

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



UNIVERSITÉ BATNA 1
INSTITUT DES SCIENCES VÉTÉRINAIRES
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES



THÈSE

Pour L'Obtention Du Diplôme De

DOCTORAT ES-SCIENCES

Filière
SCIENCES VÉTÉRINAIRES

Option
NUTRITION

Présenté par :
HAFID Nadia

THÈME

**CARACTÉRISATION BIOCHIMIQUE DES VIANDES
ROUGES DANS LA RÉGION DES AURÈS**

Devant le jury :

Président :	TLIDJANE M.	Professeur	Université de Batna 1
Rapporteur :	MEZIANE T.	Professeur	Université de Batna 1
Examineurs :	BENSOUILAH M.	Professeur	Université d'Annaba
	BENMAKHOULOUF A.	Professeur	Université de Constantine 1
	TEBBANI A. Y.	M.C.A.	Université de Batna 1
	DEGHNOUCHE K.	M.C.A.	Université de Biskra

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2015/2016

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je voudrais tout d'abord remercier Allah, notre créateur, de nous avoir donné la foi, de la guider, et pour tous les moyens ayant permis la réalisation de ce modeste travail.

*Ma première gratitude s'adresse au Professeur **MEZIANE Toufik**, de l'Université de Batna. C'est sous sa direction que ce travail a été accompli. Qu'il trouve ici toute ma reconnaissance pour ses encouragements, ses conseils, ses recommandations, le temps qu'il m'a consacré et sa bienveillance.*

*Que Monsieur le Professeur **TLIDJANE Madjid**, de l'Université de Batna, trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour me faire l'honneur de présider le jury. Je l'en remercie infiniment.*

*Mes remerciements les plus sincères vont également aux membres du jury : le Professeur **BENSOUILAH Mourad**, le Professeur **BENMAKHOLOUF Abdelmalek**, le Docteur **TEBBANI Abdelhamid Yacine**, et le Docteur **DEGHNOUCHE Kahramene**.*

Ce travail n'aurait pu être effectué sans l'aide inestimable des services agricoles de la wilaya de Batna (DSA-Batna), notamment le service des statistiques et le service vétérinaire. Je les en remercie.

*Mes sincères remerciements s'adressent également aux Inspecteurs et Docteurs vétérinaires d'abattoir, **IDIR K.**, **DALLEL G.**, **HAKIMA T.** et **ABLA A.**, pour leur aide à la réalisation des prélèvements, leur patience et leur disponibilité. Je leur exprime toute ma gratitude.*

*Un remerciement particulier à Messieurs **TAHER** et **AISSA**, les bouchers qui m'ont aidée et qui ont facilité la réalisation des prélèvements musculaires.*

*J'adresse ma sincère et profonde reconnaissance aux Dr. **BOUKROUS** du laboratoire central de biochimie du CHU de Batna, pour l'aide inestimable à la réalisation des analyses biochimiques.*

*Tous mes remerciements vont également aux collègues enseignants, aux confrères et au personnel technique et administratif du **département des sciences vétérinaires** Batna, ainsi que du laboratoire de l'environnement, santé et production animale (**LESPA**), qui m'ont aidée dans la réalisation de cette thèse, et pour leurs encouragements.*

SOMMAIRE

Liste des abréviations	i
Liste des figures	ii
Liste des tableaux	iii

Introduction

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I- LES VIANDES ROUGES

I.1- LE SECTEUR DES VIANDES ROUGES	03
I.1.1- Les viandes rouges dans le monde	03
I.1.1.1- La production mondiale	03
I.1.1.2- La consommation mondiale	03
I.1.2- Les viandes rouges en Algérie	04
I.1.2.1- Evolution d'effectif des animaux d'élevage	04
I.1.2.2- La production des viandes rouges	05
I.1.2.3- Consommation	06
I.1.3- Les viandes rouges dans la région de Batna	06
I.1.3.1- Production	06
I.1.3.2- Consommation sur la base des données statistiques	07
I.1.4- L'origine des viandes rouges	08
I.1.4.1- La viande ovine	08
I.1.4.2- La viande bovine	08
I.1.4.3- La viande caprine	08
I.2- DU MUSCLE A LA VIANDE	09
I.2.1- Structure d'un muscle squelettique	09
I.2.1.1- Les nerfs et les vaisseaux sanguins	09
I.2.1.2- Les faisceaux musculaires	09
I.2.1.2.1- Les fibres musculaires	10
I.2.1.2.2- Les sarcomères	12
I.2.1.3- Les adipocytes	13
I.2.2- Composition chimique des muscles	13
I.2.2.1- L'eau	13
I.2.2.2- Les protéines	14
I.2.2.3- Les lipides	14
I.2.2.3.1- Localisation anatomique	14
I.2.2.3.2- Classification des lipides	15
I.2.2.3.2.1- Les triglycérides	15
I.2.2.3.2.2- Les phospholipides	15
I.2.2.3.2.3- Le cholestérol	15
I.2.2.4- Les cendres (la matière minérale)	15
I.2.3- Transformation du muscle en viande	16
I.2.3.1- Phase d'excitabilité musculaire	16
I.2.3.2- Phase de la rigidité cadavérique	16
I.2.3.3- La maturation (état rassis de la viande)	16

CHAPITRE II- LE MÉTABOLISME MUSCULAIRE

II.1- MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE	18
II.1.1- Le glucose	18
II.1.1.1- L'origine du glucose	18
II.1.1.2- Métabolisme du glucose	18
II.1.1.2.1- Oxydation	19
II.1.1.2.2- Transformation en L-lactate	19
II.1.1.2.3- Synthèse de glycogène	20
II.1.1.2.4- Synthèse d'acides gras	20
II.1.2- Les acides gras volatils	20
II.1.3- Les corps cétoniques	20
II.2- MÉTABOLISME LIPIDIQUE	21
II.2.1- La classification des lipides	21
II.2.1.1- Les acides gras	21
II.2.1.2- Les triglycérides	21
II.2.1.3- Les phospholipides	21
II.2.1.4- Le cholestérol	22
II.2.2- Origine des lipides	23
II.2.3- La digestion ruminale	23
II.2.4- L'absorption intestinale et le transport	24
II.2.5- L'utilisation des lipides	26
II.2.5.1- La captation et la pénétration des lipides	26
II.2.5.2- Les voies métaboliques proprement dit	26
II.2.5.2.1- Les triglycérides	26
II.2.5.2.1.1- L'estérification	26
II.2.5.2.1.2- L'hydrolyse	27
II.2.5.2.2- Les phospholipides	28
II.2.5.2.3- Le cholestérol	29
II.2.5.2.3.1- Cholestérol libre	29
II.2.5.2.3.2- Formation du cholestérol estérifié	31
II.2.5.2.3.3- Homéostasie du cholestérol	31
II.3- MÉTABOLISME AZOTÉ	32
II.3.1- Voies d'utilisation des nutriments azotés au niveau musculaire	33
II.3.1.1- Néoglucogenèse	33
II.3.1.2- La captation et la pénétration cellulaire des AA	33
II.3.1.3- Synthèse des protéines musculaires	34
II.3.1.4- Dégradation irréversibles des AA (catabolisme oxydatif)	34
II.4- CONTROLE DU MÉTABOLISME MUSCULAIRE	34
II.4.1- Le contrôle nutritionnel	34
II.4.2- Contrôle hormonal	35
II.4.2.1- L'insuline	35
II.4.2.2- Le glucagon	35
II.4.2.3- L'hormone de croissance (GH)	35
II.4.2.4- Les hormones thyroïdiennes	36
II.4.2.5- Les catécholamines	36
II.4.2.6- Les stéroïdes	36
II.4.2.6.1- Les glucocorticoïdes	36
II.4.2.6.2- Les androgènes	37
II.4.2.6.3- Les œstrogènes	37

CHAPITRE III- LES FACTEURS INFLUENCANT LA CARACTERISATION BIOCHIMIQUE DES VIANDES ROUGES

III.1- LES FACTEURS INTRINSÈQUES	38
III.1.1- L'espèce animale	38
III.1.2- La race et le génotype	38
III.1.2.1- Chez les bovins	38
III.1.2.2- Chez les ovins	39
III.1.2.3- Chez les caprins	40
III.1.3- L'influence du type sexuel	40
III.1.4- L'âge et le poids à l'abattage	41
III.2- LES FACTEURS EXTRINSÈQUES	41
III.2.1- L'alimentation	42
III.2.1.1- L'alimentation chez les bovins	42
III.2.1.2- L'alimentation chez les ovins	42
III.2.1.3- L'alimentation chez les caprins	43
III.2.2- Les systèmes d'élevage	43
III.2.2.1- Chez les bovins	43
III.2.2.2- Chez les ovins	43
III.2.2.3- Chez les caprins	44

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE I- MATÉRIELS & MÉTHODES

I.1- MONOGRAPHIE DE LA RÉGION D'ÉTUDE	45
I.1.1- L'abattoir	45
I.2- LES PRÉLÈVEMENTS	46
I.2.1- Les animaux	46
I.2.2- Prélèvements sanguins	47
I.2.3- Prélèvements de viande	48
I.2.3.1- Choix de l'échantillon	48
I.2.3.2- Transport des prélèvements	48
I.3- LES MÉTHODES ANALYTIQUES	49
I.3.1- Au niveau sérique	49
I.3.1.1- Le cholestérol total	49
I.3.1.2- Les triglycérides	50
I.3.1.3- Les lipides totaux	51
I.3.1.4- Le glucose	51
I.3.1.5- Les protéines totales	51
I.3.1.6- L'albumine	51
I.3.1.7- L'urée	52
I.3.1.8- La créatinine	52
I.3.2- Au niveau de la viande	52
I.3.2.1- Préparation des échantillons pour l'analyse	52
I.3.2.2- Détermination de la matière sèche (MS%), l'humidité (H ₂ O%) et la matière minérale (MM%)	53
I.3.2.3- Détermination des lipides et des fractions lipidiques	53
I.3.2.3.1- Détermination des lipides totaux (matière grasse)	54
I.3.2.3.2- Détermination du cholestérol total	56

I.3.2.3.3- Dosage des triglycérides	58
I.3.2.3.4- Dosage des phospholipides totaux	60
I.3.2.4- Dosage des protéines brutes totales	61
I.4- ÉTUDE STATISTIQUE	63
<u>CHAPITRE II- RÉSULTATS & DISCUSSION</u>	
II.1- PROFIL BIOCHIMIQUE DES RUMINANTS DESTINÉS A L'ABATTAGE	64
II.1.1- Les métabolites énergétiques	64
II.1.1.1- La glycémie	65
II.1.1.2- La cholestérolémie	67
II.1.1.3- La triglycéridémie	70
II.1.1.4- La lipémie	72
II.1.2- Les métabolites azotés	73
II.1.2.1- La protéinémie	74
II.1.2.2- L'albuminémie	76
II.1.2.3- L'urémie	77
II.1.2.4- La créatininémie	79
II.2- COMPOSITION BIOCHIMIQUE DE LA VIANDE ROUGE	81
II.2.1- L'humidité et la matière sèche (HO ₂ , MS)	81
II.2.1.1- Les facteurs de variation d'humidité	81
II.2.1.1.1- Effet de l'espèce	81
II.2.1.1.2- L'effet de l'âge à l'abattage	82
II.2.1.1.3- L'effet du sexe	83
II.2.1.1.4- L'effet de la localisation anatomique des muscles	84
II.2.2- La matière minérale (MM)	85
II.2.2.1- Les facteurs de variation des cendres	86
II.2.2.1.1- Effet de l'espèce	86
II.2.2.1.2- Effet de l'âge à l'abattage	86
II.2.2.1.3- Effet du sexe	87
II.2.2.1.4- Effet de la localisation anatomique des muscles	88
II.2.3- Les protéines brutes (PB)	89
II.2.3.1- Les facteurs de variation de BP	89
II.2.3.1.1- L'effet de l'espèce	89
II.2.3.1.2- Effet de l'âge à l'abattage	90
II.2.3.1.3- Effet du sexe	91
II.2.3.1.4- Effet de la localisation anatomique des muscles	91
II.2.4- La matière grasse (MG)	92
II.2.4.1- Les facteurs de variation de MG	92
II.2.4.1.1- L'effet de l'espèce	92
II.2.4.1.2- L'effet de l'âge à l'abattage	93
II.2.4.1.3- L'effet du sexe	94
II.2.4.1.4- L'effet de la localisation anatomique des muscles	95
II.2.5- Les fractions lipidiques musculaires	96
II.2.5.1- Le cholestérol total	96
II.2.5.1.1- Les facteurs de variation du cholestérol total	97
II.2.5.1.1.1- L'effet de l'espèce	97
II.2.5.1.1.2- L'effet d'âge à l'abattage	97
II.2.5.1.1.3- L'effet du sexe	98
II.2.5.1.1.4- L'effet de la localisation anatomique des muscles	99
II.2.5.2- Les triglycérides (TG)	101
II.2.5.2.1- Les facteurs de variation de TG	101
II.2.5.2.1.1- L'effet de l'espèce	101
II.2.5.2.1.2- L'effet de l'âge à l'abattage	101
II.2.5.2.1.3- L'effet du sexe	102
II.2.5.2.1.4- L'effet de la localisation anatomique des muscles	102
II.2.5.3- Les phospholipides totaux (PL)	103
II.2.5.3.1- Les facteurs de variation des PL totaux	103

II.2.5.3.1.1- L'effet de l'espèce	103
II.2.5.3.1.2- L'effet de l'âge à l'abattage	103
II.2.5.3.1.3- L'effet du sexe	103
II.2.5.3.1.4- L'effet de la localisation anatomique des muscles	105
II. 3- LES INTERACTIONS ENTRE LES MÉTABOLITES SÉRIQUES ET LES COMPOSANTES MUSCULAIRES ÉTUDIÉS	107
II.3.1- Chez les bovins	107
II.3.1.1- Les interactions entre les métabolites sériques	107
II.3.1.2- Les interactions entre les composantes musculaires	108
II.3.1.3- Les interactions entre les métabolites sériques et les composantes musculaires	109
II.3.2- Chez les ovins	111
II.3.2.1- Les interactions entre les métabolites sériques	111
II.3.2.2- Les interactions entre les composantes musculaires	111
II.3.2.3- Les interactions entre les métabolites sériques et les composantes musculaires	112
II.3.3- Chez les caprins	114
II.3.3.1- Les interactions entre les métabolites sériques	114
II.3.3.2- Les interactions entre les composantes musculaires	114
II.3.3.3- Les interactions entre les métabolites sériques et les composantes musculaires	115
Conclusion	117
Références bibliographiques	118

LA LISTE DES ABRÉVIATIONS

AA	Acides aminés
ABC G5 et G9	ATP binding cassette
ACAT	Acyle-CoA : cholestérol acyltransférase
A-FABP	Adipocytes-Fatty acid binding protein
AG	Acides gras
AGNE	Acides gras non estérifiés
AGV	Acides gras volatils
Alb.	Albumine
ATP	Adénosine triphosphate
BF	<i>Biceps fémoris</i> (muscle)
Chol.	Cholestérol
CC	Corps cétonique
CE (EC)	Cholestérol ester
CM	Chylomicron
Co A	Coenzyme A
Cré.	Créatinine
FABP	Fatty acid binding protein
FAO	Food agricultural organisation
G-3-PDH	Glycérol-3-phosphate déshydrogénase
GH	Hormone de croissance (Growth Hormone)
Glu.	Glucose
GMQ	Gain moyen quotidien
HDL	High density lipoprotein
HMG CoA	Hydroxy-3-méthylglutaryl Coenzyme A
HSL	Hormono-sensitive lipase
H-FABP	Heart-Fatty acid binding protein
IDL	Intermediate density lipoprotein
IGF-1	Insulin like growth factor 1
KOH	Hydroxyde de potassium
LD	<i>Longissimus dorsi</i> (muscle)
LDH	Lactate déshydrogénase
LDL	Low density lipoprotein
LP	Lipides totaux
LPL	Lipoprotéine lipase
LXR	Liver X receptor (Récepteur nucléaire hépatique)
MG	Matière grasse
MM	Matière minérale
MS	Matière sèche
MDR1-P	Multi-drug resistant 1 glycoprotéine P
nCEH	Cholestéryl ester hydrolase neutre
NGG	Néoglucogenèse
NPLC1L1	Niemann Pick C1 like 1protein
PB	Protéines brutes
PL	Phospholipides totaux
PT	Protéines totales
QF	<i>Quadriceps fémoral</i>
RE	Réticulum endoplasmique
SREBP1=SRBP	Sterol response element-binding protein 1 (récepteur scavenger de classe B de type 1)
SM	<i>Semi-membraneux</i> (muscle)
TG	Triglycérides
Tr	Tours
Uré.	Urée
VLDL	Very low density lipoprotein
SRD	Sem Raca Definida

LISTE DES FIGURES

Figure n° 1 :	Evaluation de la production mondiale de viande (1999-2009).	03
Figure n° 2 :	Evaluation de la consommation des viandes dans le monde (1971-2007).	04
Figure n° 3 :	Contribution de différentes espèces dans la production totale de viandes rouges en Algérie.	05
Figure n° 4 :	Evolution de la production des viandes rouges et blanches en Algérie.	06
Figure n° 5 :	Les abattages contrôlés et non contrôlés dans la wilaya de Batna de 2004-2012.	07
Figure n° 6 :	Organisation d'un muscle strié squelettique.	10
Figure n° 7 :	Peroxisomes.	12
Figure n° 8 :	Organisation d'un sarcomère.	12
Figure n° 9 :	Les différents dépôts adipeux du muscle.	13
Figure n° 10 :	Le système protéique musculaire (synthétisé et adapté).	14
Figure n° 11 :	Métabolisme énergétique musculaire en relation avec la physiologie du muscle	18
Figure n° 12 :	Principales voies du métabolisme énergétique dans la cellule musculaire	19
Figure n° 13 :	Structure des triglycérides	21
Figure n° 14 :	Structure de cholestérol libre	22
Figure n° 15 :	Structure du cholestérol estérifié	23
Figure n° 16 :	Hydrolyse et hydrogénation des acides gras dans le rumen	24
Figure n° 17 :	Structure d'un chylomicron	25
Figure n° 18 :	Les voies de la biosynthèse des triglycérides	27
Figure n° 19 :	Synthèse des triglycérides	27
Figure n° 20 :	Les voies de re-estérification des AG	28
Figure n° 21 :	Les destinées principales de l'acétate	29
Figure n° 22 :	HMG CoA, substrat pour la formation de corps cétoniques et/ou de cholestérol	29
Figure n° 23 :	Les principales étapes de la biosynthèse du cholestérol	30
Figure n° 24 :	Homéostasie du cholestérol chez les mammifères	32
Figure n° 25 :	Recyclage de l'azote chez les ruminants : devenir de l'urée produite par le foie	33
Figure n° 26 :	Plan architectural de l'abattoir de Batna.	45
Figure n° 27 :	Diagramme de la détermination des différentes fractions lipidiques.	54
Figure n° 28 :	Droite d'étalonnage du cholestérol total.	58
Figure n° 29 :	Variations de la glycémie en fonction de l'espèce animale.	66
Figure n° 30 :	Variations de la cholestérolémie en fonction de l'espèce animale.	68
Figure n° 31 :	Variations de la triglycéridémie en fonction de l'espèce animale.	70
Figure n° 32 :	Variations de la lipémie en fonction de l'espèce animale.	72
Figure n° 33 :	Variations de la protéinémie en fonction de l'espèce animale.	74
Figure n° 34 :	Variations de l'albuminémie en fonction de l'espèce animale.	76
Figure n° 35 :	Variations d'urémie en fonction de l'espèce animale.	78
Figure n° 36 :	Variations de la créatininémie en fonction de l'espèce animale.	79
Figure n° 37 :	Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur en humidité.	84
Figure n° 38 :	Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur des cendres.	88
Figure n° 39 :	Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur en BP.	91
Figure n° 40 :	Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur en MG.	95
Figure n° 41 :	Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur de cholestérol total.	100
Figure n° 42 :	Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur des TG.	102
Figure n° 43 :	Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur des PL totaux.	105

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Evolution de l'effectif du cheptel de 2000-2009.	5
Tableau 2 :	Evolution de la production des viandes rouges dans la wilaya de Batna	7
Tableau 3 :	Distribution des fibres musculaires au niveau du muscle <i>Longissimus dorsi</i>	10
Tableau 4 :	Composition des fibres musculaires.	11
Tableau 5 :	Caractéristiques physiques et chimiques des lipoprotéines.	25
Tableau 6 :	Classification et effectifs des ruminants étudiés.	46
Tableau 7 :	Variations sériques des métabolites énergétiques selon l'espèce animale.	64
Tableau 8 :	Variations sériques des métabolites énergétiques chez les bovins.	64
Tableau 9 :	Variations sériques des métabolites énergétiques chez les ovins.	64
Tableau 10 :	Variations sériques des métabolites énergétiques chez les caprins.	65
Tableau 11 :	Normes physiologiques de la glycémie chez les ruminants.	65
Tableau 12 :	Normes physiologiques de la cholestérolémie chez les ruminants.	68
Tableau 13 :	Normes physiologiques de la triglycéridémie chez les ruminants.	70
Tableau 14 :	Variations sériques des métabolites azotés selon l'espèce animale.	73
Tableau 15 :	Variations sériques des métabolites azotés chez les bovins.	73
Tableau 16 :	Variations sériques des métabolites azotés chez les ovins.	73
Tableau 17 :	Variations sériques des métabolites azotés chez les caprins.	74
Tableau 18 :	Normes physiologiques des protéines totales sériques chez les ruminants.	74
Tableau 19 :	Normes physiologiques d'albuminémie chez les ruminants.	76
Tableau 20 :	Normes physiologiques de l'urémie chez les ruminants.	77
Tableau 21 :	Normes physiologiques de la créatininémie chez les ruminants.	79
Tableau 22 :	Variations de la teneur en humidité (%) en fonction de l'espèce animale.	82
Tableau 23 :	Variations de la teneur en humidité (%) chez les ruminants, en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.	83
Tableau 24 :	Variations de la teneur en humidité (%) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.	84
Tableau 25 :	Variations de la teneur en MM (%) en fonction de l'espèce animale.	86
Tableau 26 :	Les variations de la teneur en MM (%) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.	87
Tableau 27 :	Variations de la teneur en MM (%) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.	88
Tableau 28 :	Variations de la teneur en BP en fonction de l'espèce animale.	89
Tableau 29 :	Variations de la teneur en BP (%) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.	90
Tableau 30 :	Variations de la teneur en BP (%) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.	91
Tableau 31 :	Variations de la teneur en MG (%) en fonction de l'espèce animale.	93
Tableau 32 :	Variations de la teneur en MG (%) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.	94
Tableau 33 :	Variations de la teneur en MG chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.	95
Tableau 34 :	Variations de la teneur du cholestérol total (mg/100 g) en fonction de l'espèce animale.	97
Tableau 35 :	Variations de la teneur de cholestérol total (mg/100 g) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.	99
Tableau 36 :	Variations de la teneur en cholestérol total (mg/100 g) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.	99
Tableau 37 :	Variations de la teneur des TG (mg/100 g) en fonction de l'espèce animale.	101
Tableau 38 :	Variations de la teneur des TG (mg/100 g) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.	102
Tableau 39 :	Variations de la teneur en TG (mg/100 g) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.	102

Tableau 40 :	Variations de la teneur des PL totaux (mg/100 g) en fonction de l'espèce animale.	104
Tableau 41 :	Variations de la teneur des PL totaux (mg/100 g) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.	105
Tableau 42 :	Variations de la teneur des PL totaux (mg/100 g) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.	105
Tableau 43 :	Matrice de corrélation de Pearson entre les métabolites sériques chez tous les bovins.	107
Tableau 44 :	Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de <i>LD</i> chez les bovins.	108
Tableau 45 :	Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de <i>BF</i> chez les bovins.	109
Tableau 46 :	Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de <i>LD</i> chez les bovins.	110
Tableau 47 :	Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de <i>BF</i> chez les bovins.	110
Tableau 48 :	Matrice de corrélation de Pearson entre les métabolites sériques chez tous les ovins.	111
Tableau 49 :	Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de <i>LD</i> chez les ovins.	111
Tableau 50 :	Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de <i>BF</i> chez les ovins.	112
Tableau 51 :	Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de <i>LD</i> chez les ovins.	113
Tableau 52 :	Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de <i>BF</i> chez les ovins.	113
Tableau 53 :	Matrice de corrélation de Pearson entre les métabolites sériques chez tous les caprins.	114
Tableau 54 :	Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de <i>LD</i> chez les caprins.	114
Tableau 55 :	Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de <i>BF</i> chez les caprins.	115
Tableau 56 :	Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de <i>LD</i> chez les caprins.	115
Tableau 57 :	Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de <i>BF</i> chez les caprins.	116

INTRODUCTION

INTRODUCTION

En Algérie, les viandes rouges consommées sont essentiellement les viandes ovine, bovine et caprine et à un faible pourcentage les viandes cameline et équine.

Les ruminants destinés à l'abattage sont issus de systèmes de production variés. Pour les bovins, la production de viande est assurée par l'élevage laitier mis en réforme (races spécialisées) et par l'élevage allaitant, qui comporte les races à viande et les races rustiques (Bouzebda-Afri, 2007). Les ovins sont exploités selon des systèmes de production mixte (viande, laine et lait) (Benyoucef *et al.*, 1995). Chez les caprins, la production et l'exploitation restent marginales, et se pratiquent le plus souvent selon des méthodes traditionnelles.

La composition biochimique de la viande rouge, et notamment la teneur en lipides intramusculaires –représentés par le cholestérol, les triglycérides et les phospholipides –, constitue un facteur déterminant de son acceptabilité globale, à cause de la mauvaise réputation et de la piètre image nutritionnelle de ces lipides dans l'esprit des consommateurs, du fait d'un lien possible avec certaines pathologies fréquentes dans la société contemporaine (pathologies cardiovasculaires, diabète et/ou obésité). Cette composition est intimement liée à l'animal, mais également dépendante de la conduite et de la gestion de l'élevage.

Pour mettre en évidence les différents liens existants, nous nous proposons d'étudier la caractérisation biochimique des viandes rouges dans la région des Aurès. L'objectif est de déterminer la corrélation entre les indicateurs métaboliques énergéto-protéiques sanguins et la viande des ruminants destinés à l'abattage pour évaluer leur statut nutritionnel ainsi que la conduite de l'élevage.

Dans la première partie de la thèse, consacrée à la bibliographie, nous avons présenté dans un premier chapitre des données sur la viande rouge relatives à la production et à la consommation. Nous avons également traité de la structure du muscle, de la composition chimique de viande, et des différentes étapes de transformation du muscle en viande.

Le deuxième chapitre de cette partie comporte un exposé détaillé sur le métabolisme musculaire chez les ruminants producteurs de viande, avec spécifiquement le métabolisme des lipides (cholestérol, triglycérides et phospholipides) et leur régulation.

Dans la seconde partie, consacrée à l'étude expérimentale, nous avons proposé trois volets :

- Le premier volet couvre l'étude du profil biochimique des ruminants destinés à l'abattage, sur la base de prélèvements sanguins et du dosage des paramètres biochimiques.
- Le deuxième volet concerne la détermination de la composition centésimale et des fractions lipidiques des viandes rouges, en fonction de facteurs non génétiques (espèce, âge, sexe et localisation anatomique des muscles).

- Dans le troisième volet, nous avons essayé d'établir une corrélation entre les indicateurs métaboliques sanguins et musculaires pour évaluer le statut nutritionnel ainsi que la conduite d'élevage des ruminants abattus.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I.
LES VIANDES ROUGES

I.1- LE SECTEUR DES VIANDES ROUGES

Dans le cadre de notre étude portant sur les viandes rouges, il paraît nécessaire de souligner, au niveau de la production et de la consommation, la position des viandes rouges par rapport aux autres types de viandes dans le monde, en Algérie, voire dans notre région d'étude.

I.1.1- Les viandes rouges dans le monde

I.1.1.1- La production mondiale

Selon les chiffres de la FAO, la production totale de viande dans le monde en 2010 était estimée à 286,20 millions de tonnes (FAO, 2010b), dont 80 % pour la viande rouge (228,96 millions de tonnes). Cette viande provient principalement d'animaux d'élevage. La production (Fig. 1) prend appui sur un cheptel en évolution progressive dès 1999.

Si la production mondiale de viande ovine a enregistré une légère hausse (près de 1 %) en 2009, en raison d'une augmentation modeste en Asie, la production mondiale de viande bovine est restée pratiquement inchangée depuis 2007, pour avoisiner 65 millions de tonnes (FAO, 2009b, c).

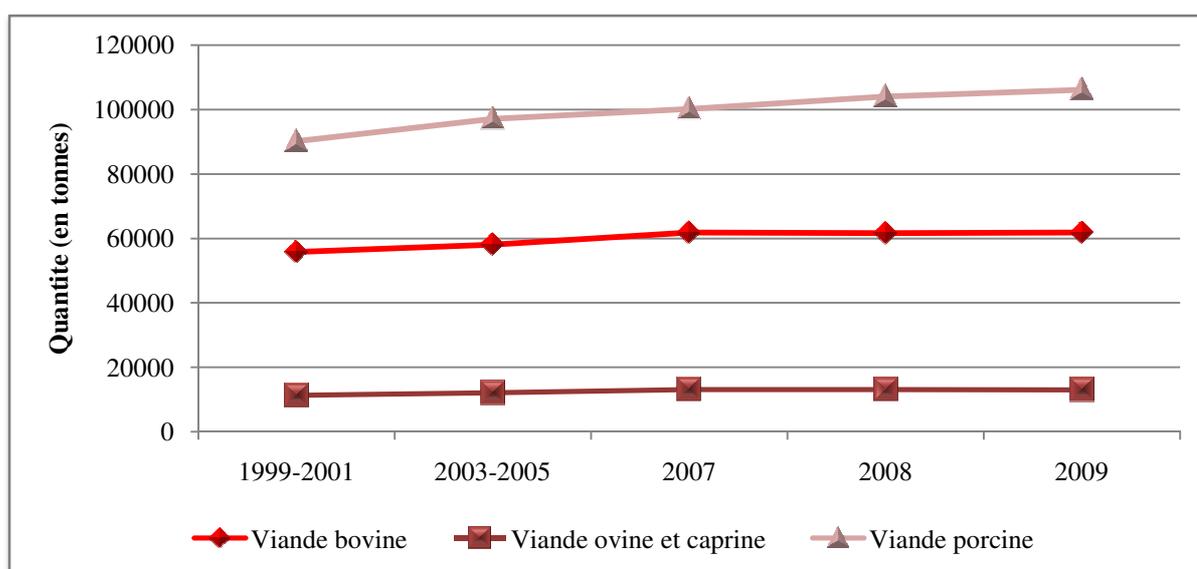


Figure n°1 : Evaluation de la production mondiale de viande (1999-2009) (FAO, 2010a).

I.1.1.2- La consommation mondiale

La consommation mondiale de viande a connu une augmentation remarquable au cours des dernières décennies, notamment depuis les années 1990 ; sa progression a été supérieure à la croissance démographique (FAO, 2009a).

Pour 2010, la FAO estime que la consommation totale de viande s'est élevée à 286,2 millions de tonnes. L'Asie consomme, à elle seule, près de la moitié (46 %) des volumes produits dans le monde, la Chine comptant pour 28 % du total mondial. L'Europe est la

deuxième zone de consommation (20 %), devant l'Amérique du Nord (14 %). Enfin, l'Amérique centrale, l'Afrique et l'Océanie comptent respectivement pour 4 %, 5 % et 1 %.

D'une manière générale, la viande est consommée là où elle est produite, avec une prévalence pour la viande bovine, puis ovine-caprine après la viande porcine (Fig. 2) (France AgrMer, 2011).

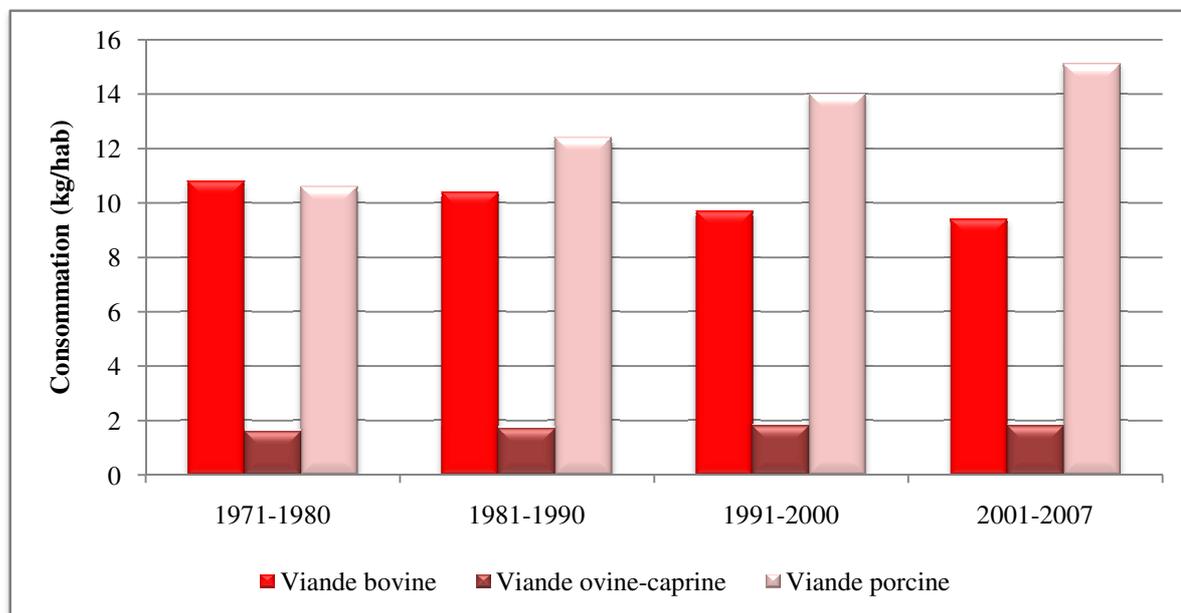


Figure n°2 : Evaluation de la consommation des viandes dans le monde (1971-2007) (France AgriMer, 2011).

I.1.2- Les viandes rouges en Algérie

I.1.2.1- Evolution des effectifs des animaux d'élevage

Le tableau 1 représente l'évolution des effectifs des animaux d'élevage en Algérie de 2000 à 2009.

Le cheptel ovin prédomine avec un effectif de 21,4 millions de têtes ; en seconde position, le caprin avec 3,9 millions de têtes ; puis le bovin avec 1,6 million de têtes. Les cheptels camelin et équin sont très peu développés comparativement aux espèces précitées. Les régions steppiques et présahariennes détiennent 80% de l'effectif total, constitué essentiellement par le cheptel ovin (Nedjraoui, 2001).

En ce qui concerne l'effectif ovin, on a noté une augmentation de leur nombre, malgré une légère baisse en 2001 et 2002 du fait des conditions climatiques. Le cheptel caprin reste en évolution progressive (3,0 millions de têtes en 2000 ; 3,9 millions de têtes en 2009).

Pour les bovins, la situation est la suivante. L'élevage bovin est faible et la production augmente lentement en raison de plusieurs contraintes : petit cheptel généralement peu performant, conditions climatiques et sanitaires moyennes, faiblesse des ressources fourragères (Hirondel, 2012).

Tableau 1 : Evolution de l'effectif du cheptel de 2000 à 2009 (MADR-ONS, 2010).

	Effectif (en têtes)									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bovin	1 595259	1 613040	1 510770	1 560545	1 613700	1 586070	1 607890	1 633810	1 640730	1 682433
Ovin	17 615928	17 298790	17 057250	17 502790	18 293300	18 909110	19 615730	20 154890	19 946150	21 404584
Caprin	3 026731	3 129400	3 280540	3 324740	3 450580	3 589880	3 754590	3 837860	3 751360	3 962120
Camelin	234170	245490	249690	253050	273140	2 68560	286670	291360	295085	301118
Equin	43828	42570	46430	47530	44590	42642	43570	47040	45285	44803

I.1.2.2- La production des viandes rouges

Les viandes rouges proviennent essentiellement des élevages extensifs ovins, bovins et caprins, qui représentent 98 % du total de la viande rouge. La participation des autres espèces (notamment camélidés et équidés) est très marginale (2 %) (Fig. 3).

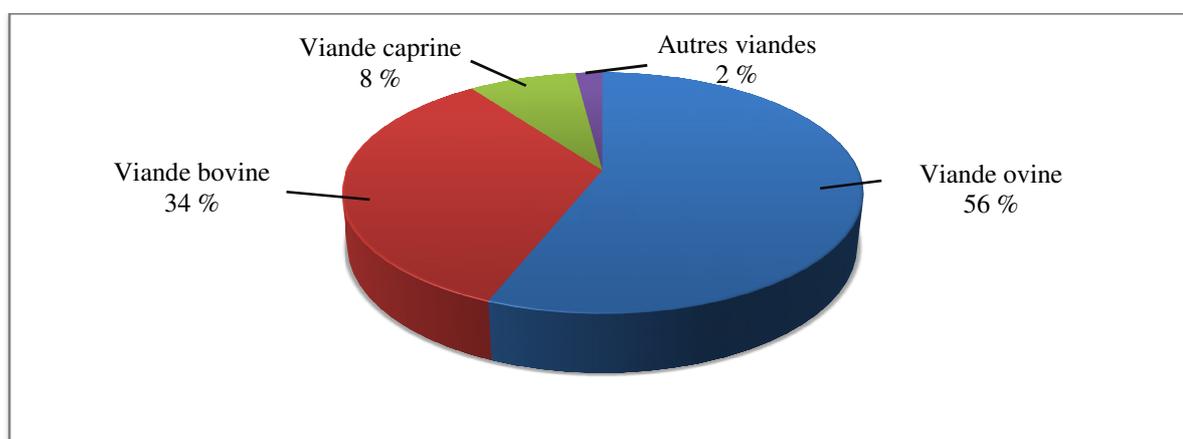


Figure n°3 : Contribution des différentes espèces dans la production totale de viandes rouges en Algérie (Nedjraoui, 2001).

Par ailleurs, une part non négligeable de l'offre en viande n'est pas contrôlée. En effet, bien que la majorité des animaux passe par les abattoirs municipaux ou ruraux, une fraction est abattue directement par les ménages.

Selon les chiffres officiels de MADR-ONS (2010), l'Algérie a produit un total de 565 796 tonnes/an de viandes, soit 346 596 tonnes de viandes rouges et 209 200 tonnes de viandes blanches, dont la production est fluctuante et reste toujours inférieure à celle des viandes rouges (Fig. 4).

La production des viandes rouges en Algérie a connu une croissance en quantité de 17 % en 20 ans, augmentation qui concerne autant les bovins que les ovins (Sadoud, 2011). Cet accroissement est lié en grande partie à l'augmentation du poids moyen des carcasses, qui est passé de 112 à 160 kg pour les bovins, et de 11 à 14 kg pour les ovins (Chafai, 2004).

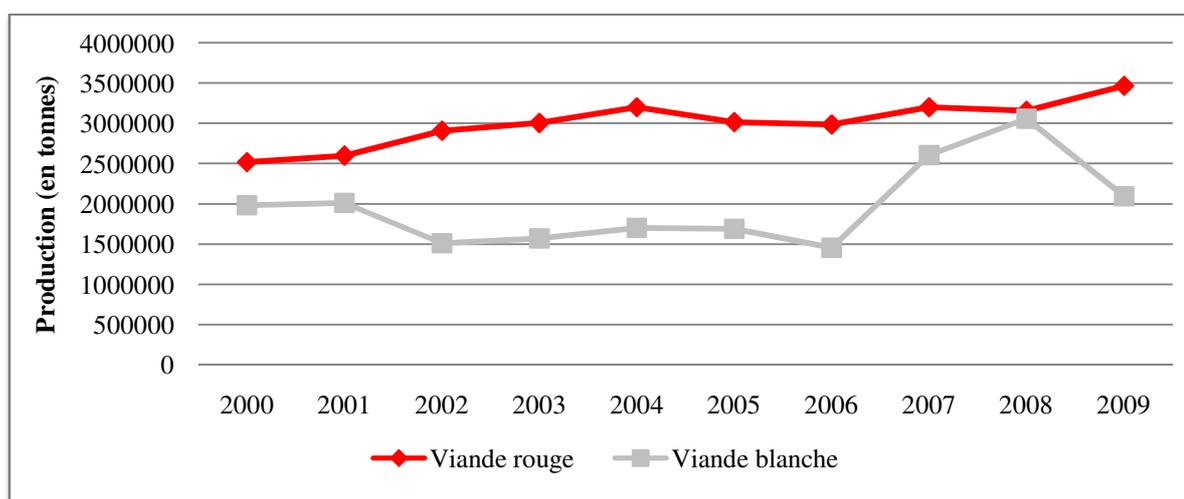


Figure n°4 : Evolution de la production des viandes rouges et blanches en Algérie (MADR-ONS, 2010).

I.1.2.3- Consommation

Il est difficile d'établir un lien entre les bilans de production et le niveau de consommation, en raison des abattages non contrôlés (Nedjraoui, 2001). 80 % de la consommation nationale de viande ovine et 50 % de celle de viande bovine ne passeraient pas par les abattoirs (Sadoud, 2009).

Les régions du nord du pays sont grandes consommatrices de viandes (Komi Apedo, 2008). La consommation nationale des viandes du mouton et du bœuf est de 10,5 kg/hab/an, avec une production locale de 8,8 kg/hab/an ; le reste représente la part de l'importation, qui reste faible, soit 1,7 kg/hab/an, (Sadoud, 2011), comme quantité d'appoint pour assurer la couverture de la demande nationale sans cesse croissante.

Contrairement à la moyenne nationale où elle est négligeable, la consommation de viande cameline dans les régions sahariennes est importante : elle représente 33 % de l'ensemble des abattages en viande rouge (Adamou, 2011).

I.1.3- Les viandes rouges dans la région de Batna

I.1.3.1- Production

Le tableau ci-dessous montre que la production de viandes rouges dans la wilaya de Batna a connu une chute remarquable de 56950 tonnes en 2005 à 40330 tonnes en 2008. Cette baisse (qui concerne surtout les viandes ovine et bovine) est probablement liée aux aléas climatiques, réduisant la disponibilité des fourrages, et à la faible productivité de ces élevages. De plus, cette baisse significative de la production peut être expliquée, pour partie, par des artefacts des recensements agricoles en raison de la mauvaise organisation des circuits de commercialisation des viandes.

Depuis 2009, on enregistre une progression importante de la production, en lien avec une augmentation des effectifs (importation spécifique des bovins), une meilleure productivité (augmentation du poids moyen des carcasses) et l'incitation à investir afin de développer la production locale et de sécuriser le producteur.

Tableau 2 : Evolution de la production des viandes rouges dans la wilaya de Batna (en tonnes) (DSA-Batna, 2013).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Viandes rouges	54200	56950	45440	43567	40330	87010	114708	121735	169664
Viande ovine	32500	33300	21000	22517	23112	43914	70172	80457	94480
Viande bovine	16000	17300	16340	12561	8204	32115	32472	25266	54147
Viande caprine	5700	6350	8100	8489	9014	10981	12064	16012	21037

Dans cette région, les viandes rouges provenant des abattages non contrôlés (Fig. 5) demeurent fortement majoritaires (70 % assuré par le secteur informel) et échappent aux services vétérinaires. Ces abattages clandestins sont souvent l'œuvre de bouchers occasionnels qui offrent à la consommation des viandes non inspectées, à des prix moins élevés.

