as whole carcass or at least as cut-up parts, while very low quantities are marketed as processed products (i.e. ready-to-cook, ready-to-eat meals, etc.). Falahudin *et al.* (2020) also confirmed that processed meat products of rabbit meat are still rarely found in the market compared to chicken or beef. In Spain, similar observations were made by Baviera-Puig *et al.* (2017), where the sales by presentation type are usually around 80% in carcass and 20% quartered, as reported by different respondent wholesalers and slaughterhouse managers.

It should also be noted that, in Algeria and for the first time, two breeders' associations, nationally and locally, were created between 2018 and 2019. Thus, many rabbit breeders wanted to structure themselves in an organisation to develop this sector and benefit from government facilitations. As recommended by Benabdelaziz *et al.* (2020), rabbit farmers should form active and efficient associations and cooperatives in order to allow a better structure and organisation of the sector for the eradication of the constraints.

Rabbit meat marketing circuit

Commercial distribution represents the last link in the rabbit meat value chain, before reaching the final consumer (Sabora, 2009). In Eastern Algeria, the upstream of cuniculture sector is made up of breeders and resellers, whereas the downstream consists of butchers and consumers.

The breeders who constitute the first link in the rabbit commercial chain sell their rabbits to four types of buyers, namely consumers, butchers, resellers and recently to the slaughterhouse. Rabbits distribution follows the following different channels (Figure 6):

- Channel 1. Consumers, the last link in the chain, will buy rabbits (alive or slaughtered) directly from the breeder (the farm). This is found to be the most common method for 56% of consumers (Sanah *et al.*, 2020).
- Channel 2. The consumer (14% of them) can also buy rabbit from the butcher (Sanah *et al.*, 2020).
- Channel 3. The butcher will source rabbits from resellers (markets), with the aim of selling it to the consumer.
- Channel 4. Resellers or intermediaries come to get their supplies of live rabbits from breeders in order to sell them at a higher price in commercial areas (markets, butchers).
- Channel 5. Recently, some consumers prefer to buy rabbits directly from the slaughterhouse.
- Channel 6. Finally, the breeders can buy rabbits from resellers (a two-way distribution) in order to renew their livestock.

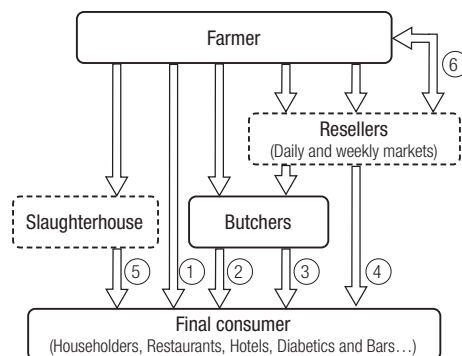


Figure 6: Proposal diagram of rabbit meat marketing channels in eastern part of Algeria.

Similarly, in Tunisia a survey carried out by Besbes *et al.* (2003) showed that the distribution system of rabbit is

dominated by the sale of live rabbits (73%) via multiple trade channels, such as municipal markets and specific points of rabbit sales in conglomerations, as well as in the weekly markets.

This proposed diagram of rabbit meat marketing channels can provide an overview of the sector and enables us to understand the relations between its components and its positioning towards the final consumer. Knowledge of this mechanism is therefore a deciding factor when it comes to understanding the manner in which rabbit meat reaches the end consumer (Baviera-Puig *et al.*, 2017).

Rabbit sector obstacles

Participants were asked to express their opinions about the marketing situation of rabbit meat. The rate of sale of rabbit meat is estimated to be fair according to most of the butchers questioned (44%). However, 37% of them said that it is good, and the remaining butchers considered it bad (19%). It should be noted that in Algeria, rabbit meat consumption is related to certain periods of the year or events. Thus, rabbit meat consumption peaks are mostly in winter and during the month of Ramadhan. Nevertheless, periods of low consumption are the religious festivals such as Aid El Fitre, the year-end holidays (Sanah *et al.*, 2020).

Participants were asked to rate the main obstacles that hinder rabbit meat marketing; the results obtained are illustrated in Figure 7. The lack of knowledge and awareness of rabbit meat was highlighted and expressed by the majority of interviewees, followed by high cost production, high selling price, and finally the scarcity of rabbit meat in the market.

Our results agree with several studies in Algeria and in other regions around the world. A previous survey conducted by Kadi *et al.* (2008) in Tizi-Ouzou with the consumers has shown two main obstacles: the lack of demand (75.44% of respondents) and its unavailability (10.78%). Indeed, the lack of consumer acceptance of the product has little impact upon the market because rabbit production has not saturated the market. Current demand for rabbit meat exceeds supply, so consumer acceptance is not a problem. The same study also indicated that the marketing for rabbit meat in this region stays neglected. The marketing is fragmented and inefficient, so the distribution chain of this meat is disorganised. This inefficient marketing system has resulted in higher costs and low availability of rabbit meat with a possibility for expansion through appropriate promotion.

In Algiers region, the investigation of Mezali *et al.* (2014) highlighted the complexity and bad organisation of the rabbit network in Algeria. The results revealed a weak marketing and consumption of rabbit meat, due particularly to its production status remaining mainly traditional, which makes the product unavailable at the retail level.

Another recent research paper in Tizi-Ouzou area (Algeria) made by Benabdelaziz *et al.* (2020) has shown that the obstacles to rabbit meat marketing include the lack of stable markets, the absence of a fluid distribution network, the lack of transparency of transactions and price setting, expensive delivery costs and late payments.

In Georgia, Wolfe *et al.* (2002) reported that the retail rabbit meat market (supermarkets and grocery stores) is underdeveloped and as a result, consumers are unaware of the health benefits associated with eating this low-fat meat and are unaware that supermarkets carry these products.

In Kenya, Borter and Mwanza (2011) observed that rabbit production is not structured, resulting in farmers not able to ascertain the number of rabbits they can make available to the market at any given time. The authors also reported

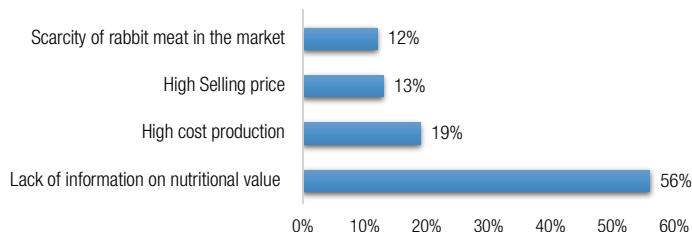


Figure 7: Obstacles hindering rabbit meat marketing according to butchers' point of view (n=32).

that the market is not clearly defined, as many people do not know that rabbit meat can adequately replace other protein sources.

In Botswana, Moreki *et al.* (2019) have cited four major challenges, namely the unreliable market, limited technical information, the lack of government support and high feed expenses.

In Abidjan, (Côte d'Ivoire). The results obtained by Nina *et al.* (2020) revealed the main reasons for non-consumption of rabbit meat, which are unavailability (49%), absence in eating habits (22%) and high cost (20%). In Majalengka area (Indonesia), Falahudin *et al.* (2020) argue that the lack of information about the benefits of rabbit meat is one of the reasons people do not consume it.

Proposal solutions for enhancing rabbit meat marketability

Concerning the question related to the proposal solutions for enhancing rabbit meat marketability, from the point of view of butchers, the answers were varied: 53% of them said that raising public awareness about the health benefits of rabbit meat is necessary, whereas 28% of them focused on supporting rabbit farming, and finally, 19% of respondents proposed increasing production vs. price decreasing (19%). These suggestions confirm those of previous studies in other geographical contexts. To illustrate, in Algeria Kadi *et al.* (2008) noted that the ultimate aim is to educate the public about the high nutritional quality of rabbit meat. More attention must be given to the market outlets and promotions of rabbit meat in the Tizi-Ouzou area.

Mezali *et al.* (2014) reported that to increase rabbit meat consumption, many actions must be undertaken, for instance encouraging rational breeding (genetic improvement, control of reproduction and feeding), production organised in professional groups and restructuring of distribution channels. Benabdelaziz *et al.* (2020) indicated that the current marketing system based on individual initiatives of rabbit farmers cannot, under any circumstances, allow the evolution and development of this sector. It is necessary to opt for a common strategy, developed by advertising and communication professionals. He added that a national promotional campaign is needed to promote rabbit meat and encourage its consumption; this will increase demand and enhance the product's marketability.

Similar suggestions were made in Georgia by Wolfe *et al.* (2002), reporting that the first step towards creating a successful retail rabbit meat market will be informing and educating consumers about the health benefits of eating rabbit, as well as increasing consumer awareness about product availability. Additionally, creating a successful brand. In South Africa, Hoffman *et al.* (2005) pointed out that in order to increase a demand for rabbit meat, an effort is needed to educate people regarding the benefits of rabbit meat. This can be achieved by planning a long-term consumer education campaign to familiarise people with the various aspects and multiple benefits of rabbit meat.

Leroy and Petracci (2021) confirmed that rabbit meat consumption can only be boosted by introducing rabbit meat as an ingredient in processed food products (i.e. ready meals, ready-to-cook, etc.). Otherwise, consumption is bound to become even more marginal, even in major rabbit meat consuming countries. In Abidjan, (Ivory Coast), Nina *et al.* (2020) noted that commercial rabbit operations may be encouraged. Indeed, a more sophisticated market infrastructure may involve product diversification such as tanned skins and processed meat forms, as well as entrepreneurial training, promotion in mass media, competitive pricing and market diversification. By adopting such a logistical development approach, a greater assurance of the sustainable increase of rabbit meat can be achieved.

CONCLUSION

Based on the results of this study, a number of important points are revealed. Butchers in the North-East of Algeria are men, generally married with an average age of 45 yr. The majority of them had secondary school level or baccalaureate. Mostly, they were not new to butchery activity. The majority of butchers' shops are located at the main urban areas where rabbit breeding units are present. Our results have also shown a significant statistical coefficient between geographical location of butchers and some marketing factors, such as type of meat sold, rabbit selling criteria, sales volume per week and type of clientele.

As in many developing countries, rabbit marketing in Algeria is still modest, not organised or structured. It is practiced on a small scale in all the *wilayas* surveyed. Rabbit meat is still currently sold as whole carcass. The lack of knowledge

and awareness of rabbit meat, high cost production, high selling price, and unavailability of rabbit meat are the most factors that limit rabbit meat marketing.

In order to develop rabbit trade in Algerian markets, increasing production is the first step; this can be achieved by encouraging genetic improvement, improving farming strategies and developing feeding resources. It is also essential to increase good government policies by supporting the breeders, improved research results, setting clear veterinary procedures in processing of rabbits in order to enhance the chain, as well as restructuring of distribution channels, and mainly reducing the selling price of rabbit. It is therefore advisable to educate people regarding the benefits of rabbit meat, focusing on its nutritional attributes by using mass media and the national rabbit breeders' associations.

Finally, it should be emphasised that the new slaughterhouse can play an important role in enhancing rabbit meat commercialisation by offering a healthy, packaged and labelled product with different cut-up parts possibilities. Subsequently, it can develop innovative products such as smoked and marinated meat. This may encourage the Algerian consumers to include rabbit meat more in their recipes.

Declaration of competing interest: The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship and/or publication of this article.

Funding: This work did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Acknowledgements: The authors would like to greatly acknowledge all butchers who participated in the survey. The authors convey special thanks to Mrs Fiarouz DJEGHIM (PhD student, Laboratoire De Nutrition Et Technologie Alimentaire, INATAA, Université des Frères Mentouri Constantine 1) for her contribution in statistical analysis.

REFERENCES

- Aboah J., Lees N. 2020. Consumers use of quality cues for meat purchase: Research trends and future pathways. *Meat Sci.*, 166: 108142. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108142>
- Baruwa I.O. 2014. Profitability and constraints to Rabbit production under tropical conditions in Nigeria. *J. Livest. Sci.*, 5: 83-88.
- Baviera-Puig A., Buitrago-Vera J., Escibá-Pérez C., Montero-Vicente L. 2017. Rabbit meat sector value chain. *World Rabbit Sci.*, 25: 95-108. <https://doi.org/10.4995/wrs.2017.6565>
- Benabdelaziz T., Harouz-Cherifi Z., Mouhous A., Larbi R., Kadi S.A. 2020. Rabbit Meat Commercialization: Particularities and Constraints in the Region of Tizi-Ouzou (Algeria). *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 4: 366-377. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2020.274.9>
- Berchiche M., Kadi S.A., Lebas F. 2000. Valorisation of Wheat by products by growing rabbits of local Algerian population. In *Proc.: 7th world rabbit congress*, 4-7 July 2000, Valencia, Spain, 119-124.
- Besbes, M., Sellami, H., Cheikhrouhou, F., Makni, F., Ayadi, A. 2003. L'abattage clandestin en Tunisie: enquête sur les connaissances et les pratiques des bouchers face à l'hydatidose. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 96: 320-322.
- Bodnár K. 2009. Rabbit production and consumption in Hungary. *Lucrări Stiintifice Seria Agronomie*, 52, 69-72.
- Borter D.K., Mwanza R.N. 2011. Rabbit production in Kenya, current status and way forward. In *Proc.: Annual Scientific Symposium of the Animal Production Society of Kenya. Driving livestock entrepreneurship towards attainment of food sufficiency and Kenya Vision 2030*. Animal Production Society of Kenya. Nairobi: 13-19.
- Cavani C., Petracci M. 2004. Rabbit meat processing and traceability. In *Proc.: 8th World Rabbit Congress*, 7-10 September, 2004, Puebla, Mexico, 1318-1336. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2004/Puebla/Papers/Meat%20Quality/Q0-Cavani.pdf> Accessed November 2021.
- Cavani C., Petracci M., Trocino A., Xiccato G. 2009. Advances in research on poultry and rabbit meat quality. *It. J. Anim. Sci.*, 8: 741-750. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.741>
- Cesari V., Zucali M., Bava L., Gislou G., Tamburini A., Toschi I. 2018. Environmental impact of rabbit meat: The effect of production efficiency. *Meat Sci.*, 145: 447-454.
- CESFAC, Confederación Española de Fabricantes de Alimentos Compuestos para Animales. 2012. *Mercados Estadística 2011*. Fundación Cesfac, Madrid, Spain.
- Chikhi K., Bencharif A. 2016. La consommation de produits carnés en Méditerranée: quelles perspectives pour l'Algérie. Zaragoza: CIHEAM, *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens*, 115: 435-440. Available at <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=00007311> Accessed November 2021.
- Coutelet G., Hurand J. 2016. Resultados tecnico-economicos de los productores de conejos en Francia en 2014. In: *XLI Symposium de Cunicultura. ASESU. 12 and 13 May 2016*, Hondarribia, Spain, 168-173.
- Dairo F.S., Abai H.M., Oluwatusin F.M. 2012. Social acceptability of rabbit meat and strategies for improving its consumption in ekiti state nigeria. *J. Livest. Res. Rural. Dev.* 24. Available at: <http://www.lrrd.org/lrrd24/6/dair24094.htm> Accessed November 2021.
- Dalle Zotte A. 2014. Rabbit farming for meat purposes. *Anim. Front.*, 4: 62. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0035>

- Dalle Zotte A., Cullere M. 2019. Carcass Traits and Meat Quality of Rabbit, Hare, Guinea Pig and Capybara. In: Lorenzo J., Munekata P., Barba F., Toldrá F. (eds) *More than Beef, Pork and Chicken - The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05484-7_7
- Eady S.J., Prayaga K.C. 2000. Rabbit farming for meat production in Australia: Profitability in the industry and economic values for production traits. In *Proc.: 7th world rabbit congress, Jul 2000, Valencia, A (Vol. 361)*.
- Egbo M.L., Doma U.D., Lacadacks A.B. 2001. Characteristics of small scale Rabbit production and management in Bauchi. In *Proc.: 26th Annual Conference of Nigerian Society for Animal Production (NSAP), 18-21st March, 2001. Ahmadu Bello Journal of Environmental Issues and Agriculture in Developing Countries, 2: 27-162*.
- El-Sabroun K. 2018. Effect of rearing system and season on behaviour, productive performance and carcass quality of rabbit: a review. *J. Anim. Behav. Biometeorol.*, 6: 102-108. <https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v6n4p102-108>
- Ensminger M. E. 1991. *Animal Science*. Danillan Illinois: Interstate Publication.
- Falahudin A., Anggoro S.I., Rahayu R.S., Somanjaya R., Widianingrum D. 2020. Characteristics of Physical, Chemicals and Organoleptic of Local Rabbit Meat Nuggets (*Lepus nigricollis*) Using Filler of Tofu Dregs Flour. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 466: 012025. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/466/1/012025>
- FAO. 2018. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). Cotonou, *Étude de marché du lapin au Bénin*.
- FAO. 2019. Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole: Division de la statistique. Available at <http://faostat3.fao.org/download/Q/QL/E> Accessed July 2021.
- Gacem M., Lebas F. 2000. Rabbit husbandry in Algeria. Technical structure and evaluation of performances. In *Proc.: 7th World Rabbit Congress, 4-7 July 2000 Valencia, Spain, 75-80*.
- Gacem M., Zerrouki N., Lebas F., Bolet G. 2009. Comparaison des performances de production d'une souche synthétique de lapins avec deux populations locales disponibles en Algérie. 13èmes Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 Novembre 2009, Le Mans, France, 149-152.
- Guermah H., Kadi S.A., Berchiche M. 2011. Carcass quality of rabbits fed diets with increasing level of Sulla (*Hedysarum flexuosum*). 8th International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH8), Aberystwyth, Wales United Kingdom, 6 - 9 September 2011. Ref.0058.
- Hannachi-Rabia R., Kadi S.A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2017. La graine de fève sèche (*Vicia faba major* L.) en alimentation cunicole: effets sur les performances de croissance et d'abattage. *Livest. Res. Rural Dev.*, 29: 50. Available at <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01742645> Accessed November 2021.
- Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Berchiche M., Bannelier C., Gidenne T. 2018. Incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment de lapins en engraissement: performances de croissance, d'abattage et efficacité économique. *Livest. Res. Rural Dev.*, 30, 6. Available at <http://www.lrrd.org/lrrd30/6/cheri30110.html> Accessed November 2021.
- Hoffman L.C., Nkhabutlane P., Schutte D.W., Vosloo C. 2004. Factors affecting the purchasing of rabbit meat: A study of ethnic groups in the Western Cape. *J. Consum. Sci.*, 32. <https://doi.org/10.4314/jfecs.v32i1.52850>
- Iheukwumere C.C., Ahaotu E.O., Nwoye E.O. 2018. Studies on Benefits and Problems of Rabbit Production in Abia State, Nigeria. *International J. Anim. Vet. Sci.*, 05: 23-28.
- Kadi S.A. 2012. Alimentation du lapin de chair: valorisation de sources de fibres disponibles en Algérie (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou Algérie (UMMTO)). 143p.
- Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M. 2008. Commercialization of rabbit's meat in Tizi-Ouzou area, Algeria. In *Proc.: 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, June 10-13, 2008. 1559-1564*.
- Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M. 2013. The potential of rabbit meat marketing in Tizi-Ouzou area, Algeria. *Online J. Anim. Feed Res.*, 3: 96-100.
- Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Djourdikh S., Aberkane N., Bannelier C., Gidenne T. 2016. Feeding *Quercus ilex* acorns to fattening rabbits: effects on growth and carcass characteristics. In *Proc.: 11th World Rabbit Congress, 15-18 June, 2016, Qingdao, China, 423-426*.
- Leroy F., Petracci M. (2021). Rabbit meat: valuable nutrition or too-cute-to-eat?. *World Rabbit Science*, 29: 239-246. <https://doi.org/10.4995/wrs.0.12663>
- Lukfahr S.D. 2010. Developing sustainable Rabbit projects. (2nd edition). Heifer International Publishers. Little Rock, AR. USA. pp. 165.
- Merad Z.B., Daoudi N.Z., Berbar A., Lafri M., Kaidi R. 2015. Breeding local rabbit in northern and southern Algeria: situation of production and consumption of rabbit's meat. Agriculture and food.
- Mezali L., Saidj D., Mebkhouf F. 2014. Production, commercialisation et consommation du lapin de chair en Algérie: Quelle place parmi d'autres filières viande. In *Proc.: 15èmes Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes - 4 et 5 Novembre 2014 - Clermont-Ferrand*.
- Moreki J.C., Mpho K., Manyela F. 2019. A survey on rabbit production in the city of Gaborone, Botswana. *J. Anim. Sci. Vet. Med.*, 4: 90-99. <https://doi.org/10.31248/JASVM2019.143>
- Mouhous A., Kadi S.A., Belaid L., Djellal F. 2017. Complémentation de l'aliment commercial par du fourrage vert de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) pour réduire les charges alimentaires d'élevages de lapins en engraissement. *Livest. Res. Rural Dev.*, 29: 116. Available at <http://www.lrrd.org/lrrd29/6/mouh29116.html> Accessed November 2021.
- Mouhous A., Benabdelaziz T., Limani C., Kadi S.A., Djellal F., Guermah H., Berchiche M. 2019. L'efficacité des aides de l'Etat en relation avec les performances de production: cas des élevages cunicole la région de Tizi-Ouzou. Algérie. In *Proc.: 18èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27 - 28 mai 2019, Nantes, France*.
- Mouhous A., Guermah H., Djellal F., Kadi S.A. 2020. Sustainability and profitability of commercial rabbitries in Tizi-Ouzou, Algeria. In *Proc.: 12th world rabbit congress, 1-3 July 2020, Nantes, France*.
- Moumen S., Melizi M., Zerrouki N. 2016. The evaluation of organoleptic parameters of rabbit meat, was a notable way to promote the rabbit meat consumption. In *Proc.: 11th World Rabbit Congress - June 15-18, 2016 - Qingdao - China, 783-786*.

- Muriithi B.W., Matz J.A. 2015. Welfare effects of vegetable commercialization: evidence from smallholder producers in Kenya. *Food Policy*, 50: 80-91. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.11.001>
- Mutsami C., Karl S. 2020. Commercial rabbit farming and poverty in urban and peri-urban Kenya. *Front. Vet. Sci.*, 7, 353. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00353>
- Nina D.A., Flore A.E.E., Séverin K.K.A., Rose-Monde M., Athanase O.K., Joseph K.N., Sébastien N.L. 2020. Critical Analysis of Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) Meat Consumption in Abidjan, Cote d'Ivoire. *Annu. Res. Rev. Biol.*, 34: 1-7. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v34i530162>
- Pascual, M., Serrano, P., Cartuche, L., Gomez, E.A., 2014. Analisis de la evolucion de resultados de gestion tecnica y precios de mercado. *Boletín de Cunicultura*, (171): 58-61.
- Petracci M., Cavani C. 2013. Rabbit meat processing: historical perspective to future directions. *World Rabbit Sci.*, 21: 217-226. <https://doi.org/10.4995/wrs.2013.1329>
- Saborá. 2009. Estudio de la cadena de valor y formación de precios del sector de la carne de conejo. *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, Spain*.
- Sadoud M. 2011. Place de l'activité bouchère dans la filière viande rouge algérienne. *Archivos Zootecnia*, 60: 309-312. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922011000200018>
- Sanah I., Becila S., Djeghim F., Boudjellal A. 2020. Rabbit meat in the east of Algeria: motivation and obstacles to consumption. *World Rabbit Sci.*, 28: 221-237. <https://doi.org/10.4995/wrs.2020.13419>
- Serem J.K., Wanyoike M.M., Gachuiri C. K., Mailu S.K., Gathumbi P.K., Mwanza R.N., Borter D.K. 2013. Characterization of rabbit production systems in Kenya. *J. Agric. Sci. Appl.*, 2: 155-159. <https://doi.org/10.14511/jasa.2013.020304>
- Spilioti M., Zoidis E., Papadomichelakis G., Tsiiboukas K. 2017. Business Plan: The Establishment of a Rabbit Farm and the Marketing of Innovative Rabbit Meat Products and Sausages. In *HAICTA* (pp. 447-454).
- Thu N.V. 2019. Recent production status, research results and development conditions of rabbit production in Vietnam - A review. *Can Tho University Journal of Science*. 11: 30-35. <https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2019.004>
- Vayssières J., Thevenot A., Vigne M., Tillard E., Lecomte P. 2010. Comparing energy use efficiency and greenhouse gas emissions for livestock products. *Adv. Anim. Biosci.*, 1: 506-507. <https://doi.org/10.1017/S2040470010001226>
- Wolfe K.L., Ferland C., McKissick, J.C. 2002. Rabbit meat market analysis-Georgia Meat Rabbit Cooperative.
- Wood J., Enser M., Fisher A., Nute G., Sheard P., Richardson R., Hughes S., Whittington F. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.*, 78: 343-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
- Xiccato G., Trocino A. 2007. Italia, un sistema de producción cunicola integrada. In: *Il Congreso Ibérico de Cunicultura. ASESCU. 5-6 June 2007, Vila-Real, Portugal*, 163-172.
- Zerrouki N., Kadi S.A., Berchiche M., Bolet G. 2005. Evaluation de la productivité des lapines d'une population locale algérienne, en station expérimentale et dans des élevages. In *Proc.: 11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Paris 29-30 Novembre*, 11-14.

QUESTIONNAIRE

Date of survey:.... / /

Questionnaire N°.....

Butchers' socio-geographical profile

- Butcher's address (Wilaya /municipalitie):
- Sex : Male ☐ Female ☐
- Age :..... Year
- Marital status : Married ☐ Single ☐
- Educational level: No studies ☐ Primary school ☐ Vocational training school ☐
Secondary school ☐ Bachelor ☐ Other (Master, doctorate,...) ☐
- Seniority : 1-5 yr ☐ > 5 yr ☐ (How long have you been established ?)

I/ General information on supply, rabbit slaughter**1/What are the other types of meat sold in your shop?**Beef ☐ Sheep ☐ Goat ☐ Turkey ☐ Chicken ☐**2/ Where do you currently buy rabbit from ?**Farms (breeders) ☐ Local markets ☐**3/ What are the purchasing criteria for rabbit, which you require ?**Weight ☐ Price ☐ Sex ☐ Age ☐ Breed ☐ Health ☐**4/Where do you carry out the slaughter operation ?**Farms (breeders) ☐ Butcher's shop ☐ Slaughterhouse ☐ Any where ☐**5/At what age and weight do you usually slaughter ?**

- Age:month -Weight:kg

6/What is the slaughter yield do you get usually ?

-%

7/ Do the carcasses undergo veterinary inspection ?Yes ☐ No ☐**8/What is the purchasing format of rabbit ?**

Whole carcass Portion cuts

//General information about selling and marketing of rabbit meat

9/ Who are your clientele ?

Householders ☐ Restaurants + Householders + Hotels ☐ Private individuals ☐ Bars ☐

10/ What is the price of one kilogram of rabbit meat ?.....DA/kg.

11/What is the number of carcasses sold per week?

- carcass/week

12/ In which periods the marketing of rabbit meat increase?

Ramadhan ☐ Summer ☐ Winter ☐ Ramadhan+winter ☐ Religious festivals / year-end holidays ☐

13/ What do you think about the marketing situation of rabbit meat?

Bad ☐ Fair ☐ Good ☐

14/ According to you, what are the main obstacles of rabbit meat marketing ?

- ☐ Unavailability of rabbit meat
- ☐ High selling price
- ☐ High cost production
- ☐ Lack of knowledge and awareness

15/According to you, what are the proposal solutions for enhancing rabbit meat marketability ?

.....

THANK YOU FOR YOUR KIND COLLABORATION.

Publication 03

Comparaison des paramètres morphométriques, des caractéristiques de la carcasse et de la composition biochimique de la viande entre la population locale et la lignée synthétiques de lapins en Algérie

“Comparison of Morphometric Traits, Carcass Characteristics and Biochemical Composition of Meat Between Local and Synthetic Algerian Rabbit Genotypes”

Ibtissem Sanah, Abdelghani Boudjellal, Samira Becila

*Publié dans Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture. 2024,
49(1): 51-66, March 2024*

Résumé

Cette étude a pour objectif d'étudier l'influence du type génétique et de sexe sur les paramètres morphologiques, les traits de carcasse et la composition biochimique de la viande de lapin chez deux races algériennes : la population locale et lignée synthétique (ITELV2006). 60 animaux (30 par groupe) âgés de 90 jours ont été utilisés. Le poids corporel, les mesures morphologiques et les caractéristiques de carcasse ont été mesurés. De plus, la composition biochimique de la viande, incluant la teneur en protéines, lipides, cendres, humidité et le profil d'acides gras, ont été analysée et mesurés. Les résultats ont montré que la lignée synthétique présentait des valeurs morphométriques supérieures à celle de la population locale. Le sexe et l'interaction génotype x sexe n'ont eu d'effet significatif que sur le tour de poitrine ($P < 0,05$). La majorité des caractéristiques de carcasse était davantage influencée par le génotype que par le sexe. Le poids corporel à l'abattage des mâles et des femelles de la lignée synthétique était respectivement 41% et 22% plus élevé que celui des lapins locaux. De plus, la nouvelle lignée a présenté un meilleur rendement en viande (60%) avec un pourcentage de découpe supérieur de 5% à celui de la population locale. En matière de composition biochimique, la lignée synthétique a montré les teneurs les plus élevées en protéines et en lipides ($P < 0,05$). Concernant le profil d'acides gras, la race locale présentait la teneur la plus élevée en acides gras polyinsaturés n3 et n6 (PUFA n3 et n6), conduisant à un rapport n-6/n-3 plus faible (9,82) et à un ratio PUFA/SFA (acides gras polyinsaturés/acides gras saturés) plus élevé (0,73). En conclusion, les différences observées sont principalement attribuées au génotype, le sexe étant un facteur secondaire. La lignée synthétique présentant de meilleures caractéristiques et un potentiel génétique supérieur, son utilisation est recommandée pour la production de viande cunicole en Algérie.

Mots clés : qualité biochimique de la viande, caractéristiques de carcasse, paramètres morphologiques, population locale, lignée synthétique.

Morphometric traits, carcass characteristics and biochemical composition of meat between local and synthetic Algerian rabbit genotypes

I. Sanah*, A. Boudjellal, and S. Becila

*Biological Markers of Meat Quality (MaQuaV) team, Biotechnology and Food Quality Laboratory (BioQuAl). Institute of Nutrition, Food and Agri-Food Technologies (I.N.A.T.A.A.).
Frères Mentouri University Constantine 1, Route de Aïn El Bey, 25000 Algeria.*

**Corresponding E-mail: ibtissem.sanah@umc.edu.dz*

Received August 17, 2023; Accepted November 13, 2023

ABSTRACT

The aim of this research was to study the genetic and sex effects on morphometric traits, carcass characteristics and biochemical composition of rabbit meat of two Algerian breeds, local population and synthetic line (ITELV2006). For this purpose, 60 animals (30 per group) from 90 d of age were used. The body weight and the morphometric traits recorded were determined using a digital weighing scale and flexible tape. At slaughter, carcass traits, and biochemical meat quality characteristics such as protein, fat, ash, moisture content and fatty acids composition were measured. The results obtained revealed that the synthetic line has higher values of morphometric measurements than the local breed. The sex factor and the interaction genotype X sex had a significant effect only on chest circumference ($P < 0.05$). It is also observed, that the majority of carcass characteristics were more affected by genetic than by genetics. Which body weight at slaughter of males and females derived from synthetic lines were 41% and 22% higher than local rabbits respectively. Furthermore, the new line displayed a good meat yield (60%) with a higher mean value (+ 5%) of dressing out % rather than the local one. Regarding, the proximate biochemical composition of meat, the synthetic line has shown also the highest content of protein and fat ($P < 0.05$). Concerning with fatty acids profile; the local breed exhibited the highest content of n3 and n6 polyunsaturated fatty acids (n3 and n6 PUFAs), consequently, the lower value of n-6: n-3 ratio (9.82) and the highest value of polyunsaturated fatty acids to saturated fatty acids (PUFAs/SFAs: 0.73). Finally, it should be emphasized that the relevant differences recorded in this experiment are assumed to be primarily genetic, thus, sex might be regarded as a minor factor. The synthetic showed better characteristics due to its genetic potential. Therefore, it is recommended to be used for Algerian meat production.

Keywords: Biochemical meat quality, Carcass traits, Local population, Morphometric traits, Synthetic line.

INTRODUCTION

In the Mediterranean area, rabbit meat consumption belongs to eating habits from several generations (Rotolo *et al.*, 2013). This kind of meat has several advantages that make it superior to that of other species, mainly its higher protein content, its fatty acids profile, several vitamins and minerals, and low cholesterol and sodium contents (Dalle Zotte, 2002; Para *et al.*, 2015). Therefore, it is considered a promising source of animal-derived protein and may have a crucial role in meeting the meat shortage in developing countries (Abdel-Azeem *et al.*, 2007; Morshdy *et al.*, 2022). In Algeria, an estimated production of 8474 t of rabbit meat i.e 1% of the global world production (861 739 t) was registered in 2021 (FAO, 2021). Relatedly, meat production efficiency can be enhanced by crossbreeding to acquire the advantage of diversity between rabbit breeds and lines, through complementarity and heterotic effects and to generate new breeds or lines (Balaguer, 2014). In the same context, synthetic lines have been created and adopted as a new strategy to improve rabbit production in hot climate countries, such as Egypt and Saudi Arabia (El-Raffa, 2007; Youssef *et al.*, 2008). In Algeria, a new synthetic line has been developed since 2003 by crossbreeding females from the local population with males from the French INRA 2666 strain at the Technical Institute for Animal Production (ITELV) (Gacem and Bolet, 2005); to reach a compromise between the performance of the foreign commercial lines and the adaptation to the heat of the local population (El-Raffa, 2007). The strain has been developed and is now being distributed to Algerian producers through the other experimental rabbitry stations. The selection core is located in Baba Ali, Algiers, Algeria, where the genetic resources are managed. As a matter of fact, in Algeria, many studies were carried out to describe the effects of genotype and crossbreeding parameters on feed and feeding, growth and zootechnical performance of the new synthetic breed (Zerrouki *et al.*, 2014; Sid *et al.*, 2018; Belabbas *et al.*, 2021; Belabbas *et al.*,

2023).

Despite this, the new line had not been fully characterized. To the best of our knowledge, there were scarce studies estimating crossbreeding parameters on morphological traits, and meat quality. It is well known that rabbit producers are interested in the relationship that exists between body weight and physical characteristics, since this information would be reflected in their feed efficiency and growth performance and may afford important baseline data for future breed conservation (Adamu *et al.*, 2022). In light of these considerations, the present study aimed to investigate the impact of rabbit genotype and sex on morphometric traits, carcass characteristics and chemical composition of the meat of two Algerian rabbit breeds.

MATERIALS AND METHODS

Animals' Raising and Slaughter

A total of 60 rabbits of the Algerian local population and a synthetic breed (30 rabbits per group, 1:1 male: female ratio) were used in this experiment. The local population was obtained from the Livestock Technical Institute (ITELV Baba Ali, in northern Algeria). In our experiment, Natural mating was performed and the animals were reared from birth to slaughter at the experimental rabbitry station of the Technical Institute of Breeding (ITELV), located in Hamma Bouziane. Constantine, Algeria. Station, which received the selection nucleus of the synthetic strain to continue the diffusion phase. Animals of both genders used in this trial were housed in collective flat deck cages (50 x 60 x 53 cm³, 3 rabbits/cage; 10 cages/group). All cages were equipped with feeding hoppers and drinking nipples. Animals were raised and fattened under identical management conditions. The trial was performed in a ventilated room during march, april and may, temperatures ranged from 20 to 25°C, the animals were subjected to a constant photoperiod of 16L: 8D light cycle during the whole experiment period. Both breeds were fed *ad libitum* with a commercial pelleted diet containing 15% of proteins, 2.5% of

fat, 10% of Ash, 12% of cellulose, calcium, phosphorus, vitamins (A, E, D3), salt (NaCl) and Telmcen, Algeria. At the end of the experiment, the groups of animals were slaughtered at the laboratory by cutting the carotid artery and jugular veins at 90 d of age. The study complied with the University of Mentouri Constantine 1 guidelines on ethical standards. The morphometric measuring, slaughtering and carcass dissection procedures followed the recommendations of the World Rabbit Science Association (WRSA), described by Blasco and Ouhayoun (1996).