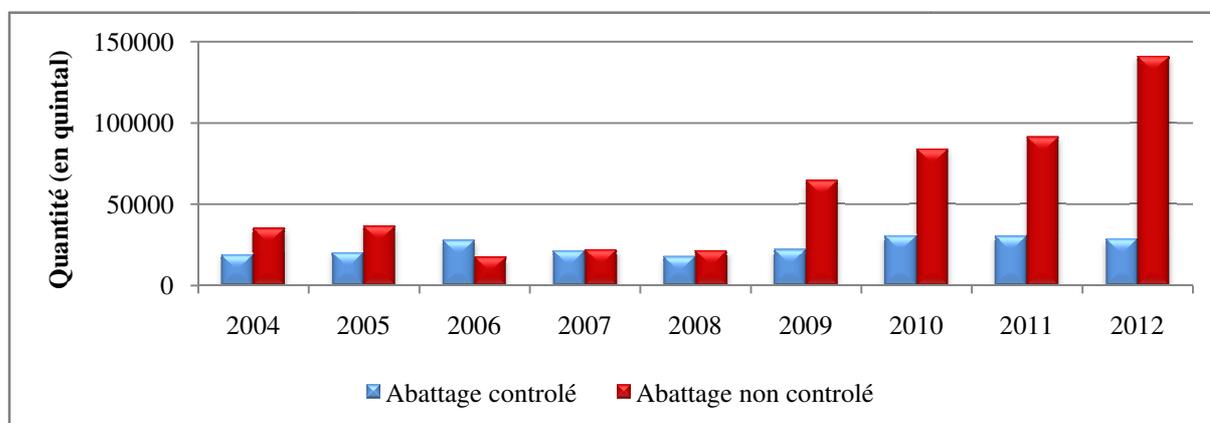


Figure n°5 : Les abattages contrôlés et non contrôlés dans la wilaya de Batna de 2004 à 2012 (DSA-Batna, 2013).

I.1.3.2- Consommation à la base des données statistiques

La détermination du niveau réel de consommation par habitant est difficile à établir en raison de l'intervention de plusieurs facteurs, dont :

- les abattages non contrôlés (60 % pour les bovins, 76 % pour les ovins et 80 % pour les caprins)(DSA-Batna, 2013) ;
- les échanges intra et extrarégionaux d'animaux abattus ;
- le caractère sociodémographique et les conditions économiques des consommateurs.

La viande ovine est la plus prisée sur l'ensemble du territoire de la wilaya, spécifiquement durant les événements sociaux (Eid El-kbir, Ramadan, cérémonies...), alors que la viande bovine vient en deuxième position et constitue la source principale d'approvisionnement des entreprises, des cantines scolaires et des restaurants universitaires (Oulad Belkhir *et al.*, 2013). Pour la viande caprine, la consommation reste marginale dans les zones urbaines (commune de Batna notamment) ; par contre, elle est forte et en progression significative dans les zones montagneuses et les hautes plaines steppiques (communes d'Arris, Menaa, Barika...).

La place des viandes rouges dans la consommation quotidienne de la population batnienne est en progression, mais demeure toujours insuffisante pour combler le déficit en protéines animales. Ce déficit protéique est probablement compensé par le report vers la consommation de viandes rouges importées (congelées) dont les prix sont plus abordables par rapport à ceux des viandes fraîches, et sur la consommation des viandes blanches issues de poulets et de dindes, dont la production est en amélioration et augmentation progressive.

I.1.4- L'origine des viandes rouges

I.1.4.1- La viande ovine

Le cheptel ovin, premier fournisseur de viande rouge en Algérie, est dominé par 3 races principales (la race Arabe blanche ou Ouled Djellal, la race Hamra, la race Rumbi) et 4 races secondaires (la race Berbère à laine Zou lai, la race Barbarine de Oued Souf, la race Dmène et la race Targuia-Sidaou). Il est exploité selon des systèmes de production mixte (viande, laine et lait) (Zouyed, 2005). La production de viande est traditionnellement obtenue à partir d'animaux adultes : les agneaux sevrés tardivement après plus de trois mois d'allaitement sont finis dans des ateliers d'engraissement et abattus généralement entre 35 et 40 kg (Benyoucef *et al.*, 1995).

I.1.4.2- La viande bovine

On distingue deux populations bovines. La population locale, d'une part, dont l'origine est la Brune de l'Atlas et ses variétés (Cheurfa, Guelmoise, Sétifienne, Chélifienne, Kabyle) (Nedjraoui, 2001), élevée en consanguinité (39,39 %) ou bien croisée (45,5 %) avec les races importées, est exploitée de façon extensive. La population importée, d'autre part, représente 15% du cheptel bovin national, principalement de race Prim-Holstein, Holstein, Montbéliarde, mais aussi Tarentaise. Elles sont exploitées par un système intensif pour l'amélioration de la production laitière (Bouzebda-Afri *et al.*, 2007).

La provenance de la viande bovine, d'après Bouzebda-Afri, (2007) se caractérise ainsi :

- Vaches de réforme de races laitières ou allaitantes rustiques ou à viande.
- Bœufs, taurillons et taureaux, conduits de manière intensive, avec des carcasses de 250 à 400 kg selon les races, un rendement de 55 à 70 %, et dont le GMQ peut atteindre 2000g / j.
- Génisses d'âge et de race différents, présentant une plus grande précocité de dépôt adipeux et donnant des carcasses beaucoup plus légères que les taureaux et les bœufs.
- Veaux de différentes catégories (veau sous la mère, veau à l'auge).

I.1.4.3- La viande caprine

Le cheptel caprin regroupe le type local (la race Arbia, Kabyle et la chèvre de M'zab), les races introduites (Saanen, Alpine et Maltaise) et certaines races croisées (Hafid, 2006). Il est généralement exploité d'une manière extensive et traditionnelle.

La viande caprine consommée provient des jeunes chevreaux, des adultes (2 - 6 ans) et même des âgés (+ de 6 ans). Les adultes sont les plus abattus, et les carcasses pèsent entre 11 et 12 kg (Devendra, 1988). Les chevreaux de boucherie constituent un sous-produit de la production laitière ; ils sont abattus précocement, à la 4^e ou la 5^e semaine, à un poids vif de 5 à 11 kg. Au cours de la période d'engraissement, les chevreaux de boucherie peuvent téter leurs mères pendant 2 à 3 semaines (Gadoud *et al.*, 1992).

I.2- DU MUSCLE A LA VIANDE

La viande est le résultat de l'évolution post-mortem du tissu musculaire squelettique et du tissu adipeux. La connaissance de la structure de ces tissus est donc un préliminaire indispensable à la compréhension des mécanismes responsables de la qualité de la viande (El-Rammouz, 2005).

I.2.1- Structure d'un muscle squelettique

Le muscle strié squelettique est le constituant principal des carcasses des animaux de boucherie. Il s'agit d'un tissu très différencié et hautement spécialisé. Représentant 40 % du poids vif de l'animal, il est constitué de fibres nerveuses, de vaisseaux sanguins, de faisceaux musculaires entourés par un tissu conjonctif (El-Rammouz, 2005) (Fig. 6), et d'adipocytes.

I.2.1.1- Les nerfs et les vaisseaux sanguins

Le muscle strié squelettique est riche en nerfs et en vaisseaux sanguins. Les nerfs qui traversent le tissu conjonctif sont accompagnés d'une artère et d'une ou deux veines. Les vaisseaux se divisent en un réseau capillaire qui entoure chaque fibre musculaire le long de l'épimysium.

Les nerfs, qui se divisent comme les vaisseaux, se rapprochent des parois des fibres musculaires et entrent en contact avec le sarcolemme, par une synapse appelée plaque motrice terminale. L'innervation sensitive est assurée par les faisceaux neuromusculaires, alors que l'innervation motrice des fibres musculaires est assurée par des motoneurones (Laure, 2008).

I.2.1.2- Les faisceaux musculaires

Les faisceaux musculaires regroupent plusieurs fibres musculaires, qui correspondent à l'entité cellulaire du muscle (Fig. 6). Un tissu conjonctif solide, le **périmysium**, entoure ces faisceaux, alors qu'une enveloppe plus fine, l'**endomysium**, entoure chaque fibre musculaire. Les faisceaux de fibres se réunissent en tendons à chaque extrémité du muscle pour s'accrocher solidement aux os. Tout muscle est entouré d'une gaine fibreuse blanche, l'aponévrose ou **épimysium**, qui permet aux muscles de glisser les uns contre les autres. (Dragomir, 2005 ; Laure, 2008).

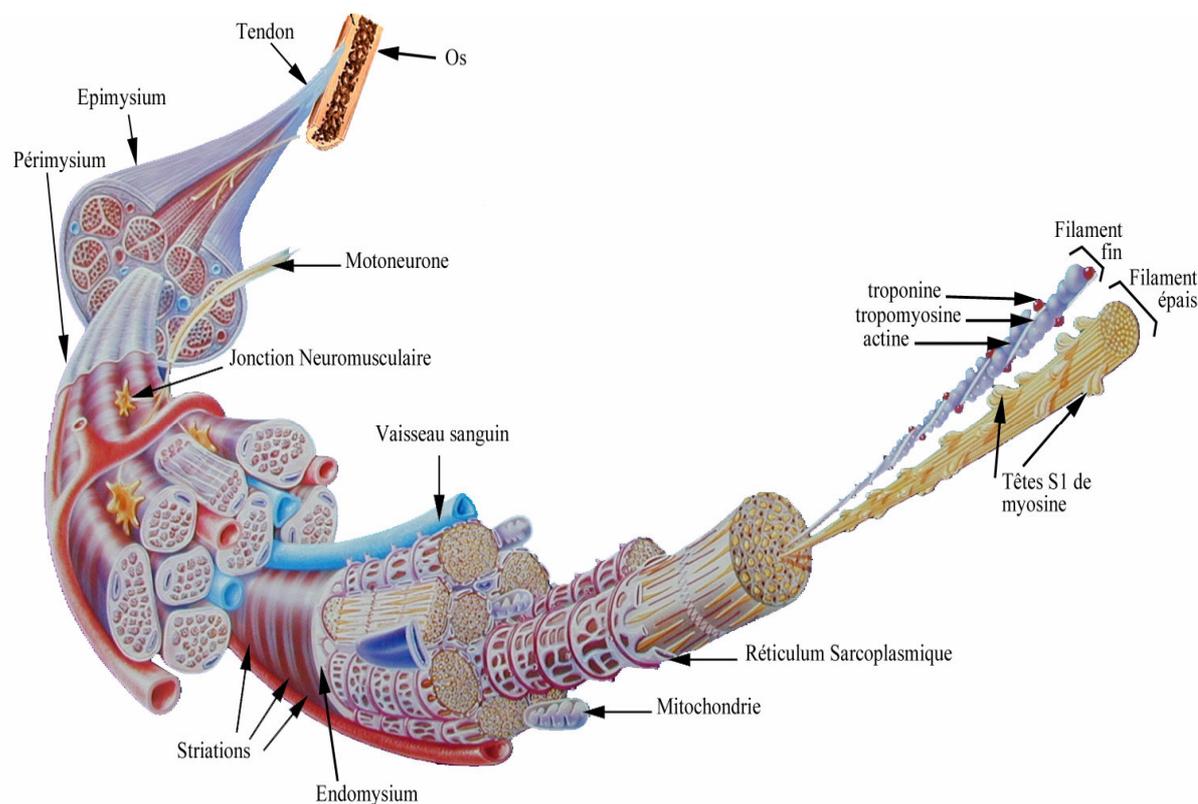


Figure n°6 : Organisation d'un muscle strié squelettique (Bastide, 2008).

I.2.1.2.1- Les fibres musculaires

On distingue classiquement trois types de fibres (Touraille, 1994) :

- Les fibres de type I sont très riches en myoglobine (d'où leur coloration rouge) et en enzymes oxydatives. Ce sont des fibres à contraction lente.
- Les fibres de type IIb sont moins riches en myoglobine (donc de couleur blanche) et en enzymes oxydatives. Elles renferment peu de mitochondries et sont peu capillarisées. Elles fonctionnent principalement par la voie de la glycolyse anaérobie (métabolisme glycolytique).
- Les fibres de type IIa sont intermédiaires et possèdent certaines caractéristiques de celles du type I et d'autres de celles du type IIb. Ce sont des fibres d'action rapide ayant un métabolisme oxydatif et glycolytique.

Tableau 3 : Distribution des fibres musculaires au niveau du muscle *Longissimus Dorsi* (Gariépy, 2005).

	Bœuf	Agneau
Fibres rouges (%)	20 - 30	5 - 15
Fibres intermédiaires (%)	18 - 28	41 - 66
Fibres blanches (%)	18 - 26*	41 - 61*
	48 - 53	27 - 46

* Cité par Dragomir, (2005).

Tableau 4 : Composition des fibres musculaires (Touraille, 1994).

	Fibre I	Fibre IIa	Fibre II b
Myoglobine	+++	+++	+
Glycogène	+	+++	+++
Collagène	+++	++	++
Lipides	+++	+++	+
Nombre de mitochondries*	+++	++	+
Activité ATPasique*	Faible	Forte	Forte

* Cités par Picard *et al.*, (2003).

L'unité de base du tissu musculaire est **la fibre musculaire**, cellule plurinucléée de plusieurs centimètres de long et de 0,01 à 0,1 mm de diamètre. On y distingue trois composants :

- les myofibrilles,
- le sarcoplasme,
- le réticulum sarcoplasmique.

Chaque fibre peut contenir plusieurs centaines de noyaux localisés en position périphérique et est entourée d'une robuste membrane, le sarcolemme ; l'ensemble constitue une architecture à haute résistance mécanique.

On retrouve dans le sarcoplasme les myofibrilles (1000 à 3000 selon le diamètre de la fibre), alignées en faisceaux. Elles occupent la quasi-totalité de l'intérieur des fibres. Ce sont de longs cylindres présentant une striation transversale périodique caractéristique (Touraille, 1994).

Le sarcoplasme comprend également les organites et les inclusions classiques : le réticulum sarcoplasmique, les vésicules, l'appareil de Golgi, les mitochondries particulièrement abondantes et disposées en file, et un pigment respiratoire particulier : la myoglobine. Il renferme aussi des enzymes, lipides et glycogènes (Coibion, 2008).

Deux types de mitochondries sont présents dans le muscle : les mitochondries intermyofibrillaires et subsarcolemmales. Elles sont, entre autres, impliquées dans la détermination de la qualité de la viande, par l'intermédiaire du type métabolique et contractile des fibres, et au niveau de la teneur en lipides intramusculaires (Dragomir, 2005).

Les peroxyosomes sont des organites cellulaires sphériques, de 0,1 à 1 µm de diamètre, de contenu granuleux parfois paracrystallin, délimités par une seule membrane et dépourvus de matière génétique. Ils ont des rôles anaboliques comme la biosynthèse exclusive des plasmalogènes et des sels biliaires, rôle accessoire dans **la biosynthèse du cholestérol**, et des AA glucoformateurs. Le rôle catabolique est essentiellement la β -oxydation des AG longue chaîne, et la respiration peroxyosomale (Leheup, 2003). Ces fonctions sont assurées par les enzymes matricielles, spécifiquement les oxydases, les catalases, les enzymes de la β -oxydation, les enzymes responsables de la synthèse du cholestérol et les acides biliaires (Laure, 2008) (Fig. 7).

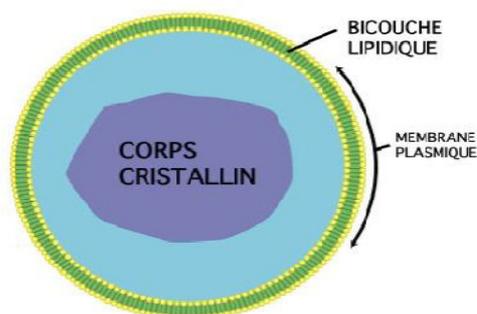


Figure n° 7 : Peroxysomes (Paces, 2012-2013).

I.2.1.2.2- Les sarcomères

Du point de vue microscopique, l'unité fonctionnelle d'une fibre musculaire est représentée par le sarcomère (Dragomir, 2005).

Au sein d'une myofibrille, il existe une alternance de bandes claires et sombres traduisant l'existence de filaments de deux sortes (Fig. 8) : les filaments épais et les filaments minces.

- Les filaments minces, dont le diamètre varie de 5 à 8 nm, sont constitués d'actine. Les filaments d'actine sont traversés par la ligne Z en leur milieu. Une moitié de chacun des filaments d'actine pénètre dans deux sarcomères voisins en une seule fois. A l'endroit où le sarcomère n'est constitué que de filaments d'actine, c'est-à-dire à proximité de la ligne Z, on parle de bande I (isotrope).
- Les filaments épais, dont le diamètre varie de 14 à 18 nm, sont constitués essentiellement par de la myosine. Ces filaments définissent la bande A (anisotrope). D'autres protéines (protéines C, H et X), en quantité plus restreinte, constituent les filaments épais et se situent à la surface des filaments de myosine. La région centrale et claire de la bande A représente la zone H, où l'on ne trouve que des filaments de myosine (Berne, 2006 ; Laure, 2008).

L'épaississement des filaments de myosine constitue la ligne M (Mitellini). Il est dû à des filaments transversaux composés de desmine et de vimentine perpendiculaire à la myosine assurant le maintien des sarcomères au niveau de la zone H. La strie Z assure la liaison entre les filaments fins des sarcomères adjacents. (Lullmann-Rauch, 2008).

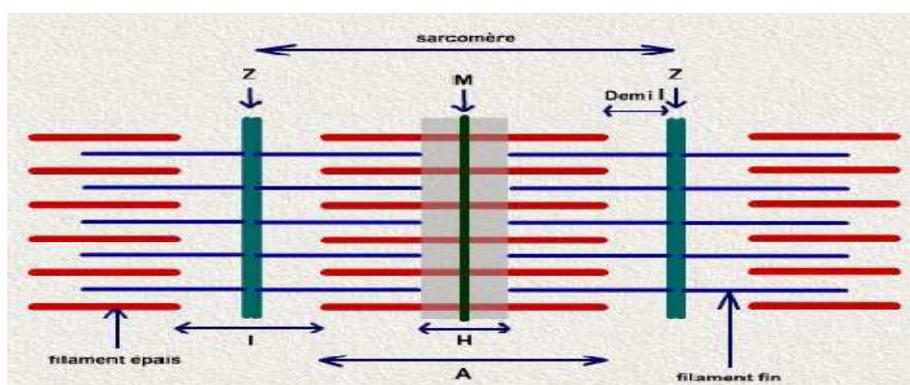


Figure n°8 : Organisation d'un sarcomère (Coibion, 2008).

I.2.1.3- Les adipocytes

Les cellules adipeuses sont présentes entre les fibres musculaires et autour du muscle, outre leurs localisations dans le tissu adipeux de la carcasse (interne et sous-cutané). Ces adipocytes intra et intermusculaires sont les acteurs majeurs du métabolisme lipidique dans le muscle (Bonnet *et al.*, 2010) (Fig. 9).

Les adipocytes intramusculaires sont localisés spécifiquement entre les faisceaux de fibres au niveau du périmysium et entre les fibres musculaires au niveau de l'endomysium (Gondret *et al.*, 1998). Ils sont isolés ou regroupés en clusters. Ils contiennent essentiellement des triglycérides (TG).

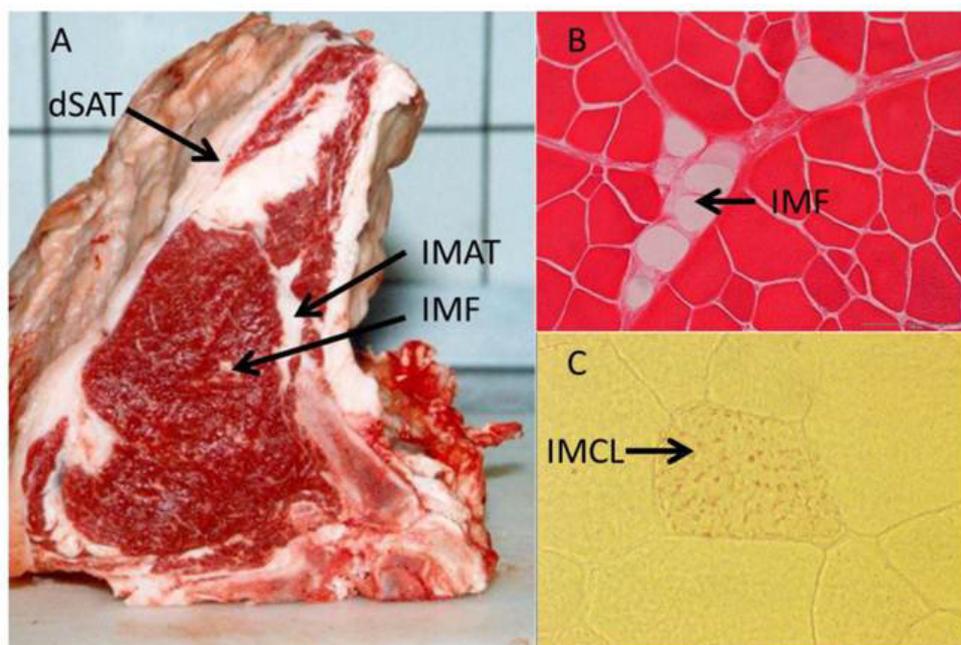


Figure n° 9 : Les différents dépôts adipeux du muscle (Komolka *et al.*, 2014).

(A) Deep subcutaneous adipose tissue (**dSAT**) covering *M. serratus dorsalis*, intermuscular adipose tissue (**IMAT**) between *M. intercostalis interni* and *M. longissimus dorsi*, and intramuscular fat (**IMF**) within *M. longissimus dorsi* in cattle. (B) Cellular structure of IMF in *M. longissimus dorsi* (cattle, Eosin stained). (C) Intramyocellular lipids (**IMCL**, red dots, Oil-red O stained) in a muscle cell (*M. longissimus dorsi*, mouse).

I.2.2- Composition chimique des muscles

Le muscle strié est le constituant principal des carcasses des animaux de boucherie. Il est composé d'eau (75 %), de protéines (19 %), de lipides (de 1 à quelques %) (Coibion, 2008), de glucides et de cendres.

I.2.2.1- L'eau

Le muscle maigre contient environ 75 % d'eau (Offre et Knight, 1988). La plus grande partie (environ 85 %) est intra-myofibrillaire (Huff-Lonergan et Lonergan, 2005), et le reste est extra-myofibrillaire (15 %). L'eau dans l'espace intra-myofibrillaire est située dans les myofibrilles, entre les filaments fins et épais (eau intra-myofibrillaire). L'eau dans l'espace extra-myofibrillaire est de localisation inter-myofibrillaire, inter et extra-fasciculaire (Offre *et al.*, 1989). En outre, dans le muscle, l'eau se trouve sous trois formes : associée à des protéines, immobilisée, et sous une forme libre (Pearce *et al.*, 2011).

I.2.2.2- Les protéines

Selon Keeton et Eddy, (2004), le muscle est composé de:

- 2 % de protéines du stroma (protéines support) : il s'agit des protéines du tissu conjonctif entourant la fibre musculaire. Le tissu conjonctif est constitué de protéoglycanes dans lesquels s'enchevêtrent des fibres de collagène et d'élastine.
- 11,5 % de protéines myofibrillaires (protéines contractiles) : majoritairement actine et myosine (respectivement 22 % et 43 % des protéines myofibrillaires), qui ont un rôle majeur dans la contraction musculaire.
- 5,5 % de protéines sarcoplasmiques (protéines impliquées dans le métabolisme) : présentes dans le sarcoplasme entourant les myofibrilles, parmi lesquelles des enzymes du métabolisme oxydatif et glycolytique, mais également la myoglobine (Fig. 10).

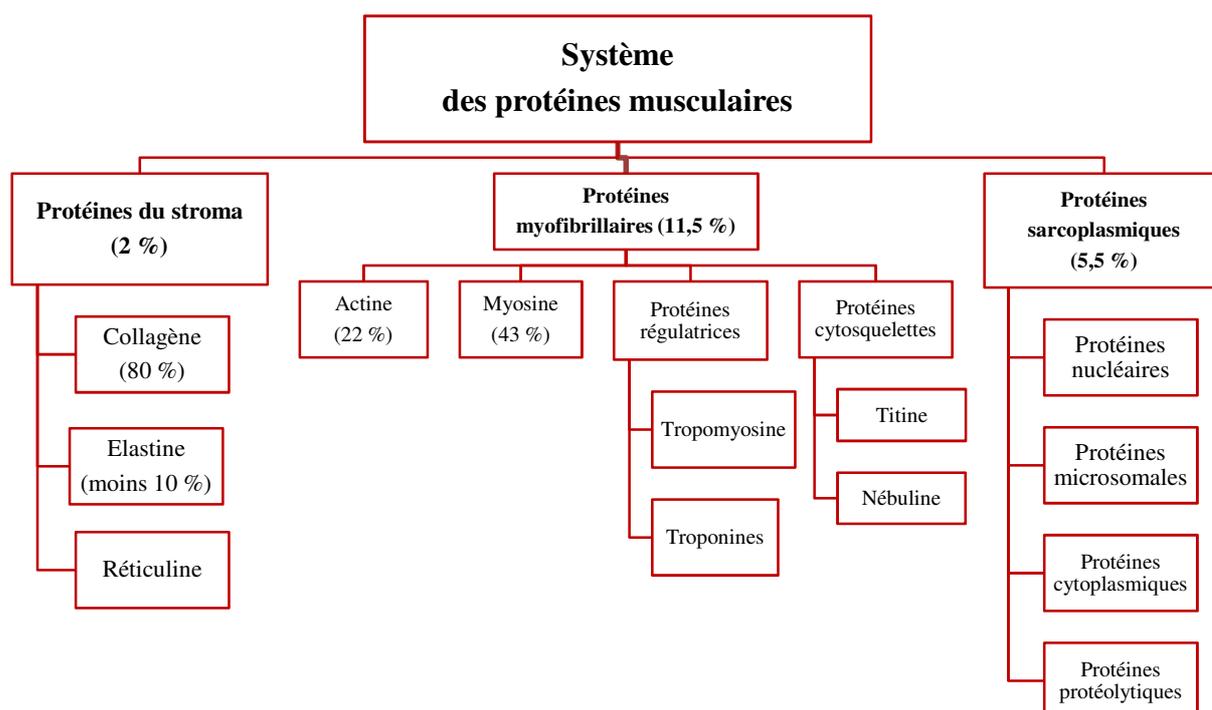


Figure n°10 : Le système protéique musculaire (synthétisé et adapté) (Chéret, 2005).

I.2.2.3- Les lipides (les gras)

I.2.2.3.1- Localisation anatomique

Suivant la localisation anatomique au niveau de la carcasse, il est d'usage de distinguer quatre différents types de gras (Zouyed, 2005) :

- Le gras sous-cutané ou de couverture : constitue les dépôts de couverture.
- Le gras interne : se dépose en premier dans la cavité abdominale et tapisse les cavités thoracique et abdominale.
- Le gras intermusculaire ou marbré : se dépose entre les gros faisceaux de muscles.
- Le gras intramusculaire ou persillé : se développe dans les faisceaux musculaires.

Les teneurs en lipides des muscles sont très variables : ils peuvent contenir de 2 à 15 % de lipides. D'une façon générale, la quantité et la nature des lipides déposés dans le muscle dépendent non seulement des apports alimentaires, mais aussi de la digestion, de l'absorption

intestinale, du métabolisme hépatique et des systèmes de transport des lipides jusqu'au muscle (Geay *et al.*, 2002). Elles dépendent aussi à d'autres facteurs d'élevage tels que la maturité physiologique de l'animal, notamment l'âge d'abattage des animaux, la race, ou les facteurs génétiques (le type de muscle) (Evrat-Goergel, 2005).

I.2.2.3.2- Classification des lipides

Les lipides de la viande sont essentiellement des triglycérides (en moyenne 85 % des lipides totaux). Ils sont aussi composés, pour une moindre part, des phospholipides (12 % des lipides totaux) et du cholestérol (3 % des lipides totaux) (Bonnet *et al.*, 2010). Ces lipides sont constitués principalement d'acides gras, et se trouvent sous forme des gouttelettes dans le cytoplasme des fibres musculaires (lipides intra-myocellulaires) (Bonnet *et al.*, 2010a).

I.2.2.3.2.1- Les triglycérides

Les TG sont localisés dans de fines gouttelettes disséminées dans le cytoplasme (Gandemer, 2002) des cellules musculaires. La quantité de TG localisés dans les gouttelettes lipidiques cytoplasmiques ne représente qu'une faible proportion des TG intramusculaires qui sont majoritairement contenus dans les cellules adipeuses (Gandemer, 1999).

La teneur des muscles en TG est très fortement liée à la teneur en lipides totaux (De Smet *et al.*, 2004). Les quantités sont très variables en fonction de l'état d'engraissement de l'animal (Sadaka, 2011).

I.2.2.3.2.2- Les phospholipides

La teneur en PL des muscles squelettiques varie de 0,5 à 1 g / 100 g de muscle, quelle que soit leur teneur en lipides totaux (Gandemer, 1990). Les teneurs en phospholipides restent constantes lors de l'engraissement de l'animal (Wood *et al.*, 2008). La fraction phospholipidique des muscles se compose de 45 à 60 % de phosphatidyl choline et de 20 à 30 % de phosphatidyl éthanolamine. Les proportions de cardiolipides et de phosphatidyl inositol varient de 2 à 10 % et de 4 à 10 % respectivement. Les phospholipides des muscles ne contiennent qu'une faible proportion de sphingomyéline et de phosphatidyl sérine (moins de 2 %). La teneur et la composition des phospholipides des muscles dépendent essentiellement du type métabolique des fibres musculaires qui les composent (Gandemer, 2001).

I.2.2.3.2.3- Le cholestérol

Le taux de cholestérol varie très peu dans les muscles (Evrat-Goergel, 2005). Ceux-ci contiennent de 40 à 80 mg de cholestérol pour 100 g de poids frais (Gandemer, 1992). Le cholestérol est quantitativement minoritaire par rapport aux TG et PL totaux.

I.2.2.4- Les cendres (la matière minérale)

D'après Pearson et Young (1989), la matière minérale constitue le fluide intra et extracellulaire, et peut également être liée aux tissus dans le muscle. Généralement, la teneur en cendres reflète fidèlement la teneur en minéraux, mais ne fait pas de distinction entre les minéraux.

I.2.3- Transformation du muscle en viande

Après l'abattage des animaux de boucherie, les muscles sont le siège de modifications plus ou moins importantes qui contribuent à l'élaboration et à la définition des qualités finales de la viande.

Lors de la fête de l'Aïd Al Adha, si la viande du mouton du sacrifice n'est consommée que le lendemain, ce n'est pas par hasard. Les anciens connaissent les phénomènes d'évolution du muscle en viande, mais ignoraient les mécanismes scientifiques (Deffous, 2008). Cette transformation du muscle en viande fait appel à un ensemble de processus très complexes, de nature à la fois enzymatique et physico-chimique, qui ne sont pas encore totalement compris. De ce fait, j'essaierai de simplifier ces phénomènes.

D'après Ouali (1991), l'évolution de la viande se fait en trois phases:

- phase d'excitabilité musculaire (pantelance = pré-rigor)
- phase de rigidité cadavérique (rigor mortis)
- phase de maturation (état de rassis = mature).

I.2.3.1- Phase d'excitabilité musculaire ou pré-rigor

La phase de pantelance suit directement l'abattage. Malgré l'interruption du courant sanguin, on observe une succession de contractions et relaxations musculaires (Coibion, 2008), probablement dues à des excitations nerveuses. Sa durée coïncide en effet avec la durée de survie du système nerveux et n'excède pas 20 à 30 minutes.

Les muscles sont chauds, souples, contractiles, encore riches en glycogène et dérivés phosphorylés (Lee, 2005).

I.2.3.2- Phase de rigidité cadavérique ou rigor mortis

Elle est développée 12 à 24h après l'abattage chez les bovins, et 8 à 12h chez les ovins (Wilson, 2005). La rigidité cadavérique se caractérise par des tissus musculaires plus durs, inextensibles, et des axes osseux difficiles à déplacer (Harkati, 2007) dans les heures qui suivent la mort de l'animal.

Ce phénomène intervient après l'épuisement des réserves énergétiques, et l'acidification du tissu musculaire.

I.2.3.3- La maturation (état rassis de la viande)

La phase de maturation débute directement après l'installation de la rigidité cadavérique.

Cette phase va durer de une à trois semaines, durant lesquelles la viande est réfrigérée à +4°C afin de limiter le développement des germes de surface sans affecter la cinétique des changements biochimiques dans le muscle. La maturation joue un rôle considérable dans l'élaboration de la qualité sensorielle des viandes. Elle permet principalement l'attendrissement de la viande (Chatibi, 2011).

Il s'agit d'une phase de dégradation enzymatique des protéines et des lipides du muscle. Les fibres musculaires sont les plus concernées par cette dégradation (Chatibi, 2011).

Pendant la maturation, on assiste à une résolution de la rigidité cadavérique qui découle de la lyse subie par les protéines constituant la structure myofibrillaire (Terlouw, 2002). Cette protéolyse est la principale raison de l'augmentation de la tendreté de la viande durant la conservation. L'effet de la maturation sur le tissu conjonctif (collagène) est faible (Chatibi, 2011).

Chapitre II.

LE

MÉTABOLISME

MUSCULAIRE

Cette partie aborde le métabolisme musculaire au sein des muscles squelettiques chez les ruminants producteurs de viande. Nous allons d'abord décrire le métabolisme énergétique, puis le métabolisme lipidique, et enfin le métabolisme azoté.

II.1- MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE

Le métabolisme énergétique musculaire est déterminant pour plusieurs fonctions physiologiques importantes du muscle : la production et les dépenses énergétiques. (Fig. 11).

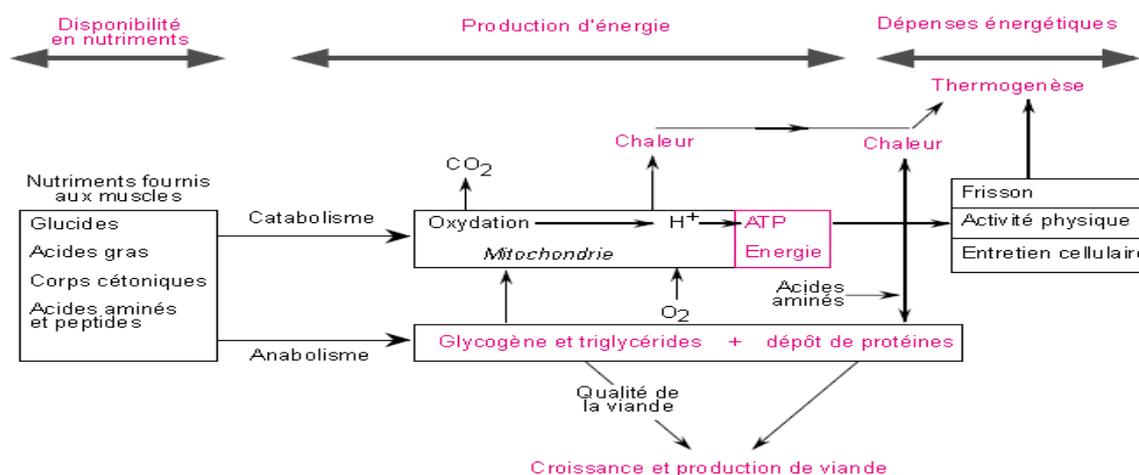


Figure n° 11 : Métabolisme énergétique musculaire en relation avec la physiologie du muscle (Hocquette *et al.*, 2000).

Plusieurs catégories de substrats énergétiques peuvent être identifiées au sein du tissu musculaire. Certains de ceux-ci sont apportés par la circulation sanguine : le glucose, le lactate, les acides gras volatils, les corps cétoniques, les acides gras non estérifiés à longue chaîne carbonée et les triacylglycérols. D'autres ont une origine endogène : le glycogène et les triacylglycérols (Cuvelier *et al.*, 2005a).

Le choix de la nature de ces différents substrats énergétiques par le muscle dépend de la nature des nutriments fournis au muscle, de ses besoins énergétiques et de ses caractéristiques métaboliques, c'est-à-dire de la présence de l'équipement enzymatique adapté au catabolisme de tel ou tel substrat énergétique (Hocquette *et al.*, 1998b).

II.1.1- Le glucose

II.1.1.1- L'origine du glucose

Il provient principalement de la néoglucogénèse hépatique. L'apport digestif est faible, voire nul (Hocquette *et al.*, 2005). Chez les ruminants, le glucose directement absorbé du régime assure seulement 23 % des besoins en glucose de l'animal. La majeure partie du glucose dans le sang est formée à partir du propionate dans le foie (Updike, 2007).

II.1.1.2- Métabolisme du glucose

Chez le ruminant, le muscle squelettique est le premier consommateur de glucose, qui couvre une part importante des besoins énergétiques musculaires (Pethick, 1984).

Il utilise 20 % à 30 % des flux de glucose corporel (Majdoub *et al.*, 2003). Le captage du glucose par le muscle est relativement faible chez le ruminant, de l'ordre de 4 % (Boisclair *et al.*, 1993 ; 1994 ; Dunshea *et al.*, 1995), en raison du niveau d'expression et d'activité limité des transporteurs (Hocquette *et al.*, 2000). Le glucose sanguin pénètre dans les cellules musculaires et dans les adipocytes intramusculaires grâce à des transporteurs transmembranaires à diffusion facilitée (GLUT), et principalement grâce à la GLUT4, une isoforme sensible à l'insuline, spécifique des tissus musculaires et adipeux (Hocquette *et al.*, 1996a). Le transport se fait également par la GLUT1 insensible à l'insuline (Hocquette et Abe, 2000).

Dans le cas du muscle au repos (Hocquette *et al.*, 2000), le glucose peut être métabolisé par différentes voies biochimiques: oxydation complète dans les mitochondries, recyclage sous forme de lactate, conversion en glycogène dans les fibres (Pethick, 1984) ou en lipides dans les adipocytes intramusculaires (Smith et Crouse, 1984 ; Hocquette *et al.*, 2005b) (Fig. 12).

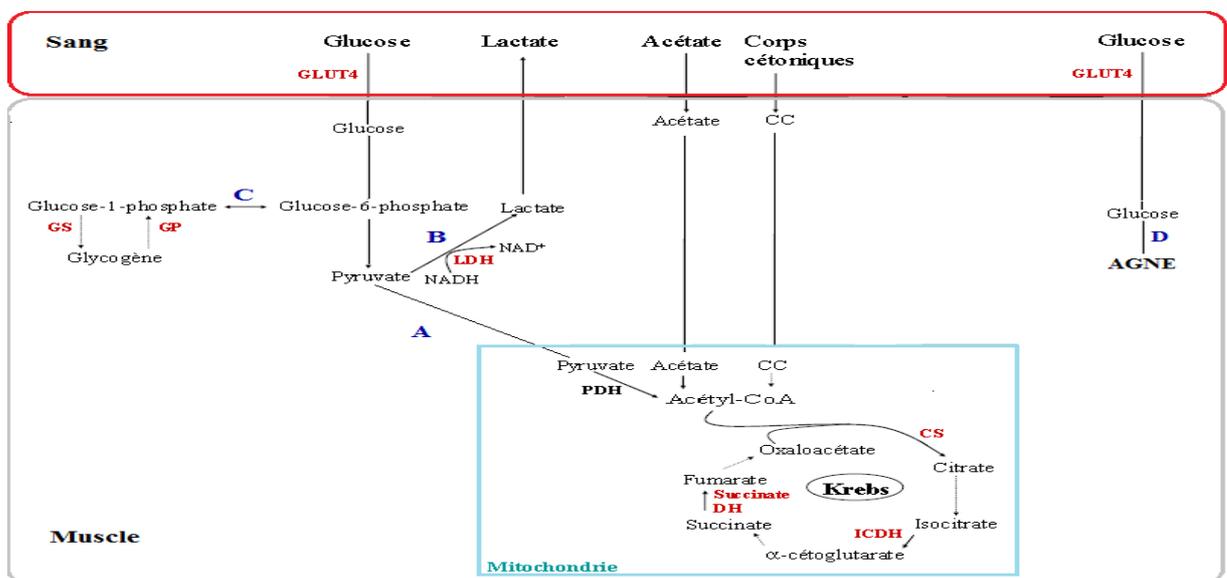


Figure n° 12 : Principales voies du métabolisme énergétique dans la cellule musculaire (Hocquette *et al.*, 2000 modifié).

A : Oxydation ; B : Recyclage de L-lactate ; C : Glycogénèse ; D : Lipogénèse.

II.1.1.2.1- Oxydation

Chez le ruminant, l'oxydation directe du glucose (18 à 26 % du glucose prélevé) ne couvre que 7 à 13 % des dépenses énergétiques musculaires (Hennen, 1995).

II.1.1.2.2- Transformation en L-lactate

Le glucose peut également être partiellement dégradé par la glycolyse anaérobie et recyclé sous forme de lactate (grâce à l'activité de la LDH) (Gondret et Hocquette, 2006). Il s'agit d'une voie métabolique principalement utilisée par les fibres glycolytiques contenant peu de mitochondries (Hocquette *et al.*, 1996b). Le lactate est orienté prioritairement vers l'oxydation des fibres oxydatives (McCullagh *et al.*, 1996) et vers la glycogénogenèse dans les fibres glycolytiques (Ortigues-Marty *et al.*, 2010). Il est aussi un précurseur d'acide gras dans le tissu adipeux intramusculaire (Smith et Crouse, 1984).

Chez les ruminants, des prélèvements élevés de lactate par le muscle ont été observés sur des animaux présentant une forte proportion de tissus adipeux dans la carcasse (Ortignes-Marty *et al.*, 2010).

II.1.1.2.3- Synthèse de glycogène

Le glucose peut être converti en glycogène (Pethick, 1984), qui est sa principale forme de réserve au niveau musculaire (Gondret et Hocquette, 2006). Le glycogène est présent sous forme de granules autour des mitochondries, ou au contraire aux niveaux intra ou interfibrillaires. La localisation du glycogène par rapport aux mitochondries détermine partiellement ses voies d'utilisation. Il peut être mobilisé soit vers la production du pyruvate puis l'oxydation mitochondriale, soit vers la glycolyse anaérobie cytosolique, avec production de lactate à partir du pyruvate.

Dans tous les cas, la production musculaire d'ATP est plus rapide à partir de glycogène qu'à partir du glucose artériel (Ortignes-Marty *et al.*, 2010).

II.1.1.2.4- Synthèse d'acides gras

La synthèse d'acides gras dans le muscle se déroule plus particulièrement au sein des adipocytes intramusculaires (Smith et Crouse, 1984 ; Hocquette *et al.*, 2005b).

Smith et Crouse (1984) ont démontré que pour le développement du tissu adipeux intramusculaire, le glucose contribue une plus grande proportion d'unités d'acétyle à la biosynthèse d'acide gras que dans le tissu adipeux sous-cutané (70 % versus 5 %). Ces données indiquent que le glucose a probablement remplacé l'acétate comme substrat primaire pour la biosynthèse d'acide gras dans le tissu adipeux intramusculaire (Tokach, 2011).