Carcass Characteristics

Immediately before slaughtering and without prior fasting, the rabbits were weighed (slaughter weight, SW). The slaughtered rabbits were bled, and the skin, genitals, urinary bladder, gastrointestinal tract and distal portions of the legs were removed before being weighted. The carcasses, with the head, thoracic cage organs (heart, lungs, thymus, trachea, and esophagus), liver, kidneys, and the perirenal and scapular fat, were weighed 30 min after slaughter (HCW) and subsequently chilled at 4°C for 24 h. After this time, the weight of the chilled carcasses (CCW) was measured, and the dressing out percentage (DP) (or slaughter yield) was calculated as the ratio between CCW and SW according to the following formula: $(CCW/SW) \times 100$. The head, liver, lungs, thymus, esophagus, heart and kidneys were removed from the carcass to obtain the reference carcass weight (RCW), which only contained meat, fat, and bone. As suggested by Honikel (1998), drip loss percentage (DLP) was measured using the whole carcass of each animal, all carcasses were suspended for 24 h at 4°C. Drip loss was the difference between a hot and chilled carcass and were expressed as a percentage of the initial weight: $DLP = 100 \times (HCW - CCW) / HCW$. To get a good prediction of the meatiness of the carcass, it is sufficient to calculate the meat to bone ratio of the hind leg (HL), the left HL was deboned to separate bone from meat, and the weight of these parts was recorded according to the following formula: $M/B = MW / BW$, where M/B is the meat/bone ratio, MW is

the meat weight (g), and BW is the bone weight (g) (Pla, 2008). Kidney weight (KiW); liver weight (LvW); thoracic cage organs (thymus, trachea, esophagus, lung and heart weight (TVW) were also recorded. The following traits were recorded: scapular fat weight (SFW); perirenal fat weight (PFW); inguinal fat weight (IFW); the dissectible fat weight (DFW) was the sum of the weights of the perirenal, inguinal and scapular fat deposits ($DFW = SFW + PFW + IFW$). The carcass was cut between the last thoracic and the first lumbar vertebrae and between the 6th and 7th lumbar vertebrae, resulting in three parts: Fore part weight (FPW); intermediate part weight (IPW); hind part weight (HPW).

Linear Body Measurements (morphometric traits)

Before slaughtering and carcass dissection the following morphometric traits were measured: dorsal length (DL): interval between the atlas vertebra and the 7th lumbar vertebra; lumbar circumference (LC): carcass circumference at the level of the 7th lumbar; loin length (LL): length between the neural spines of first and last lumbar vertebra; hind leg length (HLL): length from the neural spines of last lumbar vertebra to the insertion of the calcaneus communis tendon; head length (HL); distance between the eyes (DE); fore leg round (FLR); Ear length (EL); Ear width (EW); Tail length (TL); chest circumference (ChC).

Meat Chemical Composition

The chemical composition of the meat was analyzed using the hind leg. The samples were stored in plastic bags at -20°C. Total protein (crude protein, $N \times 6.25$) content was assessed by the Kjeldahl method according to AOAC 981.10 (AOAC, 2000). Total lipids were extracted by hot treatment with hexane as solvent as described in ISO (1996) and Komprda *et al.* (2012). The ash content was determined by mineralization at 550 °C according to Marra *et al.* (1999) and Komprda *et al.* (2012). To analyze dry matter, samples were oven dried at 105°C to a constant weight (24h) (Petit *et al.*, 2014).

Fatty Acids Determination

Lipid extraction was performed on the HL muscle samples by the Soxhlet method as described in ISO (1996) and Komprda *et al.* (2012). The Fatty acid (FAs) content in the HL was the average of three replicates. FAs composition was measured after methylation of samples. Fatty acid methyl esters (FAME) were prepared with boron trifluoride methanol according to Morrison and Smith (1964). The FAME were analyzed using a capillary gas chromatograph (Chrompack CP 9002, The Netherlands) equipped with silica gel capillary column (30 m × 0.32 mm (i.d.), 0.25 µm) coated with a stationary phase of (RTX 2330 90% biscyanopropyl+10% polysiloxane). Azote was the carrier gas. The oven temperature was set from 150 to 230 °C at 4 °C/min. The injector and flame ionization detector (FID) ports were set at 250 °C and 260 °C, respectively. The injected volume was 0.8 µL with a 1:100 split ratio. The individual FAME was identified by reference to the retention time of authentic FAME standards. The relative proportion of each FA in the samples was expressed as a percentage of total FA. The average amount of each FA was used to calculate the sum of the saturated Fatty acids (SFAs), monounsaturated (MUFAs) and polyunsaturated (PUFAs) fatty acids.

Statistical Analysis

The data were analyzed with the statistical software JMP 15 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). A least square analysis was performed using the general linear model (GLM). The mathematical equation of the model was:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + S_j + GS_{ij} + e_{ijk}$$

where: Y_{ijk} is the dependent variable, μ =population mean, G_i =effect of i^{th} genotype (i =local, synthetic), S_j =effect of j^{th} sex (j = male, female), GS_{ij} =effect of interaction between genetic group and sex, e_{ijk} =random error effect. Residuals were assumed to be independently normally distributed. When statistical differences among groups were found ($P<0.05$) a Fisher

comparison test was used. A Pearson correlation analysis followed by principal component analysis (PCA) was carried out to assess the relationships between morphometric traits and carcass characteristics. Comparison or correlation were considered statistically significant at a level of $P<0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Morphological Traits

Generally, morphological traits are the structural form of organisms that are the main source of characteristics of most animal groups (De la Fuente and Rosell, 2012). Hence, data on phenotypic traits are an imperative component of comparative studies of development. Morphometrics permits the rigorous quantitative analysis of variation in organismal size and shape, and is increasingly being used for animal genetic improvement (Klingenberg, 2002). The results of the effect of genotype and sex on morphometric traits of two groups of rabbits are shown in Table 1. As expected, a genetic factor affected most of the morphometric measurements, which were higher in the synthetic line than the local population. However, sex and the interaction of genetics and sex (GxS) had a significant effect only on chest circumference.

The dorsal linear length is considered among the important meat traits, because is associated with the length of the *Longissimus lumborum* muscle, one of the main parts of the rabbit carcass (Blasco Mateu *et al.*, 1993). In the present paper, the highest mean value obtained was for DL (32 cm) and CL (33 cm) for synthetic females, while the lowest was obtained in DE (4 cm) for local males. It seems that there was a tendency for the synthetic line and the female rabbits to have a longer linear body parameter (e.g. DL, DE, LC, ChC) than the local breed and the males respectively. The two breed rabbits have similarity only in tail length ($P > 0.05$). In the same context, Adamu *et al.* (2022) in their research had argued that selection for an increase in body weight leads to an increase in body length; which may explain the current findings.

Table 1. Effect of genotype and sex on morphometric traits of two groups of rabbits

Trait (cm)	Local breed		Synthetic line		RMSE	Significance		
	Male (n=15)	Female (n=15)	Male (n=15)	Female (n=15)		Genotype	Sex	GxS
HL	10.47 ^c	10.67 ^{bc}	11.53 ^a	11.13 ^{ab}	0.80	***	Ns	Ns
DE	4.80 ^b	4.87 ^b	5.00 ^{ab}	5.33 ^a	0.49	*	Ns	Ns
LL	18.40 ^b	18.20 ^b	19.60 ^a	19.07 ^{ab}	1.57	*	Ns	Ns
LC	30.93 ^b	31.53 ^b	32.07 ^{ab}	33.13 ^a	2.01	*	Ns	Ns
ChC	25.00 ^c	25.40 ^c	26.73 ^b	29.33 ^a	1.71	***	**	*
FLR	5.07 ^b	4.80 ^b	5.47 ^a	5.40 ^a	0.29	***	Ns	Ns
EL	10.33 ^c	10.27 ^c	11.20 ^b	11.80 ^a	0.79	***	Ns	Ns
EW	5.60 ^b	5.60 ^b	5.93 ^b	6.93 ^a	1.34	*	Ns	Ns
HLL	10.73 ^b	10.60 ^b	11.53 ^a	11.33 ^a	0.70	***	Ns	Ns
TL	8.60 ^a	8.67 ^a	8.80 ^a	8.60 ^a	1.21	Ns	Ns	Ns

GxS: genotype x sex interaction; DL= dorsal length ; HL= head length ; DE= distance between the eyes ; LL= loin length ; LC= lumbar circumference ; ChC= chest circumference; FLR= fore leg round ; EL= Ear length ; EW= Ear width ; HLL= hind leg length ;TL= Tail length. RMSE= root mean square error. Means in the same row and effect with unlike superscripts differ at $P < 0.05$. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; Ns= not significant.

Since the present study is the first to analyze the morphometric traits of the Algerian local rabbit population compared with the synthetic one, it was difficult to compare the obtained results with the international literature. The few studies available have often focused on studying a phenotypic correlation between body weight and body measurement (Hassan *et al.*, 2012; Adamu *et al.*, 2022). A recent study carried out by Setiaji *et al.* (2022a) comprising four rabbit breeds Flemish Giant, English Spot, Angora and Rex of more than 12 months old has shown several differences and similarities in body traits among breeds. The authors have cited different factors like sex, genetic type, environmental conditions and different management conducted by the farmers. In the same context, Brahmantiyo *et al.* (2021), studied morphological characteristics of Hycle, Hyla and New Zealand white rabbits aged 20 weeks old and they found longer DL, EL, EW, head height, chest depth, Radius Ulna, and Femoris than the present paper. The same study has observed a significant effect ($P < 0.05$) of GxS interaction on some body traits like: head height, length and width of the ear, chest depth, radius ulna length, and the length of the spine. In our study, DL and EL values are similar to those recorded by Adamu *et al.* (2022) in their experiment on New Zealand White and Dutch breeds, whereas; HLL and TL values are higher

than the ones obtained in our experiment. The two previous studies and the one by Šimek *et al.* (2019) have also found a significant effect of genetic type on the majority of morphometric traits. Another recent paper has noted longer DL and ChC on New Zealand breed of 12 months old, however; HL, EL and EW traits are within the range reported by Setiaji *et al.* (2022b). The differences between the results are properly due to differences in age, rabbit generation, genetic group, feed quality and environmental conditions of animals used in each experiment.

Carcass Characteristics

The results of carcass traits of two rabbit breeds are displayed in Table 2. The majority of carcass characteristics were more affected by genetics than by gender. Body weight at slaughter (SW) at 90 d of age of both groups was significantly influenced by the genotype ($P < 0.001$) and its interaction with sex ($P < 0.01$). The SW of males and females derived from the synthetic line was 41 % and 22 % higher than the local rabbits group respectively. As reported by Šimek *et al.* (2019), the SW in meat-type rabbits is an essential trait of the economy of rabbit meat production. Similar findings were produced by Belabbas *et al.* (2019) using the same breeds at the same age; they found that the synthetic line showed a higher live weight than the local popu-

Table 2. Effect of genotype and sex on carcass characteristics of two breeds of rabbit

Variable	Local breed		Synthetic line		RMSE	Significance		
	Male (n=15)	Female (n=15)	Male (n=15)	Female (n=15)		Genotype	Sex	GxS
SW, (g)	1614.12 ^c	1545.51 ^c	1974.27 ^b	2182.73 ^a	189.9	***	Ns	**
HCW, (g)	911.09 ^b	958.63 ^b	1283.08 ^a	1362.78 ^a	135.39	***	Ns	Ns
CCW, (g)	886.16 ^b	886.92 ^b	1237.04 ^a	1324.26 ^a	122.92	***	Ns	Ns
DP, %	55.12 ^c	57.62 ^b	62.59 ^a	60.65 ^a	3.26	***	Ns	*
DLP, %	2.73 ^b	6.75 ^a	3.54 ^b	2.86 ^b	4.06	Ns	Ns	*
LvW, (g)	56.82 ^a	63.96 ^a	60.31 ^a	55.80 ^a	15.91	Ns	Ns	Ns
KiW, (g)	10.06 ^c	10.24 ^c	12.36 ^b	13.79 ^a	1.44	***	*	Ns
TVW, (g)	3.43 ^b	3.58 ^b	4.36 ^a	4.71 ^a	0.57	***	Ns	Ns
RCW, (g)	704.35 ^c	715.47 ^c	963.16 ^b	1053.47 ^a	108.54	***	Ns	Ns
DFW, (g)	17.40 ^b	23.64 ^b	20.97 ^b	37.45 ^a	10.34	**	***	Ns
M/B, %	10.53 ^b	10.89 ^{ab}	11.38 ^a	11.15 ^{ab}	0.87	*	Ns	Ns
FPW, (g)	135.68 ^b	144.95 ^b	204.90 ^a	222.22 ^a	26.04	***	Ns	Ns
IPW, (g)	267.49 ^c	270.97 ^c	347.36 ^b	385.68 ^a	46.17	***	Ns	Ns
HPW, (g)	284.37 ^b	275.27 ^b	399.12 ^a	431.94 ^a	47.17	***	Ns	Ns

GxS= genotype x sex interaction; SW = slaughter weight ; HCW = hot carcass weight ; CCW = chilled carcass weight ; DP= dressing out percentage ; DLP = drip loss percentage ; LvW = liver weight ; KiW = kidney weight ; TVW = thoracic viscera weight ; RCW= reference carcass weight ; DFW= dissectible fat weight ; M/B = meat to bone ratio; Fore (FPW), intermediate (IPW) and hind (HPW) part weight of the carcass. RMSE= root mean square error. Means in the same row and effect with unlike superscripts differ at $P < 0.05$.

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; Ns= not significant.

lation (+15%, $P < 0.0001$). Similarly, at 12 weeks of age, Metzger *et al.* (2006) studied four different genotypes of rabbits, they found that body weight at slaughter was significantly ($P < 0.001$) influenced by the genotype. Besides; their mean values of SW for four groups (2773g; 2655g; 2923g and 2741g) are slightly higher than those recorded in this study (1614 and 1545 g for local males and females, respectively; 1974 and 2182 g for synthetic males and females, respectively). In contrast to the findings of the present study, Wang *et al.* (2016) in their study didn't find any significant difference ($P > 0.05$) in SW between the two exotic breeds and the local Chinese breed. Our study shows that values obtained for carcass quality HCW, CCW and RCW were significantly affected by genotype ($P < 0.001$). Carcass weight values of the local rabbits group were lower than those reported in the synthetic rabbit line. Sex did not show any significant effect ($P > 0.05$) on the previous parameters. Our findings coincide with those obtained by Belabbas *et al.* (2019), who noticed that HCW and CCW traits from the synthetic line were heavier than those from the Algerian local population (+15%, $P < 0.0001$). Likewise, recent research in Egypt made by Abou-Saleh *et al.* (2022) stated

that the differences between means for carcass traits of two groups of rabbits such as: HCW, due to breed effect was not significant. In the same context, Wang *et al.* (2016) have recorded a significant effect of genotype on commercial carcass (%). Although; no effect was registered on the reference carcass (%) of rabbit breeds.

In the present study, significantly ($P < 0.001$), the synthetic line exhibited a good meat yield with higher mean values of DP (62% for male and 60% for female) than those observed for the local rabbits (55% for males and 57% for females). The DP of males and females of the synthetic line was higher by 13% and 5% than those derived from local animals respectively. In addition, a significant effect of G x S interaction was noted on DP. While, no significant effect of sex was observed on this trait in both groups. In this context, previous research made by Metzger *et al.* (2006) has shown that the genotype was found to exert a significant effect on the DP of rabbits. This can be explained by the fact that DP increased usually with weight, age at slaughtering and degree of maturity (Pla *et al.*, 1996; Pla *et al.*, 1998). In contrast to our findings, Belabbas *et al.* (2019) recorded higher values of DP (67% and 68%) for synthetic and local breeds

respectively at similar ages of slaughter, moreover; they didn't find any significant difference between the two former groups in the DP. Likewise; Gál *et al.* (2022) found that the sex of rabbits affected the carcass dressing and a higher level was found in males compared to females ($P < 0.05$). As discussed by Daszkiewicz *et al.* (2012), DP values may vary widely, even in rabbits slaughtered at the same age, influenced by genetic factors, feeding regime, housing conditions and the specific method used for calculation.

Concerning with DLP, no significant difference ($P > 0.05$) was recorded between male and female rabbits of the synthetic and local groups. DLP was observed to be affected by G x S interaction ($P < 0.05$), this parameter is essential in determining carcass quality, since it indicates the loss of moisture during the chilling period which may affect meat sensory properties (Ortiz Hernández and Lozano, 2001). Values obtained for KiW and TVW were significantly ($P < 0.001$) affected by genotype. Those two parameters were more developed in the synthetic rabbits than those local ones. Among all carcass traits, only the liver weight parameter did not differ among the two groups and both sexes. Similarly; Yalçın *et al.* (2006) found in their experiment that there were no significant differences in females and males for the weights of the liver organ of New Zealand white rabbits aged 11 weeks. According to Deltoro *et al.* (1984), the liver was defined as an organ with almost isometric growth, which may explain the obtained results. In addition to this, Gomez and Blasco (1992) recorded at a different age of slaughter (60 days) higher mean weight values of different organs from five selected rabbit strains (LvW: 87g; KiW : 14.9g ; TVW : 29g) than those obtained in our study (LvW: 59g; KiWg : 11g ; TVW : 4g). Similarly, our results are in agreement with those of Metzger *et al.* (2006), who found that the ratio of kidney weight to the carcass weight was significantly influenced by the genotype. In disagreement with our results, Pascual and Pla (2007) and Metzger *et al.* (2006) in their research didn't find any relevant differences

between groups in TVW and LvW respectively.

Dissectible fat weight of local breed carcasses is observed to be significantly ($P < 0.01$) lower when compared to the synthetic line. Sex factor has also highly influenced the DFW ($P < 0.001$), synthetic and local female rabbits have higher fat content than synthetic and local males. Similar observations were made by Belabbas *et al.* (2019) and Metzger *et al.* (2006) who found that the weight of the perirenal fat differs significantly among rabbit genotypes. Our results are also similar to those obtained by Hernández *et al.* (2004) who found that female rabbits selected by growth rate had more fat than males.

The M/B ratio in the hind leg is considered as a good predictor of the meat content of the whole carcass (Larzul and Gondret, 2005). In our study, there was a relevant difference ($P < 0.05$) among the genotypes regarding the M/B ratio. The local breed had a lower M/B % (about 10% for males and females) compared with the synthetic line (about 11% for males and females). Distinct values of M/B % were obtained between the two sexes in both groups but differences could not be considered relevant. From this, the local rabbit probably has a lower degree of maturity since M/B % has been seen to increase as rabbits grow and according to the live weight at slaughter (Pla *et al.*, 1998; Hernández *et al.*, 2004). In disagreement with our results, the research conducted by Belabbas *et al.* (2019) on the same breeds showed that M/B % was similar in both lines.

Differences between genetic types ($P < 0.001$) were also found in the weight of the fore, intermediate and hind parts of the carcass, it was more developed in synthetic lines than the local one. Although, no sex effect ($P > 0.05$) on those parameters in both groups was observed. Similar observations were made by many authors in several studies where the animals' genotypes significantly influenced the different retail cuts of the carcass (Metzger *et al.*, 2006; Tůmová *et al.*, 2014; Belabbas *et al.*, 2019). In contrast to our results, Pla *et al.* (1998) have found differences between sexes in the percentage of the HPW of three lines, and it was more developed in males

than females (38.5% and 37.8%, respectively).

Biochemical Traits of Rabbit Meat

Proximate chemical composition of rabbit hind leg muscle of two breeds is presented in Table 3. Sex had no effect ($P > 0.05$) on the major chemical component content in rabbit meat except for ash content ($P < 0.05$). A higher value of ash content was found in females compared to males in both groups. In the same context; there was no difference among the genotypes regarding protein, ash, and moisture content ($P > 0.05$). A significant effect of breed ($P < 0.05$) and of G x S interaction ($P < 0.05$) was observed on the content of fat and ash respectively. The higher value of fat content was observed in the synthetic line (+13 % and +62%) between males and females of synthetic and local breeds, respectively, which contributed to the higher energy value of meat produced by this breed. It also appears that protein percentage was 1% lower in the local population of rabbits; but differences could not be considered relevant. Our results about the approximate chemical composition of the analyzed muscle for the local and synthetic breeds were very close to those observed in many studies (Metzger *et al.*, 2006; Tůmová *et al.*, 2014; Molina *et al.*, 2018; Belabbas *et al.*, 2019; Abou-Saleh *et al.*, 2022). In addition to this; several authors have tried to compare the chemical composition of HLM between males and females and among different rabbit genotypes; for instance, Gál *et al.* (2022) found that genotype influenced only the ash content; whereas a significant effect of G x S interaction was observed on the content of crude protein and ash ($P < 0.001$). Daszkiewicz and Gugolek (2020) in their research re-

vealed that breed had a significant effect on protein content. Although; the sex factor did not affect the major chemical components content in rabbit meat. Similarly, Belabbas *et al.* (2019) in their trial using the same breeds and the same age as the present study reported that fat and protein content were influenced by the genotype. In agreement with our finding, fat content was higher in the synthetic line than in the local population (+35%). By contrast, the former study observed that the synthetic line had a lower value of protein content.

Fatty Acids Composition

Fatty acids composition (FAs) of HL muscle of rabbit meat is given in Table 4. As expected rabbit meat has a high concentration of unsaturated fatty acids (UFAs) with an average mean of 56 % for the two studied groups of animals. According to most data of the literature and from the nutritional viewpoint, rabbit meat has high nutritional value as a result of its lipid component, characterized by comparatively low fat and cholesterol levels, higher unsaturated fatty acids (UFAs) (60% of all FAs) and the best ratio of n-6/n-3 (Dalle Zotte, 2002; Dalle Zotte and Szendrő, 2011; Petrescu and Petrescu-Mag, 2018).

From the current study, it was observed that the UFAs were the predominant fatty acid group with average percentages of 52.08 % for males and 61.54% for females) and (55.53 % for male and 55.14 % for female, respectively for local and synthetic. Due to the significant difference in the proportion of linoleic acid and α -linolenic acid, the meat of the local population had a higher content of (n3 PUFAs) and (n6 PUFAs), re-

Table 3. Effect of genotype and sex on biochemical composition of hind leg muscle of local and synthetic breed of rabbit

Variable (%)	Local breed		Synthetic line		RMSE	Significance		
	Male (n=15)	Female (n=15)	Male (n=15)	Female (n=15)		Genotype	Sex	GxS
Protein	20.67 ^a	20.59 ^a	21.54 ^a	21.93 ^a	2.19	Ns	Ns	Ns
Fat	4.63 ^{ab}	2.49 ^b	5.33 ^{ab}	6.71 ^a	3.23	*	Ns	Ns
Moisture	77.68 ^a	76.15 ^a	76.66 ^a	76.12 ^a	3.63	Ns	Ns	Ns
Ash	1.35 ^b	2.41 ^a	1.62 ^b	1.66 ^b	0.65	Ns	*	*

GxS= genotype x sex interaction; RMSE= root mean square error. Means in the same row and effect with unlike superscripts differ at $P < 0.05$. * $P < 0.05$; Ns= not significant.

Table 4. Fatty acid composition (% of total fatty acids) in hind leg meat in female and male local and synthetic rabbit breeds

Variable (%)	Local breed		Synthetic line		RMSE	Significance		
	Male (n=15)	Female (n=15)	Male (n=15)	Female (n=15)		Genotype	Sex	GxS
C12 :0 lauric acid	0.61 ^a	0.15 ^{bc}	0.13 ^c	0.39 ^b	0.1	*	NS	***
C14 :0 myristic acid	3.93 ^a	2.53 ^b	2.55 ^b	2.29 ^b	0.68	NS	NS	NS
C15 :0 pentadecanoic acid	0.55 ^a	0.46 ^a	0.54 ^a	0.58 ^a	0.17	NS	NS	NS
C16 :0 palmitic acid	25.40 ^b	25.20 ^b	28.69 ^a	26.66 ^b	0.86	**	NS	NS
C17 :0 marga	0.54 ^b	0.62 ^{ab}	0.80 ^a	0.62 ^{ab}	0.11	NS	NS	NS
C18 :0 stearic acid	4.43 ^b	5.94 ^a	5.86 ^a	6.28 ^a	0.45	**	**	NS
C20 :0 arachidic acid	0.15 ^c	0.15 ^c	0.39 ^a	0.26 ^b	0.02	***	**	**
Σ SFA	35.61 ^{ab}	35.05 ^b	38.96 ^a	37.08 ^{ab}	1.96	*	NS	NS
C14 : 1ω9 tetradecenoic acid	0.44 ^a	0.34 ^{ab}	0.25 ^b	0.33 ^{ab}	0.08	NS	NS	NS
C16 : 1ω9 hypogeic acid	Traces ^d	0.47 ^b	0.66 ^a	0.21 ^c	0.05	***	NS	***
C16 : 1ω7 palmitoleic acid	4.40 ^a	4.11 ^{ab}	3.99 ^{ab}	3.60 ^b	0.36	NS	NS	NS
C18 : 1ω9 oleic acid	20.86 ^c	27.56 ^a	27.56 ^a	22.67 ^b	0.68	NS	NS	***
C20 : 1ω9 gadoleic acid	0.33 ^a	0.51 ^a	0.51 ^a	0.42 ^a	0.12	NS	NS	NS
C24 : 1ω9 nervonic acid	0.35 ^a	0.28 ^a	0.28 ^a	0.20 ^b	0.04	*	*	NS
Σ MUFA	26.38 ^b	33.27 ^a	33.25 ^a	27.43 ^b	1.65	NS	NS	***
C18 : 2 n-6 linoleic acid	19.61 ^b	22.65 ^b	18.98 ^b	20.23 ^a	0.75	**	**	NS
C18 : 3 n-6 linoléique	0.31 ^a	0.15 ^b	0.14 ^b	Trace	0.01	***	***	NS
C20 :2 n-6 eicosadienoic acid	0.16 ^{bc}	0.12 ^c	0.19 ^b	0.43 ^a	0.02	***	***	***
C20 :3 n-6 eicosatrienoic acid	0.38 ^a	0.17 ^b	0.09 ^c	0.14 ^{bc}	0.03	***	**	***
C20 :4 n-6 arachidonic acid	1.11 ^b	1.28 ^b	0.51 ^c	3.43 ^a	0.19	***	***	***
C22 :5 n-6 eicosapentaenoic acid	1.94 ^a	1.05 ^b	0.55 ^c	1.22 ^b	0.20	**	NS	***
Σ n6 PUFA	23.51 ^a	25.42 ^a	20.46 ^b	25.45 ^a	1.61	NS	**	NS
C18 :3 n-3 α-linolenic acid	1.41 ^a	1.73 ^a	1.58 ^a	0.87 ^b	0.19	*	NS	**
C20 :5 n-3 eicosapentaenoic acid (EPA)	0.42 ^a	0.45 ^a	0.12 ^b	0.14 ^b	0.06	***	NS	NS
C22 :6 n-3 docosahexaenoic acid (DHA)	0.36 ^c	0.67 ^b	0.12 ^d	1.25 ^a	0.01	***	***	***
Σ n3 PUFA	2.19 ^a	2.85 ^a	1.82 ^a	2.26 ^a	0.87	NS	NS	NS
Σ PUFAs	25.7 ^{ab}	28.27 ^a	22.28 ^b	27.71 ^a	1.94	NS	**	NS
Σ UFAs	52.08 ^c	61.54 ^a	55.53 ^b	55.14 ^b	1.09	*	***	***
PUFAs/SFAs	0.66 ^c	0.80 ^a	0.57 ^d	0.74 ^b	0.02	**	***	NS
PUFA (n-6/n-3)	10.73 ^a	8.91 ^b	11.24 ^a	11.26 ^a	0.63	**	*	*

GxS= genotype x sex interaction; SFA= saturated fatty acids; MUFA= monounsaturated fatty acids; PUFA= polyunsaturated fatty acids; n3 PUFA= polyunsaturated fatty acids series n-3; n6 PUFA= polyunsaturated fatty acids series n-6.

RMSE= root mean square error. Means in the same row and effect with unlike superscripts differ at $P < 0.05$. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; Ns= not significant.

spectively. In the same context, the synthetic line was richer in both SFAs and MUFAs and poorer in PUFAs in comprising the local rabbits. The saturated fatty acids (SFAs) pattern was characterized by three dominant SFAs: palmitic acid (PA, C16:0); stearic acid (ST, C18:0); and Myristic acid (MA, C14 :0). PA, ST and MA acids ranged from (25 to 28)%; (4 to 6)%; and (2 to 3)%; of total FAs, respectively. The most representative monounsaturated fatty acids (MUFAs) were oleic acid (OA, C18 : 1ω9) and palmitoleic acid (PA, C16 :1) with average concentrations of (20 to 27)% and (3 to 4)% of total FAs, for both

groups and sexes respectively. According to Combes (2004), rabbit meat is rich in oleic (C18:1n-9) and palmitoleic (C16:1) FA and their sum is higher than 20% of all FA. Moreover, the pattern of (n6 PUFA) was characterized by one dominant PUFA: linoleic acid (LA, C18:2n-6), percentages of this FA oscillated around 18-22% of total FAs for both groups and sexes. Concerning the (n3 PUFA), it was found that α-linolenic acid (LnA ,C18 :3 n-3) was the most representative n3 PUFA with an average mean of 1.39 % of total FAs. It should be noted that the n-6:n-3 ratio was higher in the synthetic group and varied

from (8.91 and 10.73) and (11.24 and 11.26) for local and synthetic lines, respectively ($p < 0.01$). Additionally, a significant difference ($P < 0.01$) was also recorded between the two studied groups in terms of PUFAs/SFAs ratio in which, the meat of local rabbit has a high level of PUFAs/SFAs in comprising with a synthetic one. As reported by D.H.S.S (1994), the optimal value of the n-6:n-3 ratio varies from 1 to 4, and a ratio of 0.45 or higher for PUFA/SFA. However, in our case both genotypes and sexes exhibited a higher content than the recommended value of n-6:n-3 ratio. It is properly due to the diet content of FAs which may have much higher n6 PUFAs than n3 PUFAs as explained by Mínguez *et al.* (2017) in their study. While; the PUFA/SFA ratio obtained in the current study was both higher than 0.45, hence; the meat analyzed has a good quality. These indexes can be used to evaluate the nutritional quality of the meat and perirenal fat of rabbits and to describe the dietetic value for human consumption (Peiretti *et al.*, 2011). It should be noted that the FAs profile of rabbit meat is largely influenced by various factors including diet, genotype, sex, breeding and/or physical activity and anatomical location (Gasperlin *et al.*, 2006; Peiretti, 2012; Yonkova *et al.*, 2017). Accordingly, our findings are different in terms of SFAs and UFAs total content than those obtained by Daszkiewicz and Gugolek (2020) on *Longissimus thoracis* and *lumborum* muscle; in which they recorded SFAs ranged from 45.85% to 49.39%, and UFAs ranged from 54.15% to 50.61% in Californian and Flemish Giant Gray Rabbits. Whereas; our results concerning MUFAs, PUFAs and UFAs are higher than those registered by Daszkiewicz *et al.* (2021) using the same muscle in New Zealand White rabbit.

On the whole, the genotype and GxS interaction has affected the most representative FAs especially (n3 PUFAs) and (n6 PUFAs), ($P < 0.05$). Similarly; Daszkiewicz and Gugolek (2020) in their study noted that breed affected the concentration of lauric acid, pentadecanoic acid, margaric acid, stearic acid, and arachidic acid. Regarding the effect of gender, the SFAs and

MUFAs profiles of rabbit meat were similar in males and females of both breeds, a significant difference was observed only in the concentrations of stearic acid ($P < 0.01$); arachidic acid ($P < 0.01$); and nervonic acid ($P < 0.05$), whereas the majority of n6 PUFAs and n3 PUFAs proportions were affected by sex of animals except for eicosapentaenoic acid (C22 :5 n-6), α -linolenic acid and eicosapentaenoic acid (C20 :5 n-3). By contrast; Gasperlin *et al.* (2006) in their study, demonstrated that neither genotype nor sex exerted significant effects on the fatty acid composition of rabbit meat expect for palmitoleic FA content.

Correlations and PCA

The relationship between morphometric measurements and carcass characteristics of rabbit meat from local and synthetic breeds is presented in Table 5. The correlation between the different measurements in this study was observed to be positive and highly significant ($P < 0.05$). The DL has a considerable influence on many carcass traits, for example; DL was positively correlated with SW ($r = 0.97$); HCW, CCW, RCW, TVW ($r = 0.99$), KiW ($r = 0.98$).etc. It also appears that SW has many correlated relationship with several variables such us: HCW($r = 0.97$); CCW($r = 0.98$); RCW($r = 0.99$); KiW($r = 0.99$); TVW($r = 0.98$); FPW($r = 0.97$); IPW and HPW ($r = 0.99$). Similar to the current results, Dalle Zotte (2002) reported a direct relationship between body weight at slaughter and carcass weights (HCW, CCW, RCW). In the present study a high positive value of correlation was observed between LD and SW ($r = 0.97$), this value is higher than those obtained by Adamu *et al.* (2022) ($r = 0.70$) and Akinsola *et al.* (2014) ($r = 0.94$). Our results indicate also that as LL and body weight increase, traits also increase. In the same context, Adamu *et al.* (2022) concluded that selection for an increase in body weight leads to an increase in body length. Correlations observed in this study were in line with those recorded by several papers. A study carried out by Yalçın *et al.* (2006) revealed that carcass length was correlated ($P < 0.01$) positively with

Table 5. Pearson's correlation coefficients between morphological traits and carcass characteristics of rabbit meat from local and synthetic breed

Variable	DL	HL	DE	LL	LC	ChC	FLR	EL	EW	HLL	SW	HCW	CCW	DP%	DLP	KiW	TVW	RCW	DFW	Mb%	FPW	IPW	HPW
DL	1																						
HL		1																					
DE			1																				
LL		0.95		1																			
LC			0.98		1																		
ChC			0.99	0.98		1																	
FLR							1																
EL	0.97					0.96		1															
EW			0.98			0.98			1														
HLL				0.98			0.96			1													
SW	0.97							0.99			1												
HCW	0.99							0.97			0.97	1											
CCW	0.99							0.98			0.98	0.99	1										
DP%		0.98												1									
DLP															1								
KiW	0.98		0.95		0.96	0.96		0.99			0.99	0.98	0.98			1							
TVW	0.99				0.95			0.98			0.98	0.99	0.99			0.99	1						
RCW	0.99							0.99			0.99	0.99	0.99			0.99	0.99	1					
DFW																		1					
Mb%		0.96												0.99					1				
FPW	0.99							0.97			0.97	0.99	0.99			0.98	0.99	0.99		1			
IPW	0.99				0.95			0.99			0.99	0.99	0.99			0.99	0.99	0.99			1		
HPW	0.98							0.98			0.99	0.99	0.99			0.98	0.98	0.99			0.99	1	

DL= dorsal length ; HL= head length ; DE= distance between the eyes ; LL= loin length ; LC= lumbar circumference ; ChC= chest circumference; FLR= fore leg round ; EL= Ear length ; EW= Ear width ; HLL: hind leg length; SW = slaughter weight ; HCW = hot carcass weight ; CCW = chilled carcass weight ; DP= dressing out percentage ; DLP = drip loss percentage ; KiW = kidney weight ; TVW = thoracic viscera weight ; RCW= reference carcass weight ; DFW = dissectible fat weight ; Mb% = meat to bone ratio; Fore (FPW), intermediate (IPW) and hind (HPW) part weight of the carcass.

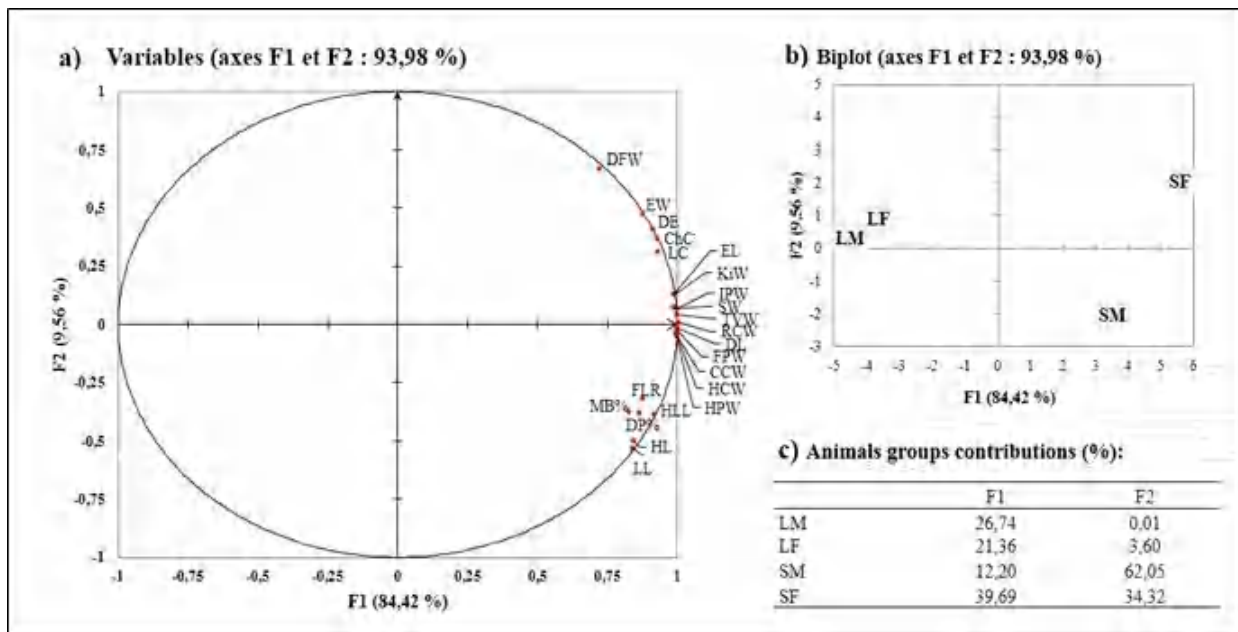


Figure 1. Principal component (PC) analysis of morphological traits and carcass characteristics of rabbit. a) Projection of the studied variables in the two first components. b) Bi-plot of the animal groups observations on the two first principal components. c) Animals groups contributions (%).

SM= Synthetic male; SF= Synthetic female; LM= local male ; LF= local female; DL= dorsal length ; HL= head length ; DE= distance between the eyes ; LL= loin length ; LC= lumbar circumference ; ChC= chest circumference; FLR= fore leg round ; EL= Ear length ; EW= Ear width ; HLL= hind leg length; SW = slaughter weight ; HCW = hot carcass weight ; CCW = chilled carcass weight ; DP= dressing out percentage ; KiW = kidney weight ; TVW = thoracic viscera weight ; RCW= reference carcass weight ; DFW = dissectible fat weight ; M/B = meat to bone ratio; Fore (FPW), intermediate (IPW) and hind (HPW) part weight of the carcass.

carcass weight and dressing percentages and negatively with lumbar circumference. Zepeda-Bastida *et al.* (2019) recorded higher positive correlations between hot carcass and live weight (0.917), skin (0.79), foot (0.58) and lumbar circumference of the carcass (0.707). Moreover, Adamu *et al.* (2022) reported a positive and highly significant ($P<0.01$) correlation between leg length, tail length, nose to shoulder length and leg length. As the present study has found, several findings reported in the literature review showed that animal morphometric measures are highly correlated to carcass characteristics (Okoro *et al.*, 2010; Afolabi *et al.*, 2012). Hence, rabbit linear measurement should be used for predicting carcass quality and for choosing animals for meat production in selected markets (Zepeda-Bastida *et al.*, 2019).

To facilitate the interpretation of the correlations, a principal component analysis (PCA) of

morphometric measurement and carcass characteristics was performed and displayed in among Figure 1a, which shows the projection of the variables on the plane defined by the two principal components, which explained more than 93% of the total variation. The first principal component accounted for 84 % of the total variability. The predominant variables defining this axis are : DL, SW, HCW, CCW, EL, KiW, TVW, DFW, FPW, IPW, etc. The former traits were highly and positively correlated amongst themselves. Additionally; they were far from the origin and close to the axis, but negatively correlated with DLP located on the negative part of the figure. Whereas, the second dimension explained 9% of the variability and was mostly by HLL, LL, LC, FLR, DFW, EW, etc. It seems that carcass characteristics of rabbits contributed mostly describing the first PC *i.e.* they explained a large part of the observed variation, while the morphological

measurements defined typically the second factor. By plotting the parameters scores for PC1 and PC2, it can be noted two distinctive groups according to genetic type and sex (Figure 1b).

The first two axes were able to discriminate between the two genetic groups and between males and females for the selected variables. The synthetic breed animals are grouped on the right side and the local ones are on the left side in the upper part of the figure. According to Figure 1 (b and c) we find that animals of both breeds are located near the 1st PC and contributed roughly to its definition. While, the 2nd PC (2nd factor) was strongly represented by the Synthetic breed (96% of the total contribution). The results from PCA emphasize the differences previously obtained between the two groups of animals studied and reveal the most effective variables and the relationships between them.

CONCLUSION

Based upon the results of this experiment, it could be concluded that the significant differences observed between the two studied groups are assumed to be the consequence of the genetic factor and heterotic effects. Although, the sex factor does not have a pronounced effect on the evaluated variables, probably because there was not a complete sexual dimorphism at this age. Differences in the degree of maturity between the breeds were important in affecting the majority of morphometric characteristics, carcass trait weights and meat quality. It should also be noted, that synthetic line has a high genetic potential compared to the local ones. Consequently, it had the best carcass traits with the highest slaughter weight which is important from a production point of view and also interesting biochemical meat content. However, the local population was characterizing by a more desirable fatty acid composition. Our findings have contributed to characterize the synthetic line as well as it would be recommended that rabbit breeders should consider the achieved results to gain these advantages.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are very grateful to the ITLEV and especially to Ghania Zitouni, (ITLEV, Algiers) and Khalfaoui Zakaria (ITLEV, Constantine) for their valuable contribution to this study. Special thanks to Mrs Fiarouz DJEGHIM (Teacher Researcher, Laboratoire de Nutrition et Technologie Alimentaire, INATAA, Université des Frères Mentouri, Constantine 1) for her contribution in statistical analysis. This work did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

CONFLICT OF INTEREST

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

REFERENCES

- Abdel-Azeem, A., A. M. Abdel-Azim, A. A. Darwish and E. M. Omar. 2007. Litter traits in four pure breeds of rabbits and their crosses under prevailing environmental conditions of Egypt. The 5th inter. Con. on Rabbit Prod. in Hot Clim., Hurgada, Egypt. 39-51.
- Abou-Saleh, R., A. Soliman, M. El-Mahdy and T. Hassan. 2022. Influence of Weaning Age and Housing System on Carcass Traits and Meat Quality of V-Line and Moshtohor Rabbits. *Annals Agric. Sci. Moshtohor*. 60 (4).
- Adamu, J., A. Adam, A. Yahaya, A. Raji, H. Abaya and I. Ogu. 2022. Phenotypic correlation of body weight and morphometric measurements of two breeds of rabbit. *J. Anim. Sci. Vet. Med.* 7(1):1-5.
- Afolabi, K., P.O. Orimoloye, A.A. Awah, B.C. Lalabe and F.O. Odekina. 2012. Estimation of inter-relationship between body weight and morphometric structural measurements of domestic rabbits reared under matured rubber plantation. *World J. Young Researchers*. 2:83-87.

- Akinsola, O., B. Nwagu, M. Orunmuyi, G. Iyeghe-Erakpotobor, E. Eze, A. Shoyombo, E. Okuda and U. Louis. 2014. Prediction of bodyweight from body measurements in rabbits using principal component analysis. *Sci. J. Anim. Sci.* 3:15-21.
- AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists, Official methods of analysis of AOAC international (17th edition). USA.
- Balaguer, C. M. 2014. Genetic Analyses of Growth, Carcass and Meat Quality Traits in Maternal Lines of Rabbits and Their Diallel Cross/Análisis Genético de Caracteres de Crecimiento, Matadero y Calidad de Carne en Lineas Maternales de Conejo y en su Cruzamiento Dialélico, Universitat Politècnica de València.
- Belabbas, R., M. de la Luz García, H. AinBaziz, A. Berbar and M. J. Argente. 2021. Litter size component traits in two Algerian rabbit lines. *World Rabbit Sci.* 29(1):51-58.
- Belabbas, R., M. de la Luz García, H. Ainbaziz, N. Benali, A. Berbar, Z. Boumahdi and M.J Argente. 2019. Growth performances, carcass traits, meat quality, and blood metabolic parameters in rabbits of local Algerian population and synthetic line. *Vet. World* 12. 55.
- Belabbas, R., R. Ezzeroug, M. L. García, A. Berbar, G. Zitouni, D. Talaziza, Z. Boudjella, N. Boudahdir, S. Dis and M. J. Argente. 2023. Prenatal factors affecting the probability of survival between birth and weaning in rabbits. *World Rabbit Sci.* 31: 11-20.
- Blasco, A. and J. Ouhayoun. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World rabbit Sci.* 4.
- Blasco Mateu, A., J. Ouhayoun and G. Masoero. 1993. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Sci.* 1.
- Brahmantiyo, B., H. Nuraini, A. W. Putri, M. Mel and C. Hidayat. 2021. Phenotypic and morphometric characterization of Hycole, Hyla and New Zealand White rabbits for KUAT hybrid (tropical adaptive and superior rabbit). *Sarhad J. Agric.* 37:09-15.
- Combes, S. 2004. Valeur nutritionnelle de la viande de lapin. *INRAE Productions Animales* 17:373-383..
- Dalle Zotte, A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.* 75:11-32.
- Dalle Zotte, A. and Z. Szendrő. 2011. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Sci.* 88:319-331.
- Daszkiewicz, T. and A. Gugolek. 2020. A comparison of the quality of meat from female and male Californian and Flemish Giant Grey rabbits. *Animals.* 10: 2216.
- Daszkiewicz, T., A. Gugolek, P. Janiszewski, D. Kubiak and M. Czoik. 2012. The effect of intensive and extensive production systems on carcass quality in New Zealand White rabbits. *World Rabbit Sci.* 20:25-33.
- Daszkiewicz, T., A. Gugolek, D. Kubiak, K. Kerbaum and E. Burczyk. 2021. The fatty acid profile of meat from New Zealand White rabbits raised under intensive and extensive production systems. *Animals.* 11:3126.
- De la Fuente, L. and J. Rosell. 2012. Body weight and body condition of breeding rabbits in commercial units. *J. Anim. Sci.* 90:3252-3258.
- Deltoro, J., A.M. Lopez and A. Blasco. 1984. Alometrias de los principales componentes corporales, tejidos y medidas de la canal en conejo. I, Proceedings of the 3rd World Congress of Cuniculture, Rome, pp. 570-577.
- El-Raffa, A. 2007. Formation of a rabbit synthetic line (Alexandria line) and primary analysis of its productive and reproductive performance. *Egypt. Poult. Sci.*, 27(2):321-334.
- FAO, 2021. Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole: Division de la statistique.
- Gacem, M. and G. Bolet. 2005. Création d'une lignée issue du croisement entre une population locale et une souche européenne pour améliorer la production cunicole en Algérie. *Proc.: 11èmes Journées de la Recherche*

- Cunicole, 29-30 November, 2005. Paris, France. 15-18.
- Gál, R., D. Zapletal, P. Jakešová and E. Straková. 2022. Proximate chemical composition, amino acids profile and minerals content of meat depending on carcass part, sire genotype and sex of meat rabbits. *Animals*. 12: 1537.
- Gasperlin, L., T. Polak, A. Rajar, M. Skvarèa and B. Zlender. 2006. Effect of genotype, age at slaughter and sex on chemical composition and sensory profile of rabbit meat. *World rabbit sci.* 14.
- Gomez, E. and A. Blasco. 1992. Growth curves of lines selected on growth rate or litter size. *J. Appl. Rabbit Res.* 15:872-872.
- Hassan, H., K. Elamin, I. Yousif, A. Musa and M. Elkhairy. 2012. Evaluation of body weight and some morphometric traits at various ages in local rabbits of Sudan. *J. Anim. Sci. Adv.* 2:407-415.
- Hernández, P., S. Aliaga, M. Pla and A. Blasco. 2004. The effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality traits in rabbits. *J. Anim. Sci.* 82:3138-3143.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49(4):447-457.
- ISO, 1996. Meat and meat products - Determination of free fatty acids. ISO, 1444: 1996 (F).
- Klingenberg, C. P. 2002. Morphometrics and the role of the phenotype in studies of the evolution of developmental mechanisms. *Gene*. 287(1-2), 3-10.
- Komprda, T., J. Kuchtík, A. Jarošová, E. Dračková, L. Zemánek and B. Filipčík. 2012. Meat quality characteristics of lambs of three organically raised breeds. *Meat Sci.* 91:499-505.
- Larzul, C. and F. Gondret. 2005. Aspects génétiques de la croissance et de la qualité de la viande chez le lapin. *Productions animales*. 18:119-129.
- Marra, A.I., A. Salgado, B. Prieto and J. Carballo. 1999. Biochemical characteristics of dry-cured lacón. *Food Chem.* 67:33-37.
- Metzger, S., M. Odermatt, Z. Szendrő, M. Mohaupt, R. Romvari, A. Makai, E. Biro-Nemeth, I. Radnai and L. Sipos. 2006. Comparison of carcass traits and meat quality of Hyplus hybrid, purebred Pannon White rabbits and their crossbreds. *Arch. Anim. Breed.* 49:389-399.
- Mínguez, C., J. Sánchez, P. Hernández, M. Ragab, A.E. Nagar and M. Baselga. 2017. Genetic analysis of meat quality traits in maternal lines of rabbit and their diallel cross. *Meat sci.* 131: 1-8.
- Molina, E., P. González-Redondo, R. Moreno-Rojas, K. Montero-Quintero and A. Sánchez-Urdaneta. 2018. Effect of the inclusion of *Amaranthus dubius* in diets on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. *J. Appl. Anim. Res.* 46:218-223.
- Morrison, W. R. and L. M. Smith. 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J. Lipid Res.* 5(4):600-608.
- Morshdy, A. E., W. S. Darwish, E. S. El Sebay, and E. Ali. 2022. Amino acid profile of rabbit meat: dietary intake and the effect of freezing on the amino acid composition. *Thai J. Vet. Med.* 52:251-258.
- Okoro, V., C. Ezeokeke, U. Ogundu and C. Chukwudum. 2010. Phenotypic correlation of bodyweight and linear body measurement in Chinchilla rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *J. Agric. Biotech. Sustain. Dev.* 2:27.
- Ortiz Hernández, J. and R. Lozano. 2001. Effect of breed and sex on rabbit carcass yield and meat quality. *World Rabbit Sci.* 9.
- Para, P.A., S. Ganguly, R. Wakchaure, R. Sharma, T. Mahajan and P.K. Praveen. 2015. Rabbit meat has the potential of being a possible alternative to other meats as a protein source: A brief review. *Int J Phar Biomed Res.* 2:17-19.
- Pascual, M. and M. Pla. 2007. Changes in carcass composition and meat quality when selecting rabbits for growth rate. *Meat Sci.* 77:474-481.
- Peiretti, P., L. Gasco, A. Brugiapaglia and F. Gai. 2011. Effects of perilla (*Perilla frutescens*

- L.) seeds supplementation on performance, carcass characteristics, meat quality and fatty acid composition of rabbits. *Livestock Sci.* 138:118-124.
- Peiretti, P. G. 2012. Effects of dietary fatty acids on lipid traits in the muscle and perirenal fat of growing rabbits fed mixed diets. *Animals*. 2:55-67.
- Petit, T., Y. Caro, A.-S. Petit, S. J. Santchurn and A. Collignan. 2014. Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat sci.* 96:1313-1317.
- Petrescu, D. C. and R. M. Petrescu-Mag. 2018. Consumer behavior related to rabbit meat as functional food. *World Rabbit Sci.* 26: 321-333.
- Pla, M. 2008. A comparison of the carcass traits and meat quality of conventionally and organically produced rabbits. *Livest. Sci.* 115:1-12.
- Pla, M., L. Guerrero, D. Guardia, M. Oliver and A. Blasco. 1998. Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: I. Between lines comparison. *Livest. Prod. Sci.* 54:115-123.
- Pla, M., P. Hernández and A. Blasco. 1996. Carcass composition and meat characteristics of two rabbit breeds of different degrees of maturity. *Meat Sci.* 44:85-92.
- Rotolo, L., F. Gai, S. Nicola, I. Zoccarato, A. Brugiapaglia and L. Gasco. 2013. Dietary supplementation of oregano and sage dried leaves on performances and meat quality of rabbits. *J. Integr. Agric.* 12:1937-1945.
- Setiaji, A., S. Sutopo, D. Lestari, E. Kurnianto and M. Novianti. 2022^a. Morphometric characterization of New Zealand white rabbit raised at different areas. *Online J. Anim. Feed Res.* 12:350-355.
- Setiaji, A., Lestari, D. A., Kurnianto, E., and Sutopo, S. 2022^b. Morphometric traits of imported rabbits and their progenies. *J. Advanced Vet. Res.* 12(3):217-220.
- Sid, S., M. Benyoucef, H. Mefti-Korteby and H. Boudjenah. 2018. Performances de reproduction des lapines de souche synthétique et de population blanche en Algérie. *Livest. Res. Rural Dev.* 30.
- Šimek, V., M. Sedláková, A. Softić and D. Zapletal. 2019. The comparison of the selected morphometric traits in three medium-sized rabbit breeds. *Acta fytotech zootech.* 22:138-143.
- Tůmová, E., Z. Bízková, V. Skřivanová, D. Chodová, M. Martinec and Z. Volek. 2014. Comparisons of carcass and meat quality among rabbit breeds of different sizes, and hybrid rabbits. *Livest. Sci.* 165:8-14.
- Wang, J., Y. Su, M.A. Elzo, X. Jia, S. Chen and S. Lai. 2016. Comparison of carcass and meat quality traits among three rabbit breeds. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 36:84.
- Yalçın, S., E. Onbasilar and I. Onbasilar. 2006. Effect of sex on carcass and meat characteristics of New Zealand White rabbits aged 11 weeks. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 19:1212-1216.
- Yonkova, P., G. Mihaylova, S. Ribarski, V. Doichev, R. Dimitrov and M. Stefanov. 2017. Fatty acid composition of subcutaneous and visceral fat depots in New Zealand White rabbits. *Bulg. J. Vet. Med.* 20.
- Youssef, Y., M. Iraqi, A. El-Raffa, E. Afifi, M. Khalil, M. García and M. Baselga. 2008. A joint project to synthesize new lines of rabbits in Egypt and Saudi Arabia: emphasis for results and prospects, *Proc. 9th World Rabbit Congress*, Citeseer. 1637-1642.
- Zepeda-Bastida, A., M.A. Martínez and S.S. Simental. 2019. Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. *Rev. Bras. de Zootec.* 48.
- Zerrouki, N., F. Lebas, M. Gacem, I. Meftah and G. Bolet. 2014. Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in 2 breeding locations. *World Rabbit. Sci.* 22:269-278.

Publication 04**Propriétés physico-chimiques et profil sensoriel de deux génotypes de lapins en Algérie****“Physicochemical properties and sensory profile of some breeds of rabbits in Algeria”****Sanah Ibtissem** , Hafid Kahina , Djeghim Fairouz , Bader Romeila , Zitouni Ghania , Khalfaoui Zakaria , Boudjellal Abdelghani , Miguel Angel Sentandreu and Becila Samira.*Publié dans Food Science and Technology International. vol. 0(0), no. x, pp.1-13.
March, 2024. <https://doi.org/10.1177/10820132241238790>.*

Résumé

Cette étude visait à comparer les caractéristiques sensorielles et physico-chimiques de la viande cunicole des deux sexes appartenant à deux génotypes : la population locale et la nouvelle lignée (ITELV 2006), cette dernière qui présente de meilleures caractéristiques grâce à son potentiel génétique. 60 lapins âgés de 90 jours ont été utilisés dans l'expérience. A l'abattage, les paramètres physico-chimiques et sensorielles de la viande ont été mesurées sur le muscle *Longissimus lumborum*. Les résultats obtenus montrent que les différences liées au génotype ont été constatées pour la plupart des caractéristiques physico-chimiques étudiées, notamment la perte en eau à la cuisson ($P<0,001$), le pourcentage d'eau reléguée ($P<0,001$), l'indice de fragmentation myofibrillaires ($P<0,001$) et la valeur a^* ($P<0,001$). Cependant, pour certains caractères, les différences étaient liées à l'interaction sexe et génotype (SxG) comme dans le cas de la perte en eau à la cuisson ($P<0,001$) et de la valeur b ($P<0,01$). En ce qui concerne les résultats de l'analyse SDS-PAGE, la comparaison entre les deux races n'a montré aucune distinction particulière dans les profils des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques en relation au nombre et à l'intensité des bandes. De plus, aucune différence significative n'a été enregistrée dans les paramètres sensorielles de la viande ($P>0,05$). Egalement, il est important à souligner qu' aucune différence significative n'a été trouvée entre la viande de lapins mâles et femelles pour toutes les variables étudiées ($P>0,05$). Il a été conclu que la qualité de la viande était principalement affectée par le génotype. Ainsi, la nouvelle lignée présentait de bonnes caractéristiques physico-chimiques par rapport à la locale. Cette étude est la première à analyser et comparer les qualités sensorielles et physico-chimiques de la viande de lapin algérien.

Mots-clés : lapins algériens, qualité de la viande, caractéristiques physico-chimiques, attributs sensoriels.



Physicochemical properties and sensory profile of some breeds of rabbits in Algeria

Ibtissem Sanah¹, Hafid Kahina¹, Djeghim Fairouz², Bader Romeila¹, Zitouni Ghania³, Khalfaoui Zakaria⁴, Boudjellal Abdelghani¹, Sentandreu Miguel Angel⁵  and Becila Samira¹

Abstract

The objective of this study was to compare physicochemical traits and sensory profile of meat from rabbits of both sexes belonging to two genotypes, local population and new line (ITELV 2006) which exhibited better characteristics due to its genetic potential. A total of 60 rabbits at 90 days of age were used in the experiment. At slaughter, meat physicochemical and sensory characteristics were measured on *Longissimus lumborum* muscle. Differences related to genotype were found in most of the physicochemical characteristics studied like Cooking Losses ($P < 0.001$), Percentage of Released Water ($P < 0.001$), Myofibril Fragmentation Index ($P < 0.001$) and a^* value ($P < 0.001$). However, in some of the traits, the differences were related to interaction of sex and genotype (S*G) as in the case of Cooking Losses ($P < 0.001$) and b^* value ($P < 0.01$). Regarding SDS-PAGE analysis results, the comparison between two breeds has not shown any particular distinction in the myofibrillar and sarcoplasmic protein profiles in relation to the number and the intensity of bands. No significant differences in the sensory characteristics of the meat were noted ($P > 0.05$). Interestingly, no relevant differences were found between meat from male and female rabbits in all the variables studied ($P > 0.05$). It was concluded that meat quality was mainly affected by genotype. Thus, the new line exhibited good physicochemical characteristics compared to the local one. This study is the first to analyse and compare the physicochemical and sensory properties of Algerian rabbit meat.

Keywords

Rabbit meat, food quality, food physical properties, food colour, consumer studies

Date received: 28 August 2023; accepted 23 February 2024

INTRODUCTION

In the Mediterranean basin, rabbit-based food dishes have been a regular part of the diet since the earliest civilisations. Rabbits are easy to raise and environmentally friendly on farms and in backyards (Siddiqui et al., 2023). In Algeria, meat production is mainly based on cattle and sheep farming. These production systems are still unable to meet the protein needs of people to keep this country dependent

¹Équipe Marqueurs biologiques de la qualité des viandes (MaQuaV), Laboratoire de Biotechnologie et Qualité des Aliments. Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A-A), Université frères Mentouri Constantine 1, Route de Aïn El Bey, Algérie

²Équipe TEPA, Laboratoire de Nutrition et Technologie Alimentaire. Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A-A), Université frères Mentouri Constantine 1, Route de Aïn El Bey, Algérie

³Institut Technique des Elevages (ITELV), Baba Ali, Birtouta, Alger, Algérie

⁴Institut Technique des Elevages (ITELV), Hamma Bouziane, Constantine, Algérie

⁵Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC), Severo Ochoa Center of Excellence, Paterna (Valencia), Spain

Corresponding author:

Sentandreu Miguel Angel, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC), 46980 Paterna, Valencia, Spain.

Email: ciesen@iata.csic.es



on the world market (CNIS, 2017). In fact, there is a pressing need for increased animal production to meet the ever-growing demand for animal proteins (Lounaouci-Ouyed et al., 2008; Zerrouki et al., 2004). Rabbit meat consumption is still low and its consumption continues to be negligible. This meat is consumed especially in rural regions by farmers and their families. The consumption is mainly increased during the month of Ramadhan and the winter season or is linked to special events. Additionally, rabbit marketing is still modest, not organised or structured (Sanah et al., 2020, 2022). An estimated production of 8474 t of rabbit meat that is, 1% of the global world production (861 739 t) was registered in Algeria, in 2021 (FAO, 2021). In order to diversify Algeria's animal protein supplies and fulfil the food needs of the population, the livestock sector has initiated several livestock development programmes including rabbit meat production and breeding (Mouhous et al., 2021). Relatedly, meat production efficiency can be enhanced by crossbreeding to acquire the advantage of diversity between rabbit breeds and lines, through complementarity and heterotic effects and to generate new breeds or lines (Balaguer, 2014). In this regard, and in order to provide Algerian farmers with more productive animals and improve the genetic stock for rabbit meat production, a new strain (called ITELV2006) has been created since 2003 with females from the local population adapted to produce all year round in the local conditions, and males from a French INRA strain, heavier and more productive (Bolet et al., 2012).

Indeed, since its diffusion in 2012, this new strain has been the subject of numerous studies, which were first based on describing its reproduction, growth characteristics (Aroun et al., 2021; Belabbas et al., 2019; Sid et al., 2018; Thiziri et al., 2021). The obtained results seem very promising and confirmed the potential use of this line to develop a more efficient rabbit production in Algeria.

Currently, Algerian rabbit meat production is based mainly on the local populations and the new strain which requires, in addition to the morphological and zootechnical characterisation, a good knowledge of organoleptic and sensory meat qualities. To the best of our knowledge, in Algeria, studies about rabbit meat quality characteristics are scarcely reported or non-existent. The researchers pay less attention to the meat quality aspect. This aspect seems very important and deserves an in depth study. It is also interesting to investigate whether the genetic improvement could affect or not the quality characteristics of meat from our local population. In view of the above, the aim of this study was to examine and compare both meat physicochemical traits and sensory attributes of male and female from two Algerian rabbit breeds: the local Algerian population and the new line.

MATERIAL AND METHODS

Animals rearing and slaughter

The experimental protocol was designed according to guidelines on ethical standards of Official Journal of the Democratic and People's Republic of Algeria relating to veterinary medicine activities and the protection of animal health (N° JORA: 004 du 27-01-1988) and was approved by the ethical committee of University of Mentouri Constantine 1, Algeria. The research was carried out at Biotechnology and Food Quality Laboratory (INATAA, University of Frères Mentouri Constantine 1, Algeria). A total of 60 rabbits, from 2 different genotypes, (30 rabbits per group, 1:1 male: female ratio) were used in this study. Rabbits from local Algerian breed and new line were raised in experimental rabbit station of the technical institute of breeding (ITELV), located in Hamma Bouziane, Constantine, Algeria. Animals were housed in flat deck cages ($n = 3$ per cage; $50 \times 60 \times 53$ cm). The cage was equipped with a nipple drinker and a feeder for manual distribution of the feed and were fed ad libitum with a commercial pellet diet containing (crude proteins 15%, crude fat 2.5%, crude Ash 10%, crude cellulose 12%; calcium; phosphorus, vitamins (A, E, D3); salt (NaCl), (Telmcen, Algeria). The animals were submitted to a constant photoperiod of 16L: 8D light cycle during the whole experiment period, and were slaughtered by cutting the carotid artery and jugular veins at an average bodyweight of 2078 ± 5 g, and age of 90 day, without prior fasting. The rabbitry was close to the laboratory, so stress due to transport was minimal. Skinned and eviscerated carcasses were stored at 4°C. Chilled carcasses were divided into three parts according to Rabbit Science Association's (WRSA) recommendations (Blasco and Ouhayoun, 1996). The Longissimus lumborum muscle (LL) located between the first and seventh lumbar vertebrae was removed from both sides of refrigerated carcasses (after 24 hours at 4°C), each sample was divided into two parts: one for physicochemical analyses and the other for sensory assessment. All samples were carefully trimmed of all external fat and connective tissues. The samples were vacuum-packed and stored at -20°C during 10 days, until they were used for further laboratory analysis. The mean of three replicates was used for all of the variables' analysis.

Meat quality variables

pH. The pH in triplicate was measured 24-hour post-mortem in the LL muscle after homogenisation of 1 g of raw muscle for 30 s in 10 ml of sodium iodoacetate (5 mM) and potassium chloride (150 mM) according to McGeehin et al. (2001) using a previously calibrated pH metre (PHS-3CW microprocessor pH/mV metre, BANTE instrument) equipped with a glass combination electrode.

Water holding capacity. Water holding capacity (WHC) of LL muscle was measured according to the Grau and Hamm (1953), also called 'Filter Paper Press Method,' with slight modifications of the areas determined. WHC expressed as the ratio of the muscle area to the total area after compression of 300 ± 5 mg of meat for 5 minutes by a 2.25 kg weight (Pla and Apolinar, 2000). Circles of meat (M) and released juice (T) were then carefully drafted on clear plastic for a permanent record and the damp paper-filter was rapidly weighed after accurately removing the compressed meat. The areas were measured using the open source Image J 1.48 software. The areas drawn in clear plastic were scanned and quantified using freehand selection option (Hafid et al., 2016). The percentage of the released water (PRW) was calculated as the ratio of the percentage of weight of released water (damp paper-dry paper) to intact meat $\times 100$.

Cooking losses

Meat cooking losses, CL (%) were determined, as described in Pascual and Pla (2007), 10 g of meat was weighed (P1) and frozen at -20°C . When required, LL muscle samples were continuously boiling water bath. After cooling for 10 minutes by immersion in water, samples were removed from the bags, dried on the surface with a paper towel and weighed (P2). CL (%) were calculated as $(P1-P2) \times 100/P1$.

Determination of myofibril fragmentation index

The myofibril fragmentation index (MFI) was determined according to the turbidity method of Culler et al. (1978) as modified by Li et al. (2012). Protein concentration of the suspension of myofibrils was determined by the colorimetric method of Bradford (1976). Aliquots of myofibril suspensions were diluted in the buffer to a final protein concentration of 0.5 ± 0.05 mg/ml. The Absorbance was immediately measured at 540 nm with a spectrophotometer (Jenway 7305). The mean of the triplicate absorbance readings was multiplied by 200 to obtain the MFI for each sample (Hopkins et al., 2000).

Myoglobin concentration

Pigments in rabbit meat samples were extracted based on the principles of the Faustman and Phillips (2001). The absorbance of the filtrate was measured by a spectrophotometer (Jenway 7305) at a wavelength of 525 nm, using an extinction coefficient of $7.6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ as follows:

$$[\text{Myoglobin}] \text{ (mg/g)} = [A / (7.6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1} \times 1 \text{ cm})] \times [17000/1000] \times 10 \text{ (Canto et al., 2015)}.$$

Colour analysis

The colour of the rabbit meat was determined according to the method of He et al. (2020) using the Grab colour-

extracting application (version 3.6.1, 2017, Loomatix Ltd, Munchen, Germany). To ensure that the colour capture was not affected by ambient light, a closed polystyrene box ($39 \times 17 \times 28$ cm) was used, and integrated with a 1.2 W 5 V white LED to obtain an evenly scattered light on top of the sample. The CIE-L*a*b* colour space mode was chosen. This is a mathematical colour model based on the sensitivity of the human visual spectrum (Chen and Ren, 2014), where the L* value designates lightness, while a* and b* are colour coordinates ($+a^*$ = redness, $-a^*$ = green, $+b^*$ = yellow, $-b^*$ = blue). Colour measurements were taken at five different locations on the same LL muscle. The values of colour saturation (chroma; C*), and colour hue (hue; H*) were calculated using the following formula (Cielab, 1976): $H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$, $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$.

Polyacrylamide gel electrophoresis

Myofibrillar and sarcoplasmic proteins were extracted according to the procedure described by Joo et al. (1999). A sample of 0.5 g of fresh meat of LL muscle was added to 10 ml of extraction buffer, containing (75 mM KCl, 10 mM KH_2PO_4 , 2 ml MgCl_2 , 2 mM EGTA, 1 mM NaN_3 , pH 7.0). The solutions of extracted proteins (sarcoplasmic and myofibrillar) were stored in eppendorf tubes at -20°C . The protein concentration of both sarcoplasmic and myofibrillar protein extracts was determined by the Bradford method (1976) using bovine serum albumin as the standard. After denaturation, the extracts of the sarcoplasmic and myofibrillar proteins were analysed using one dimensional SDS-PAGE electrophoresis on 3.75% stacking and 12% resolving gels according to Laemmli (1970). For staining, the gel was placed in a Coomassie Brilliant Blue R-250 staining solution for at least 20 minutes with agitation. Finally, the gel is destained by successive washes and agitation in a destaining solution, until the protein bands are clearly visible. A mixture of proteins with a known molecular weight ranging from 10 to 250 kDa (#161-0305) obtained from Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, was used. The molecular weight of the protein bands was calculated using the Un-Scan-It Gel 6.1 analysis programme (Silk Scientific, Orem, UT) (Boudechicha et al., 2016).

Sensory analysis

For the purpose of evaluating sensory quality attributes, an experienced 10-members' (5 women and 5 men) panel in rabbit meat was appointed. The panel consists of teachers and postgraduate students belonging to 'Frères Mentouri Constantine 1 University'. The selected panel is already trained in sensory analysis and therefore considered qualified for this type of analysis. In addition, familiarisation and training sessions for judges were undertaken as recommended in International Organisation for Standardisation (1996) and as

described by the American Meat Science Association (1995) in order to help the panel to evaluate meat products, increase their sensory knowledge and giving purely qualitative judgements without considering their preferences.

The meat samples were stored at -20°C during 10 days before undergoing sensory analysis. The samples of LL muscle were thawed at 4°C for 24 hours before sensory assessment.

To prepare the samples for sensory evaluation, the LL muscle was cut into 10 pieces of equal size (approximately 5 g) according to the taste panel number and placed in labelled and sealed cooking bags. The bags were then immersed in a water bath, and the meat was boiled without salt or spices.