II.1.2- Les acides gras volatils

Dans le tissu musculaire, seul l'acétate constitue véritablement un substrat énergétique (Hocquette et Bauchart, 1999), donc la majorité de l'acétate capté est directement et complètement oxydé (\pm 80 %), le reste étant utilisé comme précurseur carboné pour la synthèse des acides gras (Pethick *et al.*, 1981).

Dans le tissu adipeux intramusculaire, l'acétate et le lactate contribuent à hauteur de moins de 20 % des unités d'acétyle pour la lipogénèse (Tokach, 2011).

II.1.3- Les corps cétoniques

Tout comme pour l'acétate, l'importance de la contribution des CC au métabolisme musculaire est une spécificité du ruminant (Pethick, 1984). Les CC (acétoacétate et β -hydroxybutyrate) sont produits soit au niveau de l'épithélium ruminal, soit au niveau hépatique. Le β -hydroxybutyrate constitue le principal CC circulant chez le ruminant (Pethick *et al.*, 1987). Le taux d'extraction du β -hydroxybutyrate par le train postérieur *in vivo* est approximativement de 10 à 45 % (Hocquette *et al.*, 1998b). De même que pour l'acétate, la plus grande partie est directement oxydée (> 80 %) et la contribution maximale au métabolisme oxydatif musculaire s'élève environ à 15 %.

Chez les ruminants, approximativement la moitié du métabolisme énergétique musculaire est pris en charge par les AGV (15 à 40 %) et les CC (18 %) (Pethick, 1984).

II.2- MÉTABOLISME LIPIDIQUE

Ce volet a pour but de faire le point sur les lipides intramusculaires, en se focalisant plus particulièrement sur la digestion des hydrates de carbone et des lipides alimentaires au sein du rumen, sur l'absorption intestinale, la capture et l'utilisation hépatique, puis l'utilisation musculaire, particulièrement au niveau des adipocytes intra et intermusculaires chez les ruminants producteurs de viande.

II.2.1- La classification des lipides

Les lipides totaux sont constitués principalement des acides gras, de triglycérides, de phospholipides et du cholestérol.

II.2.1.1- Les acides gras

Les acides gras sont des acides carboxyliques à chaîne aliphatique hydrophobe, saturés ou insaturés, selon l'absence ou la présence de doubles liaisons. D'après la longueur de la chaîne carbonée, on distingue les acides gras à chaîne courte (6 à 10 atomes de carbone), moyenne (12 à 14 atomes de carbone), et longue (≥ 16 atomes de carbone) (Dinh, 2006).

II.2.1.2- Les triglycérides

Les triglycérides, ou plus exactement les triacylglycérols, sont des triples esters d'acides gras et de glycérol (Fig. 13). Il s'agit de molécules très hydrophobes, constituant une forme de réserve d'énergie très courante dans le règne animal, au niveau du cytoplasme des adipocytes (Cuvelier *et al.*, 2004 ; Al Darwich, 2009).

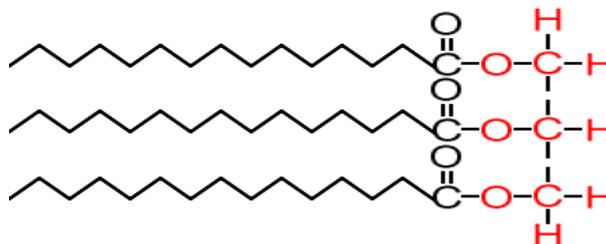


Figure n° 13 : Structure des triglycérides (Girousse, 2009).

II.2.1.3- Les phospholipides

Les phospholipides sont des dérivés de l'acide phosphatidique. Le groupement phosphoryle est relié par une autre liaison à une autre molécule, pour donner les principales classes des PL : phosphatidylcholine, phosphatidyléthanolamine, phosphatidylsérine, phosphatidylinositol, et cardiolipine (Ruiz *et al.*, 2009). Les PL constituent la structure de base des membranes biologiques (Cuvelier *et al.*, 2004).

Dans le muscle *longissimus* des bovins, la phosphatidylcholine est le principal phospholipide ; il est presque deux fois plus abondant que la phosphatidyléthanolamine (Christie, 1981). Il participe également aux phénomènes de signalisation cellulaire (Drackley, 2000).

II.2.1.4- Le cholestérol

Le stérol le plus important dans les graisses animales est le cholestérol. Il est non seulement le précurseur des acides biliaires, des hormones stéroïdes (progestérone, œstradiol et testostérone), des hormones surrénaliennes (cortisol et aldostérone) et de la vitamine D, mais aussi un composant majeur des membranes cellulaires, dans lesquelles il s'intercale entre les phospholipides et diminue la perméabilité membranaire aux molécules hydrosolubles (Morjaret, 2008 ; Pommier, 2010).

La distribution du cholestérol dans les membranes est variable. Par exemple, les membranes des érythrocytes et de la myéline contiennent des concentrations molaires similaires en cholestérol et en phospholipides, tandis que les membranes des organites à haute activité métabolique, tels que le réticulum sarcoplasmique, et la membrane mitochondriale interne contiennent moins de cholestérol (Cullis et Hope, 1991).

Le cholestérol est constitué de quatre cycles carbonés, ou noyau cyclo-pentano-phénanthrène noté A, B, C et D, et d'une chaîne aliphatique. Il possède notamment une double liaison en position 5-6 ainsi qu'un groupement hydroxyle en position 3 (Fig. 14). De formule brute $C_{27}H_{45}OH$, son nom systématique est « cholest-5-en-3 β -ol » et sa masse molaire est de 386,35 g/mol (Racine, 2009).

La molécule de cholestérol peut être divisée en trois régions :

- la tête polaire hydrophile, constituée par le groupement hydroxyle en position 3 ;
- la structure cyclique rigide ;
- la queue aliphatique apolaire hydrophobe.

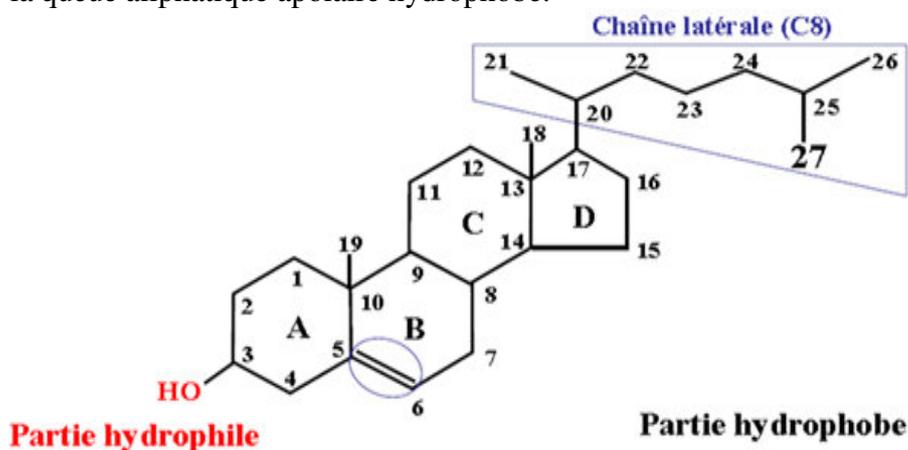


Figure n°14 : Structure de cholestérol libre (Paillasse, 2009).

Le cholestérol existe, principalement, de manière stable sous deux formes : une forme libre (Fig. 14) et une forme estérifiée (Fig. 15) où la fonction hydroxyle est estérifiée par un acide gras.

Le cholestérol libre est un constituant majeur des membranes cellulaires (environ 90 %) ; le reste est distribué dans le réticulum sarcoplasmique pour les cellules musculaires, la membrane nucléaire, les mitochondries, les lysosomes et les peroxysomes (Rossato, 2007). Il intervient aussi dans différentes voies de signalisation. Alors que le cholestérol estérifié est davantage une forme de transport dans le plasma (Voet *et al.*, 2006) et de stockage pour la cellule (Hajj Hassan, 2011).

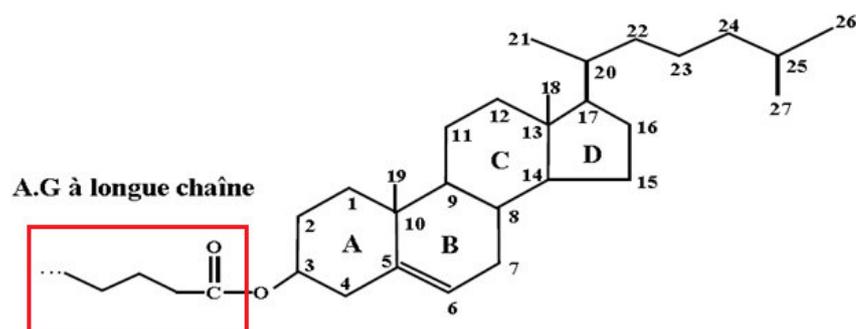


Figure n°15 : Structure du cholestérol estérifié (Lamant, 2006).

II.2.2- Origine des lipides

Chez les ruminants, les lipides proviennent majoritairement des fermentations ruminales (dégradation des hydrates de carbone et métabolisme microbien des lipides) (Cuvelier *et al.*, 2005) ; seule une part mineure est d'origine alimentaire.

Dans les aliments consommés par les ruminants, les lipides sont localisés dans les chloroplastes, sous forme de triglycérides, de phospholipides localisés dans les membranes cellulaires et de glycolipides (galactolipides) stockés dans les parties vertes des fourrages. Les fourrages et les aliments concentrés classiques tels que les céréales, les tourteaux non gras et les sous-produits industriels contiennent moins de 4 % de lipides (Doreau *et al.*, 2012).

Les lipides des céréales, des protéagineux, des oléagineux et de leurs dérivés (les tourteaux) sont principalement constitués de triacylglycérols (98 %), à caractère majoritairement insaturé. L'herbe et ses dérivés contiennent approximativement 3 % de lipides, localisés majoritairement dans les feuilles (Cuvelier *et al.*, 2005).

Généralement, la ration des ruminants contient seulement 2 à 5 % de la matière sèche des lipides (Bonnet *et al.*, 2010).

II.2.3- La digestion ruminale

Dans le rumen, les lipides alimentaires sont presque totalement hydrolysés, puis biohydrogénés par la flore microbienne (Sauvant et Bas, 2001; Nafikov et Beitz, 2007) (Fig. 16).

Les microbes du rumen peuvent aussi synthétiser leurs propres lipides à partir de précurseurs courts : l'acétate, le propionate, le valérate ou des chaînes carbonées ramifiées issues de la dégradation des acides aminés du même type (valine, leucine, isoleucine).

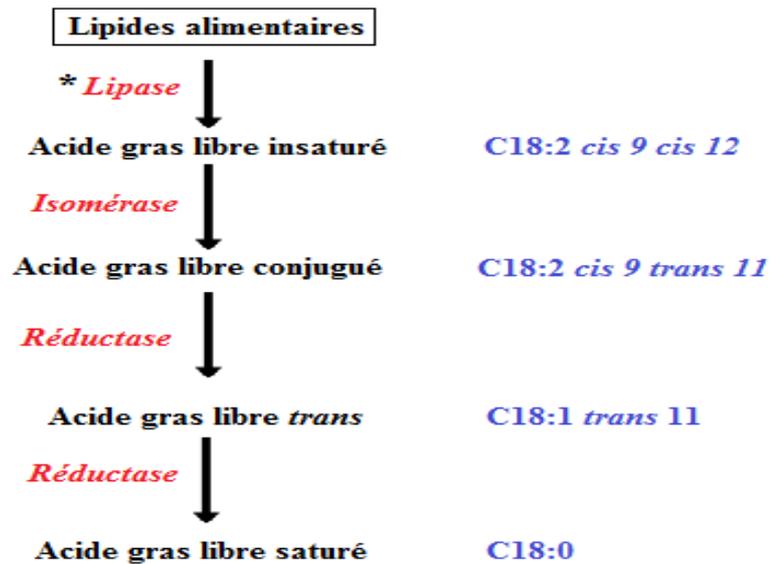


Figure n°16 : Hydrolyse et hydrogénation des acides gras dans le rumen (Bas et Sauvart, 2001).

* Lipases microbiennes, phospholipase et galactolipase des plantes (Doreau *et al.*, 2012).

II.2.4- L'absorption intestinale et le transport

Les AG résultant du métabolisme ruminal atteignent le duodénum principalement sous forme adsorbée sur les particules alimentaires ou les bactéries, voire incorporés dans les bactéries (Bauchart, 1993).

Les mécanismes d'absorption intestinale chez les ruminants sont proches de ceux des monogastriques (Bauchart, 1993), mis à part le fait que les AG entrent dans l'intestin majoritairement sous forme libre, non estérifiés et saturés.

L'absence de monoglycérides dans le duodénum des ruminants est compensée par la présence de lysolécithines dans la bile, produites par des phospholipases à partir des phospholipides bactériens et/ou biliaries. Les AG sont désorbés et solubilisés par les sels biliaries et les lysolécithines, puis passent dans une phase micellaire (micelles mixtes) qui permet leur absorption au niveau du jéjunum (Doreau *et al.*, 2012).

Pour le cholestérol, les principaux sites d'absorption sont dans le duodénum et la partie proximale du jéjunum (Wang, 2007). Bien que le cholestérol d'origine alimentaire soit de forme libre ou estérifié, les esters de cholestérol sont hydrolysés par le cholestérol estérase pancréatique. Donc, à l'entrée de l'intestin ne se trouve que du cholestérol libre (Grundy, 1983). Des données récentes suggèrent que le transport du cholestérol à travers la membrane des entérocytes est facilité grâce à des transporteurs spécifiques NPC1L1 (Fig. 24) (Noiriel, 2004).

D'autres transporteurs jouent également un rôle très important dans l'absorption intestinale du cholestérol. Ces transporteurs, les ABC G5 et G8, se situent dans la membrane apicale des entérocytes ; leur fonction primaire est de transporter à rebours le cholestérol absorbé en excès par l'intestin vers la lumière intestinale (Wang *et al.*, 2009).

Dans les entérocytes, les AG à chaîne courte sont déversés dans la veine porte et transportés *via* l'albumine sérique jusqu'au foie (Hocquette et Bauchart, 1999), alors que les

AG relativement saturés (Bonnet *et al.*, 2010) et/ou pourvus d'au moins 12 atomes de carbone (Bauchart, 1993) sont réestérifiés en TG, PL et esters de cholestérol, puis sécrétés dans la lymphe principalement sous forme de lipoprotéines (CM, VLDL)(Bonnet *et al.*, 2010), particules sphériques hydrosolubles de type pseudo-micellaire constituées d'un noyau de lipides hydrophobes (TG, EC) et d'une enveloppe hydrophile composée d'une monocouche de protéines spécifiques : les apolipoprotéines*, associées à des lipides polaires (PL, cholestérol)(Fig. 17) (Bauchart, 1994 ; Bauchart *et al.*, 2007).

Cependant, le cholestérol absorbé de façon continue dans la lymphe intestinale pénètre dans la circulation sanguine à travers le canal thoracique par les lipoprotéines et les chylomicrons ; il représente 60 à 80 % du cholestérol alimentaire et biliaire (Wang, 2007).

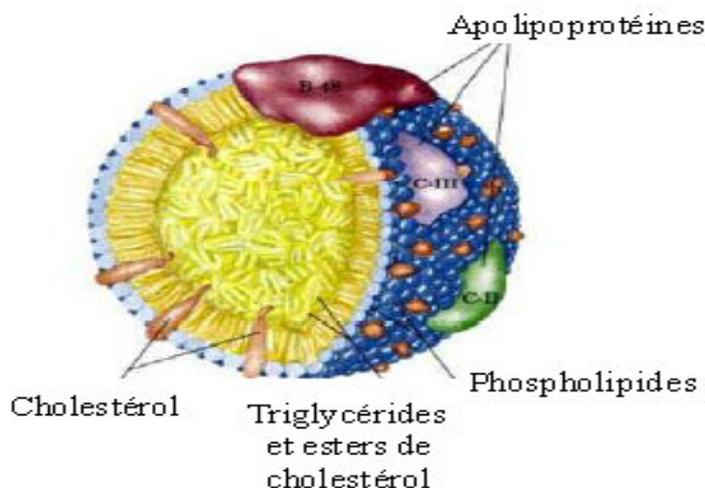


Figure n° 17 : Structure d'un chylomicron (Petit, 2007).

* Les apolipoprotéines incluses dans le transport des lipides sont : A (AI - AIV), B (B48, B100), C (CI - CIV) et E.

Les lipoprotéines classées selon leur composition lipidique et protéique sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Caractéristiques physiques et chimiques des lipoprotéines (Bauchart, 1993 ; Cuvelier *et al.*, 2005).

	Site de synthèse	Fraction lipidique (% du poids)				Protéines
		Cholestérol libre	Cholestérol estérifié	TG	PL	
CM	Intestin, Foie	4-6	1-4	72-87	4-5	2-3
VLDL	Intestin, Foie	3-9	2-15	45-74	7-25	6-23
IDL	Foie	8	2-3	61-66	13	11-16
LDL	Foie	5-11	31-41	0-21	18-41	19-32
HDL	Intestin, Foie	1-6	13-37	0-6	12-41	28-68

Chez les ruminants, les lipoprotéines sont caractérisées par la prédominance d'HDL (80 %) (Cuvelier *et al.*, 2005), qui exerce un rôle majeur dans le transport inverse du cholestérol entre les tissus périphériques et le foie.

Le rôle métabolique limité des LDL (10 - 15 %) chez les ruminants s'explique par le faible taux de conversion vasculaire de VLDL (5 - 10 %) en LDL par la TG lipase hépatique et une capacité très limitée de transfert d'EC des HDL vers les LDL (Bauchart, 1994). Le LDL

représente la principale forme de transport du cholestérol à d'autres tissus ou glandes pour le stockage ou encore la synthèse (Dinh, 2010).

Les VLDL sont synthétisés lorsque les AG absorbés sont relativement saturés, aussi la teneur en TG et/ou en cholestérol de la ration élevée (Bauchart, 1994), ils servent à la fourniture des TG aux tissus (Dinh, 2010). Alors que les chylomicrons (CM) sont plus synthétisés dans le cas de l'emploi des lipides protégés (Bonnet *et al.*, 2010).

II.2.5- L'utilisation des lipides

II.2.5.1- La captation et la pénétration des lipides

Les acides gras dans la circulation sanguine sont transportés soit sous forme de lipoprotéines (CM, VLDL), soit sous une forme non estérifiée liée à l'albumine.

Les lipides des lipoprotéines sont captés par les récepteurs spécifiques, puis libérés par une lipoprotéine lipase (LPL), qui est une enzyme synthétisée et sécrétée par de nombreux tissus extra-hépatiques (muscle squelettique, foie, tissu adipeux, glandes mammaires) (Bonnet *et al.*, 2010 ; Martinez-Marin *et al.*, 2010).

L'internalisation des lipides dans le muscle à travers les membranes plasmiques est facilitée par des transporteurs spécifiques. Au niveau intracellulaire, les acides gras sont liés à des protéines de liaison (FABP). Les fibres musculaires se caractérisent par la présence d'une isoforme de FABP spécifique au muscle squelettique, la H-FABP, tandis que les adipocytes intramusculaires sont dotés d'une isoforme spécifique au tissu adipeux, la A-FABP (Smith *et al.*, 1985 ; Cuvelier *et al.*, 2005a).

Par exemple, les transporteurs transmembranaires du cholestérol sont les ABC, alors que le transport vers le RE se fait par la MDR1-P-glycoprotéine (Luker *et al.*, 1999).

II.2.5.2- Les voies métaboliques proprement dites

Les lipides sont transportés jusqu'aux sites d'oxydation (mitochondries et peroxysomes) ou d'estérification (Cuvelier *et al.*, 2005a), au niveau du cytosol (Hocquette *et al.*, 2000). Cette orientation est conditionnée par les besoins métaboliques musculaires.

II.2.5.2.1- Les triglycérides

II.2.5.2.1.1- L'estérification

La biosynthèse des TG est très active dans les adipocytes et les hépatocytes, et plus faible dans les fibres musculaires. Dans l'intestin et le foie, les voies de biosynthèse sont les mêmes, et les TG sont exportés dans le sang sous forme de lipoprotéines (CM et VLDL) (*cf.* Tab. 05).

Dans le muscle, les TG sont produit majoritairement au sein des adipocytes inter et intramusculaires, mais peut également avoir lieu dans les fibres musculaires, donnant ainsi naissance à des gouttelettes lipidiques au sein des cellules (Hocquette et Bauchart, 1999; Bonnet *et al.*, 2010). Le contenu en triacylglycérols est par ailleurs plus élevé dans les fibres musculaires de type oxydatif que dans les fibres de type glycolytique (Spriet *et al.*, 1986).

Les précurseurs de cette biosynthèse sont le glycérol-3-phosphate et les acyl-CoA (Fig. 18). Dans les adipocytes, le glycérol-3-phosphate provient essentiellement du glucose oxydé, puis transformé en glycérol-3-phosphate lors de la glycolyse par la glycérol-3-

phosphate déshydrogénase (G3PDH). Les acyl-CoA proviennent soit de la lipolyse (β -oxydation), soit du prélèvement des AG non estérifiés plasmatiques (AGNE) (Bonnet *et al.*, 2010).

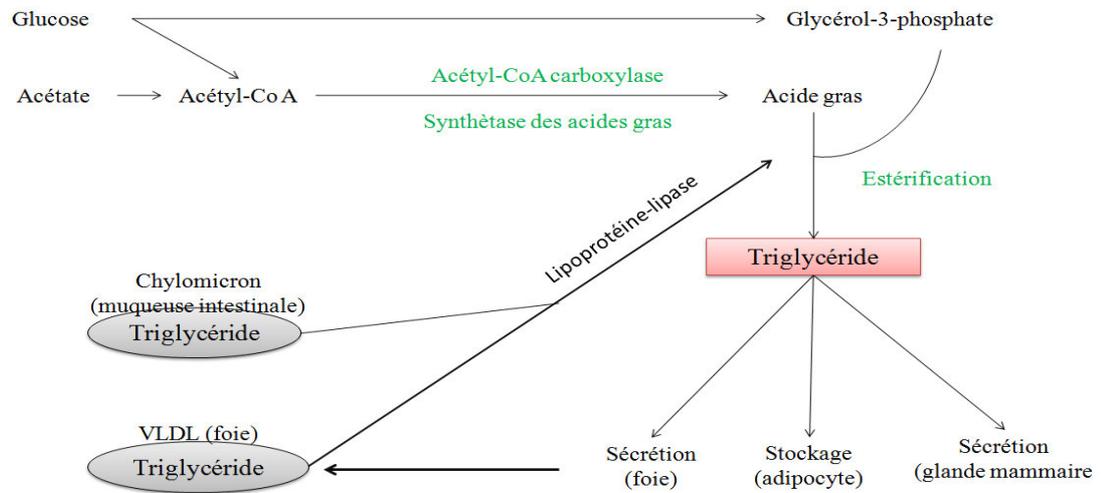


Figure n°18 : Les voies de la biosynthèse des triglycérides (Vernon *et al.*, 1999).

La biosynthèse comporte trois étapes (la formation de l'acide phosphatidique, sa déphosphorylation en diglycéride et l'estérification de la dernière fonction alcool du glycérol), et catalysée par trois enzymes qui sont la glycérol-3-phosphate O-acyl transférase (GPAT), la L- α -phosphatidate phosphohydrolase (LPAAT ou PP) et la 1,2-diacylglycerol O-acyltransférase (DGAT) (Fig. 19) (Bonnet *et al.*, 2010).

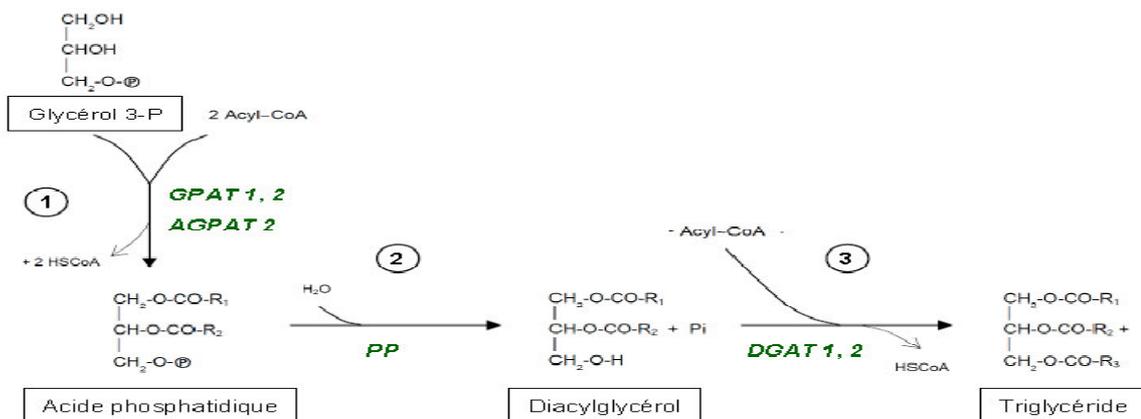


Figure n°19 : Synthèse des triglycérides (Volat, 2011).

II.2.5.2.1.2- L'hydrolyse

Les triglycérides stockés au sein du tissu musculaire, dans les adipocytes intramusculaires ou les cellules musculaires elles-mêmes, constituent des réserves pouvant être mobilisées sous le contrôle d'une lipase hormono-sensible (HSL). Cette enzyme va hydrolyser les triglycérides et ainsi aboutir à la libération d'acides gras libres et de glycérol (Mirabaud, 2010 ; Ortigues-Marty *et al.*, 2010).

Au sein des fibres musculaires, la lipoprotéine lipase (LPL) hydrolyse les TG plasmatiques pour restaurer les stocks intramusculaires de TG, qui se réduisent pendant la contraction

musculaire, tandis que la HSL fournit les substrats énergétiques en hydrolysant les TG stockés dans le cytoplasme (Mirabaud, 2010). La proximité entre les gouttelettes lipidiques et les mitochondries est un facteur déterminant pour la vitesse d'utilisation des lipides intramusculaires (Ortignes-Marty *et al.*, 2010).

Chez l'agneau, les activités lipoprotéine-lipasiques du tissu adipeux sous-cutané et des muscles glycolytiques et oxydatifs semblent varier selon la densité énergétique de la ration (Andersen *et al.*, 1996) : l'activité est plus élevée dans le tissu adipeux et plus faible dans le muscle lorsque le régime est plus énergétique. Chez les ruminants adultes, l'activité lipoprotéine-lipasique des muscles est par ailleurs fortement modulée par les fluctuations du niveau alimentaire (Faulconnier *et al.*, 1999).

II.2.5.2.2- Les phospholipides

Les phospholipides d'origine alimentaire ou endogène transportés dans le sang sous forme de lipoprotéines sont prélevés directement par les organes et les cellules cibles pour la formation des membranes cellulaires et intracellulaires.

Parallèlement à la synthèse de TG, les acyl-CoA peuvent être également estérifiés pour former des phospholipides. Les voies métaboliques de synthèse des phospholipides sont communes avec celle des triglycérides jusqu'à la formation des diglycérides (Fig. 20) (Drackley, 2000 ; Al-Darwich, 2009).

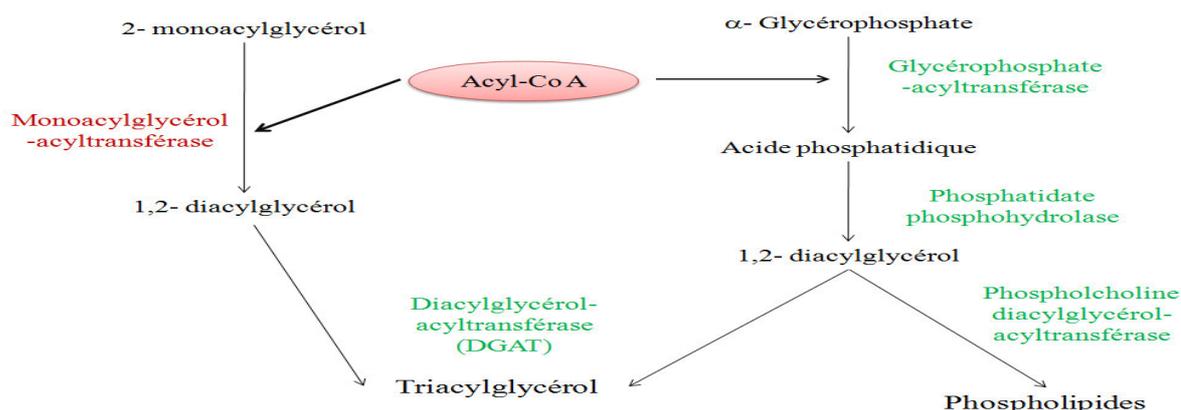


Figure n° 20 : Les voies de re-estérification des AG (Petit, 2007, modifié).

L'orientation des acyl-CoA vers la biosynthèse des phospholipides est conditionnée par les besoins cellulaires en cet élément structurel.

Dans le foie et d'autres tissus, la plupart des acides gras liés à l'albumine sont estérifiés pour former des phospholipides, alors que la synthèse des triacylglycérols est activée lorsque la concentration en AGNE prélevés à partir du sang est plus élevée (Drackley, 2000).

De même, l'activité de phosphatidate phosphohydrolase est un facteur déterminant. Elle est plus importante dans le tissu adipeux intramusculaire que dans le tissu sous-cutané. Elle est réduite d'environ 50 % par la famine dans le tissu adipeux sous-cutané, mais pas dans le tissu adipeux intramusculaire (Smith *et al.*, 1998).

II.2.5.2.3- Le cholestérol

II.2.5.2.3.1- Cholestérol libre

Le cholestérol peut être fourni par les lipoprotéines circulantes ou synthétisé dans le réticulum endoplasmique des entérocytes et surtout des hépatocytes, mais peut également se produire dans toutes les cellules de l'organisme, par une voie métabolique utilisant l'**acétyl-CoA**, maillon clé pour la formation des lipides, des corps cétoniques, et aussi du cholestérol.

L'acétyl-CoA provient également du foie et du tissu adipeux lors de la lipolyse éventuelle, tout cela sous la dépendance des régulations hormonales et de la disponibilité des substrats, des coenzymes vitaminiques et minéraux provenant essentiellement de l'acétate (Fig. 21) (Morjaret, 2008).

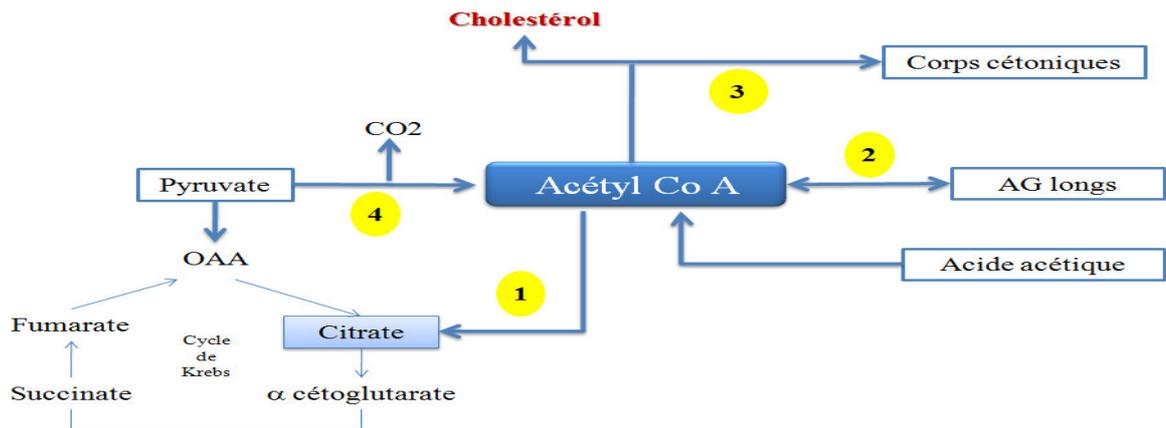


Figure n° 21 : Les destinées principales de l'acétate (Meziane, 2001).

La synthèse du cholestérol est étroitement liée au métabolisme des corps cétoniques, comme le montre la figure suivante.

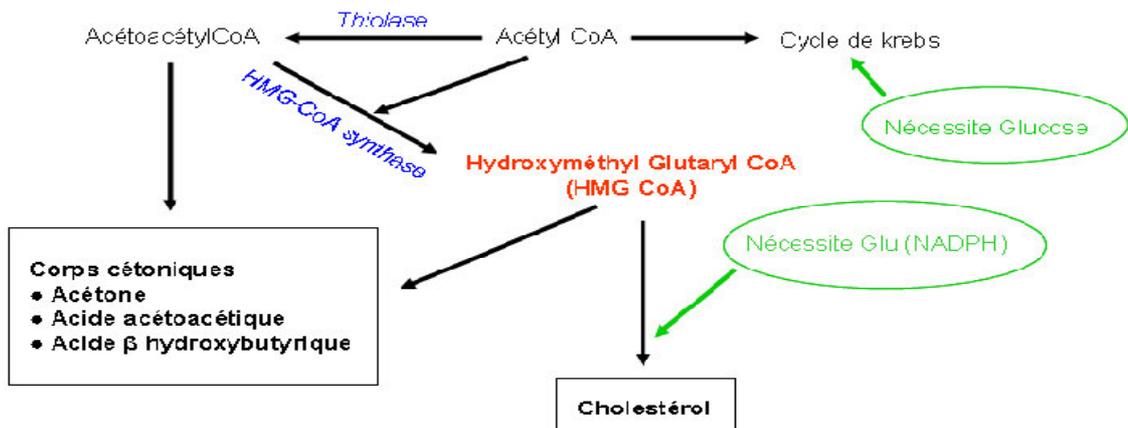


Figure n° 22 : HMG Co A, substrat pour la formation de corps cétoniques et/ou de cholestérol (Morjaret, 2008).

Chez les ruminants, l'intestin grêle est considéré comme le site majeur de la synthèse du cholestérol. Sa capacité de synthèse est environ 60 fois supérieure à celle du foie chez les caprins (Thompson *et al.*, 1977).

La biosynthèse de cette molécule nécessite une trentaine de réactions enzymatiques successives, que l'on peut diviser en cinq étapes (Fig. 23):

****Etape A :** synthèse du 3-hydroxy-3-méthylglutaryl Coenzyme A (HMG-CoA) à partir de 3 molécules d'acétyl CoA venant des peroxysomes. Dans le foie, la HMG-CoA intramitochondriale est utilisée pour la cétogenèse ; cependant, le pool HMG-CoA dans le cytosol des cellules hépatiques contribue à la synthèse du cholestérol (Parish *et al.*, 2008).

****Etape B :** conversion de l'HMG-CoA en mévalonate. C'est la première réaction irréversible et l'étape limitant la biosynthèse du cholestérol, par l'enzyme-clé : HMG-CoA réductase. Elle catalyse la transformation de l'HMG-CoA en mévalonate. L'HMG-CoA réductase est une enzyme transmembranaire du RE (mais elle existe également dans les peroxysomes) (Keller *et al.*, 1985). Cette enzyme est fortement régulée par la quantité de cholestérol existant dans les cellules (dont l'origine est intra et extracellulaire) (Goldstein et Brown, 1990).

De plus, une étude réalisée sur des bovins de boucherie de race Li-Lu montre que le niveau d'expression des gènes de HMG réductase dans le muscle augmente avec l'âge, atteignant un pic au 24^e mois, puis diminuant après 30 mois. Dans le tissu adipeux, le niveau transcriptionnel de HMG réductase atteint un pic au 18^e mois, puis diminue (Liu *et al.*, 2012).

****Etape C :** conversion du mévalonate en isoprène actif, l'isopentényl pyrophosphate en C5.

****Etape D :** polymérisation et condensation de six isoprènes actifs pour former un squalène, isoprénoïde en C30.

****Etape E :** cyclisation du squalène en lanostérol et transformation en cholestérol par clivage de trois atomes de carbone.

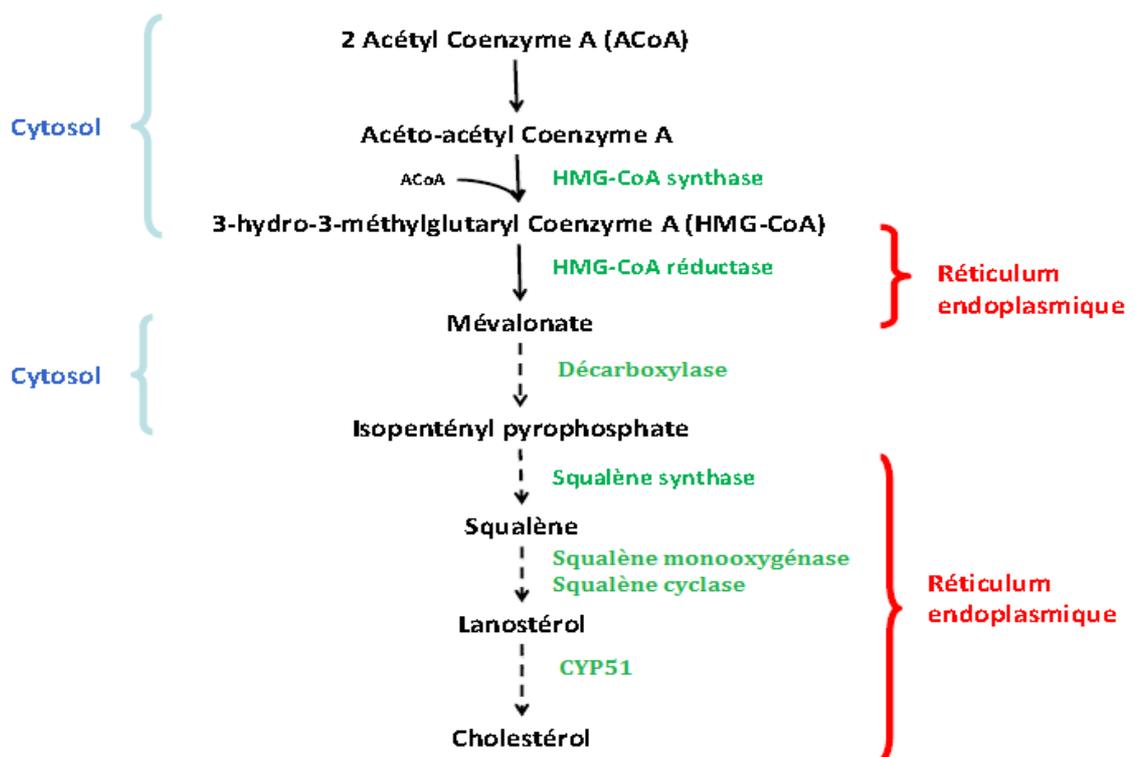


Figure n°23 : Les principales étapes de la biosynthèse du cholestérol (Racine, 2009).

Parmi les enzymes impliquées dans cette voie de biosynthèse, certaines sont entièrement cytosoliques, tandis que d'autres sont des protéines membranaires du réticulum endoplasmique. Cela peut également avoir lieu dans les peroxysomes, qui contiennent presque toute la machinerie enzymatique nécessaire (Krisans, 1996).

II.2.5.2.3.2- Formation du cholestérol estérifié

Dans la cellule, la fonction –OH du cholestérol libre peut être estérifiée par un acide gras sous l'action de l'ACAT (acyl-CoA cholestérol acyltransférase). Les principaux acides gras utilisés pour l'estérification du cholestérol sont l'acide oléique (45 %), les acides linoléique (~19 %) et palmitique (~15 %) (Mathé et Lutton, 1984). Les esters de cholestérol produits sont ensuite stockés dans les gouttelettes lipidiques cytoplasmiques (Buhman *et al.*, 2000), ou transportés dans les lipoprotéines.

Cette estérification se fait également dans les entérocytes et le foie au niveau RE par ACAT-2 (Repa *et al.*, 2004). L'activité de l'ACAT est régulée de manière allostérique par le cholestérol, c'est-à-dire que son activité augmente en présence de grandes quantités de cholestérol libre (Lange et Steck, 1994). L'hydrolyse des esters de cholestérol est effectuée par la cholestéryl ester hydrolase neutre (nCEH) (Paillasse, 2009).

II.2.5.2.3.3- Homéostasie du cholestérol

L'homéostasie du cholestérol est principalement maintenue par un contrôle précis de l'équilibre du cholestérol entre les apports d'origine alimentaire ou venant de la synthèse endogène, et les dépenses qui correspondent à son utilisation et à son élimination de l'organisme.

Schématiquement, dans la cellule, le cholestérol est utilisé en tant que partie de la membrane cellulaire (soit pour le renouvellement de la membrane existante, soit pour la synthèse de nouvelles membranes lors de la division cellulaire). Cependant, si la demande de cholestérol diminue, l'excès de cholestérol est converti en esters de cholestérol, acides biliaires, hormones stéroïdiennes, lipoprotéines, ou transporté vers d'autres cellules (Fig. 24) (Dinh, 2010).

La biosynthèse des acides biliaires est la voie majeure d'élimination du cholestérol excédentaire des tissus périphériques en le ramenant au foie par l'intermédiaire des HDL. Ce processus est appelé transport inverse du cholestérol (Molina *et al.*, 1991). Au niveau hépatique, il sera essentiellement catabolisé en acides biliaires, principalement en acides choliques (Chang *et al.*, 2006 ; Racine, 2009). Une partie des sels biliaires se retrouvent éliminés dans les selles, mais la majorité est réabsorbée au niveau de l'intestin.

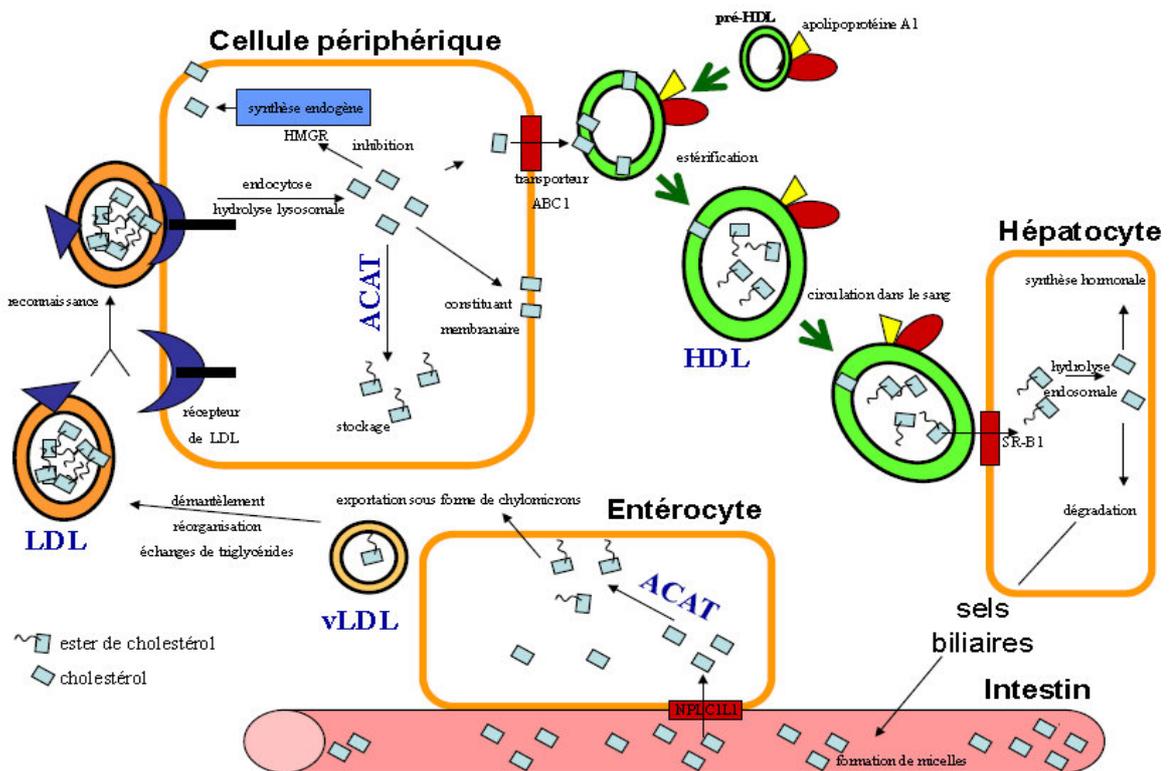


Figure n° 24 : Homéostasie du cholestérol chez les mammifères (Noirlier, 2004, modifié).