According to Honikel's (1998) method, the samples were cooked at a constant temperature of 80°C for approximately 1 hour to reach a core temperature of 75°C and served hot immediately to the judges in white plates. In each session, the panelist evaluated 2 samples in randomised order, on average; each sample was evaluated by the 10 panelists. A cup containing water (90%) and apple juice (10%) was given to the panel at the beginning of the session and in between samples in order to cleanse the palate between tastes (Hutchison et al., 2012). A list of 11

selected parameters was used (Rabbit flavour intensity, grass odour intensity, rabbit odour intensity, juiciness, tenderness, cohesion, chewiness, fibrousness, flouriness, residual, and the overall appreciation) (Table 1). Each attribute was rated on a 0 (absence of perception) to 10 (very intense perception) using a 10 cm unstructured continuous line, as recommended by the UNE-EN-ISO 4121:2006 standard (AENOR, 2006). Samples were tasted by the trained panel in a normalised tasting room, under white artificial light, according to ISO 8589:1988. A paired preference test was performed to determine whether there is a statistically significant preference between two samples of meat of two breeds and both sexes. The 10 panelists were asked to choose which sample was more preferred according to their sensory properties. Since a forced choice procedure was adopted, a sample must be chosen even if the selection by the assessor was done randomly.

Statistical analysis

Depending on the target, different statistical methods were used. The results are given in the form of means and root mean square error (RMSE). First, the data was analysed

Table 1. Effect of genotype (G) and sex (S) on physicochemical variables and sensory attributes of *Longissimus lumbarum* muscle of rabbit meat measured at 24-hour post-mortem.

Item	Local breed		New line		RMSE	Significance		
	M (n = 15)	F (n = 15)	M (n = 15)	F (n = 15)		Gen.	Sex.	Inter Gen*Sex
pH _u	5.85 ^b	5.86 ^{ab}	5.87 ^{ab}	5.94 ^a	0.21	Ns	Ns	Ns
WHC (%)	34.81	36.62	37.43	37.12	6.20	Ns	Ns	Ns
PRW(%)	22.82 ^a	22.52 ^{ab}	19.68 ^c	19.94 ^{bc}	3.71	***	Ns	Ns
CL (%)	35.16 ^a	33.09 ^b	31.31 ^c	32.41 ^{bc}	2.98	***	Ns	***
MFI	32.11 ^a	39.91 ^a	74.84 ^b	73.94 ^b	24.60	***	Ns	Ns
Myoglobin	0.0003 ^a	0.0003 ^a	0.0002 ^b	0.0002 ^b	0.0001	***	Ns	Ns
L*	41.10 ^{ab}	45.25 ^a	39.52 ^b	41.14 ^{ab}	4.58	Ns	Ns	Ns
a*	12.48 ^b	11.55 ^b	22.51 ^a	18.80 ^a	3.67	***	Ns	Ns
b*	33.23 ^b	37.08 ^a	35.30 ^{ab}	31.80 ^b	3.14	Ns	Ns	**
C*	29.52 ^b	38.89 ^a	42.00 ^a	36.95 ^{ab}	7.25	Ns	Ns	*
H*	69.36 ^a	72.92 ^a	57.84 ^b	59.51 ^b	3.66	***	Ns	Ns
Tenderness	5.80	5.58	6.05	6.25	1.05	Ns	Ns	Ns
Rabbit FI	5.13	5.61	5.65	5.56	0.60	Ns	Ns	Ns
Juiciness	4.60	4.24	4.66	4.57	0.73	Ns	Ns	Ns
Chewiness	4.82	4.60	4.27	4.77	0.80	Ns	Ns	Ns
Cohesion	4.60	4.51	4.29	4.09	0.94	Ns	Ns	Ns
Grass OI	2.26	2.37	2.15	2.08	0.40	Ns	Ns	Ns
Rabbit OI	4.54	4.50	4.74	4.78	0.87	Ns	Ns	Ns
Fibrousness	3.20	3.75	4.22	3.54	1.12	Ns	Ns	Ns
Flouriness	4.17	3.88	4.08	4.26	0.96	Ns	Ns	Ns
Residual	3.91	3.98	3.50	4.08	0.73	Ns	Ns	Ns
OAppraisal	5.72	5.80	5.76	6.46	0.75	Ns	Ns	Ns

Means in the same row and effect with unlike superscripts differ at $P < 0.05$. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$. CL: cooking losses (%); F: female; Gen.: genotype; pH_u: ultimate pH at 24 pm; Grass OI: grass odour intensity; M: male; MFI: myofibril fragmentation index; Ns: not significant; OAppraisal: overall appreciation; PRW: released water (%); Rabbit FI: rabbit flavour intensity; Rabbit OI: rabbit odour intensity; RMSE: root mean square error; WHC: water holding capacity (%).

by least square means procedure of the General Linear Model (GLM), following a fixed effect model that included genotype, sex and their interaction. Residuals were assumed to be independently normally distributed. The model was: $Y_{ijk} = \mu + G_i + S_j + GS_{ij} + e_{ijk}$, where: Y_{ijk} is the dependent variable, μ = population mean, G_i = effect of i th genotype (i = local, synthetic), S_j = effect of j th sex (j = male, female), GS_{ij} = effect of genetic group*sex interaction, e_{ijk} = random error effect. When statistical differences among groups were found ($P < 0.05$) a Fisher comparison test was used. Second, Chi-square (χ^2) test was used to find which type of meat was preferred by the panellists according to breed type and sex. Third, a Pearson correlation analysis followed by principal component analysis (PCA) was performed to evaluate the relationship between physicochemical variables and sensory attributes. All statistical procedures were performed using the statistical software JMP 15 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Comparison or correlation was considered statistically significant at a level of $P < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

The effect of genotype and sex on physicochemical variables and sensory attributes of rabbit meat is reported in Table 1.

pH_u

Our results have shown that the ultimate pH (pH_u) was ranged from 5.8 to 5.9. In line with the present study, Kozioł et al. (2015) also suggested that this pH might indicate that rabbit meat has an inferior shelf life compared to the meat of other animal species. Generally, the pH_u is affected by various factors, including pre- and post-slaughter conditions, type of muscle, individual animal characteristics and level of stress. Genotype, sex and their interaction effect have no significant differences on pH_u ($P > 0.05$, Table 1), but intragroup comparison revealed that there is a difference in pH_u between the two groups of both sexes. Higher pH_u values of rabbit meat originating from new breed and female animals, respectively, compared to local breed and male animals were observed. Our findings are in agreement with the results obtained by Gasperlin et al. (2006) in their study. They found that pH_u values were significantly different for genotype and sex. In the same regard, a recent paper written by Daszkiewicz and Gugolek (2020) have shown that the type of breed and muscle affects pH_u; while sex had no effect on those variables. Another recent research done by Sampels and Skoglund (2021) have found that at 24 hours post-mortem, pH_u was significantly lower in male compared to female rabbits. In contrast, no significant differences between male and female rabbits were observed in other studies (Dalle Zotte et al., 2016; Lazzaroni et al., 2009; Pla, 2008).

Water holding capacity

Water holding capacity (WHC) is an essential measurement to estimate and assess juiciness; consequently, it determines the appearance and palatability of the final product (Huff-Loneragan and Lonergan, 2005). No differences in WHC were found in both groups and sexes. However, when considering the percentage of the released water, a significant difference was found due to genotype ($P < 0.001$). There was a tendency for the local breed to have higher PRW than the new line (Table 1). In disagreement with the present findings, Daszkiewicz and Gugolek (2020) have found that WHC differed amongst breed, but not due to sex. A similar situation has been observed by Pla et al. (1998) and Pla (2008) in their researches on rabbit meat. In the same context, the results received by Pascual and Pla (2007) on rabbit meat and Smili et al. (2022) on Sahraoui dromedaries of WHC were lower compared to those of the present study.

Cooking losses' percentage

Referring to the effect of the rabbit breeds on the CL (%), it was found that genotype groups and their interactions with genre have relevant differences ($P < 0.001$); whereas, no effect of sex was observed on CL (%). The local breed was the highest in CL (%) compared to the new breed. In disagreement with the results of this research, several studies did not find a significant effect of genotype on CL (%) (Dalle Zotte et al., 2015; Metzger et al., 2009; Safaa et al., 2023). While, Sampels and Skoglund (2021), in their research, recorded a significant effect of genotype on LC (%). Compared to the results of this study, lower values of CL (%) of rabbit meat were observed by several studies (Alagón et al., 2015; Nakyinsige et al., 2014; Paci et al., 2013; Sampels and Skoglund, 2021; Radwan et al., 2023); whereas, Dalle Zotte et al. (2015) obtained similar values. Considerably higher values of CL (%) were noted by many authors (Pascual and Pla, 2007; Xiccato et al., 2013; Zeferino et al., 2013), which may be due to the use of different breeds of rabbits and other measuring instruments and methods.

Myoglobin content and colour parameters

Colour, one of the most important characteristics of the technological and culinary quality of meat, is influenced by such factors as animal breed, sex, age, type of muscle, system of feeding, pre-slaughter handling and slaughtering, but mostly depends on the amount of myoglobin present in the muscle tissue (Maj et al., 2012). LL muscle meat of the local breed exhibited a higher level of myoglobin (0.0003 mg/g) for both sexes compared to the new line (0.0002 mg/g). Rabbit genetic group in the present study affected myoglobin concentration ($P < 0.001$). However,

neither the gender nor the S*G interaction produced significant differences in the level of myoglobin of the meat (Table 1). In the same context, the values of L* measured in this experiment were lower than the results of several studies (Kozioł et al., 2015; Maj et al., 2012; Sampels and Skoglund, 2021; Zepeda-Bastida et al., 2019). Whereas, a* and b* values were higher than those obtained by many authors (Daszkiewicz and Gugolek, 2020; Metzger et al., 2009; Pla, 2008; Wang et al., 2016). Similarly, C* and H* parameters were also higher than those recorded by (de Oliveira Paula et al., 2020; Kadim et al., 2008; Pla, 2008; Rotolo et al., 2013). The difference in the results was probably due to the methods or the procedures of measuring colour parameters used for the first time in this study. Consequently, the results obtained in this study cannot be compared with other findings using different methodological approaches. Additionally, the meat colour parameters, measured on the surface of LL muscle 24 hours after slaughter, were not affected by the sex. By contrast, the type of breed and S*G interaction had effect on some colour parameters (Table 1), which indicates that the LL muscle of males and females were similar in colour. Our results agree with those of Maj et al. (2012), who found that genotype affected the rabbit meat colour parameters of the Longissimus dorsi muscle 24 hours after slaughter; suggesting that crossbreeding may be used in practice as a means for changing meat colour. Whereas, in their study, sex did not influence the colour parameters of the muscle at this time point. In a similar vein, Dalle Zotte and Ouhayoun (1998), in their previous paper, found that the L*, a* and b* colour was significantly influenced by genotype. In contrast, Dalle Zotte et al. (2015), in their research, did not show clear connection between rabbit meat colour and genotype. Also, in disagreement with our results, Lazzaroni et al. (2009), in their study, recorded that the muscle colour parameters showed significant differences due to gender in Longissimus lumborum and Biceps femoris rabbit muscles.

Myofibril fragmentation index

Meat tenderness is also related to structural and biochemical properties of skeletal muscle fibres, especially those of myofibrils and intermediate filaments (Veiseth et al., 2001). MFI is the most important index with which to measure the improvement of meat tenderness and proteolysis (Smili et al., 2022). The turbidity method is the most commonly used method to obtain MFI (Nakyinsige et al., 2014). In our experiment, meat samples from the local breed exhibited significantly lower MFI (32.11 for male vs 39.91 for female) than those from the new line (74.84 for male vs 73.94 for female). Genotype showed a significant effect ($P < 0.001$) on the MFI values; whereas, G*S interaction have no effect on this variable ($P > 0.05$). Determining the extent of fragmentation of myofibrils when subjected to homogenisation is an indication of the

degradation of muscle myofibrillar proteins under post-mortem conditions and the MFI is a useful indicator of the extent of proteolysis reflecting the degradation of key structural proteins, particularly the rupture of the I-band and breakage of inter-myofibril linkages (Taylor et al., 1995). Thus, the weakening of the myofibrillar structure, with the consequent transversal fragmentation of sarcomeres, is a major structural change in myofibrils occurring during meat ageing (Prates et al., 2002). It was demonstrated that the MFI increased with post-mortem storage in many animal species, and it is well related to the meat tenderness profile (Dosler et al., 2007; Nakyinsige et al., 2014; Prates et al., 2001; Smili et al., 2022; Veiseth et al., 2001). Thus, the new strain meat seems to be more tender compared to the local breed meat. MFI values for rabbit LL muscle acquired in this study are somewhat lower compared to those of Nakyinsige et al. (2014) for L. lumborum of rabbit meat as well as those of Smili et al. (2022) for sahraoui dromedary obtained using the same methodological procedures at the same post-mortem time, but our results are higher compared to those of Dosler et al. (2007) applied on the L. dorsi muscle pork at 24 h post-mortem using methods described by Olson and Stomer (1976) and by Hopkins et al. (2000). These differences in the MFI values are probably due to the use of different extraction procedures, the ageing conditions, animal species, muscle types and states of the sample (fresh or frozen and thawed), etc.

SDS-PAGE electrophoresis. Muscle proteolysis by endogenous proteases systems (cathepsins, calpains, caspases, etc.) is the most important phenomenon occurring during meat ageing (Sentandreu et al., 2002). Major changes in muscle protein architecture are associated to the conversion of muscles into meat (Lonergan et al., 2010); such changes are primarily noticeable at the expression levels of the major myofibrillar proteins like myosin, actin, titin, nebulin, troponin-T, desmin and filamin (Paredi et al., 2012). Myofibrillar proteins, accounting for 55–65% of the total muscle protein, are also responsible for meat quality attributes because of their ability to provide textural and functional properties (Chen et al., 2018; Joo et al., 1999). Many factors concur to affect the post-mortem biochemistry of meat, most of them related to animal husbandry and the production system (Bonneau and Lebreton, 2010): genotype/breed, sex, age, castration, nutritional status, nutritional management and weight at slaughter (Paredi et al., 2012). Electrophoresis was performed in order to characterise myofibrillar and sarcoplasmic proteins of LL muscle in rabbit meat during the first 24 hours post-mortem of ageing. Comparisons were made between two studied breeds in order to have an overall appreciation of the proteolytic degradation changes of the muscle that occur as part of cellular death and meat ageing process, resulting in the production of protein fragments. The SDS-PAGE results of the myofibrillar and sarcoplasmic

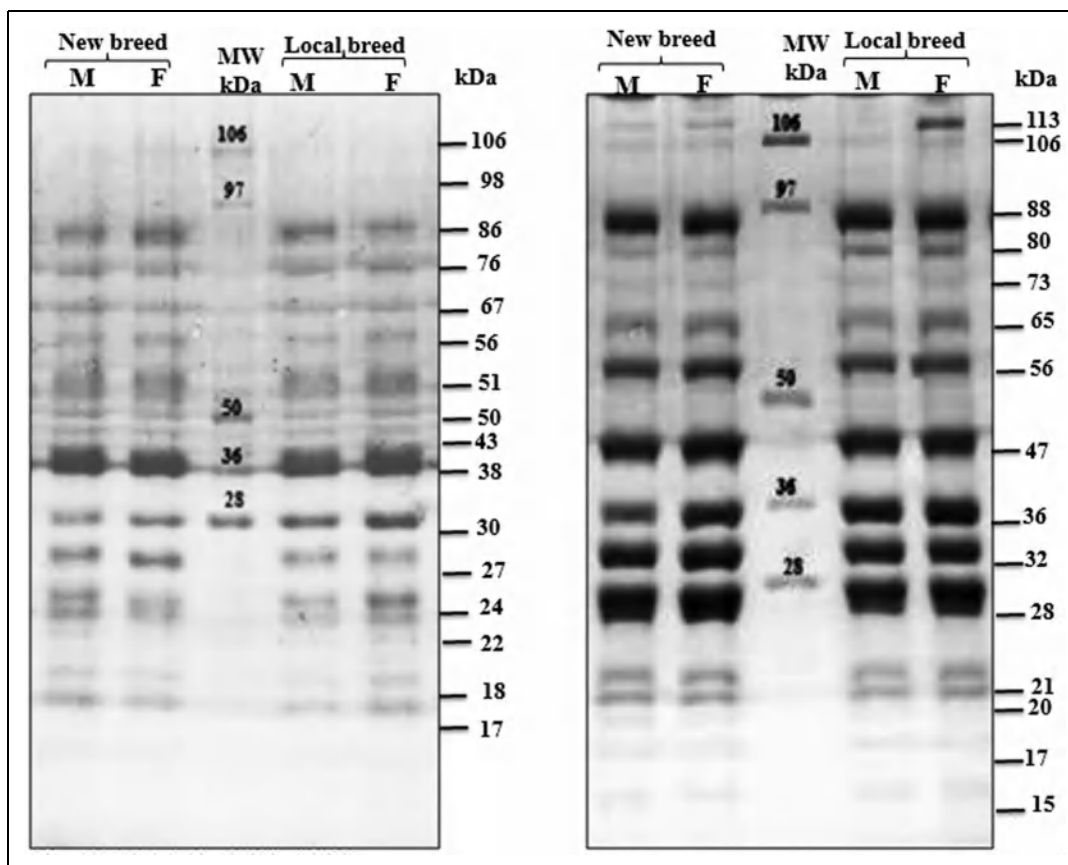


Figure 1. SDS-PAGE profiles of myofibrillar and sarcoplasmic proteins extracted from Longissimus lumborum of rabbit meat at 24 h postmortem. Left: Myofibrillar proteins. Right: Sarcoplasmic proteins. M: male; F: female.

protein profiles are depicted on Figure 1. The electrophoretic analysis showed that the myofibrillar protein fraction (Figure 1, left) contained various proteins with major molecular weights (MW) ranging from 17 to 106 kDa. The MW of 16 fragments of low and high MW (17, 18, 22, 24, 27, 30, 38, 43, 50, 51, 56, 67, 76, 86, 98 and 106 kDa, from bottom to top) have been calculated in the myofibrillar profile. The Commassie-stained polyacrylamide gel showed a similarity of the bands' electrophoretic profile in both rabbit breeds regardless of their sex group. However, the difference was in the intensity of some bands. This means that the profile shows that some bands are more intense compared to others (24, 27, 30, 38, 51 and 86 kDa). Therefore, the concentrations of those bands in the muscles of the two studied breeds are important. Sarcoplasmic proteins, which represent 30–35% of the total muscle protein, are not directly involved in meat tenderness because sarcoplasmic proteins have non-structural functions consisting primarily of enzymes involved in cellular metabolism, which are represented mainly by glycolytic enzymes and myoglobin, yet studies on pigs have indicated that denaturation of sarcoplasmic proteins has an impact on meat quality parameters such as colour and water retention capacity (Joo et al., 1999; Marino et al., 2014).

According to the electrophoretic profile of the sarcoplasmic fraction, several bands were observed in protein extracts (Figure 1, right). Stained bands 24 h after slaughter had molecular weights of 15, 17, 20, 21, 28, 32, 36, 47, 56, 65, 73, 80, 88, 106 and 113 KDa. In both groups of rabbits, it was noticed that few bands corresponded to MW of 28, 32, 36, 47, 56 and 88 kDa which were bulky and characterised by a great intensity compared to the other bands; this is due to their high concentration in muscle. The comparison between the local and the new line has not shown any particular distinctions in the sarcoplasmic protein profiles of LL muscle in terms of number and intensity of bands. On the other hand, the intensity of sarcoplasmic bands was higher in comparison with myofibrillar pattern, which may suggest an increased rate of glycolysis properly due to several glycolytic enzymes increase in intensity early after animal slaughter (Marino et al., 2014).

Sensory analysis. In rabbit, sensory properties are amongst the main criteria influencing the consumer's choice (Dalle Zotte, 2002), especially regarding tenderness and flavour. These traits can be genetically determined by major genes or by sets of genes to moderate effects. If this is to be the case, sensory quality might be modified

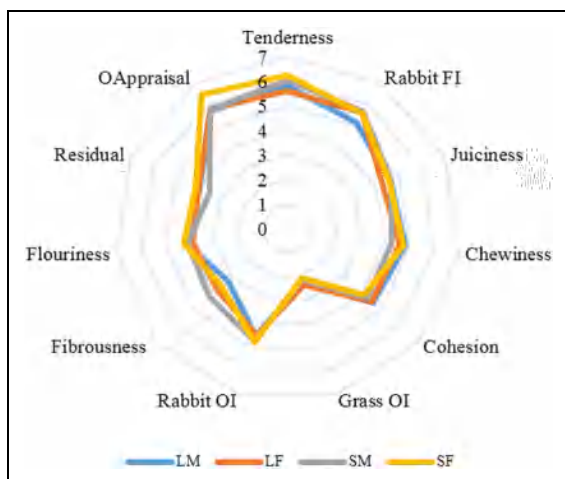


Figure 2. Sensory quality traits of LL muscle meat rabbit of local and new breed. Rabbit FI: rabbit flavor intensity; Grass OI: grass odour intensity; rabbit OI: rabbit odour intensity; OAppraisal: overall appreciation; LM: local male; LF: local female; SM: strain male; SF: strain female.

by selection or crossing. Even if sensory qualities are determined by a large number of genes with small effects, some breeds can have the favourable alleles in higher proportions than other breeds (Ariño et al., 2007). A quantitative descriptive analysis by a panel of trained assessors is a good way to objectively describe and compare the sensory properties of food products (Lawless and Heymann, 2010). Table 1 and Figure 2 show the average for the scoring of each trait of the sensory analysis. Among eleven sensory attributes of rabbit meat, the panelists scored highly tenderness, overall appreciation, rabbit flavour intensity and rabbit odour intensity. Whereas, the two genotypes were given lower scores for grass OI, fibrousness and residual. Similar findings were produced by Moumen and Melizi (2016), in their paper, on local Algerian rabbit reared in the Aures region (north-eastern part of Algeria), where sensory analysis revealed that meat was very tender, juicy and has a characteristic flavour. In this context, Dalle Zotte (2002) stated that rabbit meat is considered by the traditional consumer to have positive sensory properties: it is tender, lean and delicately flavoured.

Martínez-Álvaro and Hernández (2018), in their study on LD muscle of rabbit meat using unstructured continuous line, have found similar scores to our results for some attributes such as: rabbit odour (4.53), rabbit flavour (4.15), juiciness (3.60) and fibrousness (4.50). Genotype and sex and their interaction have no effect on the sensory characteristics of rabbit meat ($P > 0.05$; Table 1). Our results agree with the study of Gasperlin et al. (2006), who have found that genotype has no effect on the main characteristic of rabbit meat, such as smell, colour, tenderness, juiciness

Table 2. Cross tabulations of paired preference test results according to breed type and sex.

Frequency		χ^2	P-value
Breed			
New strain	68	7.43	NS
Local population	52		
Sex			
Male	56	6.29	NS
Female	64		

* = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; and *** = $P < 0.001$. NS: not significant.

and mouth feel. Similarly, Carrilho et al. (2009), in their research, found that sex has no effect on the sensory characteristics of rabbit meat. In disagreement with our results, Ariño et al. (2007) in their paper, found that line origin has an influence on some sensory traits determining rabbit meat tenderness. Whereas, line effect was not found for other sensory characteristics, or the effect found was very small. Cross tabulations using chi-square are presented in Table 2. Results of a paired preference test showed no statistically significant differences between meat samples from two breeds and sexes. This means that the two samples were essentially identical in terms of preference. This result confirms the previous findings obtained concerning the sensory traits scores attributed by the panelists. It is noteworthy that meat preference is not an intrinsic attribute of the product, but rather a subjective measure relating to the respondents' affective or hedonic responses (ASTME2263, 2012).

Correlations and PCA

Correlation coefficients between sensory properties and physicochemical traits of rabbit LL muscle are shown in Table 3. These measurements produced higher positive and negative correlation coefficients. The pH_u of meat has a considerable influence on many other meat quality attributes, for example; pH_u was positively correlated with FMI, tenderness, OAppraisal, rabbit OI, H^* and negatively with PRW, grass OI, myoglobin, L^* , b^* and cohesion ($r = -0.97$; $P < 0.05$). Strzyzewski et al. (2008) reported that the concentration of hydrogen ions in muscles is also associated with meat colour, similarly, Koziol et al. (2015) in their research found that pH value of meat 24 hours after slaughter is negatively correlated with the colour parameters L^* , b^* and C^* . Our results are similar to those reported by Sampels and Skoglund (2021) where the ultimate pH was negatively correlated to b^* values. The same results were previously observed on broiler breasts (Fletcher et al., 2000). It clearly shows that PRW % parameter has many high correlations with meat quality traits such as: MFI ($r = -0.99$; $P < 0.05$), myoglobin ($r = 0.99$; $P < 0.05$), rabbit

Table 3. Pearson's correlation coefficients between traits of the sensory analysis and physicochemical characteristics of rabbit meat from local and new breed.

Variables	pHu	WHC (%)	PRW (%)	CL (%)	IFM	Myo.	Tend.	R. FI	Juic	Chewi	Cohe.	G.O.I	R.O.I	Fibro.	Flou.	Resi.	OApp.	L*	a*	b*	C*	H*
pHu	1																					
WHC (%)	0.53	1																				
PRW(%)	-0.77	-0.00	1																			
CL (%)	-0.58	-0.17	0.85	1																		
IFM	0.81	0.08	-0.99	-0.87	1																	
Myo.	-0.80	0.00	0.99	0.80	-0.98	1																
Tend.	0.82	-0.01	-0.86	-0.49	0.85	-0.90	1															
RFI	0.51	0.46	-0.62	-0.92	0.67	-0.56	0.21	1														
Juic.	0.22	-0.68	-0.54	-0.12	0.48	-0.59	0.72	-0.26	1													
Chewi.	0.04	0.32	0.51	0.77	-0.50	0.44	-0.06	-0.66	-0.14	1												
Cohe.	-0.97	-0.36	0.90	0.72	-0.92	0.92	-0.88	-0.59	-0.35	0.17	1											
G.O.I.	-0.78	0.09	0.86	0.48	-0.84	0.90	-0.99	-0.18	-0.77	0.08	0.85	1										
R.O.I	0.83	0.00	-0.96	-0.70	0.95	-0.98	0.96	0.44	0.65	-0.29	-0.93	-0.96	1									
Fibro.	0.16	-0.08	-0.62	-0.89	0.62	-0.54	0.15	0.83	0.04	-0.96	-0.35	-0.16	0.40	1								
Flou.	0.53	-0.19	-0.42	0.08	0.39	-0.51	0.81	-0.37	0.78	0.40	-0.51	-0.82	0.64	-0.39	1							
Resi.	0.26	0.73	0.40	0.48	-0.34	0.35	-0.09	-0.24	-0.47	0.87	-0.02	0.14	-0.25	-0.73	0.15	1						
OAppraisal	0.93	0.64	-0.52	-0.28	0.56	-0.57	0.72	0.27	0.11	0.38	-0.83	-0.67	0.65	-0.16	0.59	0.56	1					
L*	-0.25	0.67	0.63	0.25	-0.56	0.67	-0.74	0.14	-0.99	0.26	0.40	0.79	-0.71	-0.17	-0.72	0.56	-0.10	1				
a*	0.58	-0.25	-0.96	-0.81	0.93	-0.95	0.80	0.52	0.22	-0.63	-0.76	-0.82	0.91	0.67	0.41	-0.61	0.30	-0.76	1			
b*	-0.54	0.04	0.30	-0.20	-0.28	0.39	-0.74	0.42	-0.64	-0.57	0.47	0.74	-0.54	0.53	-0.97	-0.35	-0.66	0.57	-0.25	1		
C*	0.37	0.23	-0.64	-0.94	0.67	-0.57	0.19	0.96	-0.14	-0.83	-0.50	-0.17	0.43	0.94	-0.40	-0.48	0.08	0.00	0.60	0.49	1	
H*	0.91	0.20	-0.96	-0.78	0.97	-0.97	0.91	0.59	0.47	-0.30	-0.98	-0.89	0.97	0.45	0.52	-0.14	0.73	-0.53	0.86	-0.44	0.54	1

Correlation coefficients written in bold differ considerably ($P < 0.05$); CL: cooking losses (%); G.O.I: grass odour intensity; M.F.I: myofibril fragmentation index; OApp.: overall appreciation; pHu: ultimate pH at 24 pm; PRW: released water (%); RFI: rabbit flavour intensity; R.O.I: rabbit odour intensity; WHC: water holding capacity (%).

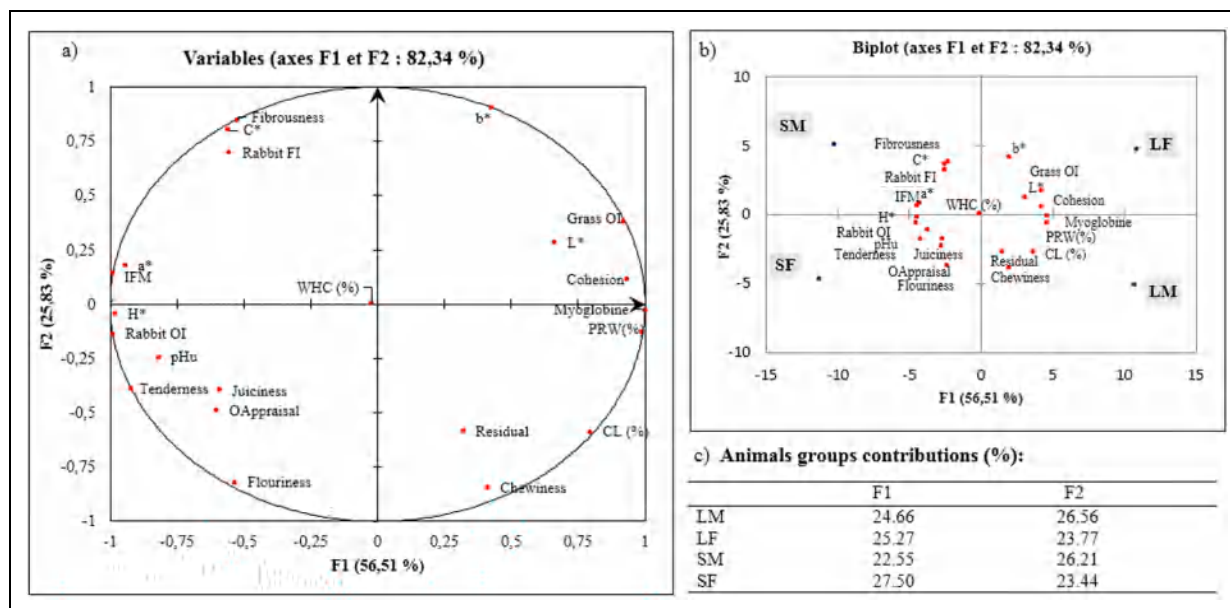


Figure 3. Principal component (PC) analysis of rabbit meat traits quality. a) Projection of the studied variables in the two first components. b) Bi-plot of the animal groups observations on the two first principal components. c) Animals groups contributions (%). pH_u: ultimate pH at 24 p.m; WHC: water holding capacity (%); PRW: percentage of the released water (%); CL: cooking losses (%); MFI: myofibril fragmentation index; Rabbit FI: rabbit flavour intensity; Grass OI: grass odour intensity; Rabbit OI: rabbit odour intensity; OAppraisal: overall appreciation; SM: Strain male; SF: Strain female; LM: local male; LF: local female.

OI ($r = -0.96$; $P < 0.05$), and a^* and H^* ($r = -0.96$; $P < 0.05$). Our results are also confirmed high correlation between PRW % and juiciness, grass OI and tenderness. It also appears that there was a very high positive correlation between tenderness and rabbit OI ($r = 0.96$; $P < 0.05$), juiciness, flouriness, OAppraisal a^* and H^* . Whereas, a high negative correlation was found with grass OI ($r = -0.99$; $P < 0.05$), cohesion, L^* and b^* .

A better picture of the relationships between sensory quality and physicochemical characteristics is shown in the results of the principal component analysis. Figure 3(a) shows the projection of the variables on the plane defined by the two principal components, which explained an 82% of the total variability. The first principal component (horizontal axis) accounted for 56% of the total variance. This axis was explained by PRW (%), myoglobin, cohesion and grass OI on the positive parts which were positively correlated amongst themselves, but negatively correlated with the variables located on the left side of the figure such as: IFM, rabbit OI, tenderness, a^* , H^* and pH_u. While, the second PC (vertical axis) explained a 25% of variability and mainly characterised by b^* , C^* , fibrousness and rabbit FI on the positive side. Whereas, on the opposite side we found other traits like: flouriness, CL(%), chewiness and residual. The variables near each other are generally correlated positively and those far from the origin show to be predominant in defining the principal component. It seems that physicochemical characteristics of rabbit meat contributed

mostly in defining the first PC that is, they explained a large part of the observed variation, while the sensory properties described typically the second factor. PCA allows an instant visual identification of the variables that are correlated with each other, and with their direction. By plotting the parameters scores for PC1 and PC2, it can be seen how the variables are placed in the multivariate space. Two distinctive groups according to genetic type and sex are presented in the bi-plot (Figure 3(b)). The first two axes were able to discriminate between the local and the new breed groups and between males and females for the selected variables. The rabbits of the local breed are grouped on the right side and the new line rabbits are on the left side. According to the Figure 3(b) and (c) we find that male and female animals of the local breed are located near the first PC and contributed mainly in its definition rather than the new strain group. By observing the right region of the graph reported in (Figure 3(b)), two groups (local male and female breeds) can be differentiated. All the meat samples from those groups have high PRW, myoglobin, cohesion, CL(%), chewiness and grass OI, but the new strain group (male and female) appeared to have high values of IFM, rabbit OI, tenderness, a^* , H^* and pH_u. The results from this statistical approach reinforce the differences previously described between the two groups studied, where using different breeds (crossbreeding) and sex of animals produces meat with different quality parameters.

CONCLUSION

This study found considerable differences in the physico-chemical properties of the LL muscle traits among two rabbit breeds. The results indicate that the meat of the new breed was tenderer and had less cooking losses and less percentage of released water values compared to the local one. Additionally, a high significant difference was found in the myoglobin concentration and the values of some colour parameters between the two groups studied. However, no relevant differences in meat from male compared to female rabbits were found in the aggregate number of the analysed meat quality variables. Sex might be regarded as a minor factor which affected rabbit meat traits. The meat of the new breed appears to have similar sensory properties to those of the local breed commonly consumed by Algerian people. However, results of the present experiment provide further information about meat physicochemical characteristics quality of the new line (ITELV 2006) and confirmed a possible positive effect of the crossbreeding on meat qualities. The results obtained here, could positively influence the acceptability of synthetic rabbit meat by the Algerian consumers.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

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

FUNDING

The authors disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: This work was supported by the Algerian Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

ORCID iD

Sentandreu Miguel Angel  <https://orcid.org/0000-0001-5792-0148>

REFERENCES

- AENOR (2006) Asociación Española de Normalización y Certificación. Norm UNE-EN ISO 4121:2006. Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scales (ISO 4121:2003). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) editors, Madrid, Spain.
- Alagón G, Arce O, Serrano P, et al. (2015) Effect of feeding diets containing barley, wheat and corn distillers dried grains with solubles on carcass traits and meat quality in growing rabbits. *Meat Science* 101: 56–62.
- American Meat Science Association (1995) Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. Chicago, IL, USA: National Livestock and Meat Board.
- Ariño B, Hernández P, Pla M, et al. (2007) Comparison between rabbit lines for sensory meat quality. *Meat Science* 75: 494–498.
- Aroun R, Tlili T, Benamara L, et al. (2021) Histofunctional characteristics of the mammary gland in a synthetic rabbit strain, 12th World Rabbit Congress. Communication BP-03, Nantes, France, p. 4 pp.
- ASTME2263 (2012) Standard test method for paired preference test.
- Balaguer CM (2014) Genetic Analyses of Growth, Carcass and Meat Quality Traits in Maternal Lines of Rabbits and Their Diallel Cross/Análisis Genético de Caracteres de Crecimiento, Matadero y Calidad de Carne en Lineas Maternales de Conejo y en su Cruzamiento Dialélico, Universitat Politècnica de València.
- Belabbas R, de la Luz García M, Ainbaziz H, et al. (2019) Growth performances, carcass traits, meat quality, and blood metabolic parameters in rabbits of local Algerian population and synthetic line. *Veterinary World* 12: 55.
- Blasco A and Ouhayoun J (1996) Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Science* 4: 93–99.
- Bolet G, Zerrouki N, Gacem M, et al. (2012) Genetic parameters and trends for litter and growth traits in a synthetic line of rabbits created in Algeria. *Proc.: 10th World Rabbit Congress*, pp. 195–199.
- Bonneau M and Lebret B (2010) Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Science* 84: 293–300.
- Boudechicha H, Sellama M, Hafid K, et al. (2016) Adoption of Proteomics in Traditional Meat Products: The Case of Khliaa Ezir, Food Futures: Ethics, Science and Culture. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, pp. 612–619.
- Bradford MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248–254.
- Canto AC, Suman SP, Nair MN, et al (2015) Differential abundance of sarcoplasmic proteome explains animal effect on beef Longissimus lumborum color stability. *Meat Science* 102: 90–99.
- Carrilho M, Campo M, Olleta J, et al. (2009) Effect of diet, slaughter weight and sex on instrumental and sensory meat characteristics in rabbits. *Meat Science* 82: 37–43.
- Chen C and Ren M (2014) The significance of license plate location based on lab color space. In: 2nd International Conference on Information, Electronics and Computer. Atlantis Press, pp. 78–81.
- Chen X, Tume RK, Xiong Y, et al. (2018) Structural modification of myofibrillar proteins by high-pressure processing for functionally improved, value-added, and healthy muscle gelled foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 58: 2981–3003.
- Cielab (1976) Colour system. Commission International de l'Eclairage (pp. 231). CIE Publication 36, Paris.
- CNIS (2017) Centre National d'Informatique et des Statistiques. 18 <https://www.commerce.gov.dz/media/bilan/source/commerce-exterieur/stat417.pdf>.
- Culler R, Smith G and Cross H (1978) Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science* 43: 1177–1180.
- Dalle Zotte A (2002) Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science* 75: 11–32.
- Dalle Zotte A, Cullere M, Régnon H, et al. (2016) Meat physical quality and muscle fibre properties of rabbit meat as

- affected by the sire breed, season, parity order and gender in an organic production system. *World Rabbit Science* 24: 145–154. <https://hal.inrae.fr/hal-02636589>
- Dalle Zotte A and Ouhayoun J (1998) Effect of genetic origin, diet and weaning weight on carcass composition, muscle physico-chemical and histochemical traits in the rabbit. *Meat Science* 50: 471–478.
- Dalle Zotte A, Szendrő K, Gerencsér Z, et al. (2015) Effect of genotype, housing system and hay supplementation on carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Meat Science* 110: 126–134.
- Daszkiewicz T and Gugolek A (2020) A comparison of the quality of meat from female and male Californian and Flemish giant gray rabbits. *Animals* 10: 2216.
- de Oliveira Paula MM, Bittencourt MT, de Oliveira TLC, et al. (2020) Rabbit as sustainable meat source: carcass traits and technological quality of meat and of mechanically deboned meat. *Research, Society and Development* 9: e5029119906–e5029119906.
- Dosler D, Polak T, Zlender B, et al. (2007) Relation of myofibril fragmentation to textural and chemical parameters of aged pork *Longissimus dorsi*. *Acta Agriculturae Slovenica* 90: 5–16.
- FAO (2021) Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole: Division de la statistique. <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>. Accessed 03/04/2023.
- Faustman C and Phillips A (2001) Measurement of discoloration in fresh meat. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*: F3.3.1–F3.3.13. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0303s00>
- Fletcher D, Qiao M and Smith D (2000) The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH. *Poultry Science* 79: 784–788.
- Gasperlin L, Polak T, Rajar A, et al. (2006) Effect of genotype, age at slaughter and sex on chemical composition and sensory profile of rabbit meat. *World Rabbit Science* 14: 157–166. <https://doi.org/10.4995/wrs.2006.558>.
- Grau R and Hamm R (1953) Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung im muskel. *Naturwissenschaften* 40: 29–30.
- Hafid K, Gagaoua M, Boudechicha HR, et al. (2016) A comparison of the carcass and meat quality of ISA (F15) spent hens slaughtered at two different ages. *American Journal of Food Technology* 11: 134–142. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01568770>
- He X, Pei Q, Xu T, et al. (2020) Smartphone-based tape sensors for multiplexed rapid urinalysis. *Sensors and Actuators B: Chemical* 304: 127415.
- Honikel KO (1998) Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49(4): 447–457.
- Hopkins D, Littlefield P and Thompson J (2000) A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Science* 56: 19–22.
- Huff-Lonergan E and Lonergan SM (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 71: 194–204.
- Hutchison CL, Mulley RC, Wiklund E, et al. (2012) Effect of concentrate feeding on instrumental meat quality and sensory characteristics of fallow deer venison. *Meat Science* 90: 801–806.
- International Organisation for Standardisation (1996) Meat and Meat products; determination of free fat content, ISO 1444.
- Joo S, Kauffman R, Kim B, et al. (1999) The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine *Longissimus* muscle. *Meat Science* 52: 291–297.
- Kadim I, Mahgoub O and Purchas R (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.
- Kozioł K, Maj D and Bieniek J (2015) Changes in the color and pH of rabbit meat in the aging process. *Medycyna Weterynaryjna* 71: 104–108.
- Laemmli (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *nature* 227: 680–685.
- Lawless HT and Heymann H (2010) *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. New York, NY: Springer.
- Lazzaroni C, Biagini D and Lussiana C (2009) Different rearing systems for fattening rabbits: performance and carcass characteristics. *Meat Science* 82: 200–204.
- Li K, Zhang Y, Mao Y, et al. (2012) Effect of very fast chilling and aging time on ultra-structure and meat quality characteristics of Chinese yellow cattle *M. Longissimus lumborum*. *Meat Science* 92: 795–804.
- Lonergan EH, Zhang W and Lonergan SM (2010) Biochemistry of postmortem muscle-lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science* 86: 184–195.
- Lounaoui-Ouyed G, Lakabi-Ioualilene D, Berchiche M, et al. (2008) Field beans and Brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. In: *Proc.: 9th World Rabbit Congress*, 10–13 June, 2008, Verona, Italy.
- Maj D, Bieniek J, Sternstein I, et al. (2012) Effect of genotype and sex on meat colour changes in rabbit. *Archives Animal Breeding* 55: 385–390.
- Marino R, Albenzio M, Della Malva A, et al. (2014) Changes in meat quality traits and sarcoplasmic proteins during aging in three different cattle breeds. *Meat Science* 98: 178–186.
- Martínez-Álvaro M and Hernández P (2018) Evaluation of the sensory attributes along rabbit loin by a trained panel. *World Rabbit Science* 26: 43–48.
- McGeehin B, Sheridan J and Butler F (2001) Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. *Meat Science* 58: 79–84.
- Metzger S, Szendrő Z, Bianchi M, et al. (2009) Effect of energy restriction in interaction with genotype on the performance of growing rabbits: II. Carcass traits and meat quality. *Livestock Science* 126: 221–228.
- Mouhous A, Guermah H, Djellal F, et al. (2021) Sustainability and profitability of commercial rabbitries in Tizi-Ouzou, Algeria, *World Rabbit Science Association*. 12th World Rabbit Congress Nantes, France, Communication F, pp. 09, 04 pp.
- Moumen S and Melizi MNZ (2016) The evaluation of organoleptic parameters of rabbit meat, was a notable way to promote the rabbit meat consumption. In: *Proc.: 11th World Rabbit Congress - June 15–18, Qingdao, China*, pp. 783–786.
- Nakyinsige K, Szilágyi AQ, Zulkifli I, et al. (2014) Influence of gas stunning and halal slaughter (no stunning) on rabbits welfare indicators and meat quality. *Meat Science* 98: 701–708.
- Olson GD and Stromer M (1976) Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *Journal of Food Science* 41: 1036–1041.
- Paci G, Prezioso G, D'Agata M, et al. (2013) Effect of stocking density and group size on growth performance, carcass traits and meat quality of outdoor-reared rabbits. *Meat Science* 93: 162–166.

- Paredi G, Raboni S, Bendixen E, et al. (2012) "Muscle to meat" molecular events and technological transformations: the proteomics insight. *Journal of Proteomics* 75: 4275–4289.
- Pascual M and Pla M (2007) Changes in carcass composition and meat quality when selecting rabbits for growth rate. *Meat Science* 77: 474–481.
- Pla M (2008) A comparison of the carcass traits and meat quality of conventionally and organically produced rabbits. *Livestock Science* 115: 1–12.
- Pla M and Apolinar R (2000) The filter paper press as a method for measuring water holding capacity of rabbit meat. *Word Rabbit Sci. Valencia. A*, 659–662.
- Pla M, Guerrero L, Guardia D, et al. (1998) Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: I. Between lines comparison. *Livestock Production Science* 54: 115–123.
- Prates JAM, e Costa FJG, Ribeiro AMR, et al. (2002) Contribution of major structural changes in myofibrils to rabbit meat tenderisation during ageing. *Meat Science* 61: 103–113.
- Prates JAM, Ribeiro AMR and Correia AAD (2001) Role of cysteine endopeptidases (EC 3.4. 22) in rabbit meat tenderisation and some related changes. *Meat Science* 57: 283–290.
- Radwan MA, Maggiolino A, Hassanien HA, et al. (2023) Dietary utilization of mealworm frass in rabbit feeding regimes and its effect on growth, carcass characteristics, and meat quality. *Frontiers in Veterinary Science* 10: 1069447.
- Rotolo L, Gai F, Nicola S, et al. (2013) Dietary supplementation of oregano and sage dried leaves on performances and meat quality of rabbits. *Journal of Integrative Agriculture* 12: 1937–1945.
- Safaa HM, Ragab M, Ahmed M, et al. (2023) Influence of polymorphisms in candidate genes on carcass and meat quality traits in rabbits. *PLoS ONE* 18(11): e0294051.
- Sampels S and Skoglund J (2021) Quality of carcasses and meat from male and female rabbits. *Теория и практика переработки мяса* 6: 255–258.
- Sanah I, Becila S, Djeghim F, et al. (2020) Rabbit meat in the east of Algeria: motivation and obstacles to consumption. *World Rabbit Science* 28: 221–237.
- Sanah I, Boudjellal A and Becila S (2022) Descriptive analysis of rabbit meat marketing parameters in the north-east of Algeria. *World Rabbit Sci.* 30: 163–180.
- Sentandreu MA, Coulis G and Ouali A (2002) Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science and Technology* 13(12): 400–421.
- Sid S, Benyoucef M, Mefti-Korteby H, et al. (2018) Performances de reproduction des lapines de souche synthétique et de population blanche en Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 30: Article #120.
- Siddiqui SA, Gerini F, Ikram A, et al. (2023) Rabbit meat production, consumption and consumers' attitudes and behavior. *Sustainability* 15(3): 2008.
- Smili H, Becila S, Della Malva A, et al. (2022) Postmortem muscle protein changes as a tool for monitoring Sahraoui dromedary meat quality characteristics. *Foods (Basel, Switzerland)* 11: 732.
- Strzyzewski T, Bilska A and Krysztofiak K (2008) Zależność pomiędzy wartością pH mięsa a jego barwą. *Nauka Przyroda Technologie. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu* 2: 2.
- Taylor RG, Geesink GH, Thompson VF, et al. (1995) Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? *Journal of Animal Science* 73: 1351–1367.
- Thiziri T, Rabiha A, Liza B, et al. (2021) Study of the histofunctional characteristics of the ovarian structures of rabbits of the synthetic strain in the state of pregnancy. 12th World Rabbit Congress Communication BP, - Nantes, France, pp. 31, 34 pp.
- Veiseth E, Shackelford S, Wheeler T, et al. (2001) Comparison of myofibril fragmentation index from fresh and frozen pork and lamb longissimus. *Journal of Animal Science* 79: 904–906.
- Wang J, Su Y, Elzo MA, et al. (2016) Comparison of carcass and meat quality traits among three rabbit breeds. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 36: 84.
- Xiccato G, Trocino A, Filiou E, et al. (2013) Bicellular cage vs. collective pen housing for rabbits: growth performance, carcass and meat quality. *Livestock Science* 155: 407–414.
- Zeferino C, Komiyama C, Fernandes S, et al. (2013) Carcass and meat quality traits of rabbits under heat stress. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* 7(3): 518–523.
- Zepeda-Bastida A, Martínez MA and Simental SS (2019) Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. *Revista Brasileira de Zootecnia* 48: e20190074.
- Zerrouki N, Bolet G, Berchiche M, et al. (2004) Breeding performances of local Kabyle rabbits does in Algeria. In: *Proc.: 8th World Rabbit Congress, 7-10 September 2004, Puebla Mexico*, pp. 371–377.

Discussion Générale

Dans cette section, nous discutons les principaux résultats que nous avons obtenus lors de notre travail expérimental.

La consommation des aliments peut être influencée par une grande variété de motivations. Les gens peuvent choisir la viande parce qu'ils en aiment le goût, parce qu'ils la considèrent saine, parce qu'elle est vendue à un bon prix, ou simplement parce qu'ils ont l'habitude d'en consommer. Ce sont toutes des raisons imaginables et valables qui peuvent déterminer la motivation d'un individu à consommer ou non de la viande. En général, ce n'est pas un seul motif qui détermine la décision du consommateur, mais l'interaction entre plusieurs (Hoek et al., 2011 ; Renner et al., 2012).

D'après les résultats de l'enquête de consommation (Publication 01). Il est intéressant de noter que le sexe, la situation professionnelle et la situation géographique des consommateurs sont les variables les plus importantes qui affectent significativement la fréquence de consommation ainsi que les facteurs encourageant ou limitant la consommation de viande cunicole. En revanche, d'autres variables comme l'âge et l'état matrimonial n'ont pas d'influence. Ces résultats corroborent ceux de recherches précédentes réalisées dans d'autres régions géographiques, qui mettent en évidence une corrélation entre la consommation de viande cunicole, le genre et le métier (McLean-Meynsse, 2000 ; Beal et al., 2004 ; González-Redondo, 2010). Le revenu peut donc être associé à la variation de la fréquence de consommation selon les Wilayas (Brunner et al., 2010 ; Escribá-Pérez et al., 2017), aux habitudes alimentaires des consommateurs, à la disponibilité de viande de lapin sur les marchés locaux. Dans cette situation, des études précédentes ont démontré que la viande de lapin est consommée dans toutes les régions d'Algérie, et plus spécifiquement dans le centre et l'est du pays, par les éleveurs et leur famille, c'est-à-dire en autoconsommation (Gacem et Lebas, 2000).

Chez les hommes, la consommation de viande de lapin est principalement influencée par le goût, la tendreté et la facilité de digestion, tandis que, les femmes la consomment généralement en raison de sa valeur nutritionnelle. Nos résultats suggèrent une préférence plus marquée pour la viande de lapin chez les hommes par rapport aux femmes. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par González-Redondo et al. (2010) dans leur étude sur les facteurs influençant la consommation de viande de lapin chez les étudiants universitaires espagnols. Cette étude a révélé une perception plus négative de la viande cunicole chez les femmes que chez les hommes, principalement pour des raisons émotionnelles et morales.

En examinant les principaux éléments qui restreignent la consommation de viande de lapin, les consommateurs ont des réactions diverses. La raison la plus mentionnée est la rareté de la viande de lapin sur le marché (42 %), suivie du prix d'achat (22 %), des habitudes alimentaires (17 %), du manque d'information sur la valeur nutritionnelle (13%) et, enfin, du mauvais goût perçu et de la ressemblance avec de la viande de chat, mentionnés à égalité (3%).

De nombreux écrivains ont étudié les raisons qui empêchent la consommation de la viande de lapin dans de nombreux pays. Par exemple, en Algérie, une étude réalisée auprès de bouchers, de restaurateurs et d'hôteliers à Tizi Ouzou a mis en évidence que la faible consommation de viande de lapin n'est pas causée par une demande insuffisante des consommateurs, mais plutôt par sa disponibilité limitée sur les marchés (Kadi *et al.*, 2008). En Tunisie, ce constat rejoint ceux rapportés par Bergaoui et Kriaa (2001), selon lesquels les tunisiens ne consomment pas de viande de lapin non pas par méconnaissance, mais en raison d'une présence insuffisante sur les marchés ou dans les supermarchés. De plus, les individus n'ont pas le réflexe d'y réfléchir et de l'acheter.

Concernant l'enquête auprès les bouchers (Publication 02). Notre enquête a révélé que les bouchers vendant de la viande cunicole se trouvent principalement en zones urbaines. Ces boucheries sont généralement situées sur les marchés municipaux et dans les centres commerciaux. Ce constat rejoint ceux de Kadi *et al.* (2013) et de Mezali *et al.* (2014), qui ont mené des études similaires dans d'autres régions d'Algérie.

Les résultats des tableaux croisés des facteurs de marketing de la viande cunicole (variables dépendantes) en fonction des caractéristiques sociogéographiques des bouchers (variables indépendantes) ont révélé des coefficients statistiquement significatifs entre la situation géographique des bouchers et certains facteurs de marketing. Le test du χ^2 (chi-carré) confirme que la situation géographique est associée de manière significative à quatre variables dépendantes : le type de viande vendue, les critères de vente du lapin, le volume des ventes hebdomadaires et la typologie de la clientèle. En revanche, la zone géographique est indépendante des autres facteurs tels que les sources d'approvisionnement en lapins et le format d'achat.

En ce qui concerne l'âge et le poids du lapin à la vente, notre enquête a révélé que le poids de vente se situe autour de 1,5 à 3 kg, et que l'âge à l'abattage est de 10 à 14 semaines, avec un rendement d'abattage d'environ 65 %. Ces résultats sont très proches de ceux observés dans d'autres régions géographiques. Une étude récente réalisée par Benabdelaziz *et al.* (2020) dans la région de Blida a révélé un poids de vente d'environ 2,45 kg.

Dans une autre recherche menée par [Dalle Zotte et Cullere \(2019\)](#), les auteurs mettent en évidence le fait que les lapins élevés à des fins de viande dans des systèmes intensifs sont abattus à l'âge de 11 à 13 semaines, ce qui entraîne une homogénéité de la carcasse. Quant au prix de vente de la viande de lapin, celui-ci varie entre 700 et 900 DA/kg (4,35 et 5,59 €/kg). Le lapin vivant se vend quant à lui entre 300 et 400 DA. Des études antérieures, menées par [Benabdelaziz et al. \(2020\)](#), ont rapporté que le lapin vivant se vendait à un prix variant entre 360 et 400 DA/kg en gros et entre 500 et 550 DA/kg au détail, tandis que, le lapin abattu se vendait entre 650 et 800 DA/kg. Il a été observé que le prix du kg de viande de lapin est plus élevé que celui des viandes blanches, telles que la volaille à 298 DA et le dindon à 405 DA, mais inférieur à celui des viandes rouges, comme le bœuf à 1251 DA et le mouton à 1486 DA/kg.

Notre enquête a révélé les principaux obstacles qui entravent la commercialisation de la viande de lapin. Le manque de connaissance et de sensibilisation à la viande de lapin a été souligné et exprimé par la majorité des bouchers interrogés, suivi du coût de production élevé, du prix de vente élevé et enfin de l'indisponibilité de la viande de lapin sur le marché.

Plusieurs solutions ont été proposées par les bouchers afin d'améliorer la commercialisation de la viande cunicole telles que : la sensibilisation du public aux bienfaits nutritionnels de la viande cunicole pour la santé, l'accroissement du soutien à l'élevage de lapins, et l'augmentation de la production par rapport à la baisse des prix. Ces suggestions confirment celles d'études antérieures menées dans d'autres contextes géographiques. À titre d'illustration, en Algérie, [Kadi et al. \(2008\)](#) a souligné l'importance de sensibiliser le public à la haute qualité nutritionnelle de la viande de lapin. Il est donc nécessaire de prêter une attention particulière aux points de vente et aux promotions de la viande de lapin dans la région de Tizi-Ouzou.

Relativement aux effets du génotype et du sexe sur les caractères morphométriques de deux groupes de lapins (Publication 03), le facteur génétique, comme prévu, a influencé la plupart des mesures morphométriques, qui étaient plus élevées chez la lignée synthétique que chez la population locale. Cependant, le sexe et l'interaction entre génotype et sexe (GxS) n'ont eu un effet significatif que sur le tour de poitrine.

Étant donné que la présente étude est la première à analyser les caractères morphométriques de la population locale de lapins algériens par rapport à la lignée synthétique, il a été difficile de comparer les résultats obtenus avec la littérature internationale. Les rares études disponibles se sont souvent concentrées sur l'étude d'une corrélation phénotypique entre le poids corporel et les mensurations corporelles ([Hassan et al., 2012](#) ; [Adamu et al., 2022](#)).

Une étude récente réalisée par [Setiaji et al. \(2022a\)](#) portant sur quatre races de lapins (Géant des Flandres, tacheté anglais, Angora et Rex) âgés de plus de 12 mois a montré plusieurs différences et similitudes dans les caractères corporels entre les races. Les auteurs ont cité différents facteurs tels que le sexe, le type génétique, les conditions environnementales et les différents modes de conduite d'élevage pratiqués par les éleveurs.

Examinant les résultats des caractéristiques de carcasse de deux races de lapins, il est apparu que la majorité des caractéristiques de carcasse (telles que : rendement à l'abattage, le poids à l'abattage, la masse grasse dissécable, etc.) ont été davantage influencées par le génotype que par le sexe. A titre d'exemple, le poids vif à l'abattage (P_{vif}) à 90 j des deux groupes a été significativement affecté par le génotype ($P < 0,001$) et son interaction avec le sexe ($P < 0,01$). Le P_{vif} des mâles et des femelles issus de la lignée synthétique était respectivement supérieur de 41 % et 22 % à celui du groupe des lapins locaux. Comme le rapportent [Šimek et al. \(2019\)](#), qui soulignent que le P_{vif} chez les lapins à viande est un paramètre crucial pour l'économie de la production de viande de lapin. Des résultats similaires ont été obtenus par [Belabbas et al. \(2019\)](#) en utilisant les mêmes races au même âge ; ils ont constaté que la lignée synthétique présentait un poids vif supérieur à la population locale (+15 %, $P < 0,0001$).

Examinant la composition chimique proximale du muscle de la cuisse de lapins de deux génotypes. Les résultats ont montrés que le sexe n'a pas eu d'effet significatif ($P > 0,05$) sur la teneur en principaux composants chimiques de la viande, à l'exception de la teneur en cendres ($P < 0,05$). De même, aucune différence n'a été observée entre les génotypes en termes de teneur en protéines, cendres et humidité ($P > 0,05$). Toutefois, un effet significatif de la race ($P < 0,05$) et de l'interaction G x S ($P < 0,05$) a été observé sur la teneur en gras et en cendres, respectivement. Notamment, la teneur en gras la plus élevée a été observée chez la lignée synthétique (+13 % et +62 %) entre les mâles et les femelles des races synthétique et locale, respectivement. Ces résultats en accord avec de nombreuses études antérieures ([Belabbas et al., 2019](#) ; [Abou-Saleh et al., 2022](#)). En outre, plusieurs auteurs ont tenté de comparer la composition chimique du muscle de la patte arrière entre les mâles et les femelles ainsi qu'entre différents génotypes de lapins ; par exemple, [Gál et al. \(2022\)](#) ont constaté que le génotype n'influait que la teneur en cendres, alors que l'interaction G x S a eu un impact important sur la quantité de protéines brutes et de cendres.

Dans l'ensemble, le génotype et l'interaction GxS ont eu un impact sur les AG les plus représentatifs, en particulier les AG polyinsaturés n-3 (AGPI n-3) et n-6 (AGPI n-6) ($p < 0,05$).

De manière similaire, [Daszkiewicz et Gugolek \(2020\)](#) ont observé dans leur étude que la race influençait la concentration en acide gras tels que l'acide laurique, pentadecanoïque, margarique, stéarique et arachidique. En ce qui concerne l'effet du sexe, les profils en AG saturés (AGS) et mono-insaturés (AGMI) de la viande de lapin étaient similaires chez les mâles et les femelles des deux races. Seules les concentrations en acide stéarique ($P < 0,01$), arachidique ($P < 0,01$) et nervonique ($P < 0,05$) présentaient une différence significative. En revanche, la plupart des proportions d'AGPI n-6 et n-3 étaient affectées par le sexe des animaux, à l'exception de l'acide eicosapentaénoïque (C22:5 n-6), de l'acide α -linoléique et de l'acide eicosapentaénoïque (C20:5 n-3).

Quant aux propriétés physico chimiques (Publication 04) de la viande cunicole. Des différences liées au génotype ont été observées pour la plupart des caractéristiques physico-chimiques étudiées, telles que la perte en eau à la cuisson ($P < 0,001$), le pourcentage d'eau libérée ($P < 0,001$). En désaccord avec les résultats de cette recherche, plusieurs études n'ont pas trouvé d'effet significatif du génotype sur la PC (%) ([Metzger et al., 2009](#) ; [Dalle Zotte et al., 2015](#) ; [Safaa et al., 2023](#)).

Aucune différence significative de CRE n'a été observée entre les groupes et les sexes. Cependant, en analysant le pourcentage d'eau libérée, une différence significative a été mise en évidence en fonction du génotype ($P < 0,001$). La race locale avait tendance à présenter un taux de perte d'eau reléguée (PER) plus élevé que la nouvelle lignée. Ces résultats divergent de ceux de [Daszkiewicz et Gugolek \(2020\)](#) qui ont observé des variations de la CRE selon la race, mais pas selon le sexe. Des constatations similaires ont été rapportées par [Pla et al. \(1998\)](#) et [Pla \(2008\)](#) dans leurs recherches sur la viande cunicole.

En outre, la viande de la race locale présente un taux de myoglobine plus élevé pour les deux sexes par rapport à la nouvelle lignée. Le facteur génétique des lapins a eu un effet significatif sur la concentration en myoglobine ($P < 0,001$). Cependant, ni le sexe ni l'interaction SxG n'ont produit de différences significatives dans le niveau de myoglobine de la viande.

Dans le même contexte, les valeurs de L^* mesurées dans cette expérience étaient plus faibles que les résultats de plusieurs études ([Maj et al., 2012](#) ; [Kozioł et al., 2015](#) ; [Zepeda-Bastida et al., 2019](#) ; [Sampels et Skoglund, 2021](#)).

D'autre part, les échantillons de viande de la race locale présentaient un indice de fragmentation myofibrillaire significativement plus faible que ceux de la nouvelle lignée.

Le génotype a eu un effet significatif ($P < 0,001$) sur les valeurs de l'IFM ; alors que l'interaction GxS n'a eu aucun effet sur cette variable ($P > 0,05$).

Tandis que, l'analyse du profil électrophorétique des protéines myofibrillaires par SDS-PAGE n'a révélé aucune distinction particulière entre les deux races en ce qui concerne le nombre et l'intensité des bandes des profils protéiques myofibrillaires et sarcoplasmiques. De plus, aucune différence significative n'a été enregistrée dans les paramètres sensorielles de la viande ($P > 0,05$). Il est intéressant de noter qu'aucune différence significative n'a été trouvée entre la viande de lapins mâles et femelles pour toutes les variables étudiées ($P > 0,05$).

Finalement, et concernant la comparaison sensorielle de la viande de deux groupes de lapins, nos résultats montrent que parmi les onze attributs sensoriels de la viande, les panélistes ont attribué des notes élevées à la tendreté, à l'appréciation globale, à l'intensité du goût et à l'intensité de l'odeur de lapin. En revanche, les deux génotypes ont obtenu des scores plus faibles pour l'intensité de l'odeur du gras, l'aspect fibreux et présence de résidus. Des résultats similaires ont été obtenus par [Moumen et al. \(2016\)](#) dans leur recherche sur le lapin local algérien élevé dans la région des Aurès (nord-est de l'Algérie), où l'analyse sensorielle a révélé que la viande était très tendre, juteuse et avait un goût caractéristique.

Conclusion générale

Cette thèse a un double objectif. D'une part, elle vise à analyser les facteurs de consommation et de commercialisation de la viande de lapin dans le nord-est de l'Algérie, et d'autre part, à caractériser la qualité de la viande cunicole produite par la population locale et comparer ses propriétés à celles de la nouvelle lignée synthétique (ITELV2006).

Deux enquêtes menées auprès des consommateurs et des bouchers algériens ont donné des résultats concernant les facteurs de consommation et de commercialisation de la viande de lapin. Ces résultats soulignent plusieurs aspects essentiels concernant la consommation et la vente de la viande de lapin.

Concernant la consommation de viande de lapin, nos résultats ont montré que des variables telles que l'âge ($P=0,17$), le sexe ($P=0,10$) et l'état matrimonial ($P=0,86$) ne présentaient pas d'association significative avec la fréquence de consommation. En revanche, la situation professionnelle ($P=0,02$) et la proximité géographique des fermes d'élevage de lapins ($P<0,0001$) se sont avérés être les déterminants les plus forts de la fréquence de consommation et les facteurs d'influence les plus importants.

Selon les résultats de l'enquête, malgré les bénéfices potentiels, la consommation de viande de lapin demeure étonnamment faible. La majorité des répondants n'en font usage que deux ou trois fois par an. Il convient de souligner que les éleveurs et leur famille sont les principaux consommateurs, qui intègrent souvent la viande de lapin dans leur régime alimentaire pendant des périodes particulières ou lors d'événements particuliers.

L'étude met en lumière trois catégories principales de facteurs influençant la consommation de viande de lapin : les propriétés sensorielles, les facteurs psychologiques et sociogéographiques. Le bon goût et la valeur nutritionnelle sont des indices de qualité intrinsèque qui encouragent la consommation de lapin. Lors de leurs achats, les consommateurs accordent la priorité à des aspects supplémentaires tels que la tendreté, la fraîcheur et le coût. Il convient également de noter que la consommation de viande de lapin peut être fortement influencée par son accessibilité et son prix sur le marché.

Quant à l'enquête auprès des bouchers, l'analyse des données révèle des points d'intérêt significatifs concernant les spécificités de la boucherie de viande cunicole dans le nord-est de l'Algérie. La localisation géographique des boucheries présente une forte association avec la présence des exploitations d'élevage de lapins, en particulier dans les grands centres urbains.

Ce lien géographique observé se traduit également par des corrélations statistiquement significatives entre la localisation des bouchers et diverses caractéristiques marketing, notamment le type de viande vendue ($P=0,001$), les critères de vente du lapin ($P=0,000$), le volume des ventes hebdomadaires ($P<0,0001$) et la typologie de clientèle ($P=0,012$). En revanche, la zone géographique est indépendante des autres facteurs tels que les sources d'approvisionnement en lapins et le format d'achat.

Selon les observations enregistrées et comme dans de nombreux pays en développement, la vente de la viande de lapin reste une activité nouvelle et de base. Des pratiques de commercialisation informelles à petite échelle prédominent dans les wilayas étudiées. Il est à noter que la distribution de viande de lapin se fait principalement sous forme de carcasses entières. Plusieurs facteurs clés entravent l'expansion de la commercialisation de la viande de lapin : une connaissance et une compréhension limitées des consommateurs, des coûts de production élevés, des prix de marché en conséquence et une disponibilité incohérente du produit.

Comme l'ont montré les résultats précédents, la consommation et la commercialisation de la viande de lapin constituent un problème complexe qui nécessite de prendre en compte de nombreux facteurs. Le potentiel d'une augmentation de la consommation de viande de lapin existe, mais il convient de relever un certain nombre de défis.

Le soutien accru aux éleveurs et la promotion de l'amélioration génétique, l'amélioration des stratégies d'élevage et le développement de ressources alimentaires incitent à substituer la viande de poulet et de dinde par celle de lapin. Cette substitution repose sur plusieurs facteurs : la réduction des coûts pour améliorer l'accessibilité financière des consommateurs, l'amélioration de la distribution et de l'accessibilité sur le marché, ainsi que des campagnes globales d'éducation des consommateurs s'appuyant sur les médias traditionnels et les plateformes de médias sociaux pour mettre en avant les avantages nutritionnels et environnementaux de la viande de lapin. Ces approches multiformes, axées en particulier sur des messages informatifs et sur la prise en compte des réticences émotionnelles par une meilleure présentation des produits et un emballage esthétique, pourraient modifier efficacement les attitudes et les perceptions des consommateurs vis-à-vis de la consommation de viande de lapin.

Les résultats concernant les caractères morphologiques du lapin et la qualité de la viande permettent de conclure que le facteur génétique influence significativement la plupart des mesures morphométriques, les traits de la carcasse et les paramètres de qualité de la viande. La lignée synthétique a démontré un potentiel génétique supérieur à la population locale, se traduisant par des caractéristiques de carcasse optimales, notamment un poids d'abattage plus élevé (les mâles et les femelles issus de la lignée synthétique étaient respectivement 41% et 22% plus lourds que les lapins locaux). De plus, elle a affiché un bon rendement à l'abattage (60%) avec une valeur moyenne de rendement supérieur (+ 5%) par rapport à la population locale. En outre, la lignée synthétique présentait une composition biochimique intéressante de la viande, avec une teneur plus élevée en protéines et en gras. À l'inverse, la population locale possédait un profil en acides gras plus avantageux, avec une teneur la plus élevée en acides gras polyinsaturés n-3 et n-6.

Il convient également de noter que des différences significatives liées à la race ont été observées dans les propriétés physico-chimiques et les caractères de qualité du muscle LL de deux races de lapins. Par rapport à la race locale, la nouvelle souche présentait une plus grande tendreté ($P < 0,001$), des pertes à la cuisson réduites ($P < 0,001$) et un relargage d'eau plus faible ($P < 0,001$). La concentration en myoglobine et les paramètres de couleur différaient également de manière significative entre les deux groupes ($P < 0,001$). Il est à noter que le sexe n'a pas exercé d'influence notable sur les propriétés globales de qualité de la viande évalués ($P < 0,05$). L'évaluation sensorielle n'a révélé aucune différence perceptible dans l'attrait pour les consommateurs entre la nouvelle lignée et la population locale ($P > 0,05$).

On a constaté une disparité statistiquement significative entre les deux groupes expérimentaux pour les caractéristiques de la viande de lapin évaluées. Cette disparité peut être principalement attribuée à l'interaction de facteurs génétiques et hétérotiques. L'influence du sexe ne s'est pas avérée statistiquement significative, possiblement en raison d'un dimorphisme sexuel incomplet à l'âge analysé. Par conséquent, on peut en déduire que le sexe joue un rôle subordonné dans la formation des caractéristiques de la viande cunicole par rapport aux influences génétiques et hétérotiques.

Finalement, notre étude a contribué d'une part à la caractérisation de profil du consommateur algérien de viande de lapin.

Les résultats fournissent des renseignements précieux pour orienter les responsables tels que les gouvernements, les planificateurs, les instituts et les universitaires dans la promotion de la production de viande de lapin ou dans l'élaboration de nouvelles stratégies marketing. Cela permet de mieux comprendre les difficultés à consommer de la viande de lapin en Algérie.

Par ailleurs, cette recherche permet d'approfondir notre compréhension des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et sensorielles de la viande produite par la nouvelle race de lapins (ITELV 2006). Selon les résultats, il est possible que le croisement ait un impact positif sur les caractéristiques de la qualité de la viande. De telles améliorations pourraient avoir un impact positif sur l'acceptation par les consommateurs de la viande de lapin synthétique en Algérie. Par conséquent, il est recommandé aux éleveurs de lapins de prendre en compte ces résultats pour exploiter ces avantages potentiels.