SRB1 : sont des récepteurs de type « éboueur ». Ils récupèrent les esters de cholestérol des HDL vers le foie et les tissus stéroïdogéniques. SRB1, situé au niveau d'une cavéole, lie l'HDL, et son core d'ester de cholestérol est adressé à la membrane plasmique sans qu'il y ait assimilation ou dégradation complète de la particule HDL (Lamant, 2006).

II.3- MÉTABOLISME AZOTÉ

La digestion des matières azotées protéiques et non protéiques d'origine alimentaire au niveau du rumen aboutit à la formation d'ammoniaque, d'AA libres et de peptides, ces derniers étant rapidement désaminés dans le rumen. Une faible portion est utilisée par la flore ruminale (Jouany, 1994).

L'ammoniaque, qui provient essentiellement de la désamination des AA lors de l'hydrolyse des protéines de l'aliment, des microorganismes et des protéines endogènes (Rémond *et al.*, 1996), est soit incorporé dans les microorganismes du rumen, soit absorbé dans la paroi digestive pour être détoxifié en urée au niveau hépatique. Seulement 50 % d'urée recyclée est réutilisée à des fins anaboliques par l'animal, car elle sera réabsorbée sous forme d'AA (Fig. 25).

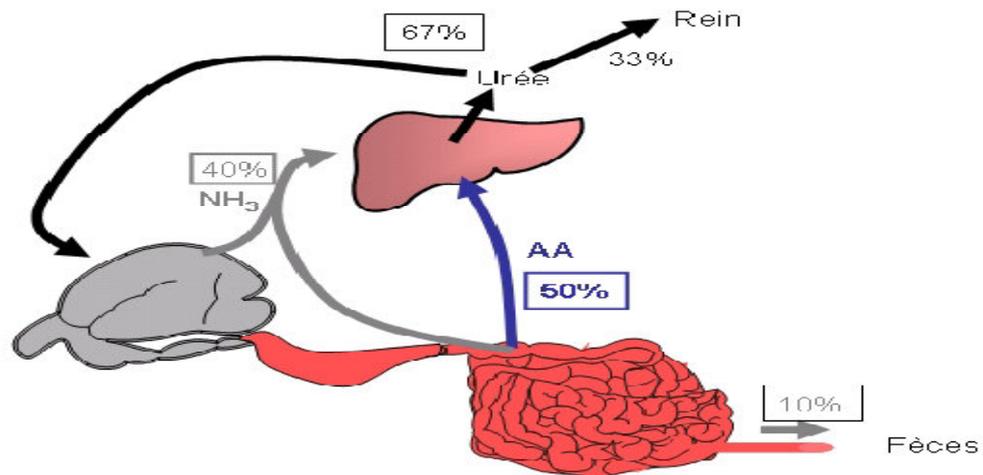


Figure n° 25 : Recyclage de l'azote chez les ruminants : devenir de l'urée produite par le foie (Lapierre et Lobley, 2001).

Au niveau intestinal, le flux protéique est composé de protéines alimentaires non dégradées dans le rumen, de protéines microbiennes et de protéines endogènes (Sauvant *et al.*, 2004) de diverses origines : mucoprotéines, salive, cellules épithéliales desquamées, enzymes sécrétées dans la caillette.

Même si la majorité des protéines présentes reste d'origine microbienne, la composition de chacune de ces fractions varie et dépend de la nature du régime et des quantités ingérées. Une partie de ces protéines est hydrolysée puis réabsorbée sous forme d'AA. Le reste est excrété dans les fèces.

II.3.1- Voies d'utilisation des nutriments azotés au niveau musculaire

II.3.1.1- Néoglucogénèse

Après le propionate, les seconds précurseurs importants de la néoglucogénèse sont les AA glycoformateurs (alanine, glutamine, glutamate et glycine), avec une contribution générale d'environ 11 à 36 % (Galindo, 2015). Le foie est l'organe majeur responsable de la néoglucogénèse (85 %), le reste étant assuré par les reins. Le muscle n'étant pas un site de néoglucogénèse, la fourniture d'énergie liée à la désamination des AA passe par l'obtention de succinyl-CoA (et donc l'alimentation du cycle de Krebs) et d'acétyl-CoA (intermédiaire avant le catabolisme oxydatif ultime en CO₂).

II.3.1.2- La captation et la pénétration cellulaire des AA

Avant la pénétration et l'utilisation dans les cellules musculaires, les AA libres circulant dans le sang entrent dans les cellules grâce à des transporteurs spécifiques (Ortigue-Marty *et al.*, 2010).

Suite à leur entrée dans la cellule, le devenir des AA est multiple. Ils entrent dans la synthèse des protéines musculaires, et/ou l'oxydation *via* le catabolisme irréversible ou *via* l'incorporation de leurs atomes de carbone dans des substrats énergétiques comme le glucose et les corps cétoniques.

II.3.1.3- Synthèse des protéines musculaires

L'activité et la vitesse de synthèse des protéines musculaires sont environ 5 fois plus faibles que celle du foie (Kraft, 2009), ne représentant que 15 à 22 % de la synthèse protéique corporelle, soit 2 à 3 % par jour chez le ruminant adulte (Attaix *et al.*, 2005). De plus, elle nécessite un apport continu en AA ; la carence en un seul AA peut en effet limiter l'ensemble de la synthèse protéique par une inhibition de la phase d'initiation de cette synthèse. La protéosynthèse aboutit à la synthèse des différents protides de l'organisme, dont les protéines tissulaires spécifiques comme la myosine, l'élastine et le collagène.

Cette activité de synthèse protéique dépend de nombreux facteurs liés à l'animal lui-même, mais aussi à son environnement. L'âge, par exemple, influence fortement l'activité de synthèse protéique : chez le mouton, à la naissance, la vitesse fractionnaire de synthèse protéique est proche de 20 % par jour, mais tombe à 2 à 3 % chez l'adulte.

II.3.1.4- Dégradation irréversible des AA (catabolisme oxydatif)

Les AA peuvent être désaminés et leur chaîne carbonée entièrement catabolisée ou utilisée pour la synthèse d'autres molécules. Six AA sont métabolisés dans le muscle pour former des céto-acides, qui sont ensuite soit « réaminés » en un AA identique ou en un autre AA (pour entrer de nouveau dans le processus de synthèse protéique), soit détruits de manière irréversible, fournissant de l'énergie (Ortigue-Marty *et al.*, 2010). Le muscle joue un rôle essentiel dans le catabolisme des AA ramifiés, alors que les autres AA sont catabolisés essentiellement dans le foie. Le catabolisme des AA ramifiés a également été mis en évidence dans le muscle des ruminants, avec cependant une activité plus faible, en particulier chez les ruminants adultes (Faure *et al.*, 2001).

II.4- CONTROLE DU MÉTABOLISME MUSCULAIRE

Le métabolisme énergéico-protéique et lipidique chez les ruminants producteurs de viande est soumis à l'influence de deux contrôles majeurs ; l'un nutritionnel, l'autre hormonal.

II.4.1- Le contrôle nutritionnel

Une augmentation de la quantité ou de la densité énergétique (Faulconnier *et al.*, 2007) et protéique de la ration favorise les dépôts de protéines, de glycogène et de lipides à la fois dans la carcasse et dans le muscle, *via* une augmentation des activités anaboliques comme la lipogénèse, du fait de la disponibilité en nutriments précurseurs.

La nature des nutriments apportés modifie également l'intensité et la vitesse métaboliques au niveau hépatique et même musculaire. Par exemple, une perfusion post ruminale de caséine a entraîné une augmentation de la synthèse totale de protéines de 27 % chez le mouton (Raggio, 2006). De plus, l'infusion abomasale de glucose chez des bouvillons (Baldwin *et al.*, 2007) stimule la lipogénèse *de novo* (Bonnet *et al.*, 2010).

Par contre, lorsque le niveau d'alimentation ou d'énergie est faible, les activités de stockage sont également faibles par rapport aux actions cataboliques. Chez le ruminant adulte, une sous-alimentation de 7 jours (apports équivalents à 20 % du besoin d'entretien des animaux) diminue l'ensemble des activités lipogéniques mesurées, avec augmentation conjointe de la néoglucogénèse et de l'uréogénèse (Faulconnier *et al.*, 1999).

II.4.2- Le contrôle hormonal

Outre la disponibilité en substrat, le statut hormonal est déterminant pour orienter le métabolisme des nutriments vers le stockage ou la dégradation.

II.4.2.1- L'insuline

L'insuline influence plus particulièrement le métabolisme énergétique et protéique du muscle squelettique. Elle stimule la conversion du glucose en glycogène, et la production d'énergie libre (ATP), mais la vitesse de stimulation du transport du glucose par l'insuline est faible chez les ruminants (moins de 85 %) (Hocquette et Abe, 2000).

Pour le métabolisme protéique, le rôle de l'insuline reste à discuter. D'après Kasser-Malek *et al.* (1998), l'insuline régule l'équilibre protéique dans le muscle. Elle réduit le catabolisme protéique musculaire et accroît parallèlement la synthèse protéique, notamment en favorisant la captation des acides aminés. Cependant, la sensibilité du muscle à l'insuline varie selon le type génétique des animaux (Oddy *et al.*, 1995), mais également selon leur état nutritionnel.

De nombreuses études montrent que l'insuline n'a aucun effet sur la protéosynthèse musculaire, et une étude réalisée sur des agneaux en croissance avec ou sans apport supplémentaire en glucose ou AA ramifiés ne permet d'apporter aucune preuve que l'insuline stimule la biosynthèse musculaire. À l'inverse, l'impact de l'insuline sur la protéolyse est bien démontré, avec une inhibition de la protéolyse constatée *in vivo* chez le ruminant soumis à un clamp euglycémique hyperinsulinique (Ortignes-Marty *et al.*, 2010).

L'insuline exerce aussi un effet anti-cétogène par la stimulation de l'acétyl-CoA carboxylase et l'inhibition de l'acyl carnitine transférase par le malonyl-CoA. Cette stimulation de la lipogenèse hépatique ne représente pas un phénomène quantitatif important, mais joue par contre un rôle déterminant dans l'orientation du métabolisme hépatique. Donc, d'après Vernon *et al.*, (1985) l'effet stimulant de l'insuline sur la lipogenèse n'a cependant pas pu être démontré *in vitro*.

L'insuline stimule également la synthèse de cholestérol grâce à son rôle sur SREBP1 et sur LXR (Tobin *et al.*, 2002). Les LXR ont un rôle important dans la régulation du cholestérol et même du métabolisme lipidique. Ils augmentent l'afflux du cholestérol intracellulaire et la sécrétion de cholestérol biliaire (Muscat *et al.*, 2002).

II.4.2.2- Le glucagon

Le glucagon a des effets antagonistes à l'insuline, mais n'aurait pas de rôle lipolytique chez le ruminant (Ortignes-Marty *et al.*, 2010). Il n'a pas d'effets importants sur le métabolisme des protéines en augmentant la néoglucogenèse hépatique à partir des acides aminés, mais sans agir sur le muscle. Par contre, l'administration d'une forte dose de glucagon provoque une diminution de la synthèse des protéines des muscles squelettiques à la fois *in vitro* et *in vivo* (Grizard *et al.*, 1995).

II.4.2.3- L'hormone de croissance (GH)

L'axe somatotrope représenté par l'hormone de croissance (GH) et les *insulin-like growth factors* (IGFs) constitue un système de régulation clé de la croissance en général, et de celle du muscle squelettique en particulier, par le contrôle de la répartition des nutriments vers la synthèse protéique ou lipidique (Kerrou, 2005).

Pour le métabolisme protéique, la GH induit une augmentation substantielle (+ 40 %) de l'accrétion protéique des tissus maigres, dont le muscle chez le bovin, en favorisant la répartition des nutriments vers le muscle. L'action de la GH est d'autant plus efficace que l'apport alimentaire est important. Une perfusion de GH augmente la synthèse protéique musculaire, mais aucun effet notable sur la dégradation n'a été montré chez le ruminant. Une partie de l'effet de la GH est liée à une augmentation des taux circulants (et endogènes aux muscles) d'IGF-1. L'IGF-1 induit une stimulation de la synthèse protéique musculaire chez l'agneau. Par ailleurs, un effet de l'IGF-1 sur la protéolyse a également été montré (Ortigués-Marty *et al.*, 2010).

Cependant, la GH réduirait la capacité de l'insuline à augmenter les activités lipogéniques (Kerrou, 2005) par stimulation des récepteurs à l'insuline. Le rapport hormone de croissance/insuline est plus élevé chez les bovins ayant une forte capacité lipogénique : femelle et mâle castré *versus* mâle entier (Bonnet *et al.*, 2010a), l'insulinémie étant plus faible chez les bovins hypermusclés culards *versus* les bovins normaux (Hocquette *et al.*, 2006).

II.4.2.4- Les hormones thyroïdiennes

Les hormones thyroïdiennes agissent sur l'activité de certaines enzymes clés du métabolisme, elles stimulent les voies cataboliques et inhibent les voies anaboliques. Les hormones thyroïdiennes augmentent l'utilisation du glucose périphérique. Elles augmentent aussi la synthèse protéique, bien qu'elles aient un effet catabolisant.

Les hormones thyroïdiennes augmentent le métabolisme des lipides, dont la conversion du cholestérol en acides biliaires et la sensibilité des tissus adipeux à la lipolyse. Elles sont donc hyperglycémiantes, augmentent la protéinémie et hypocholestérolémiantes (Arnaudies, 2009). Aussi, selon Kasser-Malek *et al.* (1998), le T3 stimule la captation des triglycérides et inhibe l'activité de la lipoprotéine lipase dans le muscle *soleus* de rat.

II.4.2.5- Les catécholamines

Les catécholamines sont connues surtout pour leurs effets lipolytiques, ils favorisent la fourniture de glucose et d'énergie aux muscles.

Les β -agonistes (clenbutérol, etc.), se liant aux récepteurs β -adrénergiques, modifient la répartition des nutriments vers les tissus périphériques comme le muscle et favorisent la croissance des tissus maigres. Ces molécules provoquent une modification de la composition des carcasses, qui correspond globalement à une réduction des dépôts adipeux, associée à un accroissement de la masse musculaire (Tokach, 2011).

II.4.2.6- Les stéroïdes

II.4.2.6.1- Les glucocorticoïdes

Il est reconnu qu'un excès de glucocorticoïdes induit une fonte musculaire en augmentant le catabolisme des protéines myofibrillaires. Leur action s'explique également par une diminution de la synthèse de ces protéines (Grizard *et al.*, 1995) et par une réduction des stocks protéiques. Ces effets sont plus particulièrement limités aux fibres glycolytiques. En fait, ces hormones jouent un rôle dans la mobilisation des réserves corporelles. D'autre part, un traitement chronique par les glucocorticoïdes modifie le transport du glucose et accroît le stockage du glycogène.

II.4.2.6.2- Les androgènes

Outre leur implication au niveau sexuel, les stéroïdes androgéniques tels que la testostérone ont un effet important sur la croissance et la composition corporelle des animaux, en particulier sur la croissance musculaire. En effet, dans différentes espèces, la testostérone induit une augmentation de la taille de certains muscles en stimulant la synthèse protéique (Lobley *et al.*, 1987). De nombreux travaux démontrent l'influence de la testostérone à la fois sur la taille et sur les caractéristiques contractiles et métaboliques des fibres musculaires. Par ailleurs, les androgènes exerceraient également un effet indirect via une activation de la sécrétion d'autres hormones, comme GH et IGF-I (Kasser-Malek *et al.*, 1998).

II.4.2.6.3- Les œstrogènes

L'influence anabolique des œstrogènes sur le tissu musculaire est bien établie, en particulier chez les bovins. Les mécanismes exacts de cette action ne sont pas clairs et il a été suggéré que l'action des œstrogènes pourrait être en partie relayée par une sécrétion accrue de GH ou d'insuline (Kasser-Malek *et al.*, 1998). Ils augmentent les performances de croissance et l'accrétion protéique. De plus, les œstrogènes réduisent l'activité de la lipoprotéine lipase au niveau des muscles, et semblent attribuer en partie l'énergie circulante sous forme de lipoprotéines préférentiellement vers le muscle, aux dépens du tissu adipeux. Par ailleurs, les œstrogènes accroissent les triglycérides circulants (Payne et Cope, 1991), du fait d'une augmentation de la synthèse et de la sécrétion hépatique de lipoprotéines.

D'autres métabolites lipidiques sont également modifiés par les œstrogènes. L'hypertriglycéridémie est associée à un accroissement du cholestérol, sans modification des phospholipides ou des acides gras non estérifiés (Schmidely, 1993).

Chapitre III.
LES FACTEURS INFLUENÇANT LA
CARACTÉRISATION
BIOCHIMIQUE DES VIANDES
ROUGES

Dans ce chapitre, nous voulons exposer brièvement les facteurs intrinsèques (espèce animale, race, âge à l'abattage et sexe) et extrinsèques (alimentation et système d'élevage) qui ont un effet direct ou indirect sur la caractérisation et la composition biochimique des viandes rouges.

III.1- LES FACTEURS INTRINSÈQUES

III.1.1- L'espèce animale

Les caractéristiques biochimiques de la viande sont principalement liées à l'espèce (espèce-dépendante), même au sein de plusieurs groupes semblables ou homogènes tels que les petits ruminants (Guerrero *et al.*, 2013). Dans le même contexte, Babiker *et al.* (1990) ont constaté que la viande caprine a une teneur faible en graisse intramusculaire, mais plus élevée en humidité et en cendres que la viande des agneaux. Également, les travaux d'Addrizzo (2004) démontrent que la viande caprine a un taux en matières grasses 50 à 65 % plus faible que la viande bovine, mais une teneur en protéines identique. Une autre étude comparative, réalisée par Sañudo *et al.* (2012) sur 4 races caprines et une race ovine, montre que les caractéristiques de la carcasse des agneaux et des chevreaux sont significativement différentes.

Les différences de caractéristiques de la viande sont aussi détectées par les consommateurs, même lorsque la viande est bien assaisonnée, comme le rapportent Rhee *et al.* (2003) lors d'une étude réalisée sur les viandes caprine et bovine. Ces différences entre espèces peuvent être attribuées à la différence d'adiposité et à l'épaisseur des fibres musculaires.

Cependant, certains auteurs comme (Geay *et al.*, 2002 ; Jibir *et al.*, 2010 ; Mirdhayati *et al.*, 2014) suggèrent que la composition chimique de tous les muscles d'animaux de la même espèce est relativement constante et non affectée de manière significative.

III.1.2- La race et le génotype

La race joue un rôle important dans la détermination de la qualité de viande (caractéristiques de carcasse, composition chimique et profil lipidique intramusculaire) (Prado *et al.*, 2009a). L'étude de ce facteur est complexe et nécessite l'homogénéité des critères de comparaison des lots étudiés, c.-à-d. le même poids, le même âge ou degré de maturité.

III.1.2.1- Chez les bovins

L'influence de la race et du génotype sur la qualité et la composition chimique de la viande bovine sont l'objectif de plusieurs études. Les données obtenues par Inra-France montrent que les animaux de race laitière (Frisonne), rustique (Salers) ou à viande (Limousine) présentent de grandes différences dans leur coefficient d'allométrie des divers dépôts adipeux et, par suite, dans la composition corporelle et la répartition des dépôts adipeux pour un même poids vif, ou un même poids de dépôts adipeux. Les taurillons à forte croissance musculaire (race Limousine) ont un développement plus faible des dépôts adipeux que les taurillons laitiers (Frison). Les taurillons de race Salers se situent en position intermédiaire pour la plupart des critères. Des différences génétiques dans la répartition des dépôts adipeux avaient déjà été clairement montrées sur des bœufs, entre les races Anglo-saxonnes, qui déposent beaucoup de gras sous-cutané, et la race Frisonne ou les produits de croisement Charolais.

Ces variations ne sont pas sans intérêt, dans la mesure où un développement plus important des dépôts sous-cutanés serait le reflet d'une plus grande proportion de **graisse intramusculaire** déterminant le persillé (Beranger et Robelin, 1977).

La différence entre génotypes est aussi visible lors de la comparaison relative de la composition chimique de la viande de vaches laitières par rapport aux vaches des races à viande. Les résultats font apparaître des teneurs plus élevées en matière grasse (7,7 % versus 2,3 %) et en matière sèche (29,6 % versus 25,5 %), et plus faibles en protéines (21,3 % versus 22,2 %) chez les vaches laitières (Fiems *et al.*, 2003).

Dans le même contexte Des différences de composition chimique et de teneur en lipides intramusculaires ont également été mises en évidence entre les races à viande et les races laitières : entre les races Noire japonaise et Holstein (Zembayashi et Nishimura, 1996), et entre les races Galloway, Blanc Bleu Belge et Holstein (Nürnberg *et al.*, 1999). Par contre (Taylor et Smith, 1990) ont trouvé des différences non significatives en teneur de lipides intramusculaires, spécifiquement le cholestérol, lors d'une comparaison entre les taurillons de races Hereford et Brahman. Jurie *et al.* (2007) ont comparé les compositions musculaires et les aptitudes bouchères sur quatre muscles provenant d'animaux de race laitière (Holstein) et de race à viande (Salers) abattus à un âge équivalent. Il en ressort qu'il n'y a pas de différence importante entre les deux races en terme de composition centésimale.

Des variations intra- raciales sont également existantes, comme rapporté par Dufey *et al.* (2004), lors d'une étude réalisée sur 138 bœufs de six races à viande (Angus, Simmental, Charolais, Limousin, Blonde d'Aquitaine et Piémontais) abattus au même état d'engraissement. Les résultats montrent des différences significatives dans la composition de la viande, principalement en lipides et en protéines. Les races à forte charnure, plus tardives, présentent un taux de graisse intramusculaire moins élevé et un taux en protéines plus élevé que les races précoces, en particulier dans le muscle *BF*. De plus, les bovins de type culard ont un développement musculaire important et une faible adiposité intramusculaire induite par le gène culard, comparativement aux autres races à viande.

III.1.2.2- Chez les ovins

Les travaux d'Osório *et al.* (1995), qui ont été réalisés sur 86 carcasses de 9 races ovines différentes, montrent l'existence de variations significatives, en particulier dans la morphologie et la composition du tissu musculaire.

Par ailleurs, un effet négligeable du facteur racial et du génotype est rapporté par plusieurs travaux dans de nombreuses régions. L'étude de Bianchi *et al.* (2006), réalisée sur deux races ovines (Corriedale pure et Corriedale croisé), a montré que le type génétique n'a aucun effet sur la composition biochimique. Également, l'étude comparative de Lirette *et al.* (1984) entre des agneaux mâles (castrés et non castrés) des races Suffolk, Finnish Landrace et croisés abattus entre 24,9 kg et 35 kg a conduit à conclure que le génotype n'a pas influencé le contenu du muscle en protéines (74,9 % - 81,6 %), en gras (15,6 % - 20,6 %), et en cendres (3,9 % - 4,3 %).

Un effet négligeable a aussi été noté par Esenbuga *et al.* (2001) lorsqu'ils ont évalué l'effet racial chez des agneaux de race (Awassi, Red Karaman, Tushin et Awassi × Tushin). Dragomir (2005) révèle que les différences entre les races Columbia, Dorper et Suffolk n'étaient pas significatives (51,2 % d'eau, 16,7 % de protéines et 30,3 % de gras pour la race Columbia ; 53,2 % d'eau, 17,5 % de protéines, 29,1 % de gras pour la race Dorper, et 51,2 %, 17,0 % et 31,8 % pour la race Suffolk), respectivement. Au Chili, l'étude comparative de

quatre races ovines (Polled Dorset, White Suffolk, Meat Merino et Corriedale) ne montre aussi aucune différence dans la teneur en composantes musculaires (Ramírez-Retamal et Morales, 2014).

On peut dire que l'effet de la race sur la qualité de la viande ovine est faible. La plupart des différences sont probablement justifiées par des différences de précocité ou les niveaux de musculature.

III.1.2.3- Chez les caprins

Concernant les caprins, l'effet racial et l'effet de génotype sont visibles dans les travaux de Madruga *et al.* (2005), qui trouvent des différences significatives d'un niveau de 5% pour l'humidité, les protéines et les cendres chez les caprins de races Boer et SRD. Les mêmes constatations ont été faites par Monte (1996) lors d'une étude de trois races caprines (Moxotó, Pardo et Alpina × Moxotó), et Ozcan *et al.* (2010) lors d'une étude sur les races caprines Gokceada indigène, Saanen et Maltais. Sen *et al.*, (2004) dans une autre étude comparative entre les chèvres éthiopiennes et les chèvres indiennes, ont indiqué que les chèvres éthiopiennes avaient plus de graisse intramusculaire que les chèvres indiennes (12,6 % versus 3,2 %).

Cependant, Wattanachant *et al.* (2008) ont montré que la composition chimique est insignifiquement modifiée ($P > 0,05$), lorsqu'ils ont étudié les caractéristiques chimiques de la viande caprine crue obtenue à partir de différentes races laitières (Anglo-nubia × Tai native et Saanen × Tai native). Ce constat est en accord avec les données de Madruga *et al.* (2009) chez différentes races caprines (Boer, SPRD et Anglo-nubian), et d'Ivanović *et al.* (2014) chez différentes races caprines de Serbie.

III.1.3- L'influence du type sexuel

En raison du dimorphisme sexuel, le développement des tissus est différent entre les sexes (mâle, mâle castré et femelle). Dans toutes les espèces, la présence de testostérone –qui est une hormone anabolique – chez les mâles entiers augmente l'activité de la calpastatine, dans le but de réduire la dégradation des protéines et de favoriser le dépôt musculaire. Donc, les mâles entiers ont un taux de tissu musculaire important, et un dépôt de tissu adipeux faible (Bridi et Constantino, 2009).

Dans le cas de la viande bovine, le sexe a affecté non seulement les caractéristiques de la carcasse, mais aussi la composition chimique du muscle : la teneur en graisse est plus élevée et la teneur en eau est plus faible dans les groupes de mâles castrés et les femelles. Ces résultats sont rapportés par les travaux de certains auteurs (Frickh *et al.*, 2003). Ainsi, Litwinczuk *et al.* (2006) ont rapporté que la viande de génisses a une teneur en matières grasses significativement plus élevée ($p < 0,001$) que celle de taureaux d'un âge similaire. En outre, le groupe des mâles entiers a une teneur plus élevée en protéines que les groupes de femelles et les mâles castrés ($p < 0,05$). Dans une autre étude, Fernandes *et al.* (2009) ont révélé que la composition chimique du muscle *LD* chez les bovins est invariable entre les taureaux, les bœufs et les génisses.

Chez les ovins, le sexe a une influence dominante sur la composition chimique, particulièrement en lipides (Oliveira *et al.*, 2013). Horcada *et al.* (1998) ont trouvé que le contenu en gras intramusculaire était supérieur chez les femelles (2,74 % - 3,54 %) par rapport aux mâles (1,87 % - 3,15 %) au niveau du muscle *longissimus dorsi* d'agneaux de race Lacha, abattus à 11,4 kg et 10,4 kg respectivement, et d'agneaux de race Aragonesa

(mâles et femelles abattus, 24,5 kg et 23,1 kg). De plus, Dragomir (2005) constate que les femelles ont un contenu moins élevé en eau (75,03 %) que les mâles (75,96 %) chez les ovins Lacha. Cependant, le travail présenté par Arnoni *et al.* (2010) montre que les différences sont modérées ($p > 0,05$) entre les femelles et les mâles.

Pour la viande caprine, la plupart des travaux internationaux ont étudié l'effet de la castration sur les performances zootechniques et la qualité de viande. Madruga *et al.* (1999) ont constaté que la viande provenant de caprins castrés présente une faible teneur en humidité et en protéines, mais des pourcentages plus élevés en matières grasses, en fer et en calcium, par rapport aux caprins mâles intacts. Par contre, l'effet négligeable ou non significatif du facteur sexe sur la composition chimique du muscle est signalé par certains auteurs (Frunzã et Pop, 2015) chez les chevreaux castrés et intacts.

III.1.4- L'âge et le poids à l'abattage

L'âge et le poids à l'abattage sont analysés ensemble parce que, en prenant la même base génétique, un poids supérieur implique un âge plus élevé, sauf quand la nourriture est manipulée ou que l'animal est exposé à des périodes de fortes restrictions alimentaires (Guerrero *et al.*, 2013).

Les courbes de croissance des tissus musculaires et adipeux, en raison de l'augmentation du poids des animaux, ont des motifs différents. Les muscles ont généralement une croissance plus rapide chez les animaux jeunes, alors que la graisse a une croissance plus élevée avec l'avancement en âge (Sainz, 1996).

Chez les bovins, les qualités de la viande bovine changent considérablement avec l'âge des animaux abattus. Cette évolution correspond à des changements profonds dans la composition et les caractéristiques métaboliques des muscles (Monin, 1991). Des variations significatives en composition chimique sont observées chez les bovins de différents âges (Coșuleanu *et al.*, 2010 ; Bureš et Bartoň, 2012).

Concernant les petits ruminants, l'étude des caractéristiques chimiques de la viande provenant de différents groupes d'âge révèle peu de changements dans la teneur en humidité, en protéines, en matières grasses et en matières minérales d'après plusieurs travaux : (Gaili *et al.*, 1985) chez les caprins, et (Diaz *et al.*, 2003) chez les ovins.

Par contre, de nombreuses recherches chez les petits ruminants indiquent que le facteur de l'âge à l'abattage influence de manière significative le taux des composantes musculaires : (Kamble *et al.*, 1989) chez les caprins, et (Diaz *et al.*, 2005 ; Dragomir, 2005) chez les ovins.

D'une manière générale, mais non systématique, la concentration en humidité et en cendres diminue avec l'avancement en âge, alors que celles des protéines brutes et des lipides, spécifiquement les triglycérides, augmentent.

III.2- LES FACTEURS EXTRINSÈQUES

La qualité de la viande peut également être influencée par différents facteurs liés à la technique de production utilisée. Parmi ceux-ci, les facteurs alimentaires sont le plus souvent pris en compte : ils exercent des effets directs (nature des aliments, teneurs en nutriments) ou indirects (la vitesse de croissance est déterminée en grande partie par la ration utilisée).

Même s'ils ont été moins étudiés, des facteurs non alimentaires peuvent également influencer la qualité de la viande. Citons par exemple les effets possibles du type de logement,

du bien-être, ou a contrario du stress (Clinquart *et al.*, 2000). L'influence de ces derniers facteurs, plus difficilement objectivable, s'exerce en grande partie au travers de la vitesse de croissance ; ils ne seront donc pas envisagés en tant que tels dans ce travail.

III.2.1- L'alimentation

D'après Webb (2006), l'alimentation affecte de manière significative la vitesse de croissance et, par conséquent, les caractéristiques de la carcasse, la composition chimique et le profil lipidique. Cependant, dans de nombreux travaux, l'effet de la nature des aliments est le plus souvent confondu avec celui du niveau alimentaire.

III.2.1.1- L'alimentation chez les bovins

La supplémentation par un apport de 4 % de matière grasse sous forme de graines ou d'huile de tournesol dans la ration des bouvillons croisés Charolais × Salers, pendant 70 jours avant l'abattage, n'entraîne pas d'effet significatif sur la quantité de lipides intramusculaires (Durand *et al.*, 2001).

L'utilisation d'ensilage de maïs dans l'alimentation d'engraissement de taureaux Charolais à des quantités variables (0%, 22% et 44% de matière sèche) ne montre aucune variation en teneur de graisse intramusculaire et en teneur de protéines. Par contre, la teneur en cholestérol est faible dans la viande des taureaux nourris par des quantités élevées d'ensilage de maïs (Cozzi et Mazzenga, 2007).

L'enrichissement des céréales en sélénium chez les taurillons Blanc Blue Belge à raison de 173 µg/kg de matière sèche sous forme d'épeautre durant l'engraissement n'a pas eu d'effet sur la teneur en matière sèche et en protéines, alors que la teneur en graisse est significativement influencée ($p < 0,05$) (Mehdi *et al.*, 2015).

****Les vaches de réforme**

Certains essais portant sur la période de finition chez les vaches de réforme Blanc Bleu Belge culard indiquent que la complémentation en céréales (0,5 kg de maïs concassé et 0,5 kg d'orge aplatie par vache et par jour) n'a affecté ni les performances, ni la composition chimique de la carcasse (Cabaraux *et al.*, 2003). En outre, l'usage d'une ration de maïs sous la forme de grain humide entier à deux concentrations (80 %, 90,5 %), complétement par un tourteau de soja dans l'engraissement des vaches de réforme Blonde d'Aquitaine, ne montre aucune différence significative dans la composition de la viande entre les deux traitements : teneur en eau (72,45 % versus 72,18 %), en lipides (2,94 % versus 3,26 %), en protéines (23,20 % versus 23,10%), et en fer héminique (20,72 % versus 16,14 %).

III.2.1.2- L'alimentation chez les ovins

L'effet négligeable du régime alimentaire (supplémentation, niveau et/ou nature) sur la qualité de la viande ainsi que la composition chimique est rapporté par de nombreuses études. Baranowski *et al.* (2007) ont montré que le faible supplément de la ration d'engraissement des agneaux en graines de lin et minéraux Bioplex de 55 à 141 jours n'a pas affecté de façon significative la composition chimique du muscle *longissimus dorsi*.

L'influence du ratio fourrages/concentrés durant la période d'engraissement sur la composition chimique du muscle *LD* ne montre aucune différence significative, comme rapporté par (Santos Silva *et al.*, 2003) chez les agneaux de race Merino nourris par différentes diètes (60 % concentrés, 40 % fourrage, versus 40 % concentrés, 60 % fourrage),

et (Jabbar et Anjum, 2008) chez les agneaux Lohi nourris par des diètes à des apports variables (75/25, 50/50 et 25/75).

L'influence significative de l'alimentation sur la composition chimique de la viande a été remarquée lors de l'utilisation de quatre types de rations de nature différente (cactus fourrager + concentré, foin d'ananas+ concentré, fourrage de palme + concentré, ensilage de maïs + concentré) chez le mouton Santa Ines. Les résultats montrent que les animaux nourris par le cactus fourrager ont des niveaux élevés en cholestérol, mais faibles en graisses intramusculaires (Madruga *et al.*, 2005). Par ailleurs, l'utilisation d'un régime alimentaire supplémenté par de la farine de soja à des concentrations différentes (15, 20 et 25% en protéines brutes) chez les agneaux Suffolk a montré des différences significatives entre les traitements au niveau des lipides et des cendres intramusculaires (Ortiz *et al.*, 2005).

III.2.1.3- L'alimentation chez les caprins

La supplémentation de la ration alimentaire par du fer chez les chèvres Moxotó et Pardo Alpino ne montre aucune différence significative en termes de composition chimique de la viande (Zapata *et al.*, 1995). Une autre étude tunisienne a été réalisée par Ayeb *et al.* (2016), sur la nature de la ration des chevreaux : foin d'avoine (contrôle), feuilles d'olivier séchées + *Stipa tenacissima* séchées (Alfa), et foin de graminées. Les résultats ont montré que la composition chimique des différents morceaux de viande est restée similaire, sauf pour les lipides, qui sont plus élevés dans le groupe nourri par le foin de graminées.

III.2.2- Les systèmes d'élevage

III.2.2.1- Chez les bovins

De nombreuses expériences ont été réalisées sur le sujet. L'effet des systèmes de production (extensif et intensif) chez 72 taureaux Simmental, pendant 100 à 138 jours, a été étudié. L'alimentation en système intensif à base d'ensilage de maïs et d'un mélange de concentré augmente de manière significative le gain moyen quotidien, améliore l'efficacité alimentaire, diminue de manière significative l'humidité et augmente la teneur en graisse du muscle long dorsal (Sami *et al.*, 2004).

Contrairement à ces constatations, divers auteurs ont conclu que les différences entre systèmes de production n'ont eu aucun effet significatif sur les composantes chimiques de la viande bovine (French *et al.*, 2001). Cependant, l'étude de l'influence du système d'élevage pendant la période de finition sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande chez quatorze mâles entiers de race Avileña-Negra Ibérica n'a révélé aucun effet sur les graisses intramusculaires (Daza *et al.*, 2014).

III.2.2.2- Chez les ovins

Généralement, le régime alimentaire des agneaux de bergerie est composé de céréales (60 %), de foin (20 %) et de tourteaux (20 %). L'alimentation des agneaux d'herbe contient 95 % d'herbe et seulement 5 % de céréales (Zouyed, 2005).

Lors d'une étude d'évaluation de l'impact d'un système de production extensive et intensive sur la composition chimique des muscles *Longissimus dorsi* et *Semi-membraneuse* d'agneaux Dohne Merino, les résultats ont révélé des taux élevés en gras intramusculaire, et moins en humidité et en protéines chez les agneaux produits intensivement (Hanekom, 2010).

Selon Cloete *et al.* (2012), le système de production n'a pas d'effet sur la concentration de lipides intramusculaires, sauf une légère tendance dans les *Biceps femoris*.

Concernant l'effet significatif des systèmes de production sur la composition chimique, l'étude de Zaharia *et al.* (2013), a démontré que les agneaux Turcana cultivés d'une manière semi-intensive et nourris d'herbes 60%, du trèfle blanc 40% et des grains de blé au cours des 120 jours, avaient des valeurs significativement plus élevées en matière sèche, en protéines et en lipides intramusculaires ($p < 0,05$, $p < 0,01$) que les agneaux cultivés d'une manière traditionnelle et nourris du foin naturel et du son de blé. En outre, la conduite des ovins sur des pâturages naturels des zones montagneuses de la Bosnie-Herzégovine, et le Monténégro a révélé des effets significatifs sur la composition chimique de la viande en particulier les lipides (Bjelanović *et al.*, 2015).

III.2.2.3- Chez les caprins

Le système d'élevage (extensif et intensif où les chèvres ont été nourries avec du maïs ensilé et un mélange de soja, de blé, de la mélasse et des minéraux) n'a eu aucun effet significatif sur la teneur en protéines, tandis que les concentrations de cendres et de matières grasses étaient significativement influencées ($p < 0,05$), étant plus élevées chez les caprins élevés en parc ; les chèvres soulevés au pâturage ont un plus fort pourcentage d'humidité et de phospholipides (Madruga *et al.*, 2006).

Une expérimentation a été réalisée pour évaluer l'effet de la conduite d'élevage durant la phase de finition sur la composition chimique du muscle. Le premier groupe de chèvres a été fini au pâturage, le second au parc d'engraissement (le régime de finition était composé de 30 % de foin d'avoine, 30 % de grains de maïs, 28 % de farine de soja, 8 % de farine de blé, 1 % de calcaire, 1 % de phosphate dicalcique, et 2 % d'un supplément minéral). Le muscle *longissimus dorsi* des animaux finis au parc d'engraissement comportait un pourcentage plus élevé de protéines brutes par rapport aux animaux finis au pâturage (Rodrigues *et al.*, 2011).

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

MATÉRIELS
&
MÉTHODES

I.1- MONOGRAPHIE DE LA RÉGION D'ÉTUDE

La wilaya de Batna est située au nord-est de l'Algérie, dans la région des Aurès. Elle occupe une superficie de 1 203 876 km², pour une population de 1 149 623 habitants, soit une densité de 95 habitants par km². C'est une région semi-aride, avec une superficie agricole de 165 810 ha (soit 38,08 % de la SAU totale de la wilaya). Elle est caractérisée par la présence de trois reliefs (hautes plaines telliennes, reliefs montagneux et hautes plaines steppiques), et par une pluviométrie annuelle moyenne de 210 mm. Cette région a une vocation agro-sylvo-pastorale, avec une prédominance de la céréaliculture.

Les ressources animales sont constituées d'ovins (738 859 têtes, dont 354 226 brebis), de bovins (54 007 têtes, dont 27 437 vaches laitières), de caprins (273 103 têtes, dont 148 163 chèvres), et de volailles. L'aviculture représente l'une des plus importantes activités agricoles dans cette wilaya (20 % de l'industrie avicole de l'Algérie) (DSA-Batna, 2013).

I.1.1- L'abattoir

Deux raisons majeures ont motivé le choix de l'abattoir : la facilité d'accès et le fort taux d'abattage. Notre étude est réalisée au niveau d'abattoir municipal de la ville de Batna.

L'abattoir municipal de Batna se trouve à l'est de la ville de Batna, vers Constantine. L'établissement comporte une entrée principale qui s'ouvre sur une grande cour, suivie de « box calf » où sont attelés les animaux pour l'abattage. A l'intérieur de ce local se trouve 2 salles d'abattage d'une superficie de 192 m où sont égorgés les animaux. L'abattage des cas suspects s'effectue en dernier lieu par les employés communaux de l'abattoir, qui désinfectent le matériel et la salle d'abattage quotidiennement. L'établissement dispose aussi d'un local de conservation et de réfrigération des carcasses, d'une salle de pesée, d'une salle d'incinération et d'un bureau pour le vétérinaire inspecteur (Fig. 26).

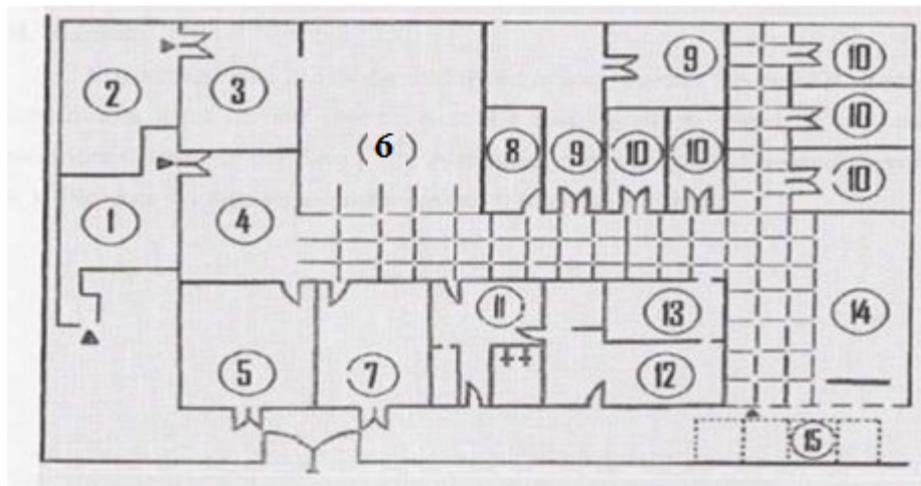


Figure n° 26 : Plan architectural de l'abattoir de Batna (DSA-Batna, 2013).

- | | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|--|----------------------------|
| 1 : lazaret bovin | 2 : lazaret ovin | 3 : salle d'abattage ovin | 4 : salle d'abattage bovin |
| 5 : salle de stockage du cuir | 6 : salle d'éviscération | 7 : salle de lavage des viscères | 8 : bureau administratif |
| 9 : incinération (dépôt) | 10 : incinérateur | 11 : chambres froides | 12 : lavabos et douches |
| 13 : vestiaires | 14 : bureau du service vétérinaire | 15 : quai d'embarquement et de pesée des carcasses | |

I.2- LES PRÉLÈVEMENTS

I.2.1- Les animaux

Les prélèvements ont été réalisés, au niveau d'abattoir précité, sur une population de 184 ruminants, durant une période de trois ans (2008-2011). Il s'agit d'animaux qui provenaient généralement de plusieurs élevages de la région de Batna et de régions limitrophes où les conditions d'élevage sont sensiblement les mêmes, mais l'origine et la traçabilité sont difficiles à établir.

Les animaux de la présente étude sont classés selon l'espèce – bovins de race locale (Brune d'Atlas et ses variétés), croisés et importés (60 sujets), ovins de race Ouled Djellal (64 sujets) et caprins de race Arbia (60 sujets) – et d'après l'âge à l'abattage (moins de 2 ans et plus de 2 ans) et le sexe (Tab. 6).

Les animaux choisis pour cette étude sont cliniquement sains, en bon état sanitaire et ont été identifiés par des marqueurs indélébiles et/ou des boucles au niveau des oreilles.

Tableau 6 : Classification et effectifs des ruminants étudiés.

Espèce	Bovins	Ovins	Caprins
Effectif	60	64	60
Age < 2 ans	30	25	30
Age > 2 ans	30	39	30
Mâles	52	53	50
Femelles	08	11	10

****Les bovins**

Les bovins abattus sont soit de race locale, importé à production viande, mixte ou laitière. Le premier groupe est composé d'animaux âgés de moins de deux ans, avec principalement des mâles (30). Le second groupe est composé d'animaux âgés de plus de deux ans, avec 22 mâles et 8 femelles. Les femelles dans ce groupe sont âgées de plus de cinq ans et ont des poids inférieurs à ceux des mâles du même lot, mais elles ne sont pas représentatives de la population.

Les mâles sont en majorité exploités à un âge moyen de plus de deux ans pour une production de jeunes bovins de boucherie (broutards), qui sont engraisés par l'éleveur naisseur ; ou vendus à l'éleveur engraisseur. Les femelles abattues sont le plus souvent « de réforme », issues d'élevages allaitants et laitiers.

Les bovins dans la région d'étude connaissent principalement un système extensif dont les performances et l'état sanitaire restent tributaires des aléas climatiques et fourragers. Les animaux évoluent entre la plaine et la montagne et leur alimentation est basée sur les prairies naturelles, les feuillages et les arbustes. Une éventuelle complémentation alimentaire pendant les périodes difficiles est fonction des moyens de l'éleveur. Les locaux hébergeant les animaux sont des abris très vétustes et insalubres. Un deuxième type d'élevage, constitué de structures d'engraissement, très difficiles à quantifier et à infiltrer, pratique l'élevage intensif et s'approvisionne au niveau des marchés à bestiaux ou chez les éleveurs naisseurs. Les étables ne répondent souvent pas aux normes.

Pour la pratique alimentaire, un régime standard d'engraissement contenant deux tiers de concentré et un tiers de foin est recommandé. Ces dernières années, les régimes à base de paille avec de fortes proportions de concentré (jusqu'à 80 % de la ration) sont de plus en plus utilisés, notamment chez les jeunes bovins. L'aliment concentré utilisé par les éleveurs est celui disponible sur le marché local. Celui-ci est un composé fabriqué à base de maïs, de tourteau de soja et quelquefois d'orge.

****Les ovins**

Les ovins étudiés sont de la race blanche. Notre lot d'étude comporte un groupe d'animaux âgés de moins de deux ans, composé majoritairement des jeunes de 1 à 1,5 ans (20 agneaux et 05 agnelles). Le second groupe, composé d'animaux âgés de plus de deux ans, contient 33 béliers et 06 brebis.

Malgré la diversité de leur origine, on peut dire que les ovins ont tous en commun la particularité d'avoir été élevés globalement de la même manière : un élevage en mode extensif et intensif.

L'alimentation des ovins est basée sur des ressources non cultivées et des résidus de cultures céréalières. Les trois principales surfaces pouvant refléter ces ressources sont les chaumes disponibles en été, la jachère pâturée au printemps et en automne (repousses sur chaumes), la paille de blé et d'orge qui sert d'aliment de base, particulièrement en hiver, et enfin l'orge, donnée comme complément seul ou en mélange avec le son.

Les agneaux ont été conduits uniquement sur parcours à partir de leur deuxième mois d'âge et sans séparation de leur mère (c'est-à-dire sans sevrage) ; ils ont ensuite subi une période d'engraissement d'environ 1 mois avant leur abattage. Le régime d'engraissement est constitué de fourrages grossiers et d'orge en grain introduite graduellement puis distribuée à volonté jusqu'au jour de l'abattage.

****Les caprins**

La population caprine étudiée, composée principalement de la race blanche, dite communément Arbia, comporte deux groupes, un groupe d'animaux âgés de moins de deux ans, composé principalement de chevreaux (26), avec également des chevrettes (04). Le second groupe, composé d'animaux âgés de plus de deux ans, contient des chèvres (06) et des boucs (24).

La conduite de cet élevage est généralement extensive. Il se situe dans des régions défavorisées ou marginales (montagnes, steppe, zones sahariennes), la chèvre étant réputée pour sa rusticité, qui lui permet de tirer profit de régions pauvres.

L'alimentation des animaux est basée essentiellement sur l'usage des pâturages. Les concentrés (son de blé, orge et maïs) sont distribués en complément durant toute l'année, mais à de faibles quantités. Le foin est distribué en faible quantité, et seulement en hiver, mais pas systématiquement.

I.2.2- Prélèvements sanguins

Les prélèvements de sang ont été réalisés entre 6 heures et 7 heures du matin, parfois un jour, avant l'abattage des animaux choisis.

Le sang, prélevé à la veine jugulaire après aseptie, est recueilli sur des tubes secs sous vide (Tubes Vacutainer de 10 ml, 5 ml). Les tubes sont numérotés et disposés dans un portoir puis placés dans une glacière, où ils sont laissés entre 18 et 24 heures pour la récolte du sérum dans des tubes secs en plastiques à l'aide de pipettes munies d'embouts remplacés à chaque prélèvement (Laabassi, 2006). Le sérum récolté est stocké à -20°C jusqu'à l'analyse.

Les échantillons sont acheminés au laboratoire de biochimie du CHU et au laboratoire ESPA de l'Institut des sciences vétérinaires et sciences agronomiques, à Batna, pour la détermination des paramètres sériques suivants : glucose, cholestérol, triglycérides, protéines totales, albumine, urée et créatinine.

I.2.3- Prélèvements de viande

Après l'abattage par la méthode rituelle, les carcasses ovines et caprines choisies ont été marquées et laissées 24h à $0\pm 2^{\circ}\text{C}$ dans la chambre froide (consigne) pour sécher (Johnson *et al.*, 1995 ; Gruszecki *et al.*, 2004). Cette étape est très importante puisqu'elle favorise la transformation du muscle en chair consommable.

Pour les bovins, les prélèvements ont été faits 30 min à une heure après l'abattage (Kazala *et al.*, 1999 ; Ejike et Emmanuel, 2009).

I.2.3.1- Choix de l'échantillon

Cette étape est facilitée suite à une convention avec les inspecteurs d'abattoirs, les propriétaires d'animaux et les bouchers. L'échantillonnage de notre étude est semblable à celle d'expérimentations antérieures. Pour le gigot, nous avons choisi le muscle *Biceps femoris* (BF), et pour le carré, le *Longissimus dorsi* (LD) de la région thoracique.

Le lendemain de l'abattage, environ 100 g de chaque muscle choisi sur les demi-carcasses droites (Dow, 2010) ont été prélevés.

- **Chez les bovins**, la viande, a été prélevée, au niveau du muscle (LD), entre la 10^e et 13^e côte (Dinh, 2006), et au niveau du BF (De Almeida *et al.*, 2006).
- **Chez les ovins**, on a fait les prélèvements au niveau du muscle LD (Di Cesare *et al.*, 2004 ; Cividini *et al.*, 2008) entre la 10^e et la 13^e vertèbre thoracique, et au niveau du BF (Deswysen *et al.*, 2000).
- **Chez les caprins**, les prélèvements ont été faits au niveau du muscle LD de la 12^e côte d'une demi-carcasse (Oman *et al.*, 1999) et au niveau du (BF) (Abubakr *et al.*, 2015).

I.2.3.2- Transport des prélèvements

Les échantillons sont recueillis dans des récipients en plastique à fermeture hermétique, étiquetés, transportés au froid (Droulez *et al.*, 2006). Ensuite, ils sont congelés immédiatement entre -16°C et -18°C (Talpur, 2007 ; Costa *et al.*, 2009) jusqu'à leur analyse.

I.3- LES MÉTHODES ANALYTIQUES

I.3.1- Au niveau sérique

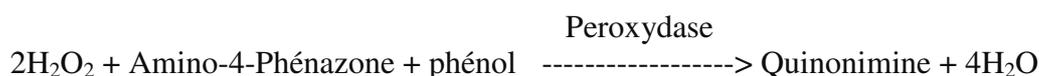
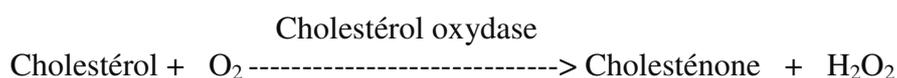
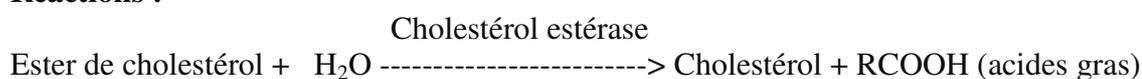
Les concentrations circulantes des différents métabolites étudiés ont été déterminées par spectrophotométrie via des kits commerciaux (Cypress Diagnostics, Belgique) pour le cholestérol, les triglycérides, les phospholipides, le glucose, les protéines totales, l'albumine, l'urée, et la créatinine.

I.3.1.1- Le cholestérol total

1. Principe

La méthode utilise l'estérase de cholestérol afin d'hydrolyser les esters de cholestérol en cholestérol libre. Ce dernier est ensuite oxydé pour produire du peroxyde d'hydrogène qui, à son tour, permet d'obtenir un colorant rouge.

Réactions :



La production de quinonimine rouge est proportionnelle à la concentration de cholestérol dans l'échantillon.

2. Matériels

- Kit cholestérol.
- Echantillons (sérum des bovins, ovins et caprins).
- Spectrophotomètre.
- Cuvettes assorties (trajet optique 1,0 cm).
- Équipement général de laboratoire : micropipettes, ampoules échangeables, eau distillée, pissettes, étuve, portoir, vortex...

3. Méthode

3.1. Préparation du kit

Le kit utilisé est le kit Cholestérol Cypress Diagnostics, code HB006 (2×125ml). Le dosage se fait par la méthode CHOD-POD : test enzymatique-colorimétrique.

Réactif 1 :	Pipes pH 6,9	90 mmol/l
Tampon	Phénol	26 mmol/l
Réactif 2 :	Peroxydase	1250 U/l
Enzymes	Cholestérol estérase	300 U/l
	Cholestérol oxydase	300 U/l
	4-Aminophénazone	0,4 mmol/l
Standard	Cholestérol solution	200 mg/dl

- Dissoudre le contenu du flacon **Réactif 2** (enzymes) dans le contenu du flacon **Réactif 1** (tampon). Cette solution de travail (**ST**) est stable 4 mois entre 2 et 8°C ou 40 jours à température ambiante et à l'abri de lumière.

3.2. Procédure (d'après Benaoum, 2008)

- Décongeler les échantillons, puis homogénéiser.
- Dans une série de tubes à prélèvement (le tube du Blanc, d'étalon et des échantillons), mettre 1ml de **ST**.
- Ajouter 10 µl de la solution Standard dans le tube l'étalonnage et 10µl de sérum dans les tubes des échantillons déjà codés.

	Echantillon	Blanc	Etalon
Echantillon	10µl	---	---
Standard	---	---	10µl
Solution de travail	1ml	1ml	1ml
H₂O	---	500µl	490µl

- Bien mélanger et laisser incuber 5 min dans l'étuve à 37°C, ou 10 min à 15-25°C.
- Transférer dans les cuves de spectrophotométrie.
- Lire l'absorbance de chaque tube avec le spectrophotomètre en respectant la longueur d'onde : 505 nm.
- La calibration du spectrophotomètre se fait avec de l'eau distillée. La couleur est stable au moins 60 minutes.

4. Calculs

La concentration du cholestérol total sérique est déterminée selon l'équation suivante :

$$\text{Cholestérol total (mg/dl)} = \frac{\text{Absorbance échantillon}}{\text{Absorbance standard}} \times C$$

C : Concentration du standard (200 mg/dl).

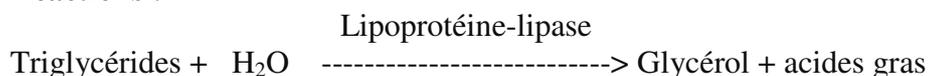
Facteur de conversion: mg/dl x 0,01= g/l ; mg/dl x 0,0258 = mmol/l.

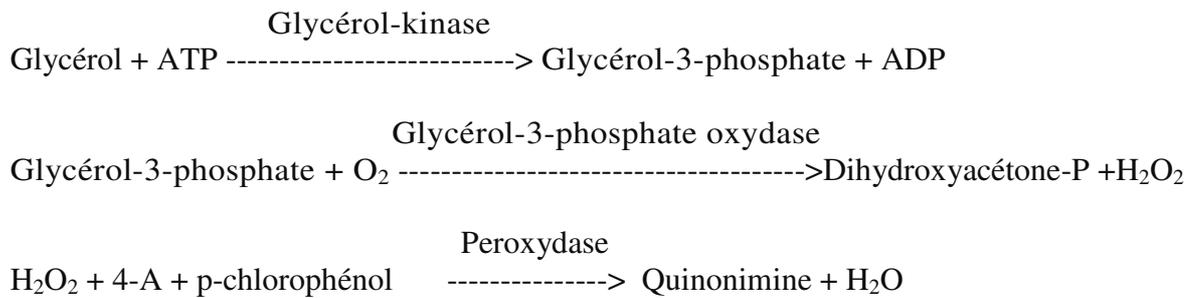
I.3.1.2- Les triglycérides

1. Principe

Les triglycérides sont hydrolysés enzymatiquement en glycérol et acides gras. Ce glycérol entre en réaction avec la glycérol kinase. Le glycérol-3-phosphate en résultant est sous l'action de glycérol-3-phosphate oxydase, libérant de l'eau oxygénée (H₂O₂). La concentration d'H₂O₂ est déterminée par la réaction de Trinder, qui entraîne la formation d'un dérivé coloré rouge.

Réactions :





2. Méthode

Le kit utilisé est le kit Triglycérides Cypress Diagnostics, code HB021 (12x20ml). Le dosage a été fait par la méthode GPO-POD : test enzymatique-colorimétrique. Nous avons suivi les mêmes procédures que celles du dosage du cholestérol total. La lecture s'effectue à une longueur d'onde de 505 nm.

I.3.1.3- Les lipides totaux

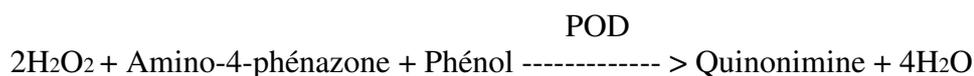
Les lipides totaux exprimés en (g/l) ont été calculés selon la formule suivante :

Lipides totaux= (Cholestérol total) x 2,56 + (triglycérides) x 0,87 (<http://www.urgences-serveur.fr/Formules-de-calcul,179.html>).

I.3.1.4- Le glucose

Le glucose de l'échantillon agit avec la glucose-oxydase (GOD), en présence de l'oxygène de l'air. L'eau oxygénée formée est catalysée par la peroxydase (POD) avec l'amino-4-phénazone et le phénol pour donner l'indicateur quinonimine de couleur rose. La lecture s'effectue à une longueur d'onde de 505 nm.

Réactions :



I.3.1.5- Les protéines totales

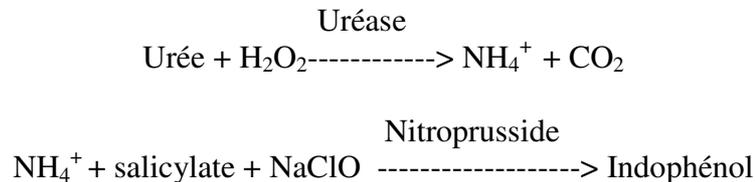
La teneur en protéines totales est déterminée par la méthode colorimétrique de Biuret. Dans un milieu alcalin, les ions cupriques réagissent avec les liaisons peptidiques des protéines, avec formation d'un complexe bleu violet caractéristique. La lecture a été faite à une longueur d'onde de 546 nm.

I.3.1.6- L'albumine

Elle est dosée par méthode colorimétrique au vert de bromocrésol. En présence du vert de bromocrésol, à un pH de 4,2, l'albumine présente un caractère cationique avec formation d'un complexe bleu-vert. La lecture a été faite à une longueur d'onde de 640 nm.

I.3.1.7- L'urée

Le dosage de l'urée a été fait par la méthode enzymatique-colorimétrique en présence d'uréase. L'urée dans l'échantillon est hydrolysée en NH_4 et CO_2 . Les ions d'ammoniaque formés réagissent avec le salicylate et l'hypochlorite de sodium en présence du catalyseur nitroprusside, formant un dérivé coloré vert olive, l'indophénol. La lecture se fait à une longueur d'onde de 580 nm.



I.3.1.8- La créatinine

Ce paramètre est dosé par méthode colorimétrique cinétique de Jaffé sans déprotéinisation. Dans un milieu alcalin, la créatinine forme avec le picrate un complexe coloré vert. La lecture se fait à une longueur d'onde de 492 nm.

Remarque : Les analyses des échantillons au niveau du laboratoire du CHU sont effectuées sur automate de biologie clinique "HITACHI-ROCHE 912" à l'aide de réactifs Cobas®.

I.3.2- Au niveau de la viande

I.3.2.1- Préparation des échantillons pour l'analyse (cryo-broyage)

Matériel

- Couteaux.
- Hachoirs à viande.
- Récipients en plastique étiquetés avec fermeture hermétique.
- Azote liquide dans un récipient cryogénique de type « bonbonne ».
- Gants, lunette, pinces.

Méthode

Environ 100 g de chaque muscle congelé, après élimination de toutes les graisses intermusculaires et sous cutanés, sont coupés en très petits morceaux, et plongés complètement dans l'azote liquide, puis broyés finement en une poudre parfaitement homogène. La poudre musculaire est ensuite placée dans des récipients stériles et stockée à -20°C jusqu'à la mise en œuvre des analyses (Wheeler, 1986 ; Dinh, 2006).

Ces échantillons ont servi à la détermination de certains paramètres chimiques (l'humidité, les cendres, les protéines brutes et la matière grasse) et biochimiques (cholestérol total, triglycérides et phospholipides totaux) de viande au niveau du laboratoire ESPA-Batna.

I.3.2.2- Détermination de la matière sèche (MS%), de l'humidité (H₂O%) et de la matière minérale (MM%)

La détermination de la matière sèche et des cendres a été faite par les méthodes standards d'AOAC (1990: 945.46).

1. Matériels

- Etuve, réglable à 100 ± 3°C.
- Four à moufle, réglable jusqu'à 600°C.
- Creusets en porcelaine.
- Dessiccateur.
- Balance analytique de précision 0,001 g.
- Sabots de pesée, spatule.

2. Procédure

Pour l'estimation de la teneur en matière sèche, on a fait l'étuvage pendant 24 heures de 8 g d'échantillon homogénéisé à 100 ± 3°C, puis on l'a refroidi dans le dessiccateur pendant 45 minutes.

$$\text{MS \%} = \frac{\text{Masse matière sèche (g)}}{\text{Masse d'échantillon (g)}} \times 100$$

Le pourcentage d'humidité est calculé d'après l'équation suivante :

$$\text{H}_2\text{O \%} = 100 - \text{MS \%}$$

Le pourcentage de la matière minérale (MM %) ou les cendres totales est calculé, après l'incinération de 5 g d'échantillon homogénéisé au four à moufle à 600°C pendant 6 heures, par la formule suivante :

$$\text{MM \%} = \frac{\text{Masse des cendres (g)}}{\text{Masse d'échantillon (g)}} \times 100$$

I.3.2.3- Détermination des lipides et des fractions lipidiques

Le diagramme suivant montre le plan analytique suivi pour la détermination des lipides totaux et de différentes fractions lipidiques intramusculaires.

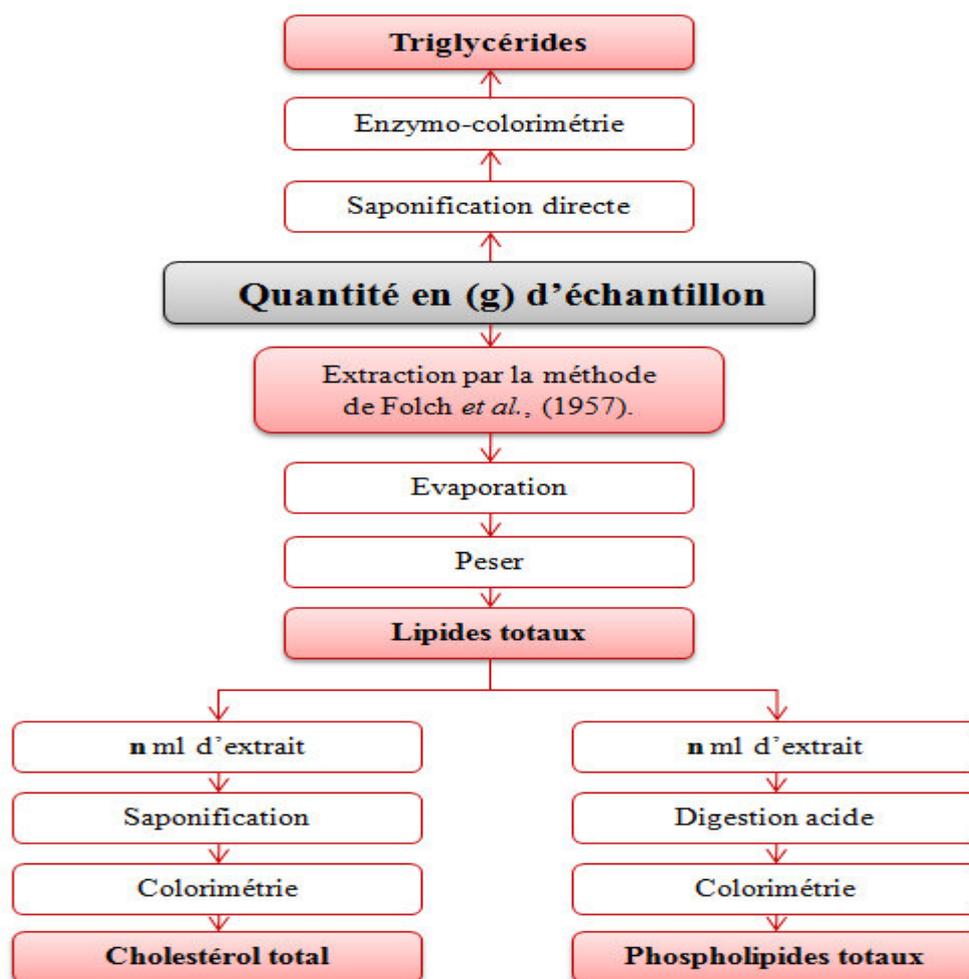


Figure n° 27 : Diagramme de la détermination des lipides totaux et des différentes fractions lipidiques.

I.3.2.3.1- Détermination des lipides totaux (la matière grasse)

D'après (Iverson *et al.*, 2001 ; Pérez-Palacios *et al.*, 2008), la meilleure méthode d'extraction des lipides totaux au niveau de la viande et des produits carnés est la méthode standard de Folch *et al.* (1957).

Elle est composée de deux étapes, la première est l'homogénéisation de l'échantillon avec un mélange de solvants (chloroforme/méthanol), puis la filtration pour extraire environ 95 % des lipides totaux des tissus. La deuxième étape consiste en un lavage de la solution filtrée par de l'eau ou du sel. Ce lavage permet de séparer et d'accumuler les lipides dans la phase inférieure (Shahidi et Wanasundara, 2002).

Matériels

- Balance analytique.
- Sabots de pesée, spatule.
- Papier-filtre Whatman n°42.
- Epprouvettes graduées.
- Entonnoir.
- Béchiers.
- Fioles.
- Ballons jaugés.

- Erlenmeyer de 250 ml.
- Pissette.
- Micropipettes.
- Ampoules.
- Rotavapor.
- Bain-marie.

Réactifs

- Chloroforme-méthanol (2:1, v:v).
- Sulfate de sodium anhydre.
- Eau distillée.

Méthode

Les protocoles expérimentaux adoptés sont ceux de Wheeler (1986) et Akinwunmi (1988).

- Homogénéiser 10 g d'échantillon en poudre en 150 ml de chloroforme-méthanol (2:1, v:v) pendant 3 min.
- Filtrer l'homogénat à l'aide du papier-filtre n°42 de Whatman sur un entonnoir dans une fiole et obtenir le filtrat (**F₁**).
- Enlever le résidu et le papier-filtre de l'entonnoir et les transférer dans le même béccher mélangeur.
- Ajouter 100 ml de chloroforme-méthanol (2:1) dans le béccher et re-homogénéiser pendant 3 min.
- Filtrer l'homogénat dans la même fiole en utilisant un nouveau papier-filtre pour obtenir le filtrat (**F₂**).
- Transférer le filtrat combiné (**F₃=F₁+F₂**) dans un entonnoir séparateur de 500 ml et ajouter 50 ml d'eau distillée.
- Boucher l'entonnoir séparateur et bien secouer.
- Réfrigérer et laisser les phases pendant 1 heure pour une séparation approximative.
- Vidanger la phase inférieure dans un ballon jaugé de 200 ml et compléter à 200 ml avec le chloroforme.
- Placer le ballon jaugé de 200 ml dans le réfrigérateur durant la nuit ou pendant 8 heures.
- Enlever le ballon jaugé du réfrigérateur et laisser préchauffer à température ambiante.
- Enlever la couche d'eau au-dessus du ballon jaugé avec une micropipette, puis compléter à 200 ml avec du chloroforme.
- Bien homogénéiser puis décanter pour obtenir deux phases : une phase aqueuse et l'autre inférieure à la base de chloroforme.
- Eliminer la phase aqueuse avec une micropipette.
- Transférer la phase de chloroforme dans un erlenmeyer de 250 ml, et ajouter une quantité suffisante de sulfate de sodium anhydre (10 g) pour enlever tout résidu d'humidité. L'extrait doit être clair.
- Déplacer l'extrait au ballon du Rotavapor et évaporer complètement le dissolvant au bain-marie à 40°C (Shahidi, 2001).

Calcul :

Le taux de matières grasses (MG) est déterminé gravimétriquement. Il est calculé au moyen de la formule suivante selon (Shahidi, 2001 ; Dow, 2010):

$$\text{MG \%} = \frac{(P_1 - P_0)(g)}{\text{Prise d'essai (g)}} \times 100$$

P_0 : poids du ballon à vide.

P_1 : poids du ballon contenant les lipides.

I.3.2.3.2- Détermination du cholestérol total

La détermination du cholestérol total de la viande a été faite par la méthode décrite par plusieurs auteurs (Wheeler, 1986 ; Bohac *et al.*, 1988 ; Harris *et al.*, 1993 ; Costa *et al.*, 2009 ; Madruga *et al.*, 2009 ; Peña *et al.*, 2009 ; Bonvillani *et al.*, 2010). Elle est composée de trois étapes : l'extraction des lipides, la saponification et le dosage colorimétrique. Nous avons choisi la détermination du cholestérol total par la méthode colorimétrique : il s'agit d'une méthode peu onéreuse et rapide, mais elle nécessite un contrôle strict des conditions de réaction et implique l'utilisation de réactifs corrosifs.

D'après Bragagnolo *et al.* (2001), il n'y a pas de différence significative dans les résultats obtenus par les deux méthodes analytiques (colorimétrie et HPLC) pour tous les échantillons.

1. L'extraction des lipides

On utilise l'extrait lipidique issu de l'extraction précédente des lipides par la méthode de Folch *et al.*, (1957).

2. Saponification indirecte

La saponification est une étape essentielle pour la séparation du cholestérol et d'autres matières insaponifiables, des acides gras et éviter l'interférence avec les triglycérides. Elle permet aussi la conversion des esters du cholestérol en cholestérol libre (Bragagnolo, 2009) pour exprimer les résultats finaux en cholestérol total.

Matériels

- Grand tube à essai avec bouchon (bécher).
- Petit tube à essai.
- Micropipettes (ml).
- Ampoules.
- Eprouvette.
- Vortex.
- Pissette.
- Portoirs.
- Bain-marie.

Réactifs

- KOH.
- Ethanol 95 %.

- 15 % KOH alcoolique : 15 g de KOH dissous dans 10 ml H₂O distillée et complété à 100 ml avec de l'éthanol.
- Eau distillée.
- Hexane.

Méthode

Nous avons choisi une combinaison entre le protocole expérimental référentiel de Wheeler, (1986) et celui de Huang (1987).

- Introduire dans un grand tube à essai 5 ml d'extrait lipidique.
- Réchauffer légèrement au bain-marie à 35°C.
- Ajouter 5 ml de 15 % KOH éthanolique, puis le vortex.
- Placer le tube dans un dispositif de bain-marie à 90°C pendant 30 min.
- Ajouter 5 ml d'eau distillée pour refroidir.
- Ajouter 10 ml d'hexane, bien mélanger sur le vortex pendant 30 sec.
- Laisser les couches séparées pendant quelques minutes, puis aspirer le dessus avec une pipette.
- Mettre le contenu aspiré dans un petit tube à essai avec bouchon pour empêcher l'évaporation.
- Répéter les étapes 6 et 8, pour obtenir dans le tube à essai un volume final de 20 ml d'extrait d'hexane (le nombre global d'extraction hexanique est de 3).

3. L'analyse colorimétrique du cholestérol total

Réactifs

- Acide acétique glaciaire.
- Acide phosphorique 85 %.
- H₂SO₄ 98 %.
- Ethanol 95 %.
- Chlorure de fer (FeCl₃ 6H₂O).
- Cholesterol standard.

Méthode

Préparation du réactif coloré

- Dissoudre 2,5 g de chlorure de fer dans 100 ml d'acide phosphorique.
- Pipeter 4 ml de la solution précédente et compléter à 50 ml par l'acide sulfurique, pour former le réactif coloré.
- Conserver le réactif coloré dans un flacon brun.

Préparation des étalons

- Diluer 100 mg du cholestérol standard dans 100 ml d'acide acétique glacial pour former la solution stock.
- Préparer les étalons (E) comme indiqué dans le tableau ci-dessous.
- Mélanger au vortex et laisser refroidir environ 15 min.

	E1	E2	E3	E4
Echantillon (ml)	---	---	---	---
Standard (ml)	1	2	3	4
Acide acétique glacial (ml)	5	4	3	2
Réactif coloré (ml)	4	4	4	4

Préparation des échantillons

- Introduire à la pipette 4 ml d'extrait d'hexane provenant de la saponification dans un tube à essai.
- Ajouter 6 ml d'acide acétique glacial.
- Ajouter 4 ml du réactif coloré.
- Mélanger au vortex pendant 30 sec, et laisser refroidir environ 15 min.

Lecture spectro-photométrique

- Lire l'absorbance des étalons et des échantillons à 550 nm en utilisant « UV-VIS spectrophotomètre, Shimadzu ».
- A partir des absorbances des étalons, tracer la droite d'étalonnage avec une pente et un coefficient de corrélation.

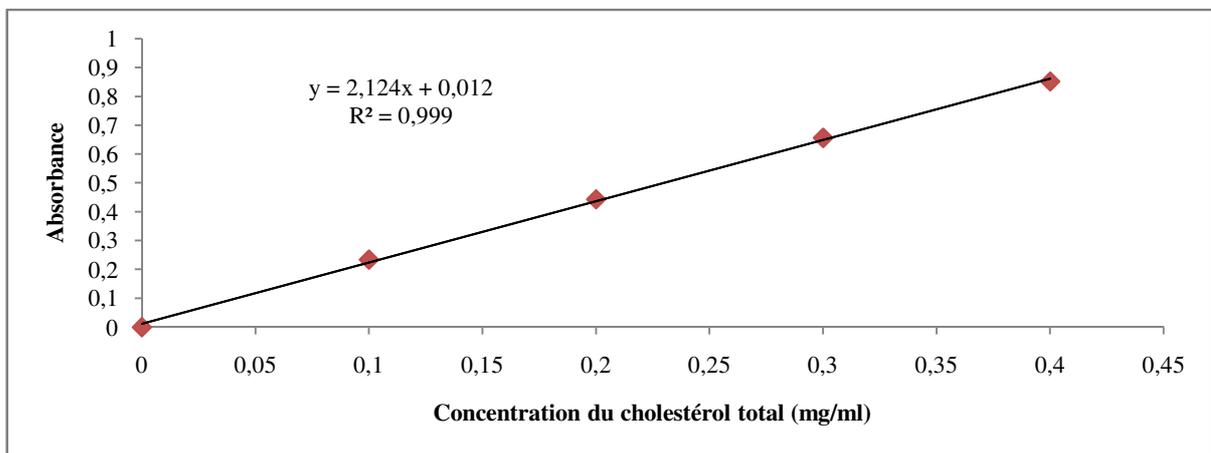


Figure n°28 : Droite d'étalonnage du cholestérol total.

Calcul

Le taux du cholestérol total dans chaque échantillon exprimé (en mg/100 g) est calculé au moyen de l'équation suivante (Huang, 1987):

$$\text{Cholestérol total (mg/100g)} = (\text{Absorbance} \times V_0 \times 100) / (\text{P} \times V \times \text{Prise d'essai})$$

P : Pente (déterminée d'après la courbe d'étalonnage).

V₀ : Volume total des lipides extraits de l'échantillon (ml).

V : Volume d'extrait lipidique utilisé pour la saponification (5 ml).

I.3.2.3.3- Dosage des triglycérides

La détermination des triglycérides dans la viande a été faite par la méthode colorimétrique-enzymatique après une saponification directe selon la méthode décrite par Norris *et al.*, (2003)

et détaillée par Jouihan (2012). Les TG ont été déterminés après la lyse des cellules et la libération complète de glycérol après hydrolyse des molécules de triglycérides.

Matériels/Réactifs

- Ethanol 95%.
- KOH.
- 30 % KOH éthanolique : 30 g de KOH dissous dans 10 ml H₂O distillée et complété à 100 ml avec de l'éthanol.
- MgCl₂ (1 M).
- Eau distillée.
- Kit triglycérides.
- Tube à essai.
- Micropipette.
- Centrifugeuse.
- Etuve.
- Congélateur.

Méthode

Hydrolyse du TG et libération du glycérol

- Mettre 300 mg de poudre musculaire dans un tube à essai.
- Ajouter 350 µl de KOH alcoolique et bien mélanger.
- Incuber pendant une nuit (parfois plus) à 55 °C (le tissu doit être complètement digéré).
- Compléter le volume à 1000 µl avec H₂O: éthanol (v:v ; 1:1).
- Centrifuger (5 min, 1000 tr) et récupérer le surnageant dans un nouveau tube.
- Compléter le volume de surnageant à 1,200 µl avec H₂O: éthanol (1:1) et vortex.
- Déplacer 200 µl du contenu dans un nouveau tube, ajouter 215 µl de 1 M MgCl₂ et vortex.
- Mettre au congélateur pendant 10 min.
- Centrifuger (5 min, 1000 tr) et récupérer le surnageant dans un nouveau tube (il contient le glycérol).

Dosage enzymo-colorimétrique du glycérol

Le glycérol qui a été libéré dans le surnageant est déterminé enzymatiquement en utilisant un kit de test des triglycérides.

- Reconstituer la solution de travail
- Préparer les échantillons et les étalons comme indiqué dans le tableau suivant.

	Echantillon	Blanc	Etalons		
			E1	E2	E3
Echantillon	30µl	---	---	---	---
Standard	---	---	10µl	15µl	20µl
Solution du travail	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml
H₂O	---	30µl	20µl	15µl	10µl

- Bien mélanger puis incuber le tout pendant 15 min.
- Lire l'absorbance des étalons et des échantillons à 540 nm.
- Tracer la courbe d'étalonnage.

Calcul

La concentration de triglycérides peut alors être déterminée à partir des valeurs de glycérol obtenues selon Jouihan (2012).

$$\text{Triglycérides (mg/100g)} = (\text{C} \times \text{FD}) / \text{Prise d'essai (g)}$$

C : Concentration du glycérol (mg/dl).

FD : Facteur de dilution.

I.3.2.3.4- Dosage des phospholipides totaux

A partir des extraits lipidiques, les phospholipides totaux peuvent être quantifiés par dosage du phosphore (P) pour avoir une estimation des phospholipides. Après digestion acide à chaud, le phosphore inorganique va réagir avec du molybdate d'ammonium en donnant une couleur bleue dont la mesure à 800 nm est proportionnelle à la quantité de phosphore (Rouser *et al.*, 1970 ; Cot, 2006).

Puisque les concentrations en phosphore sont plus faibles, on adopte la méthode de Fogg et Wilkinson (1958), où le complexe phospho-molybdate est réduit par l'acide ascorbique.

Matériels

- Bain de sable à 180°C.
- Bain-marie.
- Tubes en verre : pour les nettoyer, les laisser pendant une nuit dans de l'acide nitrique à 30 %, puis rincer à l'eau distillée, et sécher à l'étuve à 100°C.
- Verre de montre.
- Bêchers.
- Agitateur, barreau d'agitation.
- Portoirs.
- Spectrophotomètre.
- Cuvettes de spectrophotomètre.

Réactifs

- Acide perchlorique concentré 70 %.
- Solution de molybdate d'ammonium 2,5 % : 2,5 g de molybdate d'ammonium dans 100 ml H₂O
- Solution d'acide ascorbique 10 % : 10 g d'acide ascorbique dans 100 ml H₂O ; cette solution ne se conserve pas plus d'une semaine à 4°C.
- Solution stock de KH₂PO₄ (439 mg de KH₂PO₄ dans H₂O).

Méthode

- Placer 20 µl d'extrait lipidique dans un tube en verre.
- Rajouter 0,65 ml d'acide perchlorique concentré à 70 %.
- Placer les tubes dans un bain de sable à 180°C pendant au moins 1h. Il faut attendre que la coloration jaune-marron ait disparu.
- Après refroidissement, ajouter 3,3 ml de H₂O, 0,5 ml de la solution de molybdate et 0,5 ml d'acide ascorbique les uns après les autres.

- Vortex entre chaque ajout.
- Placer ensuite les tubes 5 min dans un bain-marie à 100°C.
- Laisser refroidir.
- Préparer la solution d'étalonnage :
 - A partir de la solution mère de KH_2PO_4 , on obtient une gamme d'étalonnage variant de 0 à 5 $\mu\text{g P/ml}$.
 - On rajoute 3,3 ml d' H_2O , 0,65 ml d'acide perchlorique, l'un après l'autre, à tous les étalons.
- Lire l'absorbance à 800 nm.
- Tracer la courbe d'étalonnage pour les étalons.

Calcul

La teneur totale en phospholipides a été calculée en utilisant le facteur 25 corrigeant la teneur en phosphore de la viande.

$$\text{Phospholipides totaux (mg/100g)} = P \times 25$$

P : Concentration en phosphore (déterminée d'après la droite d'étalonnage).

I.3.2.4- Dosage des protéines brutes totales

Les protéines totales ont été déterminées par la méthode standard de Kjeldahl (AOAC, 1990). Elle est composée de 3 étapes : la minéralisation, la distillation et le titrage.

Matériels

- Balance analytique de précision, sabots, spatule.
- Digesteur ou bloc chauffant (Gerhardt Vapodest).
- Distillateur.
- Dispositif pour titrage.
- Erlenmeyer.

Réactifs

- Acide sulfurique 95-98 %.
- NaOH 50 %.
- Catalyseur mixte : Na_2SO_4 , Cu_2SO_4 , Sélénium (100 :10 :1) (Rossi *et al.*, 2004).
- Acide borique 4 %.
- Indicateur de TASHIRO (Achouri, 2008):
 - Dissoudre 0,03 g de rouge de méthyle dans 100 ml d'éthanol à 95 % (**a**).
 - Dissoudre 0,01 g de bleu de méthylène dans 50 ml d'eau distillée (**b**).
 - Mélanger 100 ml de la solution (**a**) et 15 ml de la solution (**b**).
 - La couleur va du rose au bleu lavande dans le milieu alcalin et du vert au jaune dans le milieu acide. On utilise 2 à 3 gouttes pour 10 ml d'acide borique.

2. Minéralisation ou digestion

- Peser avec précision 0,5 g d'échantillon de poudre musculaire (Tshabalala, 2000).
- Introduire dans le tube de digestion (matras) :
 - 0,5 g d'échantillon,

- 3,3 g de catalyseur mixte (Rossi *et al.*, 2004),
- 20 ml d'H₂SO₄ concentré,
- Chauffer d'abord lentement pour éviter la formation de mousse, puis rapidement, jusqu'à ce que la solution soit claire (à 430°C durant 90-120' d'après Rossi *et al.*, 2004).
- Laisser les tubes de digestion refroidir à l'air libre.
- Ajouter à chacun 50 ml d'eau distillée.

3. Distillation

Dans l'appareil à distiller « Gerhardt Vapodest », mettre en place :

- L'erenmeyer de collecte, contenant 30 ml d'acide borique à 4 % avec quelques gouttes d'indicateur.
- Le tube de digestion contenant l'échantillon digéré.
- A l'aide de la pompe, ajouter 20 ml (on peut aller jusqu'à 50ml) de NaOH à 50%.
- Entraîner à la vapeur d'eau jusqu'à obtention de 100 ml de distillat.

La durée de distillation correspond au type d'appareil utilisé (5-10 minutes après virage).

4. Titrage

- Titrer par une solution de 0,05 mol/l d'acide sulfurique, jusqu'au virage de la couleur.
- Lire sur la burette le volume d'acide sulfurique nécessaire pour la neutralisation.

5. Calcul

La teneur en protéines, exprimée en pourcentage, a été calculée selon la formule suivante :

$$N (\%) = \frac{V \times M \times 14 \times 100}{1000 \times \text{Prise d'essai}} \times 100$$

$$\text{Teneur en protéines brute } (\%) = N \times 6,25$$

N : teneur en azote.

V : volume d'acide sulfurique à 0,05 M utilisé en ml.

M : molarité de l'acide sulfurique.

14 : masse molaire de l'azote.

6,25 : coefficient de conversion de l'azote en protéines (protéine de la viande = 6,25).

I.4- ÉTUDE STATISTIQUE

Les données obtenues ont été évaluées statistiquement en utilisant le logiciel Statgraphics Centurion, version 17.1.04 (1984 - 2014). Les résultats sont exprimés par la moyenne et l'écart type.