En termes de perspectives de recherche futures, ce travail pourrait être complété et renforcé par :

- ⇒ Des investigations auprès d'autres acteurs cruciaux du secteur, tels que les producteurs et les détaillants ;
- ⇒ Compléter nos recherches sur la qualité nutritionnelle de la viande de lapin en déterminant le profil en acides aminés, vitamines et minéraux ;
- ⇒ Effectuer des recherches sur la chaîne d'abattage, la conservation et le packaging afin d'améliorer la maîtrise de la qualité microbiologique de la viande cunicole.
- ⇒ Sur le plan du développement de ce type de production, il est essentiel de promouvoir la création de start-ups par de jeunes éleveurs et de veiller à leur accompagnement. Ceci permettrait de stimuler la production de viande de lapin et d'encourager l'innovation dans le secteur. En soutenant les jeunes entrepreneurs, en leur fournissant des ressources et des conseils appropriés, nous pouvons favoriser une croissance durable de cette industrie. De plus, cela pourrait contribuer à dynamiser l'économie locale en créant de nouvelles opportunités d'emploi et en répondant à la demande croissante de viande de lapin sur le marché.

Références Bibliographiques

A

- Abdel-Azeem, A., A. M. Abdel-Azim, A. A. Darwish and E. M. Omar. (2007). Litter traits in four pure breeds of rabbits and their crosses under prevailing environmental conditions of Egypt. The 5th inter. *Con. on Rabbit Prod. in Hot Clim.*, Hurghada, Egypt. 39-51.
- Aboah J., Lees N. (2020). Consumers use of quality cues for meat purchase: Research trends and future pathways. *Meat Sci.*, 166: 108142. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108142>
- Abou-Saleh, R., A. Soliman, M. El-Mahdy and T. Hassan. (2022). Influence of Weaning Age and Housing System on Carcass Traits and Meat Quality of V-Line and Moshtohor Rabbits. *Annals Agric. Sci. Moshtohor*. 60(4).
- Abu A., Onifade A.A., Abanikanda O.T.F., Obineye R.I. (2008). Status and Promotional Strategies for Rabbit Production in Nigeria. In: *9th World Rabbit Congress*. 10-13 June, 2008, Verona, Italy. 1499-1503.
- Acebrón L..B., Dopico D.C., (2000). The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality: an empirical application for beef. *Food Qual Prefer.*, 11: 229- 238. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(99\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(99)00059-2).
- Adamu, J., A. Adam, A. Yahaya, A. Raji, H. Ab-baya and I. Ogu. (2022). Phenotypic correlation of body weight and morphometric measurements of two breeds of rabbit. *J. Anim. Sci. Vet. Med.* 7(1):1-5.
- Adanguidi J. (2020). Analysis of Consumer Demand and Preference for Rabbit Meat in Benin. *Int. J. Mark. Stud.*, 12. <https://doi.org/10.5539/ijms.v12n1p14>
- AENOR. (2006). Asociación Española de Normalización y Certificación. Norm UNE-EN ISO 4121:2006. Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scales (ISO 4121:2003). Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) editors, Madrid, Spain.
- Afolabi, K., P.O. Orimoloye, A.A. Awah, B.C. Lalabe and F.O. Odekina. (2012). Estimation of inter-relationship between body weight and morphometric structural measurements of domestic rabbits reared under matured rubber plantation. *World J. Young Researchers*. 2:83-87.
- Akinsola, O., B. Nwagu, M. Orunmuyi, G. Iyeghe-Erakpotobor, E. Eze, A. Shoyombo, E. Okuda and U. Louis. (2014). Prediction of bodyweight from body measurements in rabbits using principal component analysis. *Sci. J. Anim. Sci.* 3:15-21.
- Alboghady M.A., Alashry M.K. (2010). The demand for meat in Egypt: An almost ideal estimation. *Afr. J. Agr. Res. Econ.*, 4(1):70-81.
- American Meat Science Association (1995). Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Chicago, Illinois, USA: *National Livestock and Meat Board*.
- AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemists, Official methods of analysis of AOAC international (17th edition). USA.

- Ariño B., Hernández P., Pla M., Blasco A. (2007). Comparison between rabbit lines for sensory meat quality. *Meat science* 75, 494-498. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.08.013>
- Arnold J. (2005). L'histoire du lapin. Dans : Parcours animalier, Escapades zootechniques, Cheminement cunicicole.
- Arnold J., Rochambeau H. & Menigoz J.J. (2005). La corrélation chez le lapin: Du patron au gène essai de synthèse critique des connaissances actuelles. *11ème Journées de la recherche cunicole*, 29-30 nov. 2005 Paris, ITAVI édit, 23-26.
- Aroun R., Tlili T., Benamara L., Khaldoun O.H., Daoudi-Zerrouki N. (2021). Histofunctional characteristics of the mammary gland in a synthetic rabbit strain, *12th World Rabbit Congress*. Communication BP-03, Nantes, France, p. 4 pp.
- ASTME2263 (2012). Standard test method for paired preference test.

B

- Balaguer, C.M. (2014). Genetic Analyses of Growth, Carcass and Meat Quality Traits in Maternal Lines of Rabbits and Their Diallel Cross/Análisis Genético de Caracteres de Crecimiento, Matadero y Calidad de Carne en Lineas Maternales de Conejo y en su Cruzamiento Dialélico, Universitat Politècnica de València.
- Baruwa I.O. (2014). Profitability and constraints to Rabbit production under tropical conditions in Nigeria. *J. Livest. Sci.*, 5: 83-88.
- Bastian B., Loughnan S., Haslam N., Radke H.R. (2012). Don't mind meat? The denial of mind to animals used for human consumption. *Pers. Soc. Psychol. B.*, 38: 247-256. <https://doi.org/10.1177/0146167211424291>
- Baviera-Puig A., Buitrago-Vera J., Escribá-Pérez C., Montero- Vicente L. (2017). Rabbit meat sector value chain. *World Rabbit Sci.*, 25: 95-108. <https://doi.org/10.4995/wrs.2017.6565>
- Beal M.N., McLean-Meyinsse P.E., Atkinson C. (2004). An Analysis of Household Consumption of Rabbit Meat in the Southern United States. *J. Food Distrib. Res.*, 35(1), 24-29.
- Becker T., Benner E., Glitsch K. (2000). Consumer perception of fresh meat quality in Germany. *Brit. Food J.*, 102: 246-266. <https://doi.org/10.1108/00070700010324763>
- Belabbas R., García M.L., Ainbaziz H., Berbar A., Zitouni G., Lafri M., Bouzouan M., Merrouche R., Ismail D., Boumahdi Z., Benali N., Argente M. (2016). Ovulation rate and early embryonic survival rate in female rabbits of a synthetic line and a local Algerian population. *World Rabbit Sci.*, 24: 275- 282. <https://doi.org/10.4995/wrs.2016.5301>
- Belabbas R., Luz García M.L., Ainbaziz H., Benali N., Berbar A., Boumahdi Z., Argente M.J. (2019). Growth performances, carcass traits, meat quality, and blood metabolic parameters in rabbits of local Algerian population and synthetic line, *Vet. World*, 12: 55-62. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.55-62>
- Belabbas, R., M. de la Luz García, H. AinBaziz, A. Berbar and M. J. Argente. (2021). Litter size component traits in two Algerian rabbit lines. *World Rabbit Sci.* 29(1):51-58.

- Belabbas, R., R. Ezzeroug, M. L. García, A. Ber-bar, G. Zitouni, D. Talaziza, Z. Boudjella, N. Boudahdir, S. Dis and M. J. Argente. (2023). Prenatal factors affecting the probability of survival between birth and weaning in rabbits. *World Rabbit Sci.* 31: 11-20.
- Benabdelaziz T., Harouz-Cherifi Z., Mouhous A., Larbi R., Kadi S.A. (2020). Rabbit Meat Commercialization: Particularities and Constraints in the Region of Tizi-Ouzou (Algeria). *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 4: 366-377. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2020.274.9>
- Berchiche M., Lebas F. (1994). Rabbit rearing in Algeria: family farms in the Tizi Ouzou area. In: Baselga M. (ed.), Marai I.F.M. (ed.). Rabbit production in hot climates. Zaragoza: CIHEAM, 1994. 409-413. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 8). 1. *International Conference of rabbit production in hot climates*, 1994/09/06-08, Cairo (Egypt). Available at: <http://om.ciheam.org/om/pdf/c08/95605318.pdf>. Accessed April 2020.
- Berchiche M., Lebas F., Lounaouci G., Kadi S. A. (1996). Feeding of local population rabbits : Effect of straw addition to low fiber pelleted diets, on digestibility, growth performance and slaughter yield. Proc. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 9-12/07/1996, vol. 1: 89-92.
- Berchiche M., Kadi S.A., Lebas F. (2000). Valorisation of Wheat by products by growing rabbits of local Algerian population. In Proc.: 7th world rabbit congress, 4-7 July 2000, Valencia, Spain, 119-124.
- Berchiche M., Kadi S.A., (2002). The kabyle rabbits (Algeria) Rabbit Genetique Ressources in Mediterranean countries.
- Berchiche, M., Cherfaoui, D., Lounaouci, G., Kadi, S.A. (2012). Utilisation de lapins de population locale en élevage rationnel : Aperçu des performances de reproduction et de croissance en Algérie. 3ème Congres Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie, 6-10 novembre 2012 Marrakech, Maroc. Recueil des résumés, 42p.
- Bergaoui R., Kriaa S. (2001). Modern rabbit production in Tunisia. *World Rabbit Sci.*, 9: 69-76. <https://doi.org/10.4995/wrs.2001.448>
- Besbes, M., Sellami, H., Cheikhrouhou, F., Makni, F., Ayadi, A. (2003). L'abattage clandestin en Tunisie: enquête sur les connaissances et les pratiques des bouchers face à l'hydatidose. Bulletin de la Société de pathologie exotique, 96: 320-322.
- Bidanel J.P., (1992). Comment exploiter la variabilité génétique entre races : du croisement simple à la souche synthétique. INRA Prod. Anim., hors-série " Eléments de génétique quantitative et application aux populations animales", 249-254.
- Blanchet X. (2010). Des gènes impliqués dans la variabilité de la tendreté des viandes bovines : étude structure-fonction de l'anti-protéase codée par le gène bovin SERPINA3-3 (Doctoral dissertation, Limoges).
- Blasco Mateu, A., J. Ouhayoun and G. Masoero. (1993). Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Sci.* 1.
- Blasco A, Ouhayoun J. (1993). Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *Revised proposal. World Rabbit Sci* 4:93-99.

- Blasco A., Ouhayoun J. (1996). Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World rabbit science* 4. 93-99. <http://hdl.handle.net/10251/10468>
- Boakye K., Mittal G. S. (1993). Changes in pH and water holding properties of Longissimus dorsi muscle during beef ageing. *Meat Science*, 34(3), 335-349.
- Bodnar K., Horvath J. (2008). Consumers' opinion about rabbit meat consumption in Hungary. *9th World Rabbit Congress*, 10-13 June, 2008, Verona, Italy, 1519-1522.
- Bodnar K. (2009). Rabbit production and consumption in Hungary. *Lucrări Științifice, Seria Agronomie*, 52, 69-72.
- Boler, D. D., & Woerner, D. R. (2017). What is meat? A perspective from the American Meat Science Association. *Animal Frontiers*, 7(4), 8-11.
- Boles JA, Pegg R. (2001). Meat Color. Montana State University and Saskatchewan. Food Product Innovation Program.
- Bolet G., Zerrouki N., Gacem M., Brun J.M., Lebas F. (2012). Genetic parameters and trends for litter and growth traits in a synthetic line of rabbits created in Algeria. *10th World Rabbit Congress*. 3-6 September, 2012, Sharm El-Sheikh, Egypt, 195-199.
- Bonneau M., Lebret B. (2010). Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat science* 84, 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.013>
- Bonnet, M., Ouali, A. & Koop, J.(1992). Beef muscle osmotic pressure as assessed by differential scanning calorimetry (DSC). *Int. J. Food Sci. Technol.*, 27, 349-408.
- Borter D.K., Mwanza R.N. (2011). Rabbit production in Kenya, current status and way forward. In Proc.: Annual Scientific Symposium of the Animal Production Society of Kenya. Driving livestock entrepreneurship towards attainment of food sufficiency and Kenya Vision 2030. *Animal Production Society of Kenya*. Nairobi: 13-19.
- Boudechicha H., Sellama M., Hafid K., Boudjellal A., Gagaoua M. (2016). Adoption of proteomics in traditional meat products: the case of Khliaa Ezir, Food futures: ethics, science and culture, *Wageningen Academic Publishers*, pp. 612-619. https://doi.org/10.3920/978-90-482-8686-834-6_92
- Bradford M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry* 72, 485-489. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Brahmantiyo, B., H. Nuraini, A. W. Putri, M. Mel and C. Hidayat. (2021). Phenotypic and morphometric characterization of Hycole, Hyla and New Zealand White rabbits for KUAT hybrid (tropical adaptive and superior rabbit). *Sarhad J. Agric.* 37:09-15.
- Branco, M., N. Ferrand, and M. Monnerot. (2000). Phylogeography of the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in the Iberian Peninsula inferred from RFLP analysis of the cytochrome b gene. *Heredity* 85:307-317.
- Brun J.M., Baselga M. (2005). Analysis of reproductive performances during the formation of a rabbit synthetic strain. *World Rabbit Sci.*, 13, 239-252.

- Brunner T.A., van der Horst K., Siegrist M. (2010). Convenience food products. Drivers for consumption. *Appetite*, 55: 498- 506. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.08.017>
- Buitrago-Vera J., Escribá-Pérez C., Baviera-Puig A., Montero-Vicente L. (2016). Consumer segmentation based on food- related lifestyles and analysis of rabbit meat consumption. *World Rabbit Sci.*, 24: 169-182. <https://doi.org/10.4995/wrs.2016.4229>

C

- Canto, A. C., Suman, S. P., Nair, M. N., Li, S., Rentfrow, G., Beach, C. M., King, D. A. (2015). Differential abundance of sarcoplasmic proteome explains animal effect on beef Longissimus lumborum color stability. *Meat science*, 102, 90-98.
- Carabaño, R., & Piquer, J. (1998). The Digestive System of the Rabbit. In: C de Blas and J Wiseman (ed.) *The Nutrition of the Rabbit*. p 1. CABI Publishing, London.
- Carrilho, M. C., Campo, M. M., Olleta, J. L., Beltrán, J. A., López, M. (2009). Effect of diet, slaughter weight and sex on instrumental and sensory meat characteristics in rabbits. *Meat Science*, 82(1), 37-43.
- Castellini, C., Dal Bosco, A., & Bernardini, M. (2000). Improvement of lipid stability of rabbit meat by vitamin E and C administration. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 46–53
- Catalano, U. (1974). Iconografia dei Mammiferi d'Italia. www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/biblioteca/qcn_14.pdf (in Italian)
- Cavani C., Petracci M. (2004). Rabbit meat processing and traceability. In Proc.: 8th World Rabbit Congress, 7-10 September, 2004, Puebla, Mexico, 1318-1336. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2004.Puebla/Papers/Meat%20Quality/Q0-Cavani.pdf> Accessed November 2021.
- Cavani C., Petracci M., Trocino A., Xiccato G. (2009). Advances in research on poultry and rabbit meat quality. It. *J. Anim. Sci.*, 8: 741-750. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.741>
- Cea M.A. (2010). Métodos de encuesta. Teoría y práctica, errores y mejora. Editorial Síntesis, S.A., Madrid, Spain. 496 pp.
- Cesari V., Zucali M., Bava L., Gislon G., Tamburini A., Toschi I. (2018). Environmental impact of rabbit meat: The effect of production efficiency. *Meat Sci.*, 145: 447-454.
- CESFAC, Confederación Española de Fabricantes de Alimentos Compuestos para Animales. (2012). Mercados Estadística 2011. Fundación Cesfac, Madrid, Spain.
- Chalah T., Hajj E. (1996). Potentialities of rabbit meat production and consumption in Lebanon. *World Rabbit Sci.*, 4: 69-74.
- Chen, C., Ren, M., (2014). The significance of license plate location based on Lab color space, 2nd International Conference on Information, Electronics and Computer, Atlantis Press, pp. 78-81.
- Chen X., Tume R.K., Xiong Y., Xu X., Zhou G., Chen C., Nishiumi T. (2018). Structural modification of myofibrillar proteins by high-pressure processing for functionally improved,

- value-added, and healthy muscle gelled foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 58, 2981-3003. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1347557>
- Chikhi K. Padilla M. (2014). L'alimentation en Algérie: quelles formes de modernité?. *New Medit*, 13, n. 3, Bari, Italy.
- Chikhi K., Bencharif A. (2016). La consommation de produits carnés en Méditerranée: quelles perspectives pour l'Algérie. Zaragoza: CIHEAM, Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, 115: 435-440. Available at <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=00007311> Accessed November 2021.
- Cielab. (1976). Colour system. Commission International de l'Eclairage (pp. 231). CIE Publication 36, Paris.
- CNIS. (2017). Centre National d'Informatique et des Statistiques. 18 <https://www.commerce.gov.dz /media/bilan/source/commerce-extérieur-/stat417.pdf>.
- Colin M., Lebas. F. (1995). Le lapin dans le monde. AFC éditeur Lempdes, 330 pp.
- Colin, M., (1999). La cuniculture européenne. *Cuniculture* 150(26(6)), 299–301.
- Combes S., Lepetit J., Darche B., Lebas F. (2003). Effect of cooking temperature and cooking time on Warner-Bratzler tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. *Meat Science*, 66(1), 91-96.
- Combes, S. (2004). Valeur nutritionnelle de la viande de lapin. *INRAE Productions Animales* 17:373-383.
- Combes S., Dalle Zotte A., (2005). La viande de lapin : valeur nutritionnelle et particularités technologiques. In Proc. 11èmes Journ. Recherche Cunicole, 29-30 Novembre, Paris, France, 167-182.
- Coutelet G., Hurand J. (2016). Resultados tecnico-economicos de los productores de conejos en Francia en 2014. In: XLI Symposium de Cunicultura. ASESCU. 12 and 13 May 2016, Hondarribia, Spain, 168-173.
- Crawford M., Marsh D. (1995). Nutrition & Evolution. Deats Publishing, Inc. New Canaan, Connecticut.
- Culler R., Smith G., Cross H. (1978). Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *Longissimus* muscle. *Journal of food Science* 43, 1177-1180. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb15263.x>
- Cullere M., Dalle Zotte A. (2018). Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Sci.*, 143: 137-146. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.029>

D

- Dairo F.S., Abai H.M., Oluwatusin F.M. (2012). Social acceptability of rabbit meat and strategies for improving its consumption in ekiti state nigeria. *J. Livest. Res. Rural. Dev.* 24. Available at: <http://www.lrrd.org/lrrd24/6/dair24094.htm> Accessed November 2021.
- Dal Bosco, A., Castellini, C., & Bernardini, M. (2001). Nutritional quality of rabbit meat as

- affected by cooking procedure and dietary vitamin E. *Journal of Food Science*, 66, 1047–1051
- Dalle Zotte A., Parigi Bini R., Xiccato G., Simionato S. (1995). Proprietà tecnologiche e sensoriali della carne di coniglio. Influenza dello stress da trasporto, del sesso e dell'età di macellazione. *Coniglicoltura*, 6, 33-39.
- Dalle Zotte A., Ouhayoun J. (1995). Post-weaning evolution of muscle energy metabolism and related physico-chemical traits in the rabbit. *Meat Sci.*, 39, 395-401.
- Dalle Zotte A., Ouhayoun J. (1998). Effect of genetic origin, diet and weaning weight on carcass composition, muscle physicochemical and histochemical traits in the rabbit. *Meat science* 50, 471-478. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00060-6)
- Dalle Zotte A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock production science* 75, 11-32. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00308-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00308-6)
- Dalle Zotte, A. (2004). Avantage diététiques. Le lapin doit apprivoiser le consommateur. *Viandes Produits Carnés*, 23(6), 1-7.
- Dalle Zotte, A. and Z. Szendrő. (2011). The role of rabbit meat as functional food. *Meat Sci.* 88:319-331.
- Dalle Zotte A. (2014). Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers*; 4: 62-67. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0035>
- Dalle Zotte A., Szendrő K., Gerencsér Z., Szendrő Z., Cullere M., Odermatt M., Radnai I., Matics Z. (2015). Effect of genotype, housing system and hay supplementation on carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Meat science* 110, 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.012>
- Dalle Zotte A., Cullere M., Réminon H., Alberghini L., Paci G. (2016). Meat physical quality and muscle fibre properties of rabbit meat as affected by the sire breed, season, parity order and gender in an organic production system. *World Rabbit Science* 24, 145-154. <https://hal.inrae.fr/hal-02636589>
- Dalle Zotte A., Cullere M. (2019). Carcass Traits and Meat Quality of Rabbit, Hare, Guinea Pig and Capybara. In: Lorenzo J., Munekata P., Barba F., Toldrá F. (eds) *More than Beef, Pork and Chicken - The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05484-7_7
- Dalle Zotte A., Cullere M. (2024). Rabbit and quail: Little known but valuable meat sources. *Czech J. Anim. Sci.* <https://doi.org/10.17221/165/2023-CJAS>.
- Daszkiewicz, T., A. Gugolek, P. Janiszewski, D. Kubiak and M. Czoik. (2012). The effect of intensive and extensive production systems on carcass quality in New Zealand White rabbits. *World Rabbit Sci.* 20:25-33.
- Daszkiewicz, T. and A. Gugolek. (2020). A comparison of the quality of meat from female and male Californian and Flemish Giant Grey rabbits. *Animals*. 10: 2216.

- Daszkiewicz, T., A. Gugolek, D. Kubiak, K. Ker-baum and E. Burczyk. (2021). The fatty acid profile of meat from New Zealand White rabbits raised under intensive and extensive production systems. *Animals*. 11:3126.
- Dawson, M.R. (1967). Lagomorph history and the stratigraphic record. In: C. Teichert and E.L. Yockelson, editors, *Essays in paleontology and stratigraphy*. R. C. Moore Commemorative Volume. Department of Geology, University of Kansas Spec. Publ. 2. University of Kansas Press, Lawrence. p. 287–316.
- De la Fuente, L. and J. Rosell. (2012). Body weight and body condition of breeding rabbits in commercial units. *J. Anim. Sci.* 90:3252-3258.
- Delmas D., Ouhayoun J., (1990). Technologie de l'abattage du lapin. 1. Etude descriptive de la musculature. *Viande Produits Carnés*, 11, 11-14.
- Delpont M., Louw M., Davids, T., Vermeulen H., Meyer F. (2017). Evaluating the demand for meat in South Africa: an econometric estimation of short-term demand elasticities. *Agrekon*, 56: 13-27. <https://doi.org/10.1080/03031853.2017.1286249>
- Deltoro, J., A.M. Lopez and A. Blasco. (1984). Alometrías de los principales componentes corporales, tejidos y medidas de la canal en conejo. I, Proceedings of the 3rd World Congress of Cuniculture, Rome, pp. 570-577.
- De-Magistris T., López-Galán B. (2016). Consumers' willingness to pay for nutritional claims fighting the obesity epidemic: the case of reduced-fat and low salt cheese in Spain. *Public Health*, 135: 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2016.02.004>.
- De Oliveira Paula M.M., Bittencourt M.T., de Oliveira T.L.C., Bueno L.O., Rodrigues L.M., Soares E.R., Machado L.C., Ramos AdLS., Ramos E.M. (2020). Rabbit as sustainable meat source: carcass traits and technological quality of meat and of mechanically deboned meat. *Research, Society and Development* 9, e5029119906-e5029119906.
- De Rochambeau H. (1989). La génétique du lapin producteur de viande. *INRA Prod. Anim.*, 1989 (2) 4,287-295.
- Djago Y., Kpodékon M. (2000). Le guide pratique de l'éleveur de lapins en Afrique de l'Ouest. Impression 2000 éd., Cotonou, Bénin, 1ère édition; 106 pp.
- Djago A. Yaou and Kpodekon Marc (2007). Élevage en Milieu tropical 2ème édition révisée. LE guide pratique de l'éleveur de lapins en Afrique de l'ouest. Ed. Association "Cuniculture" 31450 Corronsac-France: [http://www.cuniculture.info/ Docs/Elevage/Tropic-01.htm](http://www.cuniculture.info/Docs/Elevage/Tropic-01.htm)
- Djellal F, Mouhous A et Kadi SA. (2006). Performances de l'élevage fermier du lapin dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 18 (7) 2006.
- Dokoupilová, A., Marounek, M., Skřivanová, V., & Březina, P. (2007). Selenium content in tissues and meat quality in rabbits fed selenium yeast. *Czech Journal Animal Science*, 52, 165–169.
- Dosler D., Polak T., Zlender B., Gasperlin L. (2007). Relation of myofibril fragmentation to textural and chemical parameters of aged pork *Longissimus dorsi*. *Acta agriculturae Slovenica* 90, 5-16.

E

- Eady S.J., Prayaga K.C. (2000). Rabbit farming for meat production in Australia: Profitability in the industry and economic values for production traits. In Proc.: *7th world rabbit congress*, Jul 2000, Valencia, A (Vol. 361).
- Egbo M.L., Doma U.D., Lacadacks A.B. (2001). Characteristics of small scale Rabbit production and management in Bauchi. In Proc.: 26th Annual Conference of Nigerian Society for Animal Production (NSAP), 18-21st March, 2001. Ahmadu Bello Journal of Environmental Issues and Agriculture in Developing Countries, 2: 27-162.
- El-Raffa, A. (2007). Formation of a rabbit synthetic line (Alexandria line) and primary analysis of its productive and reproductive performance. Egypt. *Poult. Sci.*, 27(2):321-334.
- El-Sabrou K. (2020). Effect of rearing system and season on behaviour, productive performance and carcass quality of rabbit: a review. *J. Anim. Behav. Biometeorol.*, 6: 102-108. <https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v6n4p102-108>
- Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G. A. J., & Wood, J. D. (1996). Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*, 42, 443-456.
- Ensminger M. E. (1991). *Animal Science*. Danillan Illinois: Interstate Publication.
- Escribá-Pérez C., Baviera-Puig A., Buitrago-Vera J., Montero- Vicente L. 2017. Consumer profile analysis for different types of meat in Spain. *Meat Sci.*, 129: 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.015>
- European Commission. (2015). Report from the Commission to the European Parliament and the Council regarding the mandatory indication of the country of origin or place of provenance for milk, milk used as an ingredient in dairy products and types of meat other than beef, swine, sheep, goat and poultry meat. https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/milk/originlabelling/com-2015-205_en.pdf
- Evrat-Georgel C. (2008). Bibliographie critique des méthodes instrumentales de mesure de la tendreté de la viande bovine. Département technique d'Elevage et Santé, Service Qualité des Viandes: Paris.

F

- Falahudin A., Anggoro S.I., Rahayu R.S., Somanjaya R., Widianingrum D. (2020). Characteristics of Physical, Chemicals and Organoleptic of Local Rabbit Meat Nuggets (*Lepus nigricollis*) Using Filler of Tofu Dregs Flour. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 466: 012025. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/466/1/012025>
- FAO. (2014). Evolution de la production de viandes (tonnes) dans quelques pays méditerranéens (2011-2013). Available at <https://faostat.fao.org> Accessed April 2020.

- FAO. (2018). Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). Cotonou, Étude de marché du lapin au Bénin.
- FAO. (2018). Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole: Division de la statistique. Available at <http://faostat3.fao.org/download/Q/QL/E> Accessed April 2020.
- FAO. (2019). Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole: Division de la statistique. Available at <http://faostat3.fao.org/download/Q/QL/E> Accessed July 2021.
- FAOSTAT. The Statistics Division of the FAO. (2020). Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (accessed on 10 October 2022).
- FAO. (2021). Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole: Division de la statistique. <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>. Accessed 03/04/2023.
- Faustman C., Phillips A. (2001). Measurement of discoloration in fresh meat. Current protocols in food analytical chemistry, F3. 3.1-F3. 3.13. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0303s00>
- Fayemi P.O., Muchenje V. (2012). Meat in African context: From history to science. *Afr. J. Biotechnol.*, 11, 1298-1306. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2728>
- FFC. (2000). Les races de lapins. Spécificités zoologiques, Standards officiels. Fédération Française de Cuniculiculture éditeur, Paris, 288p.
- Fiala N. (2008). Meeting the demand: An estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. *Ecol. Econ.*, 67: 412-419. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.12.021>
- Fletcher, D. L., Qiao, M., Smith, D. P. (2000). The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH. *Poultry science*, 79(5), 784-788.
- Font-i-Furnols M., Guerrero L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Sci.*, 98: 361-371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>
- Fournier V., (2003). La conservation des aliments. Cours de microbiologie générale, Université Laval. p 12.
- Frontera, W. R., & Ochala, J. (2015). Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcified tissue international*, 96, 183-195.

G

- Gacem M., Lebas F. (2000). Rabbit husbandry in Algeria. Technical structure and evaluation of performances. *7th World Rabbit Congress*, 4-7 July, 2000, Valencia, Spain. B: 75-80.
- Gacem, M. and G. Bolet. (2005). Création d'une lignée issue du croisement entre une population locale et une souche européenne pour améliorer la production cunicole en Algérie. *Proc.: 11èmes Journées de la Recherche Cunicole*, 29-30 November, 2005. Paris, France. 15-18.
- Gacem, M., Zerrouki, N., Lebas, F. and Bolet, G. (2008). In *Proc. 9th World Rabbit Congress*, June 10-13, 2008. Verona (Italy), pp. 85-89.
- Gacem M., Zerrouki N., Lebas F., Bolet G. (2009). Comparaison des performances de production d'une souche synthétique de lapins avec deux populations locales disponibles en Algérie.

- 13èmes Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 Novembre 2009, Le Mans, France, 149-152.
- Gál, R., D. Zapletal, P. Jakešová and E. Strako-vá. (2022). Proximate chemical composition, amino acids profile and minerals content of meat depending on carcass part, sire genotype and sex of meat rabbits. *Animals*. 12: 1537.
- Gasperlin L., Polak T., Rajar A., Skvarèa M., Zlender B. (2006). Effect of genotype, age at slaughter and sex on chemical composition and sensory profile of rabbit meat. *World Rabbit Science* 14. <https://doi.org/10.4995/wrs.2006.558>.
- Gibb, J.A. (1990). The European rabbit *Oryctolagus cuniculus*. In: J.A. Chapman and J.E.C. Flux, editors, Rabbits, hares and picas: Status survey and conservation action plan. IUCN/SCC. p. 116-120.
- Gidenne, T. (2015). Le lapin: De la biologie à l'élevage. Quae.
- Glitsch K. (2000). Consumer perceptions of fresh meat quality: cross-national comparison. *Brit. Food J.*, 102: 177-194. <https://doi.org/10.1108/00070700010332278>
- Gomez, E. and A. Blasco. (1992). Growth curves of lines selected on growth rate or litter size. *J. Appl. Rabbit Res.* 15:872-872.
- Gondret, F., & Bonneau, M. (1998). Mise en place des caractéristiques du muscle chez le lapin et incidence sur la qualité de la viande. *INRAE Productions Animales*, 11(5), 335-347.
- Gondret F., Juin, H., Mourot J., Bonneau M., (1998). Effect of age at slaughter on chemical traits and sensory quality of Longissimus lumborum muscle in rabbit. *Meat Sci.*, 48, 181-187.
- Gondret F., Lebas F., Bonneau M. (1999). Effet d'une restriction alimentaire en fin d'engraissement sur les caractéristiques biochimiques, cellulaires et métaboliques des muscles chez le lapin. *8èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Paris, France, 97-100.
- Gondret F, Larzul C, Combes S, Rochambeau H (2005). Carcass composition, bone mechanical properties, and meat quality traits in relation to growth rate in rabbits. *J Anim Sci* 83, 1526-1535.
- González-Redondo P., Mena, Y., Fernández-Cabanás V.M. (2010). Factors affecting rabbit meat consumption among Spanish university students. *Ecol. Food Nutr.* 49: 298-315. <https://doi.org/10.1080/03670244.2010.491053>
- González-Redondo P., Contreras-Chacón G.M. (2012). Perceptions among university students in Seville (Spain) of the rabbit as livestock and as companion animal. *World Rabbit Sci.*, 20: 155-162. <https://doi.org/10.4995/wrs.2012.1147>
- Grau R., Hamm R. (1953). Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindungim muskel. *Naturwissenschaften* 40, 29-30.
- Groot E., Albisu L.M. (2015). A bottom-up model to describe consumers' preferences towards late season peaches. *Span. J. Agric. Res.* 13: e0110. <https://doi.org/10.5424/sjar/2015134-7605>
- Grunert K.G., Bredahl L., Brunsø K. (2004). Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector - a review. *Meat Sci.*, 66: 259-272. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00130-X)

- Grunert K.G. (2006). Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. *Meat Sci.*, 74: 149-160. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.016>
- Guarro O.R. (1991). Secteur cunicole espagnol. Options Méditerranéennes. Série A: Séminaire Méditerranéens (CIHEAM); no. 17.
- Guermah H., Kadi S.A., Berchiche M. (2011). Carcass quality of rabbits fed diets with increasing level of Sulla (*Hedysarum flexuosum*). 8th International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH8), Aberystwyth, Wales United Kingdom, 6 - 9 September 2011. Ref.0058.
- Guillem M., Genot C. & Hocquette J.F., (2009). La maîtrise de la tendreté de la viande bovine : identification de marqueurs biologiques. p 331, 334.

H

- Hafid K., Gagaoua M., Boudechicha H.R., Nait-Rabah S., Ziane F., Sellama M., Becila S., Boudjellal A. (2016). A comparison of the carcass and meat quality of ISA (F15) spent hens slaughtered at two different ages. *American Journal of Food Technology* 11, 134-142. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01568770>
- Hämäläinen N., Pette D., (1993). The histochemical profiles of fast fiber types IIB, IID and IIA in skeletal muscles of mouse, rat and rabbit. *J. Histochem. Cytochem.*, 41, 733-743.
- Hamm R. (1982). Post mortem changes in muscle with regard to processing of hot-boned beef. *Acta Alimentaria Polonica*.
- Hannachi-Rabia R., Kadi S.A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. (2017). La graine de fève sèche (*Vicia faba major* L) en alimentation cunicole: effets sur les performances de croissance et d'abattage. *Livest. Res. Rural Dev.*, 29: 50. Available at <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01742645> Accessed November 2021.
- Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Berchiche M., Bannelier C., Gidenne T. (2018). Incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment de lapins en engraissement: performances de croissance, d'abattage et efficacité économique. *Livest. Res. Rural Dev.*, 30, 6. Available at <http://www.lrrd.org/lrrd30/6/cheri30110.html> Accessed November 2021.
- Hassan, H., K. Elamin, I. Yousif, A. Musa and M. Elkhairy. (2012). Evaluation of body weight and some morphometric traits at various ages in local rabbits of Sudan. *J. Anim. Sci. Adv.* 2:407-415.
- He X., Pei Q., Xu T., Zhang X. (2020). Smartphone-based tape sensors for multiplexed rapid urinalysis. *Sensors and Actuators B: Chemical* 304, 127415. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.127415>
- Hernández P., Pla M., Blasco A., (1998). Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives. II. Relationships between meat characteristics. *Liv. Prod. Sci.*, 54, 125-131.
- Hernández P., Navarro J. L., & Toldrá F. (1999). Lipids of pork meat as affected by various cooking techniques. *Food Science and Technology International*, 5(6), 501-508.