Les tests utilisés dans cette étude sont :

- La comparaison des moyennes à l'aide du test de Student. Les différences sont considérées comme significatives à $p < 0,05$, hautement significatives à $p < 0,01$, et très hautement significatives à $p < 0,001$ pour la recherche de l'effet significatif à 5%, 1% et 1‰.
- La corrélation de Pearson avec la détermination de coefficient de corrélation (r). Le seuil de signification statistique retenu était de 0,01 et 0,001.

RÉSULTATS
&
DISCUSSION

II.1- PROFIL BIOCHIMIQUE DES RUMINANTS DESTINÉS A L'ABATTAGE

L'objectif de cette partie est d'évaluer les indicateurs sériques du métabolisme énergétique et azoté chez les ruminants producteurs de viande et/ou les ruminants destinés à l'abattage dans la région de Batna.

II.1.1- Les métabolites énergétiques

Les valeurs obtenues des métabolites énergétiques chez les différents ruminants destinés à l'abattage, ainsi que les variations intra-espèces en fonction de l'âge et du sexe, sont présentées respectivement dans les tableaux 7 à 10, ainsi que dans les figures 29 à 32.

Tableau 7 : Variations sériques des métabolites énergétiques selon l'espèce animale.

	Bovins (n=60)	Ovins (n=64)	Caprins (n=60)	Signification		
				Bovins vs ovins	Bovins vs caprins	Ovins vs caprins
Glycémie (g/l)	0,55±0,05	0,57±0,07	0,61±0,08	NS	***	***
Cholestérolémie (g/l)	1,09±0,16	0,72±0,10	0,70±0,08	***	***	NS
Triglycéridémie (g/l)	0,37±0,05	0,35±0,06	0,28±0,06	NS	***	***
Lipémie (g/l)	3,11±0,40	2,15±0,27	2,03±0,42	***	***	NS

(*** : p<0,001 ; NS : non significatif).

Tableau 8 : Variations sériques des métabolites énergétiques chez les bovins.

	Age		Sexe	
	Jeunes (n=30)	Adultes (n=30)	Mâles (n=52)	Femelles (n=08)
Glycémie (g/l)	0,57±0,04**	0,53±0,04	0,56±0,04	0,54±0,03
Cholestérolémie (g/l)	1,21±0,11***	0,96±0,08	1,10±0,16*	0,98±0,09
Triglycéridémie (g/l)	0,40±0,04***	0,34±0,05	0,35±0,03	0,39±0,05
Lipémie (g/l)	3,42±0,30***	2,74±0,23	3,10±0,41***	2,84±0,23

(* : p<0,05 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

Tableau 9 : Variations sériques des métabolites énergétiques chez les ovins.

	Age		Sexe	
	Jeunes (n=25)	Adultes (n=39)	Mâles (n=53)	Femelles (n=11)
Glycémie (g/l)	0,58±0,07	0,56±0,06	0,59±0,05	0,56±0,06
Cholestérolémie (g/l)	0,74±0,13	0,72±0,06	0,73±0,09	0,71±0,10
Triglycéridémie (g/l)	0,37±0,07*	0,33±0,05	0,33±0,05	0,42±0,06***
Lipémie (g/l)	2,21±0,38	2,11±0,16	2,15±0,26	2,18±0,30

(* : p<0,05 ; *** : p<0,001).

Tableau 10 : Variations sériques des métabolites énergétiques chez les caprins.

	Age		Sexe	
	Jeunes (n=30)	Adultes (n=30)	Mâles (n=50)	Femelles (n=10)
Glycémie (g/l)	0,64±0,05***	0,56±0,09	0,69±0,03***	0,58±0,08
Cholestérolémie (g/l)	0,77±0,09***	0,62±0,06	0,71±0,06*	0,63±0,09
Triglycéridémie (g/l)	0,31±0,05***	0,25±0,06	0,26±0,06	0,29±0,08
Lipémie (g/l)	2,24±0,48***	1,80±0,19	2,04±0,44***	1,86±0,18

(* : $p < 0,05$; *** : $p < 0,001$).

II.1.1.1- La glycémie

Le glucose est la source principale d'énergie ; il est nécessaire au fonctionnement cellulaire et à la production chez les ruminants (Khatun *et al.*, 2011). Le glucose circulant chez les ruminants résulte de l'absorption intestinale du glucose et de la NGG. La glycémie est un indicateur général des éventuels troubles métaboliques des hydrates de carbone. La régulation de la glycémie, outre sa dépendance de l'action de plusieurs hormones (Evans, 2009), est également influencée par un grand nombre de facteurs et se présente comme le résultat net d'un équilibre entre les taux d'entrée et d'enlèvement du glucose dans la circulation (Safsaf, 2014).

Chez les ruminants, le niveau glycémique est un indicateur moins significatif pour évaluer l'état d'énergie en raison de l'insensibilité à des changements nutritionnels et de la sensibilité au stress, selon (González *et al.*, 2000), alors que (Đoković, 2010) considère que le glucose est l'un des principaux paramètres sanguins déterminant et définissant le métabolisme énergétique chez les ruminants. D'après Payne et Payne (1987), le glucose reste un élément de choix dans le profil métabolique des bovins de boucherie. Même si l'on constate un certain désaccord entre les chercheurs concernant la capacité réelle de la glycémie à représenter l'état de l'énergie, on note une augmentation de la tendance générale à la recommandation de la prise en compte de ce paramètre dans le profil métabolique.

Concernant notre étude, les valeurs obtenues de la glycémie chez les différents ruminants sont situées dans la fourchette des normes physiologiques présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11: Normes physiologiques de la glycémie chez les ruminants.

	Bovins	Ovins	Caprins	Références
Glycémie (g/l)	0,45 - 1,29	0,54 - 1,31	0,43 - 0,99	Mollereau <i>et al.</i> , (1995).
	--	0,50 - 0,79	--	Kaneko <i>et al.</i> , (1997).
	--	--	0,56±0,04	Nazifi <i>et al.</i> , (1999).
	0,50 - 0,70	--	--	Verriéle et Bedouet, (1999).
	0,44 - 0,81	0,44 - 0,81	0,48 - 0,76	Merck, (2002).

D'après l'étude statistique, il apparaît que la glycémie est significativement plus élevée chez les caprins ($p < 0,001$) par rapport aux ovins et bovins ($0,61 \pm 0,08$ g/l ; $0,57 \pm 0,07$ g/l ; $0,55 \pm 0,05$ g/l), respectivement (Tab.7 ; Fig. 29).

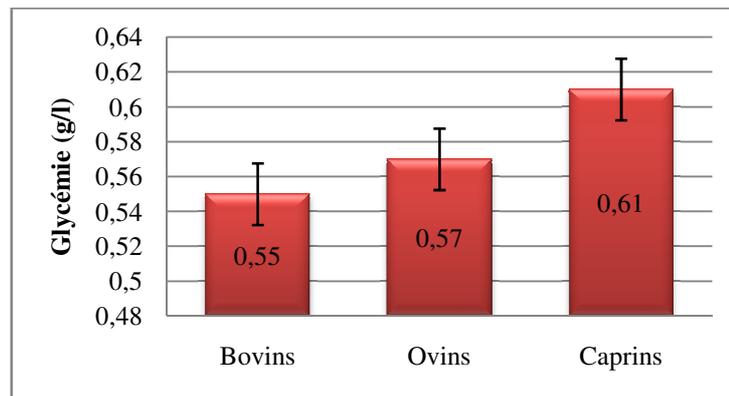


Figure n° 29 : Variations de la glycémie en fonction de l'espèce animale.

L'élévation significative de la glycémie caprine par rapport à celle ovine est remarquée par plusieurs auteurs (Ndoutamia et Ganda, 2005 ; Kiran *et al.*, 2012 ; Bhat *et al.*, 2014) après comparaison du profil biochimique chez les petits ruminants. De plus, on a trouvé que la glycémie ovine et bovine est sensiblement égale ($0,55 \pm 0,05$ g/l pour les bovins et $0,57 \pm 0,07$ g/l pour les ovins, $p > 0,05$), comme le rapportent Al-Fartosi *et al.* (2010).

Issenmann (2003) indique que la teneur en glucose dans le sang et le sérum est notoirement plus basse chez les bovins ruminants que chez les autres animaux ; elle est d'environ 50mg/100 ml (45 à 60 mg/100 ml). Osman et Al-Busadah (2003) trouvent aussi une glycémie plus élevée chez les brebis que chez les vaches ($0,65 \pm 0,48$ g/l vs $0,49 \pm 0,25$ g/l). Les données de ces auteurs confirment nos résultats.

Le taux glycémique important remarqué chez les caprins est probablement lié au niveau et à la qualité de l'alimentation, et à l'activité métabolique chez cet animal (Devendran *et al.*, 2008). De plus, on peut probablement attester que les caprins de race Arbia valorisent mieux les ressources alimentaires que d'autres races (Hafid, 2006), voire que d'autres ruminants (spécifiquement les ovins), dans les mêmes conditions d'élevage.

De plus, les analyses statistiques intra-espèces révèlent les résultats suivants :

Concernant les bovins, la glycémie est seulement affectée par l'âge ($0,57 \pm 0,04$ g/l pour les jeunes vs $0,53 \pm 0,04$ g/l pour les adultes, $p < 0,01$). Pour le sexe, l'analyse par le test *t* de Student révèle des différences non significatives ($0,56 \pm 0,04$ g/l vs $0,54 \pm 0,03$ g/l, $p > 0,05$). Nos résultats sont identiques à ceux obtenus par Otto *et al.* (2000) chez les bovins Angoni, Grünwaldt *et al.* (2005) chez les bovins El Divisadero, Borges (2008) chez les bovins de race Pantaneira, et Mamun *et al.* (2014) chez les bovins indigènes du Bangladesh. Cependant, (Coşuleanu, 2012 ; Prisacaru, 2014) notent que la glycémie bovine est seulement affectée par le sexe, avec l'obtention de valeurs relativement élevées chez les mâles.

Chez les ovins destinés à l'abattage, la comparaison des moyennes ne montre aucune différence significative de la glycémie entre les deux groupes d'âge ($0,58 \pm 0,07$ g/l pour les jeunes vs $0,56 \pm 0,06$ g/l pour les adultes, $p > 0,05$), et de sexe ($0,59 \pm 0,05$ g/l vs $0,56 \pm 0,06$ g/l, $p > 0,05$). L'influence négligeable de l'âge est notée également par (Njidda *et al.*, 2014 ; Carlos *et al.*, 2015), alors que (Mostaghni *et al.*, 2005 ; Eshratkhah *et al.*, 2008) constatent une différence modérément significative ($p < 0,05$) entre les jeunes et les adultes. Concernant le sexe, nos résultats sont en conformité avec les données de nombreuses études (Al-Fartosi *et al.*, 2010 ; Khan, 2013 ; Oramari *et al.*, 2014).

Contrairement aux ovins, la glycémie chez les caprins est fortement influencée par l'âge ($0,64 \pm 0,05$ g/l pour les jeunes vs $0,56 \pm 0,09$ g/l pour les adultes, $p < 0,001$) et le sexe ($0,69 \pm 0,03$ g/l pour les mâles vs $0,58 \pm 0,08$ g/l pour les femelles, $p < 0,001$). La diminution de la glycémie avec l'avancement en âge est observée également dans les travaux de nombreux auteurs (Žubčić, 2001 ; Hafid, 2006). Cependant, une augmentation significative de ce métabolite chez les mâles à l'abattage a été enregistrée aussi par (Opara *et al.*, 2010 ; Kasumu, 2011), qui trouvent ($38,2 \pm 5,3$ mg/dl pour les mâles vs $25,1 \pm 4,6$ mg/dl pour les femelles ; $50,031 \pm 2,54$ mg/dl pour les mâles vs $45,467 \pm 1,89$ mg/dl pour les femelles), respectivement. Njidda *et al.* (2013) trouvent une élévation chez les femelles de race Borno White, tandis que Sakha *et al.* (2008) montrent que le taux glycémique n'est affecté ni par l'âge, ni par le sexe chez les caprins Raini.

Le taux glycémique important chez les jeunes ruminants est en relation avec l'augmentation des besoins énergétiques des différents tissus ou organes : thermorégulation, mobilité, transport d'ions ou de substrats, turn-over protéique, etc. Il convient de souligner que les besoins ne sont pas proportionnels au poids. Par exemple, l'ensemble du tissu musculaire, du tissu adipeux, des os et de la peau peut représenter 80 % à 90 % du poids vif des animaux, alors qu'il requiert moins de 50 % des dépenses énergétiques totales de l'organisme (Kerrou, 2005).

Cependant, les besoins énergétiques élevés pendant la croissance chez les jeunes ruminants sont exprimés sur le plan métabolique par la libération importante du glucose hépatique sous l'action de GH, qui est ensuite converti en acétyl-CoA et utilisé comme énergie nécessaire à la croissance. Donc, la réduction des niveaux sériques de glucose au cours de l'avancement en l'âge est probablement liée à diminution de GH plasmatique (Mondal et Prakash, 2004). Il est utilisé seulement pour maintenir les besoins d'entretien de l'animal (Ndlovu *et al.*, 2007).

L'augmentation physiologique de la glycémie chez les ruminants mâles destinés à l'abattage a été clairement liée à la prise d'énergie lors d'engraissement, en raison de la production ruminale d'acide propionique (Kerrou, 2005), l'une des substances glucoformatrices principales. Cette constatation est confirmée par les travaux d'Adachi *et al.* (1999), qui ont trouvé que le taux de glycémie est important durant et même après l'engraissement chez les sujets qui ont un taux de persillage élevé. Cependant, Pavlík *et al.* (2010) ont trouvé une glycémie inchangée de manière significative chez les taureaux engraisés, alors que Ban-Tokuda *et al.* (2007) ont souligné la diminution de la glycémie au fil de l'engraissement.

II.1.1.2- La cholestérolémie

Le cholestérol est le précurseur des acides biliaires, des hormones stéroïdes et de la vitamine D3. C'est un composant essentiel des membranes cellulaires, dans lesquelles il joue un rôle important sur la fluidité, la stabilité et la perméabilité. Un quart environ du cholestérol de l'organisme est exogène, et trois quarts sont endogènes (à partir de l'acétyl CoA) (Meziane, 2001). Au niveau du sang, le cholestérol se trouve lié à une protéine et à une ou plusieurs molécules de phospholipides formant les lipoprotéines (Oler et Głowińska, 2013). Il se présente sous deux formes : estérifiée pour 70 % et non estérifiée pour 30 % (Schmid et Forstner, 1986).

De plus, c'est l'indicateur approprié pour déterminer la consommation d'énergie et, dans une certaine mesure, l'état de production de l'animal (Ceballos *et al.*, 2002). Ainsi, il s'agit d'un bon indicateur direct des lipides totaux dans le plasma ; ils correspondent à environ 30 % du total (González et Silva, 2006).

Les teneurs obtenues au cours de cette expérimentation chez les différents ruminants sont situées dans la fourchette des normes physiologiques présentées dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Normes physiologiques de la cholestérolémie chez les ruminants.

	Bovins	Ovins	Caprins	Références
Cholestérolémie (g/l)	0,80 - 1,96	--	--	Lumsden <i>et al.</i> , (1980).
	--	--	0,46 - 0,90	Pugliese <i>et al.</i> , (1982).
	--	0,20 - 1,10	0,70±0,12	Sylvie <i>et al.</i> , (1982).
	0,77 - 1,96	0,50 - 1,38	0,53 - 2,11	Mollereau <i>et al.</i> , (1995).
	0,62 - 1,92	0,44 - 0,90	0,64 - 1,36	Merck, (2002).
	--	1,34 - 1,96	--	Dubreuil <i>et al.</i> , (2005).
	--	0,43 - 1,30	--	Radostits <i>et al.</i> , (2006).
	--	0,38 - 1,00	--	Aitken, (2007).

En fonction de l'espèce animale, l'analyse statistique montre que la concentration sérique du cholestérol total est significativement plus élevée chez les bovins ($p < 0,001$) par rapport aux ovins et caprins : $1,09 \pm 0,16$ g/l ; $0,72 \pm 0,10$ g/l ; $0,70 \pm 0,16$ g/l, respectivement (Tab.7 ; Fig. 30).

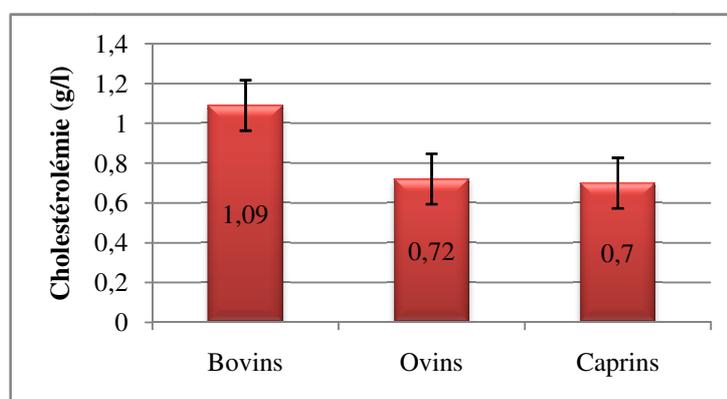


Figure n° 30 : Variations de la cholestérolémie en fonction de l'espèce animale.

L'accroissement de la cholestérolémie chez les bovins par rapport aux ovins est montré par les travaux d'Osman et Al-Busadah (2003), qui trouvent une cholestérolémie plus élevée chez les vaches laitières par rapport aux brebis laitières : $1,49 \pm 1,01$ g/l vs $0,69 \pm 0,57$ g/l respectivement, ainsi que Al-Fartosi *et al.* (2010) chez les bovins du Sud de l'Iraq par comparaison avec les ovins de la même région, mais contrairement à ce qui est rapporté par Khaki *et al.* (2010), qui trouvent 92 ± 20 mg/dl pour les bovins et 97 ± 27 mg/dl pour les ovins Iraniens. L'augmentation chez les bovins par rapport aux caprins est signalée également par Oshiro *et al.* (1979). La valeur plus élevée, non significative, de la cholestérolémie chez les ovins par rapport aux caprins constatée dans cette étude est enregistrée aussi par Devendran *et al.* (2008) chez le mouton Coimbatore ; Jawasreh *et al.* (2010) chez le mouton de race Awassi ; ainsi que par Kiran *et al.* (2012). Par contre (Zabre, 2013) trouve que la cholestérolémie caprine est plus élevée que celle ovine.

On peut conclure que le niveau physiologique élevé de la cholestérolémie remarqué chez la plupart des bovins étudiés est en rapport avec le génotype, comme signalé par Nazifi *et al.* (2002), ou le contenu et le type des aliments consommés (López-Ortega *et al.*, 2008).

Les analyses statistiques intra-espèces montrent des différences significatives entre les deux groupes d'âge et de sexe ($p < 0,05$; $p < 0,001$) chez les bovins et les caprins (Tab. 8 et 10). Le niveau élevé de la cholestérolémie, mais qui reste toujours dans l'intervalle des normes physiologiques, chez les jeunes bovins et caprins par rapport aux adultes, est en accord avec les travaux de (Coppo *et al.*, 2000 ; Borges, 2008) et (Pavlík *et al.*, 2008; Osorio et Vinazco, 2010 ; Prisacaru, 2014) pour les bovins de boucherie, (Mbassa et Poulsen, 1993 ; Sakha *et al.*, 2008) pour les caprins. Alors que Njidda *et al.* (2013) constatent que la cholestérolémie caprine n'est pas affectée par le facteur âge.

En ce qui concerne les ovins, nos résultats montrent une différence non significative de la cholestérolémie entre les jeunes et les adultes ($0,74 \pm 0,13$ g/l pour les jeunes vs $0,72 \pm 0,06$ g/l pour les adultes, $p > 0,05$). Cette constatation est similaire à nombreuses études (Mostaghni *et al.*, 2005 ; Nisbet *et al.*, 2006 ; Eshratkiah *et al.*, 2008 ; Ouanes *et al.*, 2011). De plus, Oramari *et al.* (2013) ont trouvé une cholestérolémie plus ou moins constante entre les ovins au-dessous et au-dessus de deux ans, alors que Carlos *et al.* (2015) révèlent une diminution significative de la cholestérolémie avec l'avancement en âge chez les ovins Morada Nova. Par contre, Durak *et al.* (2015) ont trouvé que la cholestérolémie augmente avec l'âge chez les ovins Zom.

Les taux importants, plus ou moins significatifs, du cholestérol total dans le sang chez les jeunes ruminants sont expliqués par les besoins accrus en ce métabolite, d'une part, et/ou la composition et la qualité de l'aliment consommé (López-Ortega *et al.*, 2008), d'autre part. Les niveaux en cholestérol sont plus élevés avec une ration riche (Serra *et al.*, 1992 ; Cavestany *et al.*, 2005) ou faible en énergie (Mosaad et Derar, 2009), suite à une augmentation de la synthèse des lipoprotéines plasmatiques, ou à une mobilisation des lipides due à l'activité du glucagon (Margollese, 1983). De plus, une relation étroite entre le niveau de protéines alimentaires et la teneur en cholestérol plasmatique a été observée dans plusieurs expériences chez les ruminants (Cocodrilli *et al.*, 1970 ; Park, 1985). Ces auteurs suggèrent que le niveau d'apport protéiné a une influence sur la concentration de cholestérol en agissant sur la vitesse de synthèse du cholestérol.

Concernant l'effet du sexe, la cholestérolémie légèrement élevée chez les mâles bovins et caprins par rapport aux femelles ($p < 0,05$) est aussi enregistrée par Mamun *et al.* (2013) chez les bovins, (Hafid, 2006 ; Kasumu, 2011) chez les caprins. A l'inverse de nos résultats, des différences non significatives entre les deux groupes de sexe ont été révélées par (Otto *et al.*, 2000) chez les bovins, et (Urwat *et al.*, 2015) chez les caprins. Par contre, (Sakha *et al.*, 2008) trouvent des valeurs élevées chez les chèvres par rapport aux boucs, et Pavlík *et al.* (2008) chez les génisses destinées à l'abattage.

Pour les ovins, la cholestérolémie non significativement élevée chez les mâles en comparaison avec les femelles ($0,73 \pm 0,09$ g/l pour les mâles vs $0,71 \pm 0,1$ g/l pour les femelles, $p > 0,05$) est rapportée aussi par Al-Fartosi *et al.* (2010) ($0,66 \pm 3,37$ g/l vs $0,62 \pm 5,37$ g/l) et Khan (2013) chez le mouton Hamdani ($0,68 \pm 0,71$ g/l vs $0,61 \pm 0,50$ g/l, $p > 0,05$). Par contre (Eshratkiah *et al.*, 2008 ; Oramari *et al.*, 2013 ; Da Silva *et al.*, 2014 ; Sitmo, 2014) ont trouvé des teneurs importantes chez les brebis, à l'inverse de nos résultats ($0,51 \pm 1,29$ g/l vs $0,55 \pm 1,7$ g/l ; $0,81 \pm 1,23$ g/l vs $0,92 \pm 2,26$ g/l ; $56,55$ g/l vs $70,37$ g/l ; $45,37 \pm 1,34$ g/l vs $48,01 \pm 1,34$ g/l), respectivement.

Les niveaux de cholestérolémie relativement importants chez les ruminants mâles sont le résultat direct d'une augmentation de la charge métabolique de l'organisme et des réserves énergétiques (Thrall *et al.*, 2004) après une période d'engraissement plus au moins intensive. Cela est en accord avec les données d'une étude réalisée par Adachi *et al.* (1999) sur les

bovins Black japonais. Ils ont trouvé que la cholestérolémie présente une augmentation non significative durant et même après l'engraissement chez les bouvillons (100 ± 24 g/l pour les bovins âgés entre 11 et 13 mois vs 155 ± 24 mg/dl pour les bovins âgés entre 15 et 20 mois post-engraissement avec un score de persillage élevé). De plus, sur le plan métabolique, la concentration élevée en glucose dans le plasma sanguin stimule la sécrétion d'insuline, ce qui réduit la concentration de l'adénosine monophosphate cyclique (AMPc), stimulant ainsi la synthèse du cholestérol (Reynolds *et al.*, 2001). Par contre, Đoković *et al.* (2010) suggèrent que l'augmentation de la charge métabolique de l'organisme associée à l'engraissement ne modifie pas les valeurs des paramètres sanguins qui sont toujours dans les limites physiologiques.

II.1.1.3- La triglycéridémie

Les triglycérides circulants ont une double origine : exogène à partir des graisses alimentaires, et endogène. Ils sont stockés dans les tissus adipeux et constituent une réserve d'énergie facilement mobilisable. Ils sont transportés vers les cellules de l'organisme par les lipoprotéines du sang (Hafid, 2006). Les triglycérides sériques sont considérés comme de bons indicateurs métaboliques nutritionnels chez les ruminants. Ils sont liés directement au métabolisme lipidique et indirectement aux transformations de l'énergie du corps (Oler et Głowińska, 2013).

Dans la présente étude, les valeurs obtenues pour la triglycéridémie chez les différents ruminants sont en rapport avec les normes de la littérature (voir tableau 13).

Tableau 13 : Normes physiologiques de la triglycéridémie chez les ruminants.

	Bovins	Ovins	Caprins	Références
Triglycéridémie (g/l)	--	--	0,17 - 0,61	Pugliese <i>et al.</i> , (1982).
	0,15 - 0,45	--	--	Sylvie <i>et al.</i> , (1982).
	0,09 - 0,45	0,12 - 0,39	0,12 - 0,39	Mollereau <i>et al.</i> , (1995).
	--	--	0,14 - 1,40	Daramola <i>et al.</i> , (2005).
	--	0,50 \pm 0,18	--	Dubreuil <i>et al.</i> , (2005).

L'analyse statistique montre que la triglycéridémie caprine est significativement faible ($p < 0,001$), mais toujours dans la limite physiologique, par rapport à celle ovine et bovine : $0,28 \pm 0,06$ g/l ; $0,35 \pm 0,06$ g/l ; $0,37 \pm 0,05$ g/l, respectivement (Tab.7 ; Fig. 31).

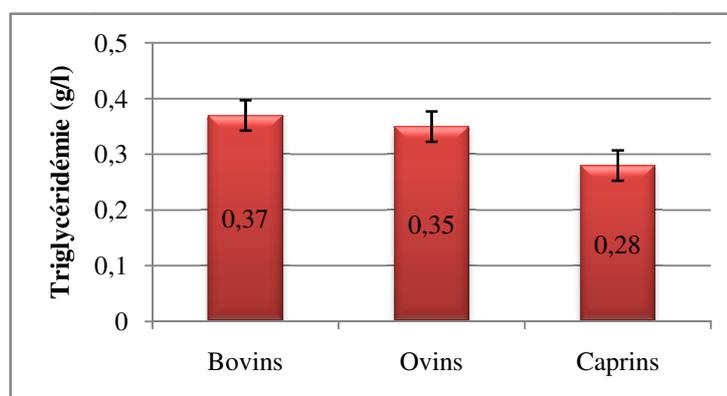


Figure n° 31 : Variations de la triglycéridémie en fonction de l'espèce animale.

Cependant, la triglycéridémie bovine et ovine est presque comparable ($p > 0,05$), comme rapporté par Al-Fartosi *et al.* (2010). L'étude de Khaki *et al.* (2010), qui ont trouvé 39 ± 12

mg/dl pour les bovins et 32 ± 14 mg/dl pour les ovins Iraniens ($p > 0,05$), confirme nos résultats, par contre Osman et Al-Busadah (2003) ont révélé une élévation non significative de la triglycéridémie chez les brebis que chez les vaches ($19,4 \pm 1,8$ g/l pour les brebis vs $14,6 \pm 1,2$ g/l pour les vaches). En ce qui concerne les caprins, nos résultats sont en désaccord avec les données de Ntoudamia et Ganda (2005), qui ont constaté des valeurs élevées de triglycérides circulants chez les caprins de différentes races.

Le niveau plus faible de triglycéridémie chez les caprins pourrait être interprété soit par l'effet de génotype, soit par la diminution de l'activité des TG lipoprotéine-lipases du tissu adipeux et du muscle (Chang *et al.*, 1996). De plus, une forte diminution de la triglycéridémie est observée chez les ruminants après une sous-alimentation (Chilliard *et al.*, 1998). Dans ce contexte, Bennis *et al.* (1994) signalent qu'une triglycéridémie basse est observée chez les chèvres supportant de mauvaises conditions alimentaires ($15 \pm 0,17$ mg/100 ml), comparativement à d'autres, bénéficiant des conditions alimentaires jugées plus ou moins bonnes ($56 \pm 0,36$ mg/100 ml).

Concernant l'analyse intra-espèce (illustrée dans les tableaux 8 à 10), nous observons que la triglycéridémie chez les ruminants est sensiblement affectée par l'âge ($p < 0,001$ pour les bovins et les caprins, et $p < 0,05$ pour les ovins). Le plus haut niveau constaté chez les jeunes ruminants est en accord avec les travaux de Prisacaru (2014) pour les bovins, (Ouanes *et al.*, 2011 ; Carlos *et al.*, 2015) pour les ovins, Nazifi *et al.* (2002) pour les caprins. Cependant, de nombreuses études montrent l'effet négligeable de ce facteur chez les ruminants : (Hugi et Blum, 1997) chez les bovins, (Mostaghni *et al.*, 2005 ; Eshratkhan *et al.*, 2008 ; Durak *et al.*, 2015) chez les ovins, (Sakha *et al.*, 2008) pour les caprins.

La valeur physiologique élevée des TG circulants chez les jeunes s'explique soit par l'augmentation de la synthèse de lipoprotéines riches en TG (VLDL), soit par l'augmentation de la lipolyse pour la fourniture du glycérol essentiel pour la NGG, afin de couvrir les besoins de croissance. Cependant, Oler et Głowińska (2013) indiquent que le taux de TG n'est pas affecté par le niveau énergétique de la ration chez les bouvillons. Pour les ruminants adultes, la diminution de la concentration en TG circulants s'explique par l'augmentation de l'activité lipogénique.

En ce qui concerne l'effet du sexe, l'analyse statistique montre une élévation plus ou moins significative chez les femelles. Ces constatations sont en accord avec les travaux d'Al-Fartosi *et al.* (2010) pour les bovins, de (Murariu *et al.*, 2014 ; Sitmo, 2014) pour les ovins, (Tambuwal *et al.*, 2002 ; Daramola *et al.*, 2005 ; Urwat *et al.*, 2015) pour les caprins. Par contre, (Carlos *et al.*, 2015 ; Durak *et al.*, 2015) ont trouvé des différences non significatives entre les ovins ($42,2 \pm 5,06$ mg/dl pour les mâles vs $40,2 \pm 3,19$ mg/dl pour les femelles ; 23 ± 14 mg/dl pour les femelles vs 22 ± 12 mg/dl pour les mâles) respectivement, et (Sakha *et al.*, 2008) ont trouvé que le taux des TG sérique est invariable en fonction du sexe chez les caprins.

Les femelles passant par des phases de mobilisation et de stockage de réserves adipeuses selon le cycle reproductif, et durant les périodes de sous-nutrition, utilisent leurs réserves de graisse pour maintenir leur production (ou pour survivre) en mobilisant le stock de tissu adipeux accumulé pendant les périodes favorables (Chilliard *et al.*, 1998). Cette mobilisation explique donc la triglycéridémie constatée.

II.1.1.4- La lipémie

Les lipides circulants sont représentés en majorité par les triglycérides, le cholestérol et les phospholipides ; une partie de ces lipides est liée aux protéines pour former les lipoprotéines (Meziane, 2001). Chez les ruminants, le profil des lipides plasmatiques se caractérise par une très forte proportion de phospholipides et de cholestérol estérifié (90 %), et une faible proportion de cholestérol libre (8 %) et de triacylglycérols (2 %) (Cuvelier *et al.*, 2005).

Le dosage de la lipémie est utilisé comme un indicateur direct de la teneur en matières grasses de l'alimentation. Elle augmente après l'absorption d'une ration riche en lipides (Haffaf, 2011).

Les valeurs de la lipémie obtenues dans la présente étude chez les bovins sont en rapport avec les données rapportées par (Wendlandt et Davis, 1973 ; Van Dijk et Wensing, 1989) (2,9 à 5,6 g/l). La lipémie chez les petits ruminants figure dans l'intervalle des normes établies par (Ntoudamia et Ganda, 2005) ($1,77 \pm 0,63$ à $6,46 \pm 0,39$ g/l), mais modérément élevée par rapport aux données rapportées par (Mollereau *et al.*, 1995) (2 g/l).

L'étude statistique indique que la concentration sérique en lipides totaux est significativement plus élevée chez les bovins ($p < 0,001$) par rapport aux ovins et caprins : $3,11 \pm 0,40$ g/l ; $2,15 \pm 0,27$ g/l ; $2,03 \pm 0,42$ g/l respectivement (Tab.7 ; Fig. 32). De plus, on a observé une différence non significative entre les petits ruminants ($p > 0,05$).

La valeur élevée de la lipémie chez l'espèce bovine est en corrélation avec celle du cholestérol, qui est un indicateur direct approprié du taux de lipides totaux dans le plasma (González et Silva, 2006).

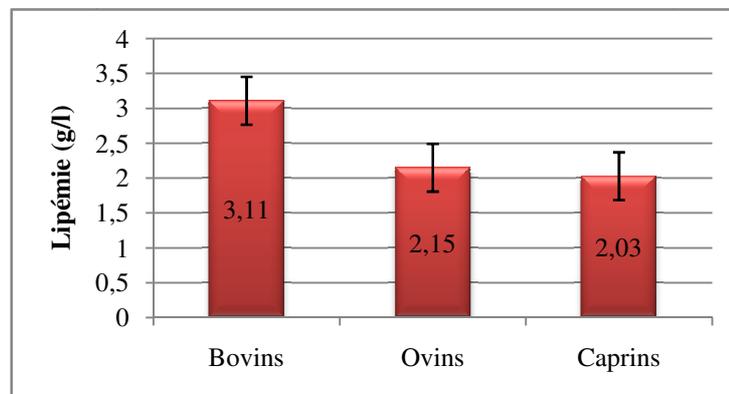


Figure n° 32 : Variations de la lipémie en fonction de l'espèce animale.

Les variations intra-espèces reflètent une lipémie significativement haute ($p < 0,001$), mais qui reste toujours dans l'intervalle des normes physiologiques, chez les jeunes et les mâles bovins et caprins. Pour l'espèce ovine, les teneurs en lipides totaux sont non significativement influencées par l'âge ($p > 0,05$) et le sexe ($p > 0,05$).

La lipémie nettement remarquable chez les jeunes ruminants est en relation avec l'accroissement massif des activités métaboliques au cours de la croissance, qui est probablement due à une synthèse par la muqueuse digestive des composants entrant dans la composition des lipides totaux (triglycérides, phospholipides et esters de cholestérol) (Caldeira *et al.*, 2007b). Elle est plus importante chez les animaux soumis à une restriction alimentaire que chez ceux recevant une ration adéquate ou même supplémentaire (Caldeira *et al.*, 1999).

Concernant les mâles, l'augmentation des lipides totaux circulants est en rapport soit avec la supplémentation lipidique dans la ration (Bernard *et al.*, 2009 ; Li *et al.*, 2012), soit la richesse de l'alimentation par les précurseurs des principales fractions lipidiques que sont les phospholipides et les esters de cholestérol (Caldeira *et al.*, 2007a).

II.1.2- Les métabolites azotés

L'évaluation de l'état des protéines chez les ruminants de boucherie peut être exprimée par la détermination de la concentration en protéines totales, albumine, urée et le rapport urée/créatinine (González *et al.*, 2000).

Les valeurs obtenues des métabolites azotés chez les différents ruminants à l'abattage, ainsi que les variations intra-espèces en fonction de l'âge et du sexe sont présentées respectivement dans les tableaux 14 à 17, ainsi que dans les figures 33 à 36.

Tableau 14 : Variations sériques des métabolites azotés selon l'espèce animale.

	Bovins (n=60)	Ovins (n=64)	Caprins (n=60)	Signification		
				Bovins vs ovins	Bovins vs caprins	Ovins vs caprins
Protéïnémie (g/l)	66,36±5,16	73,82±7,43	62,11±5,44	***	***	***
Albuminémie (g/l)	31,46±3,29	28,64±3,05	28,73±2,92	***	***	NS
Urémie (g/l)	0,18±0,04	0,26±0,05	0,36±0,06	***	***	***
Créatininémie (mg/l)	10,00±1,45	8,91±1,50	8,13±1,61	***	***	NS

(*** : p<0,001 ; NS : non significatif).

Tableau 15 : Variations sériques des métabolites azotés chez les bovins.

	Age		Sexe	
	Jeunes (n=30)	Adultes (n=30)	Mâles (n=52)	Femelles (n=08)
Protéïnémie (g/l)	64,20±4,51	68,53±4,91***	65,69±5,13	70,75±2,71***
Albuminémie (g/l)	29,73±2,37	33,20±3,19***	31,53±3,46	31,00±2,00
Urémie (g/l)	0,15±0,01	0,21±0,03***	0,18±0,04	0,17±0,01
Créatininémie (mg/l)	8,90±0,62	11,10±1,18***	11,13±0,94	10,83±1,44

(*** : p<0,001).

Tableau 16 : Variations sériques des métabolites azotés chez les ovins.

	Age		Sexe	
	Jeunes (n=25)	Adultes (n=39)	Mâles (n=53)	Femelles (n=11)
Protéïnémie (g/l)	69,53±4,40	80,52±6,15***	73,56±7,81	75,09±5,37
Albuminémie (g/l)	26,32±1,99	30,12±2,67***	29,18±2,35	28,52±3,19
Urémie (g/l)	0,23±0,05	0,28±0,06**	0,26±0,06	0,25±0,03
Créatininémie (mg/l)	7,04±0,50	10,78±1,14***	9,02±1,52	8,80±1,50

(** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

Tableau 17 : Variations sériques des métabolites azotés chez les caprins.

	Age		Sexe	
	Jeunes (n=30)	Adultes (n=30)	Mâles (n=50)	Femelles (n=10)
Protéïnémie (g/l)	60,16±4,03	64,06±6,01***	61,92±5,83	62,90±2,84
Albuminémie (g/l)	27,63±2,93	29,83±2,50***	28,72±2,87	28,80±3,32
Urémie (g/l)	0,32±0,04	0,39±0,05***	0,35±0,05	0,38±0,06
Créatininémie (mg/l)	6,42±0,47	9,84±1,03***	8,35±1,43	7,92±1,65

(*** : p<0,001).

II.1.2.1- La protéïnémie

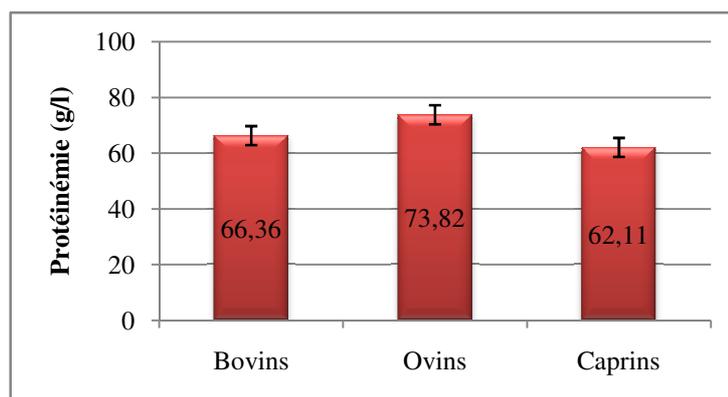
Le taux de protéines totales contribue à déterminer l'état nutritionnel ou sanitaire de l'animal. De plus, les protéines totales et l'albumine reflètent la disponibilité des acides aminés au niveau de la ration (Safsaf, 2014).

Les valeurs sériques des protéines totales dans tous les groupes sont situées dans les limites physiologiques, en référence à celles présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : Normes physiologiques des protéines totales sériques chez les ruminants.

	Bovins	Ovins	Caprins	Références
	--	--	63,7 - 76,7	Sylvie <i>et al.</i> , (1982).
	60 - 85	57 - 90	70,2±6,5	Mollereau <i>et al.</i> , (1995).
Protéïnémie (g/l)	--	60 - 79	--	Kaneko <i>et al.</i> , (1997).
	61,6 - 82,2	58,9 - 78,1	61 - 74,5	Merck, (2002).
	55 - 75	--	--	Lorin <i>et al.</i> , (2009).

Dans notre étude, la comparaison des moyennes révèle des variations significatives de la protéïnémie entre les ruminants (p<0,001) avec une valeur élevée notable chez les ovins par rapport aux bovins et caprins : 73,82±7,43 g/l ; 66,36±5,16 g/l ; 62,11±5,44 g/l respectivement (Tab. 14 ; Fig. 33).

**Figure n° 33** : Variations de la protéïnémie en fonction de l'espèce animale.

Les valeurs de la protéïnémie obtenues chez les ovins sont proches de celles rapportées par Gündoğan (2005) chez les ovins Karakachan (72±2,3 g/l), et Angelov *et al.* (2013) chez les ovins Copper Red Shumen (72,19±5,64 g/l).

L'augmentation de la protéinémie ovine par rapport à celle bovine est enregistrée également par Dartois (2011), qui a étudié le profil protéique chez les différentes espèces : $71,0 \pm 4,2$ g/l pour ovins et $65,2 \pm 4,6$ g/l pour les bovins, alors qu'Al-Fartosi *et al.* (2010) enregistrent des variations non significatives de la protéinémie entre les bovins et les ovins. Chez les petits ruminants, Zabre (2013) trouve une protéinémie évidemment importante chez les caprins ($p < 0,05$) que les ovins, est en désaccord avec les données observée ici.

Les variations enregistrées en fonction de l'espèce peuvent s'expliquer dans une certaine mesure par la qualité des aliments fournis (Chimonyo *et al.*, 2000). Par exemple, la perfusion post-ruminale de caséine a entraîné une augmentation de la synthèse totale de protéines de 27 % chez le mouton (Safsaf, 2014). Dans la présente étude, cette augmentation est probablement dû à la mauvaise gestion sanitaire d'élevage, en lien le plus souvent avec l'absence de déparasitage, surtout pour les ovins jeunes (Zouyed, 2005), favorisant la prévalence de parasites internes, qui est cause d'augmentation de la fraction de globulines (Thrall *et al.*, 2004; Grünwaldt *et al.*, 2005), et par conséquent un taux en protéine totale important.

En outre, l'analyse statistique intra-espèce (tableaux 15 à 17) révèle une augmentation remarquable de la protéinémie chez les ruminants adultes ($p < 0,001$), mais qui reste toujours dans l'intervalle des normes physiologiques. Cette constatation est en accord avec les travaux de (Slobodianik *et al.*, 1999 ; Otto *et al.*, 2000 ; Ndlovu *et al.*, 2007 ; Irfan *et al.*, 2014 ; Prisararu, 2014) pour les bovins, (Antunović *et al.*, 2004 ; Eshratkhah *et al.*, 2008 ; Ouanes *et al.*, 2011 ; Meira Jr *et al.*, 2009) pour les ovins, (Mbassa et Poulsen, 1991 ; Piccione *et al.*, 2010 ; Elitok, 2012 ; Zabre, 2013) pour les caprins.

Avec l'avancement en âge, la concentration en protéines plasmatiques augmente (Gaikwad *et al.*, 1992 ; Kapale *et al.*, 2008) suite à une augmentation progressive des globulines (Eckersall, 2008). Elle évolue dans le même sens que les conditions corporelles de l'animal. Ainsi, l'augmentation des protéines totales s'expliquerait par une masse musculaire logiquement plus importante chez les adultes que chez les jeunes.

L'analyse statistique en fonction du sexe montre une valeur significativement plus élevée de la protéinémie chez les vaches ($p < 0,001$), qui est également rapportée par Mamun *et al.* (2013) et Prisararu (2014), tandis qu'Otto *et al.* (2000) ; Pavlík *et al.* (2008) ; Mapiye *et al.* (2010) ont noté un effet négligeable de la variable sexe chez les bovins. La situation des vaches s'explique par l'effet racial, l'environnement, la nutrition et/ ou le statut sanitaire. Les vaches abattues sont quasiment des vaches de réforme et ont un statut immunitaire réactionnel, associé le plus souvent à l'augmentation du taux d'immunoglobulines et, par conséquent, de protéines totales sériques.

Pour les petits ruminants, l'effet négligeable de la variable sexe est également enregistré par nombreux auteurs (Eshratkhah *et al.*, 2008 ; Sakha *et al.*, 2008 ; Oramari *et al.*, 2014 ; Carlos *et al.*, 2015 ; Durak *et al.*, 2015) avec une protéinémie non significativement élevée chez les femelles. Cependant, une valeur élevée non significative chez les ruminants mâles est constatée par d'autres auteurs (Kasumu, 2011 ; Olusola, 2011 ; Khan, 2013 ; Sitmo, 2014).

La différence négligeable entre les deux groupes de sexe dans la présente recherche peut s'expliquer par une offre suffisante de protéines dans le corps, non utilisées comme source d'énergie. Donc, les processus anaboliques et cataboliques du métabolisme des protéines sont toujours dans un état d'équilibre dynamique.

II.1.2.2- L'albuminémie

L'albumine est une protéine synthétisée dans le foie qui sert à la fixation et au transport de petites molécules organiques endogènes et exogènes (hormones, bilirubine, acides gras, vitamines et médicaments) ou de minéraux (métaux et ions) (Eckersall, 2008). Elle sert au maintien de la pression oncotique.

L'albumine est considérée comme un bon indicateur nutritionnel de l'état protéique (Pavlík, 2009). Elle est aussi utilisée comme un indicateur de la capacité fonctionnelle du foie.

Les teneurs obtenues dans la présente étude sont situées dans la fourchette des normes physiologiques illustrées dans le tableau suivant.

Tableau 19 : Normes physiologiques d'albuminémie chez les ruminants.

	Bovins	Ovins	Caprins	Références
Albuminémie (g/l)	27 - 45	27 - 45	24 - 43	Mollereau <i>et al.</i> , (1995).
	--	24 - 30	23,5 - 35,7	Nazifi <i>et al.</i> , (1999).
	27,5 - 39,4	26,7 - 36,8	--	Merck, (2002).
	--	--	27 - 39	Kaneko <i>et al.</i> , (2008).

La comparaison des moyennes montre une albuminémie plus élevée chez les bovins que chez les ovins et les caprins : (31,46±3,29 g/l ; 28,64±3,05 g/l ; 28,73±2,92 g/l), respectivement, alors que l'analyse par le test *t* de Student entre les petits ruminants reflète un ($p>0,05$) (Tab. 14 ; Fig. 34).

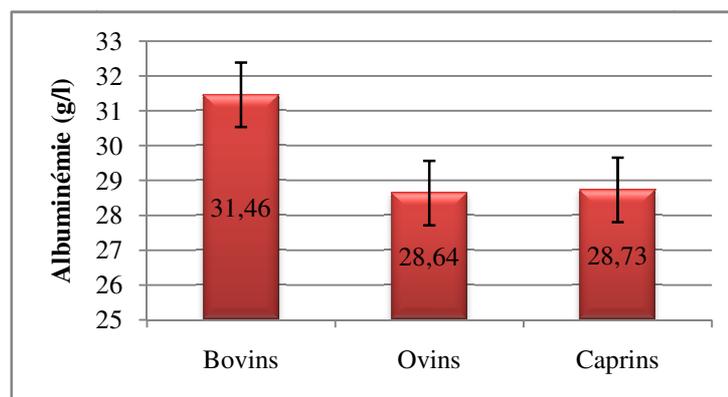


Figure n° 34 : Variations de l'albuminémie en fonction de l'espèce animale.

Osman et Al-Busadah (2003) ont également constaté une albuminémie plus élevée chez la vache que chez la brebis (45±1 g/l vs 37±1 g/l), tandis qu'Al-Fartosi *et al.* (2010) enregistrent des variations non significatives de l'albuminémie entre les bovins et les ovins. Pour les petits ruminants, nos résultats sont comparables à ceux obtenus par Ntoudamia et Ganda (2005), alors que Zabre (2013) constate une albuminémie plus élevée chez les caprins ($p<0,05$) que chez les ovins (32,94 g/l vs 28,91 g/l).

Ces variations seraient physiologiques, et liées probablement à la vitesse fractionnaire de synthèse de cette protéine, qu'est de 10 % /j chez le mouton et 3 à 4 % /j chez la vache laitière (Kraft, 2009).

En outre, l'analyse statistique intra-espèce présentée dans les tableaux 15 à 17 révèle un niveau notablement élevé de l'albuminémie ($p<0,001$), mais qui reste toujours dans la

fourchette des normes physiologiques, chez les ruminants adultes, en accord avec les travaux de nombreux auteurs (Otto *et al.*, 2000 ; Ndlovu *et al.*, 2007 ; Pavlík, 2009 ; Prisacaru, 2014) pour les bovins, (Eshratkhah *et al.*, 2008) pour les ovins, (Mbassa et Poulsen, 1991 ; Shaikat *et al.*, 2013) pour les caprins.

Ce niveau élevé est étroitement lié à la masse corporelle, la nutrition (Roil *et al.*, 1974), et à la quantité d'azote total digéré qui sera utilisée pour la synthèse des autres protéines du corps. La masse corporelle a un rôle considérable dans le maintien du métabolisme des protéines et influence leur concentration dans le sang.

Dans cette étude, l'effet du sexe sur ce paramètre est négligeable chez tous les ruminants destinés à l'abattage, comme indiqué par (Otto *et al.*, 2000 ; Mapiye *et al.*, 2010 ; Mamun *et al.*, 2013) pour les bovins, (Eshratkhah *et al.*, 2008 ; Khan *et al.*, 2013 ; Sitmo, 2014) pour les ovins, et (Elitok, 2012 ; Yaqub *et al.*, 2013 ; Urwat *et al.*, 2015) pour les caprins.

II.1.2.3- L'urémie

Chez les ruminants, l'urée est synthétisée par la voie hépatique à partir de l'ammoniac et de bicarbonates apportés par l'alimentation et par le catabolisme des protéines endogènes. L'urée plasmatique est une forme d'élimination de $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ avec diffusion dans les compartiments extra et intra-cellulaires (Lorin *et al.*, 2009). Elle est alors soit excrétée dans l'urine par le rein, soit recyclée vers le tube digestif par le biais des sécrétions salivaires ou par diffusion à travers la paroi (De Marchi, 2010).

Chez les ruminants, plus de 60 % de l'azote retrouvé dans l'urée plasmatique a pour origine l'azote ammoniacal produit dans le rumen, qui passe directement dans le sang, et 10 à 30 % de l'urée est issue de l'ammoniac provenant du fluide cæcal (Chachoua, 2015).

Le dosage d'urémie est considéré comme un bon indicateur de l'apport azoté chez les bovins (Wolter, 1992) et les petits ruminants (Gürgöze *et al.*, 2009). Cependant, l'urémie seule peut être également indicative d'une non-disponibilité contemporaine de protéines digestibles au niveau ruminal (Safsaf, 2014). Donc, elle est fortement influencée par le niveau azoté du régime alimentaire (Lindberg et Jacobsson, 1990 ; Keser et Bilal, 2008), et s'adapte rapidement à la quantité de protéines ingérées.

Au cours de cette expérimentation, les valeurs d'urémie obtenues chez les différents ruminants sont situées dans la fourchette des normes physiologiques présentées dans le tableau suivant.

Tableau 20 : Normes physiologiques de l'urémie chez les ruminants.

	Bovins	Ovins	Caprins	Références
	0,19±0,02	0,29±0,08	0,49±0,16	Sylvie <i>et al.</i> , (1982).
	--	0,13 - 0,45	0,24 - 0,72	Mollereau <i>et al.</i> , (1995).
Urémie (g/l)	0,07 - 0,24	0,10 - 0,26	0,27 - 0,55	Merck, (2002).
	--	0,05 - 0,43	0,24 - 0,72	Kaneko <i>et al.</i> , (2008).
	--	0,18 - 0,31	--	Gürgöze <i>et al.</i> , (2009).

Dans notre étude, nous observons des variations significatives en fonction de l'espèce animale ($p < 0,001$). L'urémie caprine est la plus élevée ($0,36 \pm 0,06$ g/l), alors que l'urémie bovine est la plus basse, avec une valeur de $0,18 \pm 0,04$ g/l (Tab. 14 ; Fig. 35).

Nos résultats sont confirmés par les données d'Osman et Al-Busadah (2003), qui ont également trouvé une urémie ovine plus élevée que celle bovine ($0,52 \pm 0,04$ g/l chez les brebis vs $0,17 \pm 0,01$ g/l chez les vaches), alors qu'Al-Fartosi *et al.* (2010) ont trouvé des différences non significatives entre les bovins et les ovins, tandis que Ntoudamia et Ganda (2005) ont trouvé des fluctuations d'urémie chez les petits ruminants.

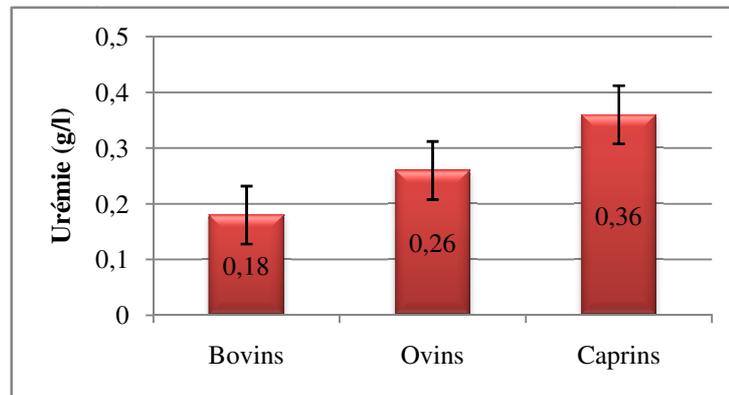


Figure n° 35 : Variations de l'urémie en fonction de l'espèce animale.

Ces variabilités entre espèces sont liées étroitement à la qualité, voire à la quantité de régime alimentaire utilisé lors de la conduite d'élevage de ces ruminants, et spécifiquement au ratio énergie/protéines du régime alimentaire (Hammond, 1997). Il existe également d'autres facteurs qui peuvent influencer sur les concentrations d'urée sanguine, comme la santé de l'animal, l'état physiologique, l'utilisation de facteurs de croissance, et la race. De plus, certains auteurs estiment qu'il s'agit probablement du résultat partiel d'une simple dilution ; si la même quantité d'urée est produite chez des vaches de grosseurs différentes, la concentration dans le sang est plus élevée chez les vaches de petite taille (Block *et al.*, 1998).

Les variations intra-espèces reflètent une urémie hautement significative ($p < 0,001$) mais qui reste toujours dans l'intervalle des normes physiologiques, chez les ruminants adultes. Ces résultats sont en rapport avec (Otto *et al.*, 2000 ; Borges, 2008 ; Pavlík *et al.*, 2008 ; Saraiva *et al.*, 2014) chez les bovins, (Sharma et Kataria, 2007 ; Ouanes *et al.*, 2011) chez les ovins, (Sakha *et al.*, 2008 ; Hassan *et al.*, 2013 ; Njidda *et al.*, 2013) chez les caprins.

Généralement, le niveau du métabolisme basal est modifié avec l'avancement en âge selon les besoins de l'animal, mais aussi la nutrition. De plus, (Matsuzaki *et al.*, 1997 ; Pavlík *et al.*, 2008 ; Oka *et al.*, 2007) ont trouvé que l'urémie est corrélée significativement avec le gain de poids. La concentration plus élevée chez les animaux avec une faible intensité de croissance est probablement due à l'excès de substances azotées prises par l'alimentation, non utilisées principalement pour la formation des muscles. Schématiquement, plus le poids corporel augmente, plus la consommation quotidienne de nourriture augmente, mais plus les besoins en protéines diminuent (Zamiri et Rezaei-Roodbari, 2004). Les valeurs faibles de l'urémie observées chez les jeunes ruminants peuvent être attribuées à l'état d'anabolisme, phase de croissance rapide typique, ce qui provoque une demande d'apport hydrique élevée et une augmentation du débit urinaire (Borges, 2008).

Le taux de ce métabolite est presque comparable chez les deux groupes de sexe chez tous les ruminants ($p > 0,05$). Ces résultats sont en accord avec (Mapiye *et al.*, 2010 ; Prisacaru,

2014) pour les bovins, (Oramari *et al.*, 2014 ; Durak *et al.*, 2015) pour les ovins, (Sakha *et al.*, 2008 ; Hassan *et al.*, 2013) pour les caprins.

II.1.2.4- La créatininémie

La créatinine sérique est une substance azotée non protéique formée à partir du métabolisme musculaire de la créatine et de la phosphocréatine, qui peut être transformée en ATP, source d'énergie pour les cellules.

Elle est pratiquement indépendante de l'apport protéique alimentaire (Meziane, 2001 ; Turner *et al.*, 2005), et du catabolisme des protéines (Saraiva *et al.*, 2014). Mais, elle peut être utilisée comme élément supplémentaire indicateur de l'apport protéique (Caballero *et al.*, 1992), auquel on peut associer le ratio urée/créatinine (Whitaker *et al.*, 1999). Elle est éliminée uniquement par les reins (González et Scheffer, 2002) ce qui en fait un très bon marqueur de la fonction rénale.

De plus, la masse musculaire absolue et le niveau d'activité physique peuvent influencer sur la concentration sérique de ce métabolite (Sakha *et al.*, 2008). Donc, la production de créatinine est bien corrélée avec les modifications de la masse musculaire chez les bovins (Abeni *et al.*, 2004). Elle reflète l'index de masse protéique musculaire totale ou le renouvellement des protéines musculaires chez les ruminants (Turner *et al.*, 2005).

Les teneurs obtenues au cours de cette expérimentation chez les différents ruminants sont situées dans la fourchette des normes physiologiques présentées dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Normes physiologiques de la créatininémie chez les ruminants.

	Bovins	Ovins	Caprins	Références
Créatininémie (mg/l)	7 - 14	--	7,9±2	Sylvie <i>et al.</i> , (1982).
	2 - 26	7 - 30	1,98 - 21,45	Mollereau <i>et al.</i> , (1995).
	--	6 - 12	--	Kaneko <i>et al.</i> , (1997).
	--	--	6,8 - 14,58	Nazifi <i>et al.</i> , (1999).
	6 - 18	--	--	Merck, (2002).

Dans notre étude, la comparaison des moyennes montre une augmentation significative chez les bovins par rapport aux ovins et aux caprins : 10,00±1,45 mg/l; 8,91±1,50 mg/l; 8,13±1,61 mg/l, respectivement, alors que l'analyse par le test *t* chez les petits ruminants reflète une différence non significative ($p>0,05$) (Tab. 14 ; Fig. 36).

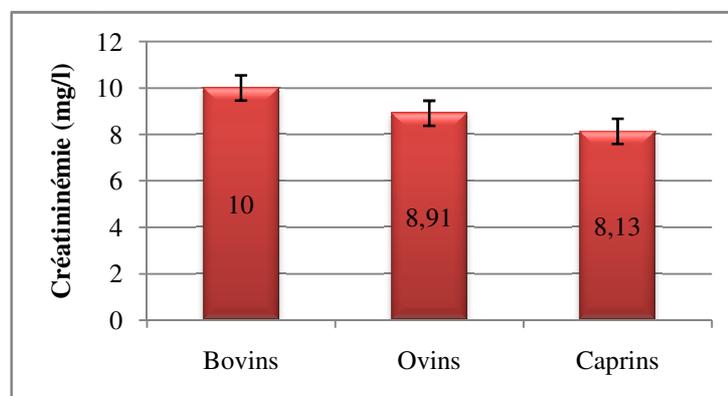


Figure n° 36 : Variations de la créatininémie en fonction de l'espèce animale.

Le niveau élevé constaté chez les bovins par rapport aux ovins est en accord avec les données d'Osman et Al-Busadah (2003) ($1,3 \pm 0,04$ mg/dl chez les vaches vs $1,0 \pm 0,03$ mg/dl chez les brebis).

La corrélation positive de la créatininémie avec la musculature justifie les valeurs trouvées ici chez les ruminants destinés à l'abattage. C'est donc un excellent moyen de discrimination des animaux, utilisé entre les bovidés culards et normaux (Ansay *et al.*, 1977).

Les variations intra-espèces présentent une augmentation remarquable de créatininémie ($p < 0,001$), mais qui reste toujours dans la fourchette des normes physiologiques, chez les ruminants adultes qu'est en accord avec les travaux de nombreux auteurs (Otto *et al.*, 2000 ; Ndlovu *et al.*, 2007 ; Prisacaru, 2014 ; Saraiva *et al.*, 2014) pour les bovins, (Bickhardt *et al.*, 1999 ; Rezaei-Roodbari et Zamiri, 2003 ; Al-Mujalli, 2012) pour les ovins, (Castro *et al.*, 1977 ; Hafid, 2006 ; Gwaze *et al.*, 2010) pour les caprins.

La croissance pondérale et le développement de l'animal associés à l'augmentation de la masse musculaire observée chez les adultes expliquent l'élévation physiologique de la créatininémie. En fait, la quantité de créatinine formée chaque jour dépend du contenu total de créatine, qui dépend de la prise alimentaire, du taux de synthèse de la créatine et de la masse du muscle (Piccione *et al.*, 2009). Egaleme nt, la concentration en créatinine permet de déterminer la masse musculaire, car une corrélation positive a été trouvée entre la concentration plasmatique de la créatinine et le poids de la carcasse, le rendement de l'abattage, et la proportion de viande dans la carcasse (Istasse *et al.*, 1990 ; Kim *et al.*, 2013). Cette augmentation est hormono-dépendante spécifiquement à l'effet du GH (Istasse *et al.*, 1990). Par contre, Carlos *et al.* (2015) montrent que la créatininémie n'est pas affectée par l'état d'embonpoint des ovins.

L'effet du sexe sur ce paramètre est négligeable chez les ruminants destinés à l'abattage, comme indiqué par (Otto *et al.*, 2000 ; Gregory *et al.*, 2004) pour les bovins, (Eshratkhah *et al.*, 2008 ; Sitmo, 2014 ; Durak *et al.*, 2015) pour les ovins, (Sharma *et al.*, 1990 ; Hassan *et al.*, 2013) pour les caprins, avec une légère élévation chez les mâles due à l'effet de la testostérone. Les femelles produisent moins de créatinine que les mâles en raison de leur masse musculaire plus faible (Alex et Laverne, 1983 ; Sitmo, 2014).

II.2- COMPOSITION BIOCHIMIQUE DE LA VIANDE ROUGE

Ce chapitre traite de l'effet de différents facteurs non génétiques (espèce, âge, sexe et type musculaire) sur la composition chimique de la viande. Malheureusement, les données bibliographiques concernant les espèces et les races locales étudiées sont rares, voire inexistantes dans ce domaine, ce qui peut rendre la comparaison de nos résultats avec ceux d'autres études quelque peu difficile. La discussion sera axée sur les facteurs de variation des compositions.

Certains auteurs comme (Geay *et al.*, 2002 ; Jibir *et al.*, 2010 ; Mirdhayati *et al.*, 2014) suggèrent que la composition chimique de tous les muscles des animaux de la même espèce est relativement constante et pas affectée de manière significative. La confirmation ou la négation de ces informations sera traitée plus loin.

II.2.1- L'humidité et la matière sèche (HO₂, MS)

Le muscle maigre contient environ 75 % d'eau (Offre et Knight, 1988). La plus grande partie, environ 85 %, est intra-myofibrillaire (Huff-Lonergan et Lonergan, 2005), le reste (15 %) étant extra-myofibrillaire (Hamm, 1975).

L'eau dans l'espace intra-myofibrillaire est située dans les myofibrilles, dans l'espace entre les filaments fins et épais (eau intra-myofibrillaire). L'eau dans l'espace extra-myofibrillaire est de localisation inter-myofibrillaire, inter et extra-fasciculaire. En outre, dans le muscle, l'eau se trouve sous trois formes, associée à des protéines, immobilisée, et sous une forme libre (Pearce *et al.*, 2011).

Les teneurs moyennes en humidité de la viande bovine (74,1 % en moyenne, soit 25,90 % de MS) obtenues dans cette étude sont dans l'intervalle des normes présentées par (Dawood, 1995 ; Mohammed, 2014) : 73 - 75 % ; 74,24 % respectivement.

Concernant les ovins, les teneurs moyennes en humidité (73,3 % en moyenne, soit 26,7 % de MS) obtenues figurent dans la fourchette de (Forrest *et al.*, 1975) : 65 - 80 %. Elles sont toutefois légèrement éloignées de celles d'El-Oumair et El-Haoues, (2003) : 72 %.

Pour les caprins, les teneurs moyennes en humidités obtenues (76,27 % en moyenne, soit 23,73 % de MS) sont globalement situées dans la fourchette des normes rapportées par (Devendra, 1988 ; Marinova *et al.*, 2001 ; Seoparno, 2005) : 74 - 76 %, 76,5 % et 60 - 85 % respectivement. Nos données sont un peu plus élevées que celles enregistrées par (Moawad *et al.*, 2013 ; Prasetyo *et al.*, 2013) : 72,3 % ; 68 - 75 % respectivement.

II.2.1.1- Les facteurs de variation d'humidité

II.2.1.1.1- Effet de l'espèce

Dans la présente étude, l'analyse comparative des résultats présentée dans le tableau 22 montre que la teneur en eau est significativement influencée par l'espèce, comme noté par Seoparno (2005). Elle est plus élevée chez les caprins que chez les bovins et ovins.

Tableau 22 : Variations de la teneur en humidité (%) en fonction de l'espèce animale.

	Bovins (n=60)	Ovins (n=64)	Caprins (n=60)	Signification		
				Bovins vs ovins	Bovins vs caprins	Ovins vs caprins
Muscle LD	73,20±1,79	72,74±1,77	76,19±2,36	***	***	***
Muscle BF	75,00±1,77	73,87±1,48	76,35±2,23	***	***	***

(*** : $p < 0,001$).

L'accroissement en humidité chez les caprins ($p < 0,001$) comparativement aux ovins a été également rapportée par (Babiker *et al.*, 1990 ; Mahgoub et Lodge, 1998 ; Sen *et al.*, 2004 ; Shija *et al.*, 2013). Murshed *et al.* (2014) révèlent également des teneurs élevées chez les caprins par rapport aux ovins (77,66±0,02 % pour la chèvre et 73,01±0,22 % pour le mouton).

La valeur élevée chez les bovins par rapport aux ovins précités est confirmée aussi par Karakök *et al.* (2010) qui trouvent 76,14±0,16 % pour les bovins et 70,38±0,03 % pour les ovins. La teneur élevée en eau chez les caprins ($p < 0,001$) comparativement aux bovins a été également observée par (Mohammed, 2014) (75,55±0,70 % pour les caprins vs 72,12±0,95 % pour les bovins).

Le niveau élevé d'humidité remarqué chez les caprins est en relation avec le type de chair de cette espèce, qui est considérée comme produisant une viande très maigre, riche en eau (Gagnon, 2000). En outre, les bovins ont une teneur en eau supérieure à celle des ovins, comme le montrent (Robelin et Theriez, 1981), qui indiquent que le poids adulte d'un bovin est approximativement 10 fois plus élevé que celui d'un ovin. La comparaison directe des résultats entre les deux espèces sur la base du stade de maturité montre des teneurs en eau très élevées chez les bovins.

II.2.1.1.2- L'effet de l'âge à l'abattage

L'âge et le poids à l'abattage sont analysés ensemble parce que, en prenant la même base génétique, un poids supérieur implique un âge plus élevé, sauf quand la nourriture est manipulée ou que l'animal est exposé à des périodes de fortes restrictions alimentaires (Guerrero *et al.*, 2013).

L'analyse statistique présentée dans le tableau 23 montre que le pourcentage moyen en eau au niveau des deux muscles prélevés chez ces ruminants est hautement influencé par l'âge ($p < 0,001$) (DiMarco, 1998 ; Madruga *et al.*, 1999 ; Dragomir, 2005).

La teneur importante en humidité chez les jeunes bovins constatée ici est en accord avec les données de Mojto *et al.* (2009) chez les vaches au-dessous et au-dessus de 4 ans d'âge à l'abattage (75,72 % vs 73,88 %). De plus, Hosain (2014) confirme nos résultats, où il trouve 75,57±1,29 % pour les bovins âgés de 2 ans, et 74,94±1,29 % pour les bovins âgés de plus de 3 ans. Nikmaram *et al.* (2011) constatent, eux, chez les bovins âgés de 1 à 3 ans, des teneurs en humidité de 73,45±0,66 %. Sadikul (2013) montre que l'humidité chez les bovins de différents groupes d'âge n'est pas influencée par ce facteur (>1,5 an, 1,5 - 2 ans et 2 - 3 ans) (74,00±0,96 % ; 72,62±1,59 % et 75,89±0,54 % respectivement).

L'augmentation hautement significative chez les jeunes ovins ($p < 0,001$) est enregistrée aussi par (Nigm *et al.*, 1993 ; Madruga *et al.*, 1999 ; Crăciun *et al.*, 2010 ; Tariq *et al.*, 2013).

Par contre, Schönfeldt *et al.* (2011) trouvent que l'humidité augmente avec l'avancement en âge (71,5 % pour les jeunes vs 73,8 % pour les adultes).

Les teneurs en eau significativement élevées chez les jeunes caprins ($p < 0,001$) sont aussi rapportées par (Marichal *et al.*, 2003 ; Beserra *et al.*, 2004 ; Arain *et al.*, 2010 ; Rahman *et al.*, 2012). Ilie *et al.* (2012) trouvent des valeurs moyennes en eau se situant entre 75,8 % et 79,4 % pour les jeunes, et entre 72,3 % et 74,7% pour les adultes. D'un autre côté, Wattanachant *et al.* (2008) signalent que l'humidité augmente de façon non significative avec l'âge chez les caprins (76,61±1,15 % pour les caprins âgés de 1 an, 77,73±0,25 % pour les caprins âgés de 3 ans, et 78,63±0,08 % pour les caprins âgés de 7 ans, de race Saanen x Thai native).

La croissance pondérale de l'animal s'accompagne d'une modification importante de la composition chimique de la masse corporelle (Sellier *et al.*, 1992), notamment la chair musculaire, qui est formée essentiellement par les muscles squelettiques de la carcasse. Elle représente en effet plus de la moitié du poids du corps. A la naissance, l'organisme est essentiellement constitué d'eau, généralement à plus de 70 %, les tissus conjonctifs sont humides et le grain est plus fin. Avec l'âge, les fibres musculaires s'épaississent, les faisceaux deviennent plus volumineux et se tassent, le grain devient plus serré, le tissu de contention prend de l'importance en rapport avec la fonte musculaire (Yadde, 1984), et la teneur en eau diminue considérablement avec l'âge des animaux.

Schématiquement, les animaux âgés ont une plus faible capacité à lier l'eau que les jeunes animaux (Zaujec *et al.*, 2010). De plus, les valeurs de la MS augmentent progressivement avec l'âge (Hamid *et al.*, 2008) dans le sens inverse de l'humidité.

Tableau 23 : Variations de la teneur en humidité (%) chez les ruminants, en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.

		Age		Sexe	
		Jeunes	Adultes	Mâles	Femelles
Bovins	n	(n=30)	(n=30)	(n=52)	(n=08)
	LD	74,38±1,21***	72,01±1,48	73,45±1,63***	71,58±2,08
	BF	76,02±1,74***	73,98±1,09	75,21±1,74***	73,68±1,50
Ovins	n	(n=25)	(n=39)	(n=(53)	(n=11)
	LD	74,30±0,96***	71,74±1,41	72,83±1,68	72,33±1,19
	BF	75,42±1,04***	72,88±0,60	74,08±1,64	73,83±1,46
Caprins	n	(n=30)	(n=30)	(n=(50)	(n=10)
	LD	78,07±1,34***	74,31±1,49	76,33±2,33	75,48±2,49
	BF	78,25±1,35***	74,44±0,93	76,46±2,23	75,78±2,28

(*** : $p < 0,001$).

II.2.1.1.3- L'effet du sexe

Chez les bovins, les teneurs moyennes en humidité des deux muscles étudiés sont affectées par le sexe ($p < 0,001$) ; elles sont élevées chez les mâles. Ce taux significatif observé chez les mâles est signalé aussi par (Zaujec *et al.*, 2010 ; Zhang *et al.*, 2010) (76,36±0,98 % vs 74,95±2,36 %, $p < 0,001$; 74,69±0,54 % vs 71,30±0,18 %, $p < 0,01$ chez les bovins Qinchuan respectivement). Cependant, Zaujec et Idriss (2013) révèlent une différence non significative

entre les deux groupes de sexe ($76,18 \pm 1,04$ % pour les mâles et $75,52 \pm 2,05$ % pour les femelles, $p > 0,05$).

La comparaison des moyennes chez les petits ruminants ne reflète aucune différence significative entre les deux groupes de sexe, comme noté par Johnson *et al.* (1995) pour les caprins, et (Horcada *et al.*, 1998 ; Brenman, 2012) pour les ovins, où nous observons une humidité modérément élevée chez les mâles, comme enregistré par (Pérez *et al.*, 2002 ; Cloete *et al.*, 2004) ($63,58$ % pour les mâles vs $61,12$ % pour les femelles ; $74,5 \pm 0,2$ % pour les mâles vs $73,9 \pm 0,2$ % pour les femelles), respectivement. Par contre, Madruga *et al.* (2006b) et Crăciun *et al.* (2010) trouvent des valeurs légèrement plus élevées chez les femelles ($75,03 \pm 0,58$ % pour les mâles et $75,46 \pm 0,50$ % pour les femelles).

Le sexe de l'animal se traduit dans la pratique par des compositions corporelles différentes. Les femelles ont un potentiel de croissance pondérale plus faible que celui des mâles entiers (Robelin et Geay 1984 ; Bass *et al.*, 1990 ; Micol *et al.*, 1993), ce qui explique l'obtention de valeurs faibles en humidité chez les femelles.

II.2.1.1.4- L'effet de la localisation anatomique des muscles

Dans cette étude, nous avons enregistré une variabilité de la teneur en humidité entre les deux muscles (Tab. 24 ; Fig. 37), comme le rapportent certains auteurs (Monin, 1991 ; El-Aqsha *et al.*, 2011).

Tableau 24 : Variations de la teneur en humidité (%) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.

	<i>LD</i>	<i>BF</i>
Bovins	$73,20 \pm 1,79$	$75,00 \pm 1,77^{***}$
Ovins	$72,74 \pm 1,77$	$73,87 \pm 1,48^{***}$
Caprins	$76,19 \pm 2,36$	$76,35 \pm 2,23$

(*** : $p < 0,001$).

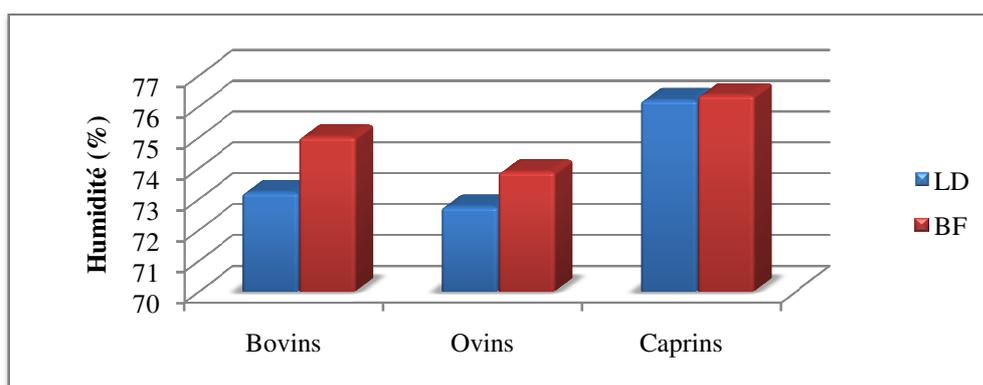


Figure n°37 : Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur en humidité.

Chez les bovins, s'agissant des teneurs obtenues pour le *LD*, nos résultats ressemblent strictement à ceux cités par Prado *et al.* (2008) ($73,4$ %) ; Ito *et al.* (2012) ($73,3$ %). Concernant le *BF*, les résultats sont proches de ceux cités par Istrati *et al.* (2012) ($76,8 \pm 1,78$ g/100 g), mais sont très élevés par rapport à ceux rapportés par De Almeida *et al.* (2006) : $72,48 \pm 1,57$ g/100 g.

D'après le tableau 24 et la figure n° 37, nous observons chez les bovins que la teneur en humidité est très importante au niveau du *BF* que le *LD* ($75,00 \pm 1,77$ % pour le *BF* vs $73,20 \pm 1,79$ % pour le *LD*, $p < 0,001$). Carvalho *et al.* (2013) corroborent nos résultats ($74,47 \pm 0,53$ % pour le *QF* et $72,02 \pm 0,37$ % pour le *LD*). (Prasetyo *et al.*, 2009 ; Prasetyo *et al.*, 2013), constatant également une légère élévation de la teneur en eau au niveau du *BF* ($76,04$ % pour le *BF* vs $75,77$ % pour le *LD*), tandis que (Ngadiyono *et al.*, 2008 ; Hidayat *et al.*, 2009) trouvent des différences non significatives entre *LD* et le *BF* chez les bovins Ongole ($74,26$ % pour le *LD* vs $73,71$ % pour le *BF* ; $75,00$ % pour le *LD* vs $74,42$ % pour le *BF* respectivement).

Concernant les ovins, l'augmentation au niveau du *BF* observée ici est similaire à celles rapportées par (Purbowati et Suryanto, 2000; Purbowati *et al.*, 2006), qui ont trouvé que la teneur en eau au niveau du *BF* était légèrement plus élevée qu'au niveau du *LD* ($74,93$ % pour le *LD* et $75,33$ % pour le *BF*), alors que (Dārāban *et al.*, 2009 ; Abdel-Aal et Mohamed, 2011) révèlent des différences non significatives et suggèrent que les pourcentages en humidité sont très similaires entre les deux portions musculaires ($75,34 \pm 0,13$ % pour le *LD* vs $75,20 \pm 0,76$ % pour le *BF* ; $74,55 \pm 0,19$ % pour le *LD* et $74,57$ % pour le *BF*, respectivement).

L'élévation remarquée au niveau du *BF* chez ces espèces pourrait être expliquée par l'augmentation du taux hydrique avec la vitesse de contraction du muscle (Ouali *et al.*, 1983), dont la libération d'eau dépend de la quantité de force physique exercée sur le muscle (Swatland, 1991 ; Morón-Fuenmayor et García, 2004). De plus, le *BF* est un muscle plus actif.

Pour les caprins, l'influence négligeable de la localisation anatomique du muscle observée ici est en accord avec les résultats de Park *et al.* (1991) et El-Aqsha *et al.* (2011) qui trouvent $77,49$ % pour le *LD* et $77,53$ % pour le *BF*.

II.2.2- La matière minérale (MM)

D'après Pearson et Young (1989), la matière minérale constitue le fluide intra, extracellulaire et peut également être liée aux tissus dans le muscle. Généralement, la teneur en cendres reflète fidèlement la teneur en minéraux, mais ne fait pas de distinction entre les minéraux.

Dans le présent travail, les teneurs moyennes obtenues en cendres chez les bovins ($1,21$ % en moyenne) sont en ligne avec les données d'Ezekwe *et al.* (1997), qui ont trouvé des valeurs situées entre $0,98$ % et $1,6$ %. Nos valeurs sont élevées par rapport à celles citées par (Gheisari *et al.*, 2009 ; Ito *et al.*, 2012) : $1,12$ % ; $1,09 \pm 0,02$ %, respectivement. Mais elles sont très basses par rapport à celles déterminées par Kim et Lee (2003) chez les bovins Hanwoo, dont le taux varie entre $1,58 \pm 0,39$ % et $1,67 \pm 0,34$ %.

Pour les ovins, le pourcentage moyen en MM obtenu (approximativement $1,08$ %) correspond aux normes citées par (Badiani *et al.*, 2004 ; Maranesi *et al.*, 2005) : $1,10$ %, $0,90$ - $1,20$ % respectivement, mais un peu éloigné de ceux enregistrés par Uriarte *et al.* (2000), qui trouvent $1,4$ %. Nos valeurs sont très élevées par rapport à celles citées par Brenman (2012) : $0,78$ - $0,82$ %.

Chez les caprins, le pourcentage moyen des cendres obtenues ($1,1$ % en moyenne) est dans la fourchette des normes établies par (Asaduzzaman *et al.*, 2009 ; Jibir *et al.*, 2010 ; Rahman *et al.*, 2012) : $1,08$ - $1,15$ % ; 1 - 2 % ; $0,87$ - $1,97$ % respectivement. Nos chiffres sont très

faibles comparativement à ceux obtenus par Shija *et al.* (2013)(4,40 %), et légèrement élevés comparativement aux données de Moniruzzaman *et al.* (2002) (0,65 - 0,85 %).

II.2.2.1- Les facteurs de variation des cendres

II.2.2.1.1- Effet de l'espèce

Tableau 25 : Variations de la teneur en MM (%) en fonction de l'espèce animale.

	Bovins (n=60)	Ovins (n=64)	Caprins (n=60)	Signification		
				Bovins	Bovins	Ovins
				vs ovins	vs caprins	vs caprins
Muscle LD	1,20±0,08	1,07±0,05	1,09±0,07	***	***	NS
Muscle BF	1,22±0,08	1,09±0,05	1,11±0,08	***	***	NS

(*** : $p < 0,001$; N.S. : non significatif).

Dans la présente étude, l'analyse comparative (par le test *t*) présentée dans le tableau 25 selon l'espèce montre que la teneur moyenne en MM au niveau des deux muscles est significativement élevée chez les bovins, alors que la différence entre les petits ruminants est négligeable.

L'augmentation notée chez les bovins par rapport aux ovins est observée aussi par Karakök *et al.* (2010) (1,09±0,00 % pour les bovins vs 1,00±0,03 % pour les ovins), et, par rapport aux caprins, est constatée par Mohammed (2014) (0,47±0,03 % pour les bovins vs 0,43±0,02 % pour les caprins, $p < 0,001$).

Concernant les petits ruminants, nos résultats sont confirmés par les travaux de (Shija *et al.*, 2013 ; Murshed *et al.*, 2014 ; Da Silva *et al.*, 2015), qui révèlent des différences non significatives (3,90 % pour les ovins et 4,40 % pour les caprins ; 0,95±0,005 % pour les caprins et 0,90±0,005 % pour les ovins, 0,96±0,03 % pour les ovins et 0,92±0,02 % pour les caprins, respectivement).

L'accroissement des valeurs en MM chez les bovins s'explique par la spécificité de cette espèce : les bovins, après la maturité, comparativement aux petits ruminants, présentent une évolution corporelle très importante surtout pour les races à viande ; ils se caractérisent par des masses musculaires très développées et probablement une quantité en cendre relativement importante.

II.2.2.1.2- Effet de l'âge à l'abattage

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 26.

Chez les bovins et les caprins, la composition chimique des deux muscles en MM est significativement affectée par l'âge ($p < 0,001$; $p < 0,001$). Les teneurs moyennes en MM sont considérablement élevées chez les adultes. Pour les bovins, nos résultats sont comparés pour confirmation avec ceux de Berg et Butterfield (1976). De plus, Hosain (2014) constate des teneurs élevées chez les adultes comparativement aux jeunes (1,09±0,12 % vs 1,13±0,12 %).

Pour les caprins, nos résultats sont en rapport avec les travaux de nombreux auteurs (Madruha *et al.*, 2002 ; Madruha *et al.*, 2006a ; Pieniak-Lendzion *et al.*, 2008 ; Wattanachant *et al.*, 2008 ; Ilie *et al.*, 2012 ; Rahman *et al.*, 2012).

Les changements physiologiques associés à l'avancement en âge tel que la croissance entraînent une augmentation synchronisée de la masse musculaire (cellules, fibres et tissus) et donc de la composition chimique, comme les cendres.

En revanche, chez les ovins, l'effet d'âge est évident, et nous constatons une augmentation remarquable de la teneur en MM chez les jeunes ($p < 0,001$; $p < 0,001$). Nigm *et al.* (1993) trouvent que le taux moyen en MM est très élevé chez les jeunes comparativement aux adultes ($1,23 \pm 0,04$ % pour les jeunes vs $0,85 \pm 0,04$ % pour les adultes). Aussi Schönfeldt *et al.* (2011) trouvent que la teneur en MM diminue avec l'avancement en âge chez les ovins ($2,88$ % vs $1,19$ %). Les recherches de ces auteurs confirment nos résultats. Par contre, (Robelin *et al.*, 1977 ; Hamid *et al.*, 2008) trouvent l'inverse de nos données ($0,88$ % pour les jeunes et $1,06$ % pour les adultes). Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer cette baisse chez les ovins adultes, par exemple l'influence directe des graisses sur la teneur en cendres des viandes (Pearson et Gillett, 1999).

Tableau 26 : Variations de la teneur en MM (%) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.

		Age		Sexe	
		Jeunes	Adultes	Mâles	Femelles
Bovins	n	(n=30)	(n=30)	(n=52)	(n=08)
	LD	1,17±0,06	1,24±0,07***	1,21±0,08*	1,15±0,06
	BF	1,18±0,05	1,26±0,09***	1,23±0,08***	1,15±0,04
Ovins	n	(n=25)	(n=39)	(n=53)	(n=11)
	LD	1,10±0,04***	1,06±0,06	1,07±0,06	1,07±0,03
	BF	1,12±0,03***	1,08±0,05	1,09±0,05	1,08±0,04
Caprins	n	(n=30)	(n=30)	(n=50)	(n=10)
	LD	1,05±0,04	1,14±0,05***	1,09±0,07	1,10±0,07
	BF	1,07±0,04	1,15±0,04***	1,11±0,06	1,11±0,02

(* : $p < 0,05$; *** : $p < 0,001$).

II.2.2.1.3- Effet du sexe

Chez les bovins, la composition chimique des deux muscles en MM est significativement influencée par le groupe sexuel ($p < 0,05$; $p < 0,001$) (Tab. 26). Les teneurs moyennes en MM sont considérablement élevées chez les mâles, comme rapporté par Eldin *et al.* (2013) ($1,19 \pm 0,07$ % pour les mâles vs $0,99 \pm 0,07$ % pour les femelles) et Zhang *et al.* (2010) chez les bovins Qinchuan. Les vaches abattues dans cette étude sont quasiment des vaches de réforme. Elles sont destinées à l'abattage après épuisement et diminution de performances zootechniques. Concernant la qualité nutritionnelle, la viande de ces dernières est caractérisée par un faible pourcentage en MM suite à l'homéostasie et aux changements du statut minéral durant les différentes périodes physiologiques (mobilisation des réserves pendant la gestation et la lactation), et à l'atrophie musculaire. De plus, les androgènes favorisent le dépôt des sels dans l'os.