- Hernández P., Pla M., Oliver M. A., Blasco A., (2000). Relationships between meat quality measurements in rabbits fed with three diets with different fat type and content. *Meat Sci.*, 55, 379-384.
- Hernández P., Ariño B, Grimal A, Blasco A (2006) Comparison of carcass and meat characteristics of three rabbit lines selected for litter size or growth rate. *Meat Sci.* 73, 645-650
- Hernández, P., S. Aliaga, M. Pla and A. Blasco. (2004). The effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality traits in rabbits. *J. Anim. Sci.* 82:3138-3143.
- Hernández P. (2006) . Rabbit meat quality and safety. In: Rommers, J. M., Maertens, L., & Kemp, B. (2006). 1.3. New perspectives in rearing systems for rabbit does. Recent Advances in Rabbit Sciences, 39.p.267.
- Hernández P., Dalle Zotte A. (2010). Influence of diet on rabbit meat quality. In: The nutrition of the rabbit. de Blas and Wiseman, editors, CABI Publishing, Oxon, UK. 163-178. <https://doi.org/10.1079/9781845936693.0163>
- Hoek A.C., Luning P.A., Weijzen P., Engels W., Kok F.J., de Graaf C. (2011). Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance. *Appetite*, 56: 662-673. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.02.001>
- Hoffman L.C., Nkhabutlane P., Schutte D.W., Vosloo C. (2004). Factors affecting the purchasing of rabbit meat: A study of ethnic groups in the Western Cape. *J. Consum. Sci.*, 32. <https://doi.org/10.4314/jfec.v32i1.52850>
- Honikel, K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat science*, 49(4), 447-457.
- Honikel K.O. (2009). Moisture and Water-Holding-Capacity. dans : Handbook of muscle foods analysis (eds : NOLLET L.M.L., TOLDRA F.), CRC press, NY., p. 315-332, 967 p.
- Hopkins D., Littlefield P., Thompson J. (2000). A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Science* 56, 19-22. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00012-7).
- Huff-Lonergan E., & Lonergan S.M., (1999). Postmortem mechanisms of meat tenderization: The roles of the structural proteins and the calpain system. In *Quality Attributes of Muscle Foods*, Y. L. Xiong , C. - T. Ho , and F. Shahidi (eds.), pp. 229 – 251 . New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Huff-Lonergan E., Lonergan S.M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science* 71, 194-204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>
- Huff-Lonergan E, Lonergan SM. (2007). New frontiers in understanding drip loss in pork: recent insights on the role of postmortem muscle biochemistry. *J Anim Breed Genet*;124:19-26.
- Hulot, F., Ouhayoun, J., 1999. Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.* 7 (1), 15-36.

Hutchison C.L., Mulley R.C., Wiklund E., Flesch J.S. (2012). Effect of concentrate feeding on instrumental meat quality and sensory characteristics of fallow deer venison. *Meat science* 90, 801-806. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.018>.

I

Iheukwumere C.C., Ahaotu E.O., Nwoye E.O. (2018). Studies on Benefits and Problems of Rabbit Production in Abia State, Nigeria. *International J. Anim. Vet. Sci.*, 05: 23-28.

International Organisation for Standardisation (1996). Meat and Meat products; determination of free fat content, ISO 1444.

Islam M.J., Sayeed M.A., Akhtar S., Hossain M.S., Liza A.A. (2018). Consumers profile analysis towards chicken, beef, mutton, fish and egg consumption in Bangladesh, *Brit. Food J.*, 120: 2818-2831. <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2018-0191>

Ismail, A. M., Shalash, S. M., Kotbyl, E. A., & Cheeke, P. R. (1992). Effects OF vitamins A, C and E on the reproductive performance of heat-stressed Female rabbits in Egypt. *J. Appl. Rabbit Res*, 15, 1291-1300.

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

J

Jeacocke, R. E. (1977). Continuous measurements of the pH of beef muscle in intact beef carcasses. *International Journal of Food Science & Technology*, 12(4), 375-386.

Jehl N., Juin H. (1999). Effet de l'âge d'abattage sur les qualités sensorielles de la viande de lapin. *Cuniculture*, 148, 26(4), 171-174.

Jennen D.G.J., Phatsara C., Brings A.D., Liu G., Jungst H., Tholen E., Jonas E., Tesfaye D. & Schellander K., (2007). Genetic aspects concerning drip loss and water-holding capacity of porcine meat, *J. Anim. Breed. Genet.* 124 (suppl.1), 2-11.

Joo S., Kauffman R., Kim B., Park., G. (1999). The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine Longissimus muscle. *Meat science* 52, 291-297. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00005-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00005-4)

Juin H., Lebas F., Malineau G., Gondret F. (1998). Aptitude d'un jury de dégustation à classer différents types de viande de lapin selon des critères sensoriels: aspects méthodologiques et application à l'étude des effets de l'âge et du type génétique. *7èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Lyon, France, 123-126.

Jurie C. & Listart A. (2010). Structure et fonction des constituants du muscle squelettique. In: *Muscle et viande des ruminants* (eds. by Bauchart D & Picard B), pp. p. 61-70, 292 p. Éditions Quae.

K

Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M. (2008). Commercialization of rabbit's meat in Tizi-Ouzou area, Algeria. In *Proc.: 9th World Rabbit Congress*, Verona, Italy, June 10-13, 2008. 1559-1564.

- Kadi S.A. (2012). Alimentation du lapin de chair: valorisation de sources de fibres disponibles en Algérie (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou Algérie (UMMTO). 143p.
- Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M. (2013). The potential of rabbit meat marketing in Tizi-Ouzou area, Algeria. *Online Journal of Animal and Feed Research*. 3. 96-100.
- Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Djourdikh S., Aberkane N., Bannelier C., Gidenne T. (2016). Feeding Quercus ilex acorns to fattening rabbits: effects on growth and carcass characteristics. In Proc.: *11th World Rabbit Congress*, 15-18 June, 2016, Qingdao, China, 423-426.
- Kadi S.A., Ouendi M., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. (2018). Nutritive value of sun-dried common reed (*Phragmites australis*) leaves and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 26: 113-121. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.5217>
- Kadim I., Mahgoub O., Purchas R. (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-. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.02.010>.
- Kallas Z., Gil J.M. (2012). A dual response choice experiments (DRCE) design to assess rabbit meat preference in Catalonia: A heteroscedastic extreme-value model. *Brit. Food J.*, 114: 1394-1413. <https://doi.org/10.1108/00070701211262984>
- Khalil, M. H., & Bolet, G. (2010). Sustainable rabbit breeding and genetic improvement programs achieved in developing countries. In Proc. *9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*.
- Klingenberg, C. P. (2002). Morphometrics and the role of the phenotype in studies of the evolution of developmental mechanisms. *Gene*. 287(1-2), 3-10.
- Komprda, T., J. Kuchtík, A. Jarošová, E. Dračková, L. Zemánek and B. Filipčík. (2012). Meat quality characteristics of lambs of three organically raised breeds. *Meat Sci*. 91:499-505.
- Kourouniotis S., Keast R., Riddell L., Lacy K., Thorpe M., Cicerali S. (2016). The importance of taste on dietary choice, behaviour and intake in a group of young adults. *Appetite*, 103: 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.03.015>
- Koziół K., Maj D., Bieniek J. (2015). Changes in the color and pH of rabbit meat in the aging process. *Med Weter* 71, 104-108.
- Krunt, O.; Zita, L.; Kraus, A.; Bures, D.; Needham, T.; Volek, Z. (2022). The effect of housing system on rabbit growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of different muscles. *Meat Sci.*, 193, 108953.

L

- Laemmli. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *nature* 227, 680-5.
- Laestadius L.I., Neff R.A., Barry C.L., Frattaroli S. (2013). Meat consumption and climate change: the role of non-governmental organizations. *Climate Change*, 120: 25-38. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0807-3>

- Lakabi, D., Zerrouki, N., Lebas, F., Berchiche, M. (2004). In Proc. *8th World Rabbit Congress*, September 7-10, 2004, Puebla, Mexico pp.1396-1402.
- Lakabi-Ioualitene D., Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Lebas F., & Fortun-Lamothe L. (2008). The effects of the complete replacement of barley and soybean meal with hard wheat by-products on diet digestibility, growth and slaughter traits of a local Algerian rabbit population. *World Rabbit Sci.* 2008, 16: 99-106.
- Lambertini, L., Vignola, G., Badiani, A., Zaghini, G., Formigoni, A., (2006). The effect of journey time and stocking density during transport on carcass and meat quality in rabbits. *Meat Sci.* 72:641-646.
- Laroche J. M., Cohen-Solal G. (1983). Appareillage d'épitaxie de composés semi-conducteurs par transport réactif à courte distance. *Revue de physique appliquée*, 18(8), 515-518.
- Larzul, C. and F. Gondret. (2005). Aspects génétiques de la croissance et de la qualité de la viande chez le lapin. *Productions animales*. 18:119-129.
- Lawless H.T., Heymann H. (2010). Sensory evaluation of food: principles and practices. Springer.
- Lawrie R.A. (1991). Meat Science - 5th ed., Pergamon Press plc. Headington Hill Hall, Oxford OX3, 0BW, England.
- Lazzaroni C., Biagini D., Lussiana C. (2009). Different rearing systems for fattening rabbits: Performance and carcass characteristics. *Meat science* 82, 200-204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.011>
- Lebas, F., Coudert, P., Rouvier, R., & De Rochambeau, H. (1997). The Rabbit: husbandry, health, and production. Rome: *Food and Agriculture organization of the United Nations*.
- Lebas F. (2000). Rabbit husbandry in Algeria. Technical structure and evaluation of performances. 7P thP World Rabbit Congress, Valencia Espagne, 4-7 Juillet 2000. *World Rabbit Sci.*, 8, supp.1, vol. B, 75-80.
- Lebas, F., Gacem, M., Meftah I., Zerrouki, N. and Bolet G. (2010). In Proc. *6th International Congress on Rabbit Production in Hot Climates*, 1-4 February 2010, Assiut University, Egypt.
- Lepetit J. & Culioli J. (1994). Mechanical properties of meat. *Meat Science* 36, 203-37.
- Leroy F., Petracci M. (2021). Rabbit meat: valuable nutrition or too-cute-to-eat?. *World Rabbit Science*, 29: 239-246. <https://doi.org/10.4995/wrs.0.12663>
- Lesiak M. T., Olson D. G., Lesiak C. A., & Ahn D. U. (1996). Effects of postmortem temperature and time on the water-holding capacity of hot-boned turkey breast and thigh muscle. *Meat science*, 43(1), 51-60.
- Li K., Zhang Y., Mao Y., Cornforth D., Dong P., Wang R., Zhu H., Luo X. (2012). Effect of very fast chilling and aging time on ultra-structure and meat quality characteristics of Chinese Yellow cattle *M. Longissimus lumborum*. *Meat science* 92, 795-804. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.003>
- Lombardi-Boccia, G., Lanzi, S., & Aguzzi, A. (2005). Aspects of meat quality: Trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(1), 39-46.

- Lonergan E.H., Zhang W., Lonergan S.M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle-Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat science* 86, 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>
- Lounaouci-Ouyed G., Lakabi-Ioualitene D., Berchiche M., Lebas F. (2008). Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. In Proc.: *9th World Rabbit Congress*. 10-13 June, 2008, Verona, Italy.
- Lounaouci G., Hannachi R., Berchiche M. (2012). Elevage de lapins descendants d'un hybride commercial en Algérie : évaluation des performances de croissance et d'abattage. 3^{ème} Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie 6 -10 novembre 2012 Marrakech, Maroc.
- Lukefahr S.D. (2010). Developing sustainable Rabbit projects. (2nd edition). Heifer International Publishers. *Little Rock*, AR. USA. pp. 165.
- Lüllmann-Rauch R. & Sprumont P. (2008). Histologie. De Boeck Supérieur.

M

- MADR. (2017). Recherche agronomique. Ministère de l'agriculture et de développement rural. Available at <http://madrp.gov.dz/> Accessed April 2020.
- MADR. (2018). Recherche agronomique. Ministère de l'agriculture et de développement rural. Available at <http://madrp.gov.dz/> Accessed April 2020.
- Maertens, L. (1999). Towards reduced feeding costs, dietary safety and minimal mineral excretion in rabbits: a review. *World Rabbit Science*, 7(2).
- Mailu S.K., Muhammad L., Wanyoike M.M., Mwanza R.N. (2012). Rabbit meat consumption in Kenya. *MPRA Paper* No. 41517.
- Mailu S.K., Wanyoike M.M., Muhammad L., Mwanza R.N. (2017). The frequency and some correlates of rabbit meat consumption in Kenya. *Tanzania J. Agr. Sci.*, 16: 62-71.
- Maj D., Bieniek J., Sternstein I., Węglarz A., Zapletal P. (2012). Effect of genotype and sex on meat colour changes in rabbit. *Archives Animal Breeding* 55, 385-390. <https://doi.org/10.5194/aab-55-385-2012>
- Mancini S., Preziuso G., Dal Bosco A., Roscini V., Paci G. (2017). Modifications of fatty acids profile, lipid peroxidation and antioxidant capacity in raw and cooked rabbit burgers added with ginger. *Meat Sci.*, 133: 151-158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.003>
- María, G.A., Buil, T., Liste, M., Villaroel, M., Sañudo, C., Olleta, J.L., (2006). Effect of transport time and season on aspects of rabbit meat quality. *Meat Sci.* 72:773-777.
- 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, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.024>.
- Marra, A.I., A. Salgado, B. Prieto and J. Carbal-lo. (1999). Biochemical characteristics of dry-cured lacón. *Food Chem.* 67:33-37.
- Martínez-Álvaro, M., Hernández, P. (2018). Evaluation of the sensory attributes along rabbit loin by a trained panel. *World Rabbit Science*, 26(1), 43-48.

- McEachern M., Schroder M.J.A. (2004). Integrating the voice of the consumer within the value chain: a focus on value-based labelling communications in the fresh meat sector, *J. Consum. Mark.*, 21: 497-509. <https://doi.org/10.1108/07363760410568716>
- McGeehin B., Sheridan J., Butler F. (2001). Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. *Meat Science* 58, 79-84. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00134-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00134-0)
- McLean-Meyinsse P.E. (2000). Assessing the Market Outlook for Rabbit Meat in Louisiana and Texas. *J. Food Distr. Res.*, 31: 139-144. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.27429>
- McNitt, J. I., Lukefahr, S. D., Cheeke, P. R., & Patton, N. M. (2013). *Rabbit Production*. CABI Publishers. Oxfordshire.
- Mefti-Korteby H., Kaidi R., Sid S., Daoudi O. (2010). Growth and Reproduction Performance of the Algerian Endemic Rabbit. *European Journal of Scientific Research*. 40 (1), 132 - 143.
- Merad Z.B., Daoudi N.Z., Berbar A., Lafri M., Kaidi R. (2015). Breeding local rabbit in northern and southern Algeria: situation of production and consumption of rabbit's meat. *Agriculture and food*.
- Metzger, S., M. Odermatt, Z. Szendrő, M. Mo-haupt, R. Romvari, A. Makai, E. Biro-Nemeth, I. Radnai and L. Sipos. (2006). Comparison of carcass traits and meat quality of Hyplus hybrid, purebred Pannon White rabbits and their crossbreds. *Arch. Anim. Breed.* 49:389-399.
- Metzger S., Szendrő Z., Bianchi M., Hullár I., Fébel H., Maertens L., Cavani C., Petracci M., Radnai I., Biró-Németh E. (2009). Effect of energy restriction in interaction with genotype on the performance of growing rabbits: II. Carcass traits and meat quality. *Livestock Science* 126, 221-228. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.07.004>
- Mezali L., Saidj D., Mebkhouf F. (2014). Production, commercialisation et consommation du lapin de chair en Algérie: Quelle place parmi d'autres filières viande. In Proc.: 15èmes Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes - 4 et 5 Novembre 2014 - Clermont-Ferrand.
- Mínguez, C., J. Sánchez, P. Hernández, M. Ragab, A.E. Nagar and M. Baselga. (2017). Genetic analysis of meat quality traits in maternal lines of rabbit and their diallel cross. *Meat sci.* 131: 1-8.
- Molina, E., P. González-Redondo, R. Moreno-Rojas, K. Montero-Quintero and A. Sánchez-Urdaneta. (2018). Effect of the inclusion of *Amaranthus dubius* in diets on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. *J. Appl. Anim. Res.* 46:218-223.
- Monin G., et Ouali A., (1991). Muscle differentiations and meat quality. *Meat science* 5, 89-157.
- Montero-Vicente L., Escribá-Pérez C., Baviera-Puig A., Buitrago-Vera J. (2018). Analysis of the commercial value of rabbit meat based on positioning of the different types of fresh meat. *Spain. J. Agric. Res.*, 16: e0110. <https://doi.org/10.5424/sjar/2018163-13407>
- Moreki J.C., Mpho K., Manyeula F. (2019). A survey on rabbit production in the city of Gaborone, Botswana. *J. Anim. Sci. Vet. Med.*, 4: 90-99. <https://doi.org/10.31248/JASVM2019.143>
- Morrison, W. R. and L. M. Smith. (1964). Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J. Lipid Res.* 5(4):600-608.

- Morshdy, A. E., W. S. Darwish, E. S. El Sebay, and E. Ali. (2022). Amino acid profile of rabbit meat: dietary intake and the effect of freezing on the amino acid composition. *Thai J. Vet. Med.* 52:251-258.
- Mouhous A., Kadi S.A., Belaid L., Djellal F. (2017). Complémentation de l'aliment commercial par du fourrage vert de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) pour réduire les charges alimentaires d'élevages de lapins en engraissement. *Livest. Res. Rural Dev.*, 29: 116. Available at <http://www.lrrd.org/lrrd29/6/mouh29116.html> Accessed November 2021.
- Mouhous A., Benabdelaziz T., Limani C., Kadi S.A., Djellal F., Guermah H., Berchiche M. (2019). L'efficacité des aides de l'Etat en relation avec les performances de production: cas des élevages cunivole la région de Tizi-Ouzou. Algérie. In Proc.: *18èmes Journées de la Recherche Cunivole*, 27 - 28 mai 2019, Nantes, France.
- Mouhous A., Guermah H., Djellal F., Kadi S.A. (2021). Sustainability and profitability of commercial rabbitries in Tizi-Ouzou, Algeria, World Rabbit Science Association. *12th World Rabbit Congress* Nantes, France, Communication F, pp. 09, 04 pp.
- Moumen S., Melizi M., Zerrouki N. (2016). The evaluation of organoleptic parameters of rabbit meat, was a notable way to promote the rabbit meat consumption. In Proc.: *11th World Rabbit Congress* - June 15-18, 2016 - Qingdao - China, 783- 786.
- Müller, J.; Evans, C.L.R.; Roberts, P.R. (2016). Entomophagy and Power. *J. Insects Food Feed*, 2, 121-136.
- Muriithi BW., Matz JA. (2015). Welfare effects of vegetable commercialization: evidence from smallholder producers in Kenya. *Food Policy*, 50: 80-91. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.11.001>
- Mutsami C., Karl S.(2020). Commercial rabbit farming and poverty in urban and peri-urban Kenya. *Front. Vet. Sci.*, 7, 353. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00353>

N

- Nakyinsige K., Sazili A.Q., Zulkifli I., Goh Y.M., Bakar F.A., Sabow A.B. (2014). Influence of gas stunning and halal slaughter (no stunning) on rabbits welfare indicators and meat quality. *Meat science*. 98, 701-708. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.017>
- Nakyinsige K., Sazili A., Aghwan Z., Zulkifli I., Goh Y., Bakar F.A., Sarah S. (2015). Development of microbial spoilage and lipid and protein oxidation in rabbit meat. *Meat science* 108, 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.029>
- Nedjraoui D. (2012). Profil fourrager - Algérie. Document FAO.
- Neumann C.G., Bwibo N.O., Murphy S.P., Sigman M., Whaley S., Allen L.H., Demment M.W. (2003). Animal source foods improve dietary quality, micronutrient status, growth and cognitive function in Kenya school children: Background, study design and baseline findings. *J. Nutr.*, 133: 3941S-3949S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3941S>
- Nina D.A., Flore A.E.E., Séverin K.K.A., Rose-Monde M., Athanase O.K., Joseph K.N., Sébastien N.L. (2020). Critical Analysis of Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) Meat Consumption in Abidjan, Cote d'Ivoire. *Annu. Res. Rev. Biol.*, 34: 1-7. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v34i530162>

O

- Offer G., Knight P. (1988). Structural basis of water holding in meat. 2. Drip losses. Developments in meat science.
- Okoro, V., C. Ezeokeke, U. Ogundu and C. Chukwudum. (2010). Phenotypic correlation of bodyweight and linear body measurement in Chinchilla rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *J. Agric. Biotech. Sustain. Dev.* 2:27.
- Olson G.D, Stromer M. (1976). Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *Journal of Food Science* 41, 1036-1041.
- Onifade A.A., Okhiomah A., Obiyan R.I. Abanikannda O. (2010). Rabbit production in Nigeria: some aspects of current status and promotional strategies. *World Rabbit Sci.*, 7: 51-58. <https://doi.org/10.4995/wrs.1999.380>
- ONS. (2012). Premier recensement économique 2011. Collections Statistiques, N°172/2012, N° 69, Alger.
- ONS. (2014a). Evolution des Echanges de Marchandises de 2001 à 2012. Collections Statistiques, N° 182/2014. Série E: Statistiques Economiques, N° 75, Alger, 51-52.
- ONS. (2014b). Evolution des Echanges de Marchandises de 2003 à 2013. Collections Statistiques, N° 188/2014. Série E: Statistiques Economiques, N° 75, Alger, 45-87.
- ONS. (2020). La production agricole. Campagne 2019/2020. Collections Statistiques, N° N°976/2020. Direction des Systèmes d'Information, des Statistiques et de la Prospective du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Algérie.
- Ortiz Hernández, J. and R. Lozano. (2001). Effect of breed and sex on rabbit carcass yield and meat quality. *World Rabbit Sci.* 9.
- Oryl B. (2004). Structure and hardness of selected muscles in young bulls. *Polish journal of food and nutrition sciences* 13, 57-64.
- Othmani-Mecif K., Benazzoug Y. (2005). Caractérisation de Certains Paramètres Biochimiques Plasmatiques et Histologiques (Tractus Genital Femelle) Chez La Population Locale de Lapin (*Oryctolagus cuniculus*) Non Gestante et au Cours de la Gestation. *Sciences & Technologie C*, (23), 91-96.
- Ouali A., Garrel N., Obled A., Deval C., Valin C., (1987). Comparative action of cathepsins D, B, H, L and of a new lysosomal proteinase on rabbit myofibrils. *Meat Sci.*, 19, 83-100.
- Ouali A., Dufour E., Obled A., Deval C., Valin C., (1988). Action des protéinases musculaires sur les myosines rapide et lente. Relation avec la protéolyse *post mortem* dans des muscles de type contractile variable. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28, 839-844.
- Ouali A. (1990). Meat tenderization: possible causes and mechanisms. A review. *Journal of Muscle Foods* 1, 129-65.
- Ouali A. (1991). Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. *INRA Productions animales* 4, 195-208.

- 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.
- Ouhayoun J., Lebas F., Delmas D. (1986). La croissance et la composition corporelle du lapin: influence des facteurs alimentaires. *Cuni-Science*, 3(2), 7-21.
- Ouhayoun J., Lebas F. (1987). Composition chimique de la viande de lapin. *Cuniculture*, 73, 14(1), 33-35.
- Ouhayoun J. (1990). Abattage et qualité de la viande de lapin (communication N °40) In : 5èmes journées de la Recherche Cunicole en France Paris : INRA, ITAVI. -Tome II.
- Ouhayoun, J., (1992). La viande de lapin. Caractéristiques et variabilité qualitative. *Cuni-Sciences* 7 (1), 1–15.
- Ouhayoun, J., Lebas, F., (1994). Effets de la diète hydrique, du transport et de l'attente avant l'abattage sur les composantes du rendement et sur les caractéristiques physico-chimiques. In: Proceeding of the 6èmes Journées de la Recherche Cunicole, La Rochelle, France, 2, pp. 443-448.

P

- Paci G., Preziuso G., D'Agata M., Russo C., Dalle Zotte A. (2013). Effect of stocking density and group size on growth performance, carcass traits and meat quality of outdoor-reared rabbits. *Meat science* 93, 162-166. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.012>
- Para, P.A., S. Ganguly, R. Wakchaure, R. Sharma, T. Mahajan and P.K. Praveen. (2015). Rabbit meat has the potential of being a possible alternative to other meats as a protein source: A brief review. *Int J Phar Biomed Res.* 2:17-19.
- 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, 4275-4289. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.011>.
- Parigi Bini, R., Xiccato, G., Cinetto, M., & Dalle Zotte, A. (1992). Effetto dell'età, del peso di macellazione e del sesso sulla qualità della carcassa e della carne cunicola. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 18, 173-190.
- Pascual M., Pla M. (2007). Changes in carcass composition and meat quality when selecting rabbits for growth rate. *Meat science* 77, 474-481. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.04.009>
- Pascual, M., Serrano, P., Cartuche, L., Gomez, E.A., (2014). Analisis de la evolucion de resultados de gestion tecnica y precios de mercado. *Boletín de Cunicultura*, (171): 58-61.
- Peiretti, P., L. Gasco, A. Brugiapaglia and F. Gai. (2011). Effects of perilla (*Perilla frutescens* L.) seeds supplementation on performance, carcass characteristics, meat quality and fatty acid composition of rabbits. *Livestock Sci.* 138:118-124.
- Peiretti, P. G. (2012). Effects of dietary fatty acids on lipid traits in the muscle and perirenal fat of growing rabbits fed mixed diets. *Animals.* 2:55-67.

- Pérez López S., Montes Peón J.M., Vázquez Ordás J.C. (2005). Organizational learning as a determining factor in business performance. *The Learning Organization*, 12: 227-245. <https://doi.org/10.1108/09696470510592494>
- Petit, T., Y. Caro, A.-S. Petit, S. J. Santchurn and A. Collignan. (2014). Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat sci.* 96:1313-1317.
- Petracci M., Cavani C. (2013). Rabbit meat processing: historical perspective to future directions. *World Rabbit Sci.*, 21: 217-226. <https://doi.org/10.4995/wrs.2013.1329>
- Petrescu D., Petrescu-Mag R. (2018). Consumer behaviour related to rabbit meat as functional food. *World Rabbit Sci.*, 26: 321-333. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.10435>
- Pla, M., P. Hernández and A. Blasco. (1996). Carcass composition and meat characteristics of two rabbit breeds of different degrees of maturity. *Meat Sci.* 44:85-92.
- Pla M., Guerrero L., Guardia D., Oliver M., Blasco A. (1998). Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: I. Between lines comparison. *Livestock Production Science* 54, 115-123. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00179-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00179-6)
- Pla M., Apolinar R. (2000). The Filter Paper Press as a method for measuring water holding capacity of rabbit meat. *Word Rabbit Sci.* Valencia. A, 659 - 662.
- Pla M. (2008). A comparison of the carcass traits and meat quality of conventionally and organically produced rabbits. *Livestock Science* 115, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.06.001>.
- Prates J.A.M., Ribeiro A.M.R., Correia A.A.D. (2001). Role of cysteine endopeptidases (EC 3.4. 22) in rabbit meat tenderisation and some related changes. *Meat Science* 57, 283- 290. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00103-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00103-0)
- Prates JAM., e Costa FJG., Ribeiro AMR., Correia AAD. (2002). Contribution of major structural changes in myofibrils to rabbit meat tenderisation during ageing. *Meat Science* 61, 103-113. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00175-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00175-9)

R

- Radwan M. A., Maggiolino A., Hassanien H. A., Palo P. D., El-Kassas N. E., Abbas H. S., Salem, A. Z. (2023). Dietary utilization of mealworm frass in rabbit feeding regimes and its effect on growth, carcass characteristics, and meat quality. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1069447.
- Rasinska, E., Czarniecka-Skubina, E., & Rutkowska, J. (2018). Fatty acid and lipid contents differentiation in cuts of rabbit meat. *CyTA-Journal of Food*, 16, 807–813. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1488000>.
- Rayman, M.P. (2004). The use of high-selenium yeast to raise selenium status: How does it measure up? *Br. J. Nutr.* 92:557–573.
- Renner B., Sproesser G., Strohbach S., Schupp H.T. (2012). Why we eat what we eat. The Eating Motivation Survey (TEMS). *Appetite*, 59: 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.04.004>

- Renou J.P., Canioni P., Gatellier P., Valin C., Cozzone P.J., (1986). Phosphorus 31 nuclear magnetic resonance study of post mortem catabolism and intracellular pH in intact excised rabbit muscle. *Biochimie*, 68, 543-554.
- Rhormens M.S., Pedrini A.D.G., Ghilardi-Lopes N.P. (2017). Implementation feasibility of a marine ecotourism product on the reef environments of the marine protected areas of Tinharé and Boipeba Islands (Cairu, Bahia, Brazil). *Ocean Coast. Manage.*, 139: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.022>
- Rochambeau H. (1997). Genetics of the rabbit for meat production: what's new since the world rabbit congress held in Budapest in 1988? A review. *World Rabbit Sci.*, 5(2), 77-82.
- Rotolo L., Gai F., Nicola S., Zoccarato I., Brugiapaglia A., Gasco L. (2013). Dietary supplementation of oregano and sage dried leaves on performances and meat quality of rabbits. *Journal of Integrative Agriculture* 12, 1937-1945. [https://doi.org/10.1016/S2095-6703\(13\)60631-0](https://doi.org/10.1016/S2095-6703(13)60631-0)
- Rosset R., Roussel N. & Ciquard., (1984). Composition chimique du muscle. Les viandes, Informations Techniques des Services Vétérinaires. p 97-102.
- Rousset S., Deiss V., Juillard E., Schlich P., Droit-Volet S. (2005). Emotions generated by meat and other food products in women. *Brit. J. Nutr.*, 94: 609-619. <https://doi.org/10.1079/BJN20051538>

S

- Saborá. (2009). Estudio de la cadena de valor y formación de precios del sector de la carne de conejo. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, Spain.
- Sadoud M. (2011). Place de l'activité bouchère dans la filière viande rouge algérienne. *Archivos Zootecnia*, 60: 309-312. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922011000200018>
- Sadoud M. (2019). Perception de la viande ovine par le consommateur de la région de Tiaret en Algérie - *Viandes & Produits Carnés*, VPC-2019-35-2-2. Available at <https://www.viandesetproduitscarnes.com> Accessed April 2020.
- Safaa HM., Ragab M., Ahmed M., El-Gammal B., Helal M. (2023). Influence of polymorphisms in candidate genes on carcass and meat quality traits in rabbits. *PLOS ONE* 18(11): e0294051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294051>.
- Salma, U., Miah, A. G., Maki, T., Nishimura, M., & Tsujii, H. (2007). Effect of dietary *Rhodobacter capsulatus* on cholesterol concentration and fatty acid composition in broiler meat. *Poultry Science*, 86, 20–1926.
- Salvini, S., Parpinel, M., Gnagnarella, P., Maisonneuve, P., & Turrini, A. (1998). Banca dati di composizione degli alimenti per studi epidemiologici in Italia. Ed. Istituto Superiore di Oncologia.
- Sampels S., Skoglund J. (2021). Quality of carcasses and meat from male and female rabbits. *Теория и практика переработки мяса* 6, 255-258.
- Sanah Ibtissem. (2017). Viande cunicole : situation de l'élevage dans l'Est algérien, comparaison des paramètres physico chimiques, biochimiques, et sensoriels de la race Néo-Zélandaise et

- la population locale « El Arbia ». Mémoire de Magistère en sciences alimentaires. Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A.A.). Université des Frères Mentouri Constantine 1.
- Sanah I., Becila S., Djeghim F., Boudjellal A. (2020). Rabbit meat in the east of Algeria: motivation and obstacles to consumption. *World Rabbit Sci.*, 28: 221-237. <https://doi.org/10.4995/wrs.2020.13419>
- Sanah I., Boudjellal A., Becila S. (2022). Descriptive analysis of rabbit meat marketing parameters in the north-east of Algeria. *World Rabbit Sci.*, 30: 163-180. <https://doi.org/10.4995/wrs.2022.16649>
- Sante V., Renou J. P., Fernandez X., & Monin G. (2001). Nouvelles méthodes de mesure de la qualité des viandes de volaille. *Productions animales*, 14(4), 247-254.
- Saxmose Nielsen, S.; Alvarez, J.; Bicout, D.J.; Calistri, P.; Depner, K.; Drewe, J.A.; Garin-Bastuji, B.; Gonzales Rojas, J.L.; Gortázar Schmidt, C.; Michel, V.; et al. (2020). Health and Welfare of Rabbits Farmed in Different Production Systems. *EFSA J.*, 18, e05944. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5944>
- Schmid A., Gille D., Piccinalli P., Bütikofer U., Chollet M., Altintzoglou T., Honkanen P., Walther B., Stoffers H. (2017). Factors predicting meat and meat products consumption among middle-aged and elderly people: evidence from a consumer survey in Switzerland, *Food Nutr. Res.*, 61: 1308111. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1308111>
- 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).
- Serem J.K., Wanyoike M.M., Gachuri C. K., Mailu S.K., Gathumbi P.K., Mwanza R.N., Borter D.K. (2013). Characterization of rabbit production systems in Kenya. *J. Agric. Sci. Appl.*, 2: 155-159. <https://doi.org/10.14511/jasa.2013.020304>
- Setiaji, A., S. Sutopo, D. Lestari, E. Kurnianto and M. Novianti. (2022a). Morphometric characterization of New Zealand white rabbit raised at different areas. *Online J. Anim. Feed Res.* 12:350-355.
- Setiaji, A., Lestari, D. A., Kurnianto, E., and Sutopo, S. (2022b). Morphometric traits of imported rabbits and their progenies. *J. Advanced Vet. Res.* 12(3):217-220.
- Sid, S., M. Benyoucef, H. Mefti-Korteby and H. Boudjenah. (2018). Performances de reproduction des lapines de souche synthétique et de population blanche en Algérie. *Livest. Res. Rural Dev.* 30.
- Siddiqui, S. A., Gerini, F., Ikram, A., Saeed, F., Feng, X., & Chen, Y. (2023). Rabbit meat production, consumption and consumers' attitudes and behavior. *Sustainability*, 15(3), 2008.
- Šimek, V., M. Sedláková, A. Softić and D. Zapletal. (2019). The comparison of the selected morphometric traits in three medium-sized rabbit breeds. *Acta fytotech zootech.* 22:138-143.
- Składanowska-Baryza, J.; Stanisław, M. (2019). Pre-Slaughter Handling Implications on Rabbit Carcass and Meat Quality- A Review. *Ann. Anim. Sci.* 19, 875–885. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0041>.

- Smili H., Becila S., Della Malva A., Redjeb A., Albenzio M., Sevi A., Santillo A., Babelhadj B., Adamou A., Boudjellal A. (2022). Postmortem Muscle Protein Changes as a Tool for Monitoring Sahraoui Dromedary Meat Quality Characteristics. *Foods* 11, 732.
- Smulders, F., Hofbauer, P., & Geesink, G. H. (2014). The conversion of muscle to meat. *Meat Inspection and Control in the Slaughterhouse*, 399-421.
- Soare E., Chiurciu I.A. (2017). Study on the pork market worldwide. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 17, Issue 4.
- Spilioti M., Zoidis E., Papadomichelakis G., Tsiboukas K. (2017). Business Plan: The Establishment of a Rabbit Farm and the Marketing of Innovative Rabbit Meat Products and Sausages. In HAICTA (pp. 447-454).
- Strzyzewski T., Bilska A., Krysztofiak K. (2008). Zależność pomiędzy wartością pH mięsa a jego barwą. *Nauka Przyroda Technologie. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu* 2.
- Szendrő, Z., & Dalle Zotte, A. (2011). Effect of housing conditions on production and behaviour of growing meat rabbits: A review. *Livestock science*, 137(1-3), 296-303.
- Szendrő K. (2016). Consumer perceptions, concerns, and purchasing practices of rabbit meat in Hungary. *J. Food Prod. Mark.*, 22: 683-693. <https://doi.org/10.1080/10454446.2015.1121437>
- Szendrő K., Szabó-Szentgróti E., Szigeti O. (2020). Consumers' Attitude to Consumption of Rabbit Meat in Eight Countries Depending on the Production Method and Its Purchase Form. *Foods* (Basel, Switzerland), 9: 654. <https://doi.org/10.3390/foods9050654>
- T**
- Taylor R.G., Geesink G.H., Thompson V.F., Koohmaraie M., Goll D.E. (1995). Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? *Journal of animal science* 73, 1351-1367. <https://doi.org/10.2527/1995.7351351x>
- Tebani M. (2019). L'économie agricole et rurale dans la zone de l'Ouarsenis (wilaya de Tissemsilt, Algérie), 2008-2014. University Mustapha Stambouli of Mascara, Faculty of Nature and Life Sciences, Algeria.
- Thiziri T., Rabiha A., Liza B., Hassina K.O., Nacira D.Z. (2021). study of the histofunctional characteristics of the ovarian structures of rabbits of the synthetic strain in the state of pregnancy, 12th World Rabbit Congress Communication BP, - Nantes, France, pp. 31, 34 pp.
- Thu N.V. (2019). Recent production status, research results and development conditions of rabbit production in Vietnam - A review. *Can Tho University Journal of Science*. 11: 30-35. <https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2019.004>
- Touraille C., (1994). Incidences des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. *Renc Rech. Ruminant's* p 169, 176.
- Troy D.J., Kerry J.P. (2010). Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Sci*. 86: 214-226. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.009>

- Tůmová, E., Z. Bízková, V. Skřivanová, D. Chodová, M. Martinec and Z. Volek. (2014). Comparisons of carcass and meat quality among rabbit breeds of different sizes, and hybrid rabbits. *Livest. Sci.* 165:8-14.

U

- Udomkun P., Ilukor J., Mockshell J., Mujawamariya G., Okafor C., Bullock R., Nabahungu N.L., Vanlauwe B. (2018). What are the key factors influencing consumers' preference and willingness to pay for meat products in Eastern DRC?. *Food Sci. Nutr.*, 6: 2321-2336. <https://doi.org/10.1002/fsn3.813>

V

- Van Der Horst F., Jehl N., Koehl P.F. (1999). Influence du mode d'élevage (cage ou parc) sur les performances de croissance et les qualités bouchères des lapins de race Normande. *8èmes Journées Recherche Cunicole*, Paris, France, 71-74.
- Vayssieres J., Thevenot A., Vigne M., Tillard E., Lecomte P. (2010). Comparing energy use efficiency and greenhouse gas emissions for livestock products. *Adv. Anim. Biosci.*, 1: 506-507. <https://doi.org/10.1017/S2040470010001226>
- Weiseth E., Shackelford S., Wheeler T., Koohmaraie M. (2001). Comparison of myofibril fragmentation index from fresh and frozen pork and lamb longissimus. *Journal of animal science* 79, 904-906. <https://doi.org/10.2527/2001.794904x>

W

- Wang J., Su Y., Elzo M.A., Jia X., Chen S., Lai S. (2016). Comparison of carcass and meat quality traits among three rabbit breeds. *Korean journal for food science of animal resources* 36, 84. doi: 10.5851/kosfa.2016.36.1.84
- Watts B. M., Ylimaki G. L., Jeffery L. E., & Elias L. G. (1989). *Méthodes de Base Pour L'évaluation Sensorielle des Aliments [Basic Methods of Sensory Evaluation of Food]*. International Development Research Center, France.
- Williams, P. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64, S113–S119.
- Wolfe K.L., Ferland C., McKissick, J.C. (2002). Rabbit meat market analysis-Georgia. *Meat Rabbit Cooperative*.
- Wood J., Enser M., Fisher A., Nute G., Sheard P., Richardson R., Hughes S., Whittington F. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.*, 78: 343-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
- Wu, L. (2022). Rabbit meat trade of major countries: Regional pattern and driving forces. *World Rabbit Sci*, 30, 69-82.

X

- Xiccato G., Verga M., Trocino A., Ferrante V., Queaque P.I., Sartori A. (1999). Influence de l'effectif et de la densité par cage sur les performances productives, la qualité bouchère et le comportement chez le lapin. *8èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Paris, France, 59-62.
- Xiccato G., Trocino A. (2007). Italia, un sistema de produccion cunicola integrada. In: II Congreso Ibérico de Cunicultura. ASESCU. 5-6 June 2007, Vila-Real, Portugal, 163-172.
- Xiccato G., Trocino A., Filiou E., Majolini D., Tazzoli M., Zuffellato A. (2013). Bicellular cage vs. collective pen housing for rabbits: Growth performance, carcass and meat quality. *Livestock Science* 155, 407-414. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.013>.

Y

- Yalçın, S., E. Onbasilar and I. Onbasilar. (2006). Effect of sex on carcass and meat characteristics of New Zealand White rabbits aged 11 weeks. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 19:1212-1216.
- Yonkova, P., G. Mihaylova, S. Ribarski, V. Doichev, R. Dimitrov and M. Stefanov. (2017). Fatty acid composition of subcutaneous and visceral fat depots in New Zealand White rabbits. *Bulg. J. Vet. Med.* 20.
- Youssef Y.K., Iraqi M.M., El-Raffa A.M., Afifi E.A., Khalil M.H., García M.L., Baselga, M. (2008). A Joint Project to Synthesize New Lines of Rabbits in Egypt and Saudi Arabia: Emphasis for Results and Prospects. In: *Proceeding of 9th World Rabbit Congress*, 10-13 June, 2008, Verona, Italy. p1637-1642.

Z

- 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 Sci.*, 43, 321-333.
- Zepeda-Bastida A., Martínez M.A., Simental S.S. (2019). Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. *Revista Brasileira de Zootecnia* 48. <https://doi.org/10.1590/rbz4820190074>
- Zerrouki N., Bolet G., Berchiche M., Lebas F. (2005a). Breeding performances of local Kabyle rabbits does in Algeria. In *Proc.: 8th World Rabbit Congress*, 7-10 September 2004 Puebla Mexico. 371-377.
- Zerrouki N., Kadi S. A., Berchiche M., Bolet G. (2005b). Evaluation de la productivité des lapines d'une population locale algérienne, en station expérimentale et dans des élevages. In *Proc. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole*, 2005 Novembre, Paris, France, 11, 14.
- Zerrouki N., Lebas F., Gacem M., Meftah I., Bolet G. (2014). Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in 2 breeding locations. *World Rabbit Sci.*, 22: 269-278. <https://doi.org/10.4995/wrs.2014.2129>

- Zhao X., Xing T., Chen X., Han M.-y., Xu X.-l., Zhou G.-h. (2017). Yield, thermal denaturation, and microstructure of proteins isolated from pale, soft, exudative chicken breast meat by using isoelectric solubilization/precipitation. *Process Biochemistry* 58, 167-173. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.04.035>.
- Zoccarato, I. (2008). Sviluppo della conigliicoltura. Book chapter. In: L.P.V.I. Srl, editor, *Avicoltura e Conigliicoltura* (in Italian). p. 55

Liste des Annexes

Liste des Annexes

Annexe N°1

Questionnaire : Consumer's survey

Date of survey:..... /..... /.....

Questionnaire N°.....

Respondent's address (Wilaya /municipalitie):.....

Sex : male ☐ female ☐

Age :..... year

Marital status :

Employment status :

I/ General information about rabbit meat consumption frequency, motivation and obstacles of consumption

1/ How often do you eat rabbit meat ?

Week ☐ Month ☐ Year ☐

2/ Why do you eat rabbit meat ?

Good taste ☐ Nutritional Value ☐ Tenderness and easy digestibility ☐

3/ On what occasions do you eat rabbit meat ?

Religious festivals / year-end holidays ☐ Ramadhan ☐ Summer ☐ Winter ☐

4/ According to you, what are the main reasons of low rabbit meat consumption ?

- ☐ Price
- ☐ Eating habits
- ☐ Availability of rabbit meat
- ☐ Lack of information on nutritional value
- ☐ Bad taste
- ☐ Presentation (whole carcass, resemblance to cat meat)

5/ What could increase your consumption ?

The price decrease ☐ Availability in the market ☐ Improving the way of preparation ☐

6/ Name the dishes with which you cook rabbit meat.

.....

II/General information about rabbit meat purchase and selling price

7/ Where do you get your rabbit meat from ?

Butchers ☐ Breeders ☐ Local markets ☐

8/ What are the purchasing criteria for rabbit meat, which you require ?

Price ☐ Tenderness ☐ Freshness ☐ Breed ☐ Colour ☐

9/ What is the price of one kilogram of rabbit meat in your area ?

.....DA/kg

III/General information about preferences and nutritional benefits of rabbit meat

10 / What kind of meat do you prefer? : Rank them in order of preference (1) (2) (3) (4) (5)

Beef ☐ Sheep ☐ Goat ☐ Rabbit ☐ Chicken ☐

11/ What kind of meat do you think rabbit meat looks like ?

- Beef ☐ Shape ☐ Colour ☐ Smell ☐ Taste ☐ Tenderness
- Sheep ☐ Shape ☐ Colour ☐ Smell ☐ Taste ☐ Tenderness
- Goat ☐ Shape ☐ Colour ☐ Smell ☐ Taste ☐ Tenderness
- Chicken ☐ Shape ☐ Colour ☐ Smell ☐ Taste ☐ Tenderness
- None ☐

12/ Do you know the nutritional benefits of rabbit meat ?

Yes ☐ No ☐

- If so, what are the benefits do you know?

.....

THANK YOU FOR YOUR KIND COLLABORATION.

Annexe N°2

Questionnaire: Butchers' survey

Date of survey:...../...../.....

Questionnaire N°.....

Butchers' socio-geographical profile

- Butcher's address (Wilaya /municipalitie):
- Sex : Male ☐ Female ☐
- Age :..... Year
- Marital status : Married ☐ Single ☐
- Educational level: No studies ☐ Primary school ☐ Vocational training school ☐
Secondary school ☐ Bachelor ☐ Other (Master, doctorate,...) ☐
- Seniority : 1-5 yr ☐ > 5 yr ☐ (How long have you been established ?)

I/ General information on supply, rabbit slaughter

1/What are the other types of meat sold in your shop?

Beef ☐ Sheep ☐ Goat ☐ Turkey ☐ Chicken ☐

2/ Where do you currently buy rabbit from ?

Farms (breeders) ☐ Local markets ☐

3/ What are the purchasing criteria for rabbit, which you require ?

Weight ☐ Price ☐ Sex ☐ Age ☐ Breed ☐ Health ☐

4/Where do you carry out the slaughter operation ?

Farms (breeders) ☐ Butcher's shop ☐ Slaughterhouse ☐ Any where ☐

5/At what age and weight do you usually slaughter ?

- Age:month - Weight:kg

6/What is the slaughter yield do you get usually ?

-%

7/ Do the carcasses undergo veterinary inspection ?

Yes ☐ No ☐

8/What is the purchasing format of rabbit ?

☐

Whole carcass

Portion cuts ☐

II/General information about selling and marketing of rabbit meat

9/ Who are your clientele ?

Householders ☐ Restaurants + Householders + Hotels ☐ Private individuals ☐ Bars ☐

10/ What is the price of one kilogram of rabbit meat ?.....DA/kg.

11/What is the number of carcasses sold per week?

- carcass/week

12/ In which periods the marketing of rabbit meat increase?

Ramadhan ☐ Summer ☐ Winter ☐ Ramadhan+winter☐ Religious festivals / year-end holidays☐

13/ What do you think about the marketing situation of rabbit meat?

Bad ☐ Fair ☐ Good ☐

14/ According to you, what are the main obstacles of rabbit meat marketing ?

☐ Unavailability of rabbit meat

☐ High selling price

☐ High cost production

☐ Lack of knowledge and awareness

15/According to you, what are the proposal solutions for enhancing rabbit meat marketability ?

.....

THANK YOU FOR YOUR KIND COLLABORATION.

Annexe N°3

Liste de solutions et de réactifs

1. Tampon d'extraction (Rigor buffer) pH 7.0

Réactifs	Concentration (mM)	Masse molaire (g/mol)	Quantité (g)
Chlorure de potassium KCl	75	74, 56	5.592
Potassium phosphate monobasique KH ₂ PO ₄	10	136.09	1.360
Chlorure de magnésium MgCl ₃	2	203.30	0.406
Ethylene glycol tetraaceticacid EGTA	2	380.35	0.760
Sodium azid NaN ₃	1	65.01	0.065

Eau pure qsp: 1000ml

2. Tampon pH

Réactifs	Concentration (mM)	Masse molaire (g/mol)	Quantité (g)
Iodoacétate de sodium	5	207.93	1.0396
Chlorure de potassium KCl	150	74, 56	11.184

Eau pure qsp: 1000ml

3. Tampon dénaturation (Bleu 5X) pour glycine SDS-PAGE

Réactifs	Concentration / % initial	Concentration / % final	Masse molaire (g/mol)	Quantité
Tris-HCL	312.5 mM	62.5 mM	121.14	1.89 g
EDTA	0.4 mM	0.08 mM	372.24	7.6 mg
SDS	7.5 %	1.5 %	288.38	3.75 g
Glycérol	25 %	5 %		12.5 ml
DTT	150 mM	30 mM	154.25	1.16 g
Bleu de bromophénol	0.05%	0.01 %		25 mg

Eau pure qsp: 50ml

4. Solution d'acrylamide

Réactifs	Pourcentage (%)	Masse molaire (g/mol)	Quantité (g)
Acrylamide	30	71.08	29
Bis acrylamide	0.8	154.17	1

Eau pure qsp: 100ml

5. Tampon resolving Tris-HCl 3M pH 8.8

Réactifs	Concentration Pourcentage	Masse molaire (g/mol)	Quantité
Tris	3 M	121.14	36.34 g
SDS	0.8 %	288.38	0.8 g
β-Mercaptoéthanol	0.8 ml	78.13	0.8 ml

Eau pure qsp: 100ml

Adjuster à 8.8 avec du HCl.

6. Tampon stacking Tris-HCl 0.5 M pH 6.8

Réactifs	Concentration Pourcentage volume	Masse molaire (g/mol)	Quantité
Tris	0.5 M	121.14	6.075 g
SDS	0.4 %	288.38	0.4 g
β-Mercaptoéthanol	0.2 %	78.13	200 µl
Eau pure qsp: 100ml		Adjuster à 6.8 avec du HCl.	

7. Ammonium Persulfate APS à 15%

Dissoudre 0.03 g d'ammonium persulfate dans 1 ml d'eau distillée.

8. Gel resolving à 12 %

Réactifs	Volume
Solution	5200 µl
Tampon resolving	1570 µl
Eau distillée	5725 µl
Temed	6.25 µl
APS	70 µl

9. Gel stacking à 7.5 %

Réactifs	Volume
Solution d'acrylamide	2500 µl
Tampon stacking	2500 µl
Eau distillée	4890 µl
Temed	10 µl
APS	100 µl

10. Tampon de migration pour Glycine SDS-PAGE pH 8.3

Réactifs	Concentration/ Pourcentage	Masse molaire (g/mol)	Quantité
Tris	0.025 M	121.14	1.06 g
Glycine	0.192 M	75	5.04 g
SDS	0.1 %	288.38	0.35 g
β-mercaptoéthanol	0.05 %	78.13	175 µl

Eau pure qsp: 350ml

11. Solution de fixation/ décoloration

Réactifs	Pourcentag
Alcool	30 %
Acide acétique	5 %
Eau distillée	65 %

12. Solution de coloration

Réactifs	Quantité
Acide acétique 10 %	10 ml
Eau distillée	90 ml
Bleu de Coomassie R	0.03 g

13. Solution tampon de phosphate (40mM)

Réactifs	Quantité (g)
Sodium monobasique	1.778
Sodium dibasique	4.060
Quantité pour 1L.	Adjuster à 6.8

14. Solution de Bradford

Réactifs	Quantité
Bleu de Coomassie G-250	100 mg
Ethanol	50 ml
Acide phosphorique	100 ml
Eau distillée	1000 ml

Protocole de préparation des gels pour électrophorèse de type Tricine SDS-PAGE

- Monter les plaques avec toutes les précautions d'usage en utilisant les espaceurs adéquats. Vérifier la propreté des plaques.
- Préparer le gel de séparation ou Résolving gel (10 %) dans 1 tube plastique (ou en verre) de 25mL avec un barreau magnétique selon le tableau ci-dessous :

	Volumes pour 2 gels (mL)	Volumes pour 4 gels (mL)
Acrylamide/ Bisacrylamide 29 :1	333	6.66
Tris 2.5 M pli 8.8	5.6	11.2
Eau bi-distillée	0.90	1.80
Agiter avant d'ajouter le TEMED et APS en μ L		
TEMED	6.0	12.0
APS 30 mg/mL	150	300
Volume final (mL)	~10	~20

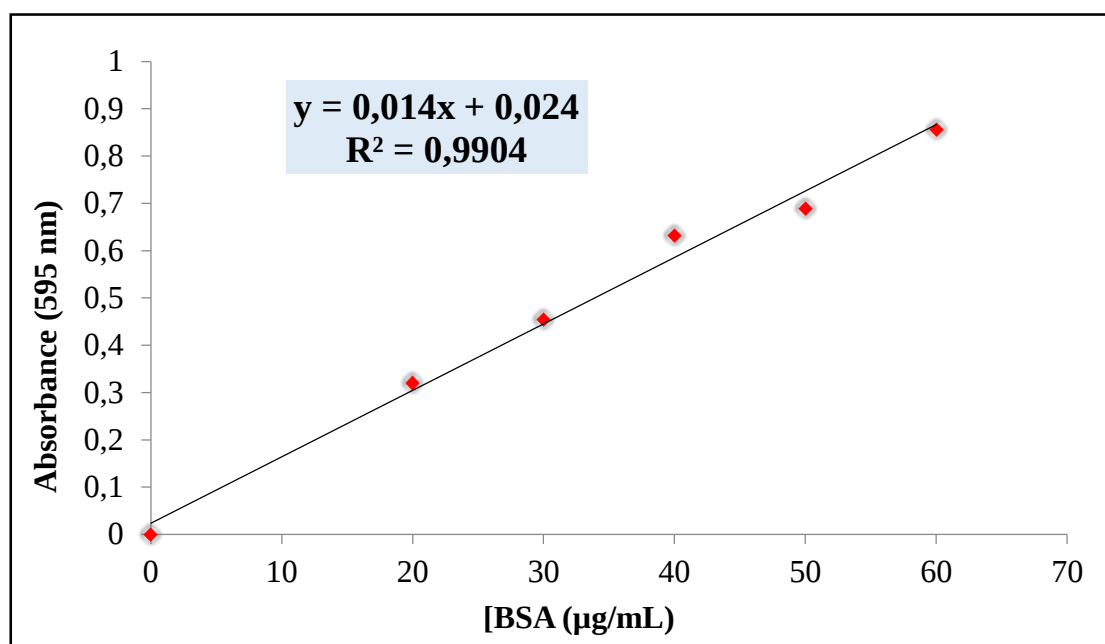
- Couler 5000 μ L de cette solution pour un gel ;
- En fin de coulage recouvrir le gel avec 400 μ L d'éthanol à 70 % ;
- Laisser polymériser environ 25-30 minutes ;
- Préparer le gel de concentration ou Stacking gel (4 %) dans 1 tube plastique (ou en verre) de 25ml avec un barreau magnétique selon le tableau ci-dessous :

	Volumes pour 2 gels (mL)	Volumes pour 4 gels (mL)
Acrylamide / Bisacrylamide 29 :1	0.66	1.32
Tris 2.5 M pH 8.8	0.76	1.52
Eau bi-distillée	3.42	6.84
Agiter avant d'ajouter le TEMED et l'APS en μ L		
TEMED	5.0	10.0
APS 30 mg/mL	150	300
Volume final (mL)	-5	-10

- Puis couler le stacking
- Insérer immédiatement les peignes appropriés et laisser polymériser au moins 15 à 20 minutes.

Annexe N°4

Courbe d'étalonnage du dosage des extraits protéiques (Protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques)



Annexe N°5

Fiche d'identification des attributs sensoriels

N°	Attribut sensoriel	Définitions
1	Flaveur (Odeur et gout)	L'intensité de saveur du morceau de viande  <i>Faible flaveur à forte flaveur</i> 
2	Jutosité	Aptitude de la viande à rendre du jus à la mastication  <i>non juteux à extrêmement juteux</i> 
3	Tendreté	Aptitude de la viande à se laisser facilement découper, déchirer et broyer pendant la mastication  <i>de dur à extrêmement tendre</i> 
4	Cohésion	Comment le morceau de viande fragmente-il à la troisième mastication  <i>de faiblement cohésif (se fragmentant seul) à très cohésif (le morceau garde son intégrité)</i> 
5	Mastication	Nombre de fois nécessaires à mâcher le morceau de viande avant de pouvoir l'avaler  <i>pas difficile à mâcher à extrêmement difficile à mâcher</i> 
6	Odeur	L'intensité d'odeur de la viande perçue par les organes de l'odorat. <i>De faible à forte sensation</i>
7	Odeur du gras	Perception du gras au cours de la mastication <i>De faible à forte sensation</i>
8	Aspect farineux	Sensation de farine lors de la mastication <i>De faible à forte sensation</i>
9	Aspect fibreux	Perception de fibres de la viande lors de la mastication <i>De peu fibreux à fibreux</i>
10	Présence de résidus	Quantité de résidus après dégustation <i>du nihil à l'extrême</i>

-Test de préférence par paires-

Lequel de deux échantillons codés vous préférez ? Vous devez choisir un, même s'ils vous semblent égaux.

Merci pour votre aimable collaboration.

Bulletin de l'évaluation sensorielle de la viande cunicole

Code du Bulletin :

Date : Mars 2020

Nom : Prénom :

Age :

Veuillez examiner et goûter chaque échantillon de viande, tout en renseignant par une croix (X) sur un barème d'évaluation pour chaque attribut sensoriel.

☞ Veuillez rincer la bouche avec de l'eau au goût pomme avant et après chaque dégustation.

Tendreté	-	_____	+
Flaveur	-	_____	+
Jutosité	-	_____	+
Mastication	-	_____	+
Cohésion	-	_____	+
Gras	-	_____	+
Odeur	-	_____	+
Odeur du gras	-	_____	+
Aspect fibreux	-	_____	+
Aspect farineux	-	_____	+
Présence de résidus	-	_____	+

Sur une échelle de notation allant de 0 à 100 quelle est votre appréciation globale de l'échantillon de la viande déjà dégusté.

0 _____ 100

   Very Good

Merci pour votre aimable collaboration.

Bulletin pour le test de préférence par paires d'échantillons de viande

Goûtez les deux échantillons de viande en face de vous, en commençant par l'échantillon de gauche. Cerclez le numéro de l'échantillon que vous préférez. Vous devez choisir un échantillon. En cas de doute tirer au sort.

.....

.....

Merci pour votre aimable collaboration.

ملخص

ان الخصائص الغذائية للحوم الأرنب تجعلها بديلاً ناجحاً لتنوع مصادر البروتين و تحقيق الأمن الغذائي. غير أنه في الجزائر، لا يزال استهلاك لحوم الأرنب غير راسخاً بشكل كافٍ في تقاليد الطهي مقارنة بأنواع اللحوم الأخرى. علاوة على ذلك، لا يزال تسويق لحم الأرنب متواضعاً وغير منظم. الهدف العام لهذا البحث هو تحديد المعايير والعوامل الرئيسية التي تؤثر على استهلاك لحوم الأرنب وتسويقها من وجهة نظر المستهلكين والجزائريين بالإضافة الى تحليل جودة لحوم الأرنب لسلالة محلية وسلالة هجينة (ITELV2006). لتحقيق الهدف الأول، قمنا بإجراء تحقيق ميداني باستخدام استبيان. شملت دراستنا 15 ولاية تقع في الجزء الشمالي الشرقي من الجزائر. تم إجراء استطلاع على 360 مستهلكاً و 32 جزائراً ومسؤولي المذبح. لتحقيق الهدف الثاني، في التجربة تم استخدام 60 ارنب (30 لكل سلالة) من عمر 90 يوماً. تم تحديد وزن الجسم والصفات المرفولوجية. بعد الذبح، تم قياس خصائص الذبيحة والخصائص الكيميائية الحيوية والكيميائية، والحسية للحوم الأرنب على عضلة *Longissimus lumborum* وعضلة الفخذ.

أظهرت نتائج التحقيق الميداني، أن لحوم الأرنب يتم استهلاكها في جميع الولايات التي شملها التحقيق مع نسبة استهلاك منخفضة لغالبية المستجوبين (79%). في حين ترجع أسباب الاستهلاك خصوصاً الى: الطعم الجيد (59%) والقيمة الغذائية (27%). أما عراقليل الاستهلاك فتتمثل أساساً في: ندرة لحوم الأرنب في السوق (42%)، السعر (22%)، العادات الغذائية (17%)، نقص المعلومات عن القيمة الغذائية (13%)، الطعم السيئ (3%) ومشايبته لحوم القطط (3%). فيما يتعلق بمعايير الشراء، اختار معظم المستهلكين الطراوة (58%) والطراوة (14%). أظهرت النتائج ارتباطاً مهماً بين الموقع الجغرافي للجزائريين وأربعة عوامل تسويقية وهي كالتالي: معايير بيع الأرنب وحجم المبيعات في الأسبوع ونوع اللحوم المباعة ونوع الزبائن. يبدو أن سوق لحوم الأرنب متواضع ومجزأ وغير منظم، وذلك بسبب العديد من العقبات، وأهمها نقص المعرفة والوعي بلحوم الأرنب وتكلفة الإنتاج المرتفعة وسعر البيع المرتفع ونقص الوفرة في السوق. فيما يتعلق بجودة اللحوم، كشفت النتائج المتحصل عليها أن السلالة الهجينة تتميز بقيمة أعلى فيما يخص القياسات المرفولوجية مقارنة بالسلالة المحلية. وكان لعامل الجنس وعامل (السلالة × جنس) تأثيراً فعلياً فقط على محيط الصدر ($P > 0.05$). كما لوحظ أن معظم خصائص الذبيحة تتأثر بالجينات أكثر من تأثرها بالجنس. حيث كان وزن الذبيحة عند الذكور والإناث المنتمين للسلالة الهجينة أعلى بنسبة 41% و 22% على التوالي مقارنة بالأرناب المحلية. علاوة على ذلك، أظهرت السلالة الجديدة إنتاجية جيدة للحوم (60%) مع قيمة متوسطة أعلى (+ 5%) لنسبة الذبح مقارنة بالسلالة المحلية. أما فيما يتعلق بالتركيب البيوكيميائي للحوم، فإن السلالة الهجينة أظهرت أيضاً أعلى محتوى من البروتين والدهون ($P > 0.05$). بينما أظهرت السلالة المحلية محتوى جيداً من الأحماض الدهنية. تم العثور على اختلافات متعلقة بالجينات في معظم الخصائص الفيزيوكيميائية المدروسة مثل فقدان الماء عند الطهي ($P > 0.001$)، ونسبة الماء المطروح ($P > 0.001$)، ومؤشر تجزئة الميوفبريلي ($P > 0.001$)، غير أنه في مقارنة بعض الخصائص الأخرى، كانت الاختلافات مرتبطة بعامل (السلالة × جنس) كما هو الحال في فقدان الماء عند الطهي ($P > 0.001$) وقيمة * b ($P < 0.01$). في حين لم يتم ملاحظة أي اختلافات فعلية في الخصائص الحسية للحوم ($P < 0.05$).

أخيراً، يجب التأكيد على أن السلالة الهجينة أظهرت خصائص أفضل بسبب إمكاناتها الجينية. لذلك، يوصى باستخدامها لإنتاج اللحوم الجزائرية. تعد هذه الدراسة الأولى من نوعها حيث نجحت في وصف النمط الاستهلاكي للمستهلك الجزائري، كما سلطت الضوء على العوامل التي تشجع على استهلاك لحوم الأرناب وتسويقها والعوامل التي تعيق ذلك.

الكلمات المفتاحية: النمط الاستهلاكي، العوامل التسويقية، الخصائص المرفولوجية: خصائص الذبيحة، جودة اللحم، الأرنب الجزائري، السلالة المحلية للأرناب، السلالة الهجينة (ITELV 2006).

Abstract

Due to its well-established nutritious qualities, rabbit meat is a highly attractive substitute for other meats and a great way to diversify your diet. Compared to other meats, rabbit meat eating in Algeria is not as deeply ingrained in culinary customs. The basic goal of this research is to define the quality of rabbit meat from two Algerian breeds, the native population, and the synthetic line, and to identify the key variables and factors that influence the marketing and consumption of rabbit meat from the perspectives of customers and butchers (ITELV2006).

A structured questionnaire was used in conjunction with a descriptive survey method to achieve the first goal. We have examined fifteen wilayas in northeastern Algeria for our study. A poll was conducted with thirty-two butchers, one slaughterhouse, and three hundred consumers. In order to achieve the second goal, the experiment involved 60 animals (30 per breed) starting at 90 days of age. Both the morphometric characteristics and body weight were noted. Measuring the carcass features, biochemical, physicochemical, and sensory qualities of rabbit meat on the hind leg muscle and Longissimus lumborum at the time of slaughter.

According to the findings of two polls, rabbit meat is eaten in every wilaya that was investigated, albeit most respondents (79%), only consume it sometimes. On the one hand, the primary factors driving consumption are nutritious value (27%) and good taste (59%). The limiting causes, however, are distinct: the market's scarcity of rabbit meat (42%), price (22%), eating habits (17%), lack of knowledge about the meat's nutritional value (13%), poor flavor (3%) and resemblance to cat meat (3%). When it came to purchase criteria, the majority of customers selected freshness (14%) and tenderness (58%) respectively. Cross-tabulations have demonstrated a significant correlation between the butchers' location and four marketing variables, namely the type of meat sold, weekly sales volume, rabbit selling criterion, and type. Due to a number of factors, including limited availability, high production costs, high selling prices, and a general lack of information and awareness of rabbit meat, the market for rabbit meat appears to be small, dispersed, and disorganized.

The results showed that the synthetic line has greater values of morphometric measures than the indigenous breed in terms of meat quality. Chest circumference was the sole parameter on which the sex factor and the genotype x sex interaction had a significant impact ($P < 0.05$). Additionally, it has been noted that genetics has a greater influence on most carcass features than gender, where the body weight of the males and females raised on a synthetic line at slaughter was 22% and 41% more than that of the indigenous rabbits. In addition, the new line outperformed the local one in terms of meat production (60%) and had a higher mean value (+5%) of dressing out percentage. In terms of meat's approximate biochemical composition, the synthetic line has likewise demonstrated the highest levels of fat and protein ($P < 0.05$). The indigenous breed, however, had a decent fatty acid profile. The majority of the physicochemical properties that were examined showed genotype-related differences, including cooking losses ($P < 0.001$), the percentage of released water ($P < 0.001$), and the myofibril fragmentation index ($P < 0.001$). However, for several variables, such as cooking losses ($P < 0.001$) and b^* value ($P < 0.01$), the changes were associated with the sex and genotype (SxG) interaction. There were no discernible variations in the meat's sensory qualities ($P > 0.05$).

Lastly, it should be emphasized that the synthetic line's genetic potential has led to the display of superior traits. It is therefore advised to use it for the production of Algerian meat. This study provides light on the variables promoting and impeding the marketing of and consumption of rabbit meat, as it is the first to analyze the Algerian consumer profile.

Key Words: consumption profile, marketing factors, morphometric traits, carcass traits, meat quality, Algerian rabbits, local population, synthetic line (ITELV 2006).



Ibtissem SANAH



Étude des facteurs de consommation et de commercialisation de la viande cunicole dans le nord-est algérien, et caractérisation de la qualité de la viande de la race locale et de la lignée synthétique (ITELV2006)

THÈSE

**Présentée pour l'Obtention du Diplôme de
Doctorat en Sciences**

Résumé

La viande de lapin possède des propriétés nutritionnelles reconnues, ce qui en fait une alternative intéressante pour la diversification et la sécurité alimentaire. En Algérie, la consommation de viande lapine est insuffisamment ancrée dans les traditions culinaires par rapport à d'autres types de viande. L'objectif principal de cette recherche est de déterminer les principaux paramètres et facteurs qui affectent la consommation et la commercialisation de la viande cunicole du point de vue des consommateurs et des bouchers, et de caractériser les différentes qualités de cette viande de la population locale de lapin en comparaison avec la nouvelle lignée synthétique (ITELV2006). Pour atteindre nos objectifs, une enquête sur le terrain à l'aide d'un questionnaire a été menée auprès de 360 consommateurs, 32 bouchers et le responsable de l'abattoir cunicole, à travers 15 wilayas situées dans le nord-est de l'Algérie. D'autre part, 60 animaux (30 par race), âgés de 90 jours, ont été utilisés dans l'expérimentation. Le poids corporel et les caractères morphologiques ont été mesurés. À l'abattage, les caractéristiques de la carcasse ont été enregistrées, ainsi que l'ensemble des qualités biochimiques, physico-chimiques et sensorielles de la viande lapine mesurées sur le muscle Longissimus lumborum et la cuisse. Les résultats des deux enquêtes montrent que la viande cunicole est consommée dans toutes les wilayas étudiées, avec une faible fréquence (79%). D'une part, les raisons de la consommation sont principalement : le bon goût (59%) et la valeur nutritionnelle (27%). D'autre part, les facteurs limitants sont différents : la rareté de la viande cunicole sur le marché (42%), le prix (22%), les habitudes alimentaires (17%), le manque d'information sur la valeur nutritionnelle (13%), le mauvais goût (3%) et la ressemblance avec la viande de chat (3%). En ce qui concerne les critères d'achat, la tendreté (58%) et la fraîcheur (14%) ont été choisis par la plupart des consommateurs. Les tableaux croisés ont montré un coefficient significatif entre la localisation des bouchers et quatre facteurs de marketing, à savoir les critères de vente du lapin, le volume des ventes par semaine, le type de viande vendue et le type de clientèle. Le marché de la viande lapine semble modeste, fragmenté et non organisé, en raison de nombreux obstacles, tels que : le manque de connaissance et de sensibilisation, le coût élevé de production, le prix de vente élevé et la faible disponibilité. En ce qui concerne la qualité de la viande, la nouvelle lignée a montré une supériorité par rapport aux paramètres morphologiques. Le sexe et son interaction avec le génotype (SxG) n'ont eu d'effet significatif que sur le tour de poitrine ($P < 0.05$). De plus, la majorité des caractéristiques de carcasse étaient plus affectées par le facteur génétique que par le sexe. Ainsi, le poids corporel à l'abattage des mâles et des femelles issus de la lignée synthétique était respectivement 41% et 22% plus élevé que celui des lapins locaux. De plus, la nouvelle lignée présente un bon rendement en viande (60%) avec une valeur moyenne de rendement carcasse supérieure (+5%) à celle de la race locale. En ce qui concerne la composition biochimique proximale de la viande, la lignée synthétique a également montré la plus forte teneur en protéines et en matières grasses ($p < 0.05$). En revanche, la race locale présente un bon profil d'acides gras. Le type génétique a influencé la plupart des paramètres physico-chimiques, comme les pertes en eau à la cuisson ($P < 0.001$), le pourcentage d'eau reléguée ($P < 0.001$), l'indice de fragmentation myofibrillaire ($P < 0.001$). Cependant, dans certains traits, les différences étaient liées à l'interaction (SxG) tels que les pertes de cuisson ($P < 0.001$) et la valeur de b^* ($P < 0.01$). Aucune différence significative n'a été observée dans les caractéristiques sensorielles de la viande ($P > 0.05$). Enfin, il convient de souligner que la lignée synthétique a montré de meilleures caractéristiques en raison de son potentiel génétique. Par conséquent, il est recommandé de l'utiliser pour la production de viande algérienne. Cette étude est la première à analyser le profil du consommateur algérien et met en lumière les facteurs encourageant et entravant la consommation et la commercialisation de la viande lapine.

Mots clés : profil du consommateur, facteurs de marketing, caractères morphologiques, caractéristiques de la carcasse, qualité de la viande, lapins algériens, population locale, lignée synthétique (ITELV 2006).

Directeur de thèse : Pr. Samira BECILA-HIOUAL – Université : Constantine 1 – Frères Mentouri