Pour les petits ruminants, l'influence du sexe sur ce paramètre est négligeable. Les constatations révélées chez les ovins sont en accord avec les travaux de (Horcada *et al.*, 1998, Brenman, 2012). Ainsi, Hoffman *et al.* (2003) trouvent que la teneur en MM n'est pas affectée par le sexe chez les ovins Merino ($1,06$ % vs $1,06$ %), et Madruga *et al.* (2006b)

dévoilent des différences non significatives entre les deux sexes ($1,10 \pm 0,05$ % pour les mâles vs $0,98 \pm 0,06$ % pour les femelles, $p > 0,05$). Alors que (Pérez *et al.*, 2002 ; Cloetes *et al.*, 2004) enregistrent des augmentations significatives chez les femelles ($0,08$ % pour les mâles et $1,13$ % pour les femelles ; $1,17 \pm 0,01$ % pour les mâles et $1,24 \pm 0,01$ % pour les femelles, respectivement).

En ce qui concerne les caprins, les résultats sont en rapport avec les travaux de Laskar et Nath (2008) et Rodrigues *et al.* (2011), qui trouvent $1,07$ % de MM pour les chevreaux et $1,06$ % de MM pour les chevrettes.

II.2.2.1.4- Effet de la localisation anatomique des muscles

Tableau 27 : Variations de la teneur en MM (%) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.

	<i>LD</i>	<i>BF</i>
Bovins	$1,20 \pm 0,08$	$1,22 \pm 0,08$
Ovins	$1,07 \pm 0,06$	$1,09 \pm 0,06$
Caprins	$1,09 \pm 0,07$	$1,11 \pm 0,05$

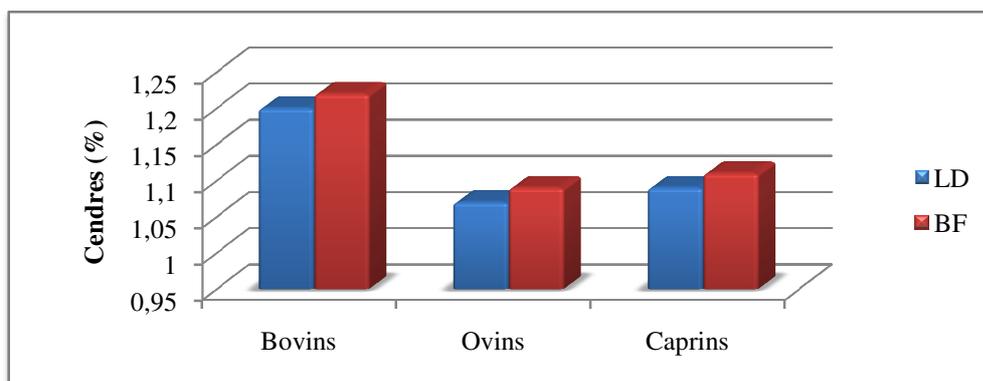


Figure n° 38 : Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur en cendres.

L'étude statistique en fonction du muscle prélevé chez les ruminants ne montre aucune différence significative ($p > 0,05$) (Tab. 27 ; Fig. 38).

Chez les bovins, l'observation d'une légère hausse au niveau du *BF* est en accord avec les travaux de Ngadiyono *et al.* (2008) ($0,96$ % pour le *LD* vs $0,98$ % pour le *BF*, $p > 0,05$). Ainsi, Prasetyo *et al.* (2009) ne constatent aucune différence significative avec une augmentation modérée au niveau *LD* ($1,37$ % pour le *LD* vs $1,30$ % pour le *BF*). Alors que Gheisari *et al.* (2009) trouvent des différences hautement significatives avec augmentation remarquable au niveau du *BF* ($1,17$ % pour le *BF* vs $1,05$ % pour le *LD*).

Pour les ovins, nos résultats sont en conformité avec les études de (Purbowati et Suryanto, 2000 ; Purbowati *et al.*, 2006), qui ne trouvent aucune différence significative entre les deux morceaux musculaires ($1,04$ % vs $1,06$ %, $p > 0,05$). De plus, Abdel-Aal et Mohamed (2011) trouvent également des valeurs constantes ($1,15 \pm 0,05$ % pour le *LD* vs $1,15 \pm 0,02$ % pour le *BF*).

En ce qui concerne les caprins, le taux de MM n'a pas varié en fonction du muscle prélevé et est en accord avec les résultats d'El-Aqsha *et al.* (2011) (1,03 % pour le *LD* vs 1,05 % pour le *BF*, $p>0,05$).

Les teneurs constantes en MM selon la localisation anatomique des muscles, et dans toute la carcasse (Schönfeldt *et al.*, 2011 ; Guzek *et al.*, 2015), pourraient être expliquées par la stabilité et l'immobilité de cette composante chimique qui est un élément structurel caractérisé par une répartition corporelle par unité cellulaire constante.

II.2.3- Les protéines brutes (PB)

Les protéines constituent, après l'eau, la fraction pondérale la plus importante. Les protéines musculaires peuvent se ranger dans trois groupes distincts : les protéines du tissu conjonctif, les protéines myofibrillaires et les protéines sarcoplasmiques (Frédot, 2005).

Les teneurs moyennes en PB de la viande bovine obtenues (21,28 %) sont en rapport avec celles de Buckle *et al.* (2007) (16 - 22 %). Nos résultats sont faibles par rapport à ceux désignés par Williams *et al.* (2007) (23,2 %) ; Ito *et al.* (2012) (22,56 %), mais sont élevés par rapport à ceux cités par (Christensen, 2012 ; Mohammed, 2014) : 17,38 % ; 21,07 % respectivement.

Les teneurs moyennes en PB de la viande ovine obtenues (20,15 %) sont compatibles avec les normes établies dans la littérature : 15 à 24 % (Badiani *et al.*, 2004 ; Maranesi *et al.*, 2005 ; Van Heerden *et al.*, 2007 ; Brenman, 2012).

Pour les caprins, les teneurs moyennes en PB obtenues dans cette étude (19,11 %) sont en rapport avec les travaux de nombreux auteurs : Judge *et al.* (1989) (13,12 - 24,06 %) ; Mohammad *et al.* (2010) (16 - 22 %). Le présent résultat est inférieur à celui rapporté par Schönfeldt (1989) (26,6 - 27,2 %) ; Shija *et al.* (2013) (23,45 %).

II.2.3.1- Les facteurs de variation des PB

II.2.3.1.1- L'effet de l'espèce

Tableau 28 : Variations de la teneur en PB en fonction de l'espèce animale.

	Bovins (n=60)	Ovins (n=64)	Caprins (n=60)	Signification		
				Bovins vs ovins	Bovins vs caprins	Ovins vs caprins
Muscle <i>LD</i>	21,12±1,43	19,93±1,02	18,85±3,02	***	***	**
Muscle <i>BF</i>	21,49±1,58	20,39±1,36	19,37±2,87	***	***	**

(*** : $p < 0,001$; ** : $p < 0,01$).

Dans cette étude, l'analyse comparative par le test *t* de Student selon l'espèce montre que la teneur en PB au niveau des deux fractions musculaires est significativement élevée chez les bovins et plus basse chez les caprins (Tab. 28). L'élévation observée chez les bovins par rapport aux ovins est également constatée par Karakök *et al.* (2010), qui trouvent 22,36±0,01 % pour les bovins et 18,75±0,09 % pour les ovins. L'accroissement par rapport aux caprins est enregistré également par Mohammed (2014) : 21,07±0,44 % pour les bovins et 20,32±0,71 % pour les caprins. Par contre, dans l'étude de Lijalem *et al.* (2015), les caprins ont un taux en

PB très important comparativement aux bovins et aux ovins ($20\pm 1,4$ % pour les chèvres, $19\pm 1,9$ % pour les moutons et $16,1\pm 2,1$ % pour les bœufs).

La différence de composition chimique de la viande était principalement d'effet espèce-dépendante (Guerrero *et al.*, 2013). Les races bovines et ovines abattues dans cette étude sont généralement des races à viande avec des facteurs génétiques spécifiques responsables d'un développement musculaire bien plus important (charge en fibres musculaires et tissus conjonctifs) que les races caprines.

II.2.3.1.2- Effet de l'âge à l'abattage

L'analyse inter-espèce chez les ruminants montre que la teneur moyenne en PB au niveau des deux muscles prélevés est hautement influencée par l'âge ($p < 0,001$) (Tab. 29) ; elle est très élevée chez les adultes.

Tableau 29 : Variations de la teneur en PB (%) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.

		Age		Sexe	
		Jeunes	Adultes	Mâles	Femelles
Bovins	n	(n=30)	(n=30)	(n=52)	(n=08)
	LD	20,42±0,80	21,83±1,52***	21,29±1,44*	20,06±0,83
	BF	20,51±0,51	22,46±1,61***	21,57±1,68*	20,96±0,49
Ovins	n	(n=25)	(n=39)	(n=53)	(n=11)
	LD	19,09±0,87	20,46±0,72***	20,02±1,05	19,47±0,80
	BF	18,93±0,66	21,32±0,73***	20,53±1,39	19,7±0,97
Caprins	n	(n=30)	(n=30)	(n=50)	(n=10)
	LD	16,06±1,05	21,64±1,20***	18,91±3,02	18,59±3,19
	BF	16,77±1,05	21,96±1,32***	19,54±2,79	18,50±3,24

(* : $p < 0,05$; *** : $p < 0,001$).

La teneur importante en PB chez les bovins adultes constatée ici est en accord avec les données de Mojto *et al.* (2009) chez les vaches au-dessous et au-dessus de 4 ans d'âge à l'abattage (19,98 % vs 20,57 %). Atif *et al.* (2014) révèlent aussi 19,10±0,16 % pour les jeunes vs 21,42±0,21 % pour les adultes, tandis que Hosain (2014) ne révèle aucune différence entre les deux groupes d'âge (26,38±1,89 % vs 26,75±1,89 %). Sadikul (2013) révèle de son côté que la MAT est décroisée significativement avec l'avancement en âge chez les bovins de différents âges (85,49±0,46 % ; 81,37±2,32 % et 69,15±0,73 %).

En ce qui concerne les petits ruminants, nos constatations sont similaires à celles obtenues par (Niedziolka *et al.*, 2006 ; Arain *et al.*, 2010 ; Ilie *et al.*, 2012) pour les caprins et (Tariq *et al.*, 2013) pour les ovins. Toutefois, Nigm *et al.* (1993) montrent que la teneur en PB chez les ovins Merino n'est pas influencée par l'âge (20,9±0,32 % vs 20,7±0,62 %), tandis que, Hamid *et al.* (2008) trouvent que le taux en PB est décroisé avec l'avancement en âge.

Ces résultats sont expliqués par la tendance à l'augmentation des niveaux moyens en PB avec l'âge (Oliveira, 2011).

II.2.3.1.3- Effet du sexe

Chez les bovins, la composition chimique des deux muscles en PB est légèrement influencée par le sexe ($p < 0,05$) (Tab. 29). Les teneurs élevées chez les mâles sont remarquées également par Zhang *et al.* (2010) chez les bovins Qinchuan ($23,88 \pm 0,51$ % vs $22,39 \pm 0,26$ %, $p < 0,05$), et Eldin *et al.* (2013) ($20,92$ % vs $19,97$ %, $p < 0,01$). Cependant (Zaujec *et al.*, 2010 ; Zaujec et Idriss, 2013) ne révèlent aucune différence significative entre les deux groupes sexuels ($21,00 \pm 0,49$ % pour les mâles vs $20,39 \pm 0,99$ % pour les femelles ; $20,86 \pm 0,48$ % pour les mâles vs $20,52 \pm 0,65$ % pour les femelles), alors que (Weglarz, 2010 ; Li *et al.*, 2014) constatent une élévation modérée chez les femelles.

Chez les ovins, l'effet du sexe dans la présente étude est négligeable, comme rapporté par (Horcada *et al.*, 1998 ; Brenman, 2012 ; Margetin *et al.*, 2013), avec une légère augmentation chez les mâles. Cela est prouvé aussi par les travaux de (Pérez *et al.*, 2002 ; Hoffman *et al.*, 2003), qui trouvent que la teneur en PB n'est pas affectée par le sexe chez les ovins Suffolk ($18,40$ % vs $18,18$ %) et les ovins Merino ($16,62$ % pour les mâles vs $16,46$ % pour les femelles, respectivement). En ce qui concerne les caprins, l'analyse statistique n'est pas significative, comme noté par Rodrigues *et al.* (2011), qui trouvent $22,11$ % pour les mâles et $22,21$ % pour les femelles.

La différence entre les deux sexes, aussi bien dans le développement des différents tissus que dans la composition de la carcasse, est extériorisée par l'effet anabolisant des hormones sexuelles chez les mâles entiers (effet des androgènes), ce qui conduit à un plus grand développement musculaire en augmentant la synthèse des protéines (Tshabalala, 2000 ; Toplu, 2014). Les mâles de l'espèce bovine et ovine ont plus de tissu conjonctif intramusculaire que les femelles, donc des carcasses plus lourdes (Bogosavljevic-Boskovic, 2006). Pour les caprins, la similarité des résultats s'explique par le facteur génétique de cette race.

II.2.3.1.4- Effet de la localisation anatomique des muscles

Tableau 30 : Variations de la teneur en PB (%) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.

	<i>LD</i>	<i>BF</i>
Bovins	$21,12 \pm 1,43$	$21,49 \pm 1,58$
Ovins	$19,93 \pm 1,02$	$20,39 \pm 1,36^*$
Caprins	$18,85 \pm 3,02$	$19,37 \pm 2,87^*$

(* : $p < 0,05$).

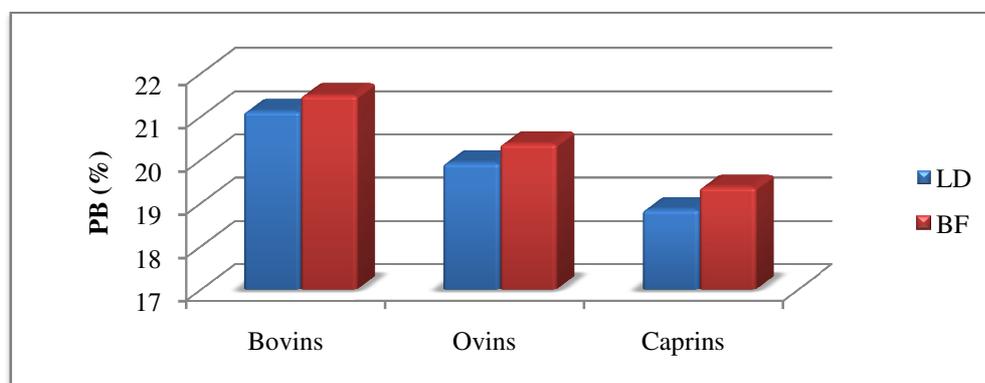


Figure n° 39 : Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur en PB.

Chez les bovins l'analyse statistique, illustrée dans le tableau 30 et la figure 39, ne montre aucune variation en PB entre les deux muscles, comme rapporté par Patten *et al.* (2014) et Prasetyo *et al.* (2009), qui trouvent des valeurs constantes entre les deux muscles (21,07 % pour le LD vs 21,08 % pour le BF). De plus, l'augmentation non significative observée au niveau du BF est révélée aussi par d'autres auteurs (Ngadiyono *et al.*, 2008 ; Hidayat *et al.*, 2009), qui trouvent (21,77 % pour le LD vs 22,43 % pour le BF ; 20,25 % pour le LD vs 21,12 % pour le BF, respectivement).

Pour les petits ruminants, la teneur en PB varie en fonction de la localisation anatomique des muscles. Cela est rapporté également par Hamid *et al.* (2008). L'augmentation modérée ($p < 0,05$) au niveau du BF est citée aussi par El-Aqsha *et al.* (2011), qui révèlent 18,79 % au niveau du BF vs 16,65 % au niveau du LD chez les caprins d'un an d'âge, alors que (Purbowati et Suryanto, 2000 ; Purbowati *et al.*, 2006 ; Abdel-Aal et Mohamed, 2011) suggèrent que le taux de protéines est presque constant dans les deux muscles ($19,29 \pm 0,77$ % pour le LD vs $19,43 \pm 0,50$ % pour le BF, $p > 0,05$).

La variabilité dans la teneur en PB s'explique par l'augmentation du taux des fibres musculaires au niveau du muscle (Guzek *et al.*, 2015), en lien avec l'activité et le type métabolique du muscle.

II.2.4- La matière grasse (MG)

Les lipides intramusculaires sont représentés, d'une part, par des cellules adipeuses le long des fibres musculaires ou sous forme de fines inclusions intracellulaires et, d'autre part, par les lipides constitutifs des membranes (Gandemer, 1992).

La teneur en MG de la viande bovine obtenue dans la présente étude est de 2,81%. Elle est en accord avec les données de (Sadler *et al.*, 1993 ; Sinclair *et al.*, 1999 ; Williams *et al.*, 2007) (2,8 %) ; Prasetyo *et al.* (2013) (0,5 - 13 %) ; Mohammed (2014) (2,74 %). Ces chiffres sont inférieurs par rapport à ceux rapportés par (Kim et Lee, 2003) (6,13 - 9,87 % chez les bovins Hanwoo), Christensen (2012) (3,2 %).

La teneur en MG de la viande ovine obtenue est de 4,96 %. Elle est sensiblement en accord avec les données de (Purbowati *et al.*, 2006 ; Tariq *et al.*, 2013) : 3,96 - 5,06 % ; 4,02 %, respectivement. Ces chiffres sont élevés par rapport à ceux rapportés par (El-Aal et Suliman, 2008) (2,41 %) ; Solomon *et al.* (1990) (3,80 %) ; Martinez-Cerezo *et al.* (2005) (1,28 - 2,79 %). Ils sont bas par rapport à ceux rapportés par (Uriarte *et al.*, 2000 ; Lijalem *et al.*, 2015) : 5 - 6 % ; $6,4 \pm 1,5$ %, respectivement.

Pour les caprins, la teneur en lipides obtenue (2,79 %) est en accord avec les données d'Elkhidir *et al.* (1998) (2,8 %) ; Schönfeldt (1989) (2,6 - 7,1 %) ; Wattanachant *et al.* (2008) (1,14 - 3,16 %). Ils sont supérieurs à ceux cités par Arguello *et al.* (2004) (1,54 %) ; Shija *et al.* (2013) (2,49 %).

II.2.4.1- Les facteurs de variation de la MG

II.2.4.1.1- L'effet de l'espèce

Dans cette étude, l'analyse comparative selon l'espèce animale montre que la teneur en MG au niveau des deux fractions musculaires est significativement élevée chez les ovins. L'analyse statistique révèle des variations similaires entre les bovins et les caprins ($p > 0,05$).

La teneur supérieure en MG chez les ovins comparativement aux bovins est aussi constatée par Enser *et al.* (1996). Karakök *et al.* (2010) trouvent également 8,79±0,20 % pour les ovins, 1,27±0,12 % pour les bovins (p<0,001).

La teneur supérieure chez les ovins comparativement aux caprins observée ici est en rapport avec les données de Sen *et al.* (2004). (Shija *et al.*, 2013 ; Da Silva *et al.*, 2015) enregistrent également des valeurs élevées : 5,82±0,76 % de MG pour les ovins, 2,49±0,76 % pour les caprins, p<0,001 ; 2,65±0,99 % pour les ovins vs 1,43±0,35 % pour les caprins, respectivement.

Tableau 31 : Variations de la teneur en MG (%) en fonction de l'espèce animale.

	Bovins (n=60)	Ovins (n=64)	Caprins (n=60)	Signification		
				Bovins	Bovins	Ovins
				vs ovins	vs caprins	vs caprins
Muscle LD	3,48±0,85	5,50±0,94	3,21±0,75	***	NS	***
Muscle BF	2,15±0,74	4,12±0,65	2,37±0,80	***	NS	***

(*** : p < 0,001 ; N.S. : non significatif).

La différence non significative entre les bovins et les caprins est remarquée également par Mohammed (2014) (2,74±0,80 % pour les bovins et 1,66±0,17 % pour les caprins), Lijalem *et al.* (2015) (5,4±0,8 % pour le bœuf et 5,3±0,6 % pour la chèvre).

Les bovins de boucherie, races tardives, ont, en général, un potentiel plus élevé de croissance et de dépôt de graisse plus tardif que les races d'animaux à maturité précoce (Irshad *et al.*, 2012). Les valeurs importantes en graisse intramusculaire chez les ovins liés probablement à l'effet d'alimentation et l'engraissement.

II.2.4.1.2- L'effet de l'âge à l'abattage

D'après le tableau 31, nous observons que le taux de la MG est significativement influencé par l'âge chez ces ruminants (p<0,001). Les teneurs importantes de MG observées chez les bovins adultes sont en accord avec les données de nombreux auteurs (Mojto *et al.*, 2009 ; Li *et al.*, 2011 ; Atif *et al.*, 2014), tandis que (Sadikul, 2013; Hosain, 2014) ne révèlent aucune différence avec l'avancement en âge chez les bovins de différents âges (3,36±0,02 % vs 3,38±0,02 % ; 4,29±1,81 % vs 4,56±1,81 %, respectivement).

Pour les petits ruminants, l'augmentation de la teneur en MG chez les adultes est similaire aux données dévoilées par (Stankov *et al.*, 2002 ; Beserra *et al.*, 2004 ; Arian *et al.*, 2010 ; Ilie *et al.*, 2012) pour les caprins et (Martínez-Cerezo *et al.*, 2005 ; McPhee *et al.*, 2008 ; Crăciun *et al.*, 2010) pour les ovins. De plus, Nigm *et al.* (1993) constatent que la valeur en MG est doublée chez les adultes Merino (1,92±0,32 % vs 4,94±0,19 %), et Hamid *et al.* (2008) trouvent que le taux MG s'élève avec l'avancement en âge : 9,22 % et 11,67 %.

L'augmentation de la teneur en MG s'explique par l'augmentation simultanée du poids et de l'âge chez le ruminant en croissance (Pethick *et al.*, 2005), qui s'accompagne généralement d'une augmentation de la teneur en lipides intramusculaires, liée parallèlement à une augmentation du nombre et de la taille des adipocytes intramusculaires (Nicastro *et al.*, 2000). Ainsi, le jeune se distingue par une forte proportion d'eau et de tissu conjonctif et une faible proportion de lipides, contenus dans de petites cellules. Lorsque l'animal vieillit, les dépôts de

graisse, en particulier les dépôts internes, s'accroissent principalement avec une augmentation de la taille de la cellule, et une diminution de la proportion de l'eau et du tissu conjonctif dans le tissu. Le diamètre de la cellule de graisse chez les animaux adultes peut varier entre 100 et 250 μm , ce qui correspond à une différence de plus de huit fois en termes de capacité de stockage (Lawrence et Fowler, 1997).

De plus, chez les animaux de boucherie, l'augmentation de la masse de tissu musculaire et la teneur en protéines dans la carcasse est presque linéaire de la naissance à la maturité et l'abattage. L'augmentation de la graisse dans cette période est plus rapide que la croissance de muscle, et à la fin de la période d'engraissement, elle dépasse l'intensité de la croissance musculaire de presque 200 % (Čepin et Žgur, 2000).

Tableau 32 : Variations de la teneur en MG (%) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.

		Age		Sexe	
		Jeunes	Adultes	Mâles	Femelles
Bovins	n	(n=30)	(n=30)	(n=52)	(n=08)
	LD	2,71±0,32	4,25±0,36***	3,37±0,86	4,15±0,31***
	BF	1,53±0,36	2,78±0,42***	2,06±0,74	2,75±0,34***
Ovins	n	(n=25)	(n=39)	(n=53)	(n=11)
	LD	4,60±0,55	6,08±0,65***	5,47±0,84	5,67±1,36
	BF	3,56±0,44	4,47±0,50***	3,86±0,74	4,17±0,62
Caprins	n	(n=30)	(n=30)	(n=50)	(n=10)
	LD	2,81±0,73	3,60±0,54***	3,18±0,80	3,33±0,40
	BF	1,91±0,74	2,83±0,56***	2,33±0,83	2,56±0,58

(*** : $p < 0,001$).

II.2.4.1.3- L'effet du sexe

L'analyse statistique des résultats représentée dans le tableau 32 montre que le taux de MG est élevé chez les femelles. L'augmentation significative ($p < 0,001$) signalée chez les vaches est en accord avec les résultats de nombreux auteurs (Monin et Ouali, 1991 ; Frickh *et al.*, 2003 ; Litwinczuk *et al.*, 2006 ; Lazzaroni et Biagini, 2008 ; Filipčík *et al.*, 2009 ; Zaujec *et al.*, 2010 ; Zhang *et al.*, 2010). Ainsi, (Eldin *et al.*, 2013 ; Zaujec et Idriss, 2013) dévoilent la même chose (3,96±0,14 % pour les femelles vs 2,80±1,3 % pour les mâles ; 3,06±1,96 % pour les femelles vs 1,81±0,82 % pour les mâles, respectivement). Par contre, Li *et al.* (2014) ne constatent aucune différence significative entre les mâles et les femelles de race Angus x Chinese Xiangxi yellow.

Concernant les petits ruminants, la comparaison des moyennes ne reflète aucune différence significative, avec une légère augmentation chez les femelles. Ces révélations sont en accord avec les données de certains auteurs (Horcada *et al.*, 1998 ; Hoffman *et al.*, 2003 ; McPhee *et al.*, 2008 ; Crăciun *et al.*, 2010 ; Brenman, 2012 ; Margetín *et al.*, 2013).

L'effet du sexe est principalement lié à la quantité de graisse déposée, au site de dépôt, au taux de croissance et au rendement de la carcasse. Les femelles sont plus touchées que les mâles en raison de leur précocité plus importante (Guerrero *et al.*, 2013). De plus, en lien avec l'effet des hormones, ou plus spécifiquement avec la réponse musculaire à l'action de ces hormones (Li *et al.*, 2014), les femelles déposent plus de graisse que les mâles.

II.2.3.1.4- L'effet de la localisation anatomique des muscles

Les résultats illustrés dans le tableau 33 et la figure n° 40 montrent que la teneur en MG est fortement influencée par la localisation anatomique du muscle, comme rapporté par (Gandemer, 1992 ; Hamid *et al.*, 2008). De plus, nous observons un taux significativement important au niveau du *LD* par rapport au *BF* chez les ruminants étudiés.

Tableau 33 : Variations de la teneur en MG chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.

	<i>LD</i>	<i>BF</i>
Bovins	3,48±0,85**	2,15±0,74
Ovins	5,42±0,86***	4,12±0,65
Caprins	3,21±0,75***	2,37±0,80

(** : p < 0,01 ; *** : p < 0,001).

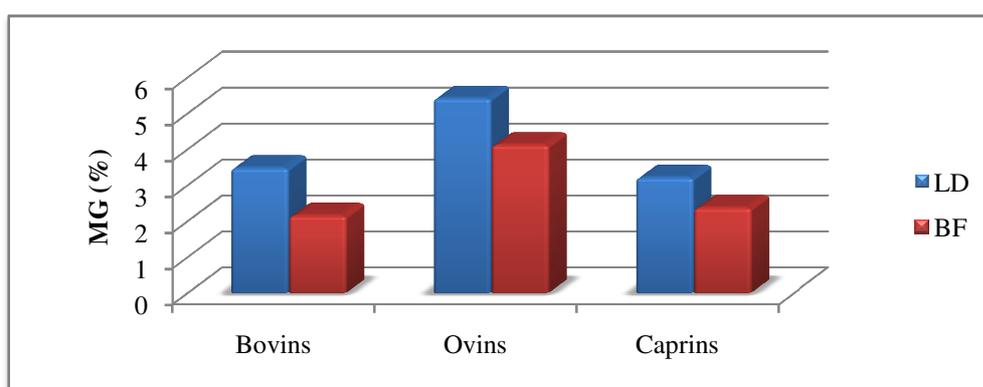


Figure n° 40 : Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur en MG.

Pour les bovins, l'augmentation révélée au niveau du *LD* (3,48±0,85 % vs 2,15±0,74 % ; p<0,001) est en accord avec les données de (Ngadiyono *et al.*, 2008 ; Hidayat *et al.*, 2009 ; Prasetyo *et al.*, 2009), qui trouvent une augmentation plus au moins significative au niveau du *LD* (1,08 % pour le *LD* vs 0,98 % pour le *BF* ; 3,47 % pour le *LD* vs 3,41 % pour le *BF* ; 1,12 % pour le *LD* vs 0,98 % pour le *BF*, respectivement). Nos résultats sont confirmés par les travaux de Quaresma *et al.* (2004) chez les bovins Arouquesa-PDO, et de Cifuni *et al.* (2004) chez les bovins Podolian.

Pour les ovins, les résultats (5,42±0,86 % vs 4,12±0,65 % ; p<0,001) sont corroborés par ceux de (Purbowati et Suryanto, 2000 ; Purbowati *et al.*, 2006), qui obtiennent (3,10 % pour le *LD* vs 2,16 % pour le *BF* ; 4,41 % pour le *LD* vs 4,06 % pour le *BF*, respectivement). Par contre, (Abdel-Aal et Mohamed, 2011) trouvent des différences non significatives avec une légère augmentation au niveau du *BF* chez les ovins (3,58±0,32 % pour le *LD* vs 3,63±0,70 % pour le *BF*).

Chez les caprins, la teneur en MG influencée par le type musculaire est rapportée également par (Park *et al.*, 1991 ; El-Aqsha *et al.*, 2011) (2,27 % pour le *LD* vs 2,03 % pour le *BF* ; 1,96 % pour le *LD* vs 2,03 % pour le *BF*, respectivement).

L'activité contractile, la typologie et le métabolisme des fibres musculaires sont les responsables primordiaux de la composition chimique en MG des muscles. Dans la plupart des cas, les muscles sont constitués d'un mélange de différents types de fibres dans des proportions qui varient selon leur fonction et leur localisation anatomique. Les muscles de la

posture sont caractérisés par une dominante de fibres I ou fibres lentes de type oxydatif qui utilisent les lipides comme source d'énergie pour se contracter (Chriki, 2013), tandis que les muscles de forte activité contractile sont caractérisés par une dominante de fibres de type rapide glycolytique, qui utilisent exclusivement les sucres comme source d'énergie (glucose et glycogène).

Le type de fibres des muscles constitue un sujet de débat très important en raison des résultats contradictoires générés par les nombreuses expériences menées dans différents pays avec différents types d'animaux et/ou différents muscles. Par exemple, (Zamora, 1997 ; Guzek *et al.*, 2015) ont montré que le *LD* chez les bovins, les ovins et les caprins mâles castrés (Dinh, 2010 ; Dinh *et al.*, 2011) est un muscle riche en fibre II, possède un métabolisme glycolytique et une contraction rapide, donc un taux de lipides faibles. A contrario, les études de Picard *et al.* (2006 ; 2007) montrent que les muscles *Longissimus thoracis* sont de type oxydatif, riches en lipides totaux. Une étude réalisée par Costa *et al.* (2006a) sur les veaux Maronesa trouve que le *LD* contient 55,88 % de fibres oxydatives et 44,12 % de fibres glycotiques, tandis que le *BF* est composé de 55,41 % de fibres oxydatives et 44,59 % de fibres glycolytiques. Ces contradictions pourraient être expliquées par l'effet de la race et du sexe.

Cependant, la teneur en lipides du muscle n'est pas uniquement liée au type métabolique des fibres, mais dépend aussi de la propension et de la capacité de chaque muscle à accumuler les cellules adipeuses dans son espace intercellulaire (Kauffman et Safanie, 1967). Selon Essen-Gustavsson *et al.* (1994), les lipides stockés dans les adipocytes intramusculaires sont quantitativement plus importants, et non pas reliés avec le type de fibre musculaire.

Ainsi, il a été observé que les muscles de la partie avant de la carcasse (généralement plus oxydatifs) sont souvent plus riches en lipides que ceux de la partie arrière de l'animal. L'absence de relation entre la teneur en lipides intramusculaires et la fréquence des types de fibres musculaires s'explique par le fait que la majeure partie de la variation de la teneur en lipides entre muscles est en fait liée à des différences dans le nombre d'adipocytes intramusculaires situés entre les faisceaux de fibres (Gondret et Hocquette, 2006).

C'est pourquoi la relation entre teneur en lipides et type métabolique n'est pas étroite. Donc, il est classique de dire que la teneur en lipides dépend de la localisation anatomique des muscles dans la carcasse.

II.2.5- Les fractions lipidiques musculaires

II.2.5.1- Le cholestérol total

Dans le muscle, le cholestérol est présent comme un élément structural essentiel des membranes cellulaires, où il assure la fluidité ; il peut être stocké sous forme d'esters de cholestérol dans les gouttelettes lipidiques. D'après Hoelscher *et al.* (1988), les cellules musculaires contiennent 60 à 80 % du cholestérol dans la membrane cellulaire, et 20 à 40 % dans le cytoplasme.

Dans la présente étude, nous observons que les teneurs moyennes en cholestérol total de la viande bovine obtenues (62,55 mg/100 g) sont en rapport avec celles de (Rhee *et al.*, 1982a ; Rhee *et al.*, 1982b ; Hoelscher *et al.*, 1988 ; Dinh *et al.*, 2011) : 62 mg/100 g ; 51- 66 mg/100 g ; 60,9 - 63,5 mg/100 g ; 43 - 84 mg/100 g, respectivement. Elles sont très élevées par rapport à celles rapportées par (Stromer *et al.*, 1966 ; Badiani *et al.*, 2002) : 36 - 46 mg/100 g ; 48 - 55 mg/100 g, respectivement.

Dans la viande ovine, les taux moyens en cholestérol total obtenus (55,14 mg/100 g) sont proches de ceux notés par (Zapata *et al.*, 2001 ; Brenman, 2012) : 54,43 - 60,05 mg/100 g ; 55,24 mg/100 g. Nos valeurs sont faibles par rapport aux données de (Solomon *et al.*, 1990 ; Lubbadah *et al.*, 1999), qui trouvent 66,6 mg/100 g ; 67,1 - 68,3 mg/100 g, respectivement. Mais elles sont très élevées par rapport à celles citées par (Monteiro et Shimokomaki, 1999) : 39,16 mg/100 g.

Pour les caprins, les teneurs moyennes en cholestérol total obtenues (53,21 mg/100 g) sont proches des normes citées par (Rao *et al.*, 2003 ; Madruga *et al.*, 2006) (50,3 - 56,3 mg/100 g ; 51,8 - 74,1 mg/100 g respectivement). Nos chiffres sont très bas par rapport à ceux notés par (Park *et al.*, 1991 ; Almeida *et al.*, 1990 ; Santos-Filho *et al.*, 2005 ; Madruga *et al.*, 2009 ; El-Aqsha *et al.*, 2011) : 57,8 - 70 mg/100 g ; 61,5 - 76,1 mg/100 g ; 54,4 mg/100 g ; 56,55 - 64,64 mg/100 g ; 78,84 mg/100 g, respectivement.

II.2.5.1.1- Les facteurs de variation du cholestérol total

II.2.5.1.1.1- L'effet de l'espèce

Tableau 34 : Variations de la teneur en cholestérol total (mg/100 g) en fonction de l'espèce animale.

	Bovins (n=60)	Ovins (n=64)	Caprins (n=60)	Signification		
				Bovins vs ovins	Bovins vs caprins	Ovins vs caprins
Muscle LD	62,72±5,01	55,93±2,40	50,87±1,08	***	***	NS
Muscle BF	62,39±4,96	54,36±2,32	55,56±2,40	***	***	NS

(*** : p < 0,001 ; N.S. : non significatif).

L'analyse comparative selon l'espèce montre que la teneur en cholestérol total au niveau des deux fractions musculaires est significativement très élevée chez les bovins. Le niveau élevé constaté chez les bovins par rapport aux petits ruminants, par exemple les caprins, est également enregistré par Alamin *et al.* (2014), qui trouvent 73,60±6,73 mg/100 g pour les bovins et 71,20±5,81 mg/100 g pour les caprins (p<0,01). Par contre, (Wheeler *et al.*, 1987 ; Madruga *et al.*, 2002 ; Kadim et Mahgoub, 2012) notent que le taux de cholestérol est identique chez les bovins, les ovins et même chez les caprins, alors que (Chizzolini *et al.*, 1999 ; Moreira *et al.*, 2003) indiquant que les bovins ont le taux le plus faible en cholestérol comparativement à d'autres espèces animales.

Les variations quantitatives entre espèces du cholestérol, plus ou moins significatives, peuvent être expliquées par la différence dans l'absorption, la biosynthèse, le métabolisme des lipoprotéines, le régime alimentaire (Bressan *et al.*, 2001), le type génétique de l'animal, le poids, la teneur en gras et la taille de la cellule (Dinh *et al.*, 2011), sans oublier la technique de quantification (De Almeida *et al.*, 2006).

II.2.5.1.1.2- L'effet d'âge à l'abattage

D'après le tableau 35, nous observons que le taux en cholestérol total est significativement influencé par l'âge chez les ruminants (p<0,05 ; p<0,01 ; p<0,001). Une hausse remarquable est constatée chez les bovins et les caprins adultes. Cependant, chez les ovins, une baisse significative est révélée chez les adultes.

Les teneurs importantes en cholestérol total observées chez les bovins adultes sont en accord avec les travaux de Hoelscher *et al.* (1988). Prado *et al.* (2009) révèlent également des valeurs faibles chez les jeunes bovins de race Purunã (42,1 mg/100 g), tandis que Faustman *et al.* (1992) constatent que les teneurs en cholestérol total décroissent avec l'avancement en âge. Une influence négligeable du facteur de l'âge et du poids à l'abattage sur la teneur en cholestérol est remarquée dans plusieurs études (Huerta *et al.*, 1996 chez les bovins de boucherie du Venezuela ; Wheeler *et al.*, 1987 ; Perham, 2014). La similarité des valeurs pour les taureaux et les bouvillons, avec une moyenne globale de 45,72 mg/100g de muscle, est également observée par Padre *et al.* (2006).

Pour les caprins, l'augmentation de la teneur en cholestérol total légèrement révélée chez les adultes est similaire aux données dévoilées par (Madruga *et al.*, 1999 ; Madruga *et al.*, 2001 ; Beserra *et al.*, 2004 ; Zabelina et Reizbikh, 2010). Par contre, Mirdhayati *et al.* (2014) trouvent des différences non significatives entre les caprins âgés de moins et de plus de 1,5 an, alors que Pratiwi *et al.* (2006) constatent une diminution de la teneur en cholestérol total avec l'avancement en âge et l'augmentation du poids à l'abattage (60,3 mg/100g pour l'âge d'un an ; 57,5 mg/100g pour l'âge d'un an et demi, et 55,2 mg /100 g pour l'âge de deux ans).

Chez ces ruminants, l'avancement en âge, associé à l'augmentation de la taille et au nombre de fibres musculaires (lie à la croissance et à la maturité), se traduit par la formation des nouvelles membranes cellulaires et subcellulaires des organites (mitochondries, RE). Cette néo-synthèse est accompagnée par l'augmentation de la teneur en cholestérol total, qui est un des éléments structurels de base, et même de stockage.

Pour les ovins, la forte baisse observée chez les adultes est en rapport avec les constats de Santos-Cruz *et al.* (2012) qui notent un décroissement linéaire du cholestérol avec l'avancement en âge chez les ovins non castrés de 62,74 à 53,94 mg/100g. Ariádne (2014) constate aussi 65,92 mg/100g chez les agneaux et 62,55 mg/100g chez les adultes.

Ce décroissement est expliqué par l'avancement en âge (Kłosowska *et al.*, 1998 ; Arsenos *et al.*, 2000), l'augmentation du poids à l'abattage (Batista, 2008), et l'augmentation de la teneur en gras (Tu *et al.*, 1967), qui peut influencer négativement le taux de cholestérol. Par contre, Chizzolini *et al.* (1999) indiquent que l'augmentation des graisses intramusculaires provoque la redistribution subcellulaire du cholestérol dans les tissus musculaires : la quantité de lipides non membranaires augmente, le taux de cholestérol membranaire diminue, mais le cholestérol intra-cytoplasmique augmente, sans aucun changement du taux global du cholestérol total dans le muscle. De plus, Bas et Sauvant (2001) indiquent que la teneur en cholestérol du muscle est invariable au cours de la croissance.

II.2.5.1.1.3- L'effet du sexe

L'analyse statistique des résultats représentée dans le tableau 35 ne montre aucune différence significative entre les deux sexes chez tous les ruminants.

Ces révélations sont en accord avec les données de nombreux auteurs chez les bovins (Huerta *et al.*, 1996 ; Rule *et al.*, 1997 ; Costa *et al.*, 2006). Ainsi, Wheeler *et al.* (1987) ne constatent aucune différence entre les bouvillons et les génisses de race Chianina et Hereford × Angus.

En ce qui concerne les ovins, nos résultats sont en accord avec les données de nombreux auteurs (Solomon *et al.*, 1990 ; Borys *et al.*, 2011, 2012 ; Brenman, 2012) (64,18 mg/100 g pour les mâles et 65,66 mg/100 g pour les femelles ; 0,011 g/100 g pour les béliers vs

0,010g/100 g pour les brebis ; 0,065 g/100 g pour les béliers vs 0,061g/100 g pour les brebis ; 56,71±3,95 mg/100 g pour les mâles vs 58,39±3,93 mg/100 g pour les femelles, respectivement).

Tableau 35 : Variations de la teneur en cholestérol total (mg/100 g) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.

		Age		Sexe	
		Jeunes	Adultes	Mâles	Femelles
Bovins	n	(n=30)	(n=30)	(n=52)	(n=08)
	LD	60,07±3,50	65,36±4,21***	61,97±5,26	63,47±3,30
	BF	61,25±3,49	63,52±4,18***	62,56±5,18	62,22±3,43
Ovins	n	(n=25)	(n=39)	(n=53)	(n=11)
	LD	57,47±1,44**	54,40±2,07	56,03±2,56	55,81±1,36
	BF	56,34±1,43**	52,38±2,03	55,25±1,30	54,47±2,47
Caprins	n	(n=30)	(n=30)	(n=50)	(n=10)
	LD	49,19±1,24	52,54±0,83**	50,15±1,06	50,58±1,23
	BF	54,83±2,23	56,29±2,40*	55,47±2,50	55,64±1,79

(* : p<0,05 ; ** : p < 0,01 ; *** : p < 0,001).

Pour les caprins, notre résultat est corroboré par l'étude de Solaiman *et al.* (2011), qui trouvent 66 mg/g pour les femelles et 65 mg/g pour les mâles (p>0,05).

La distribution égale du cholestérol au niveau musculaire pourrait expliquer cette similarité des données chez les deux groupes de sexe. De plus, on a remarqué que le taux en lipides n'agit pas sur le taux de cholestérol total, comme rapporté par Santos-Cruz *et al.* (2012) chez les ovins qui sont élevés principalement pour la production de viande.

II.2.5.1.1.4- L'effet de la localisation anatomique des muscles

L'analyse statistique (Tab. 36 ; Fig. 41) ne révèle aucune différence significative entre les deux muscles chez les bovins et les ovins, alors que chez les caprins, le taux de cholestérol total est sensiblement plus important au niveau du *BF* (p<0,01).

Tableau 36 : Variations de la teneur en cholestérol total (mg/100 g) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.

	LD	BF
Bovins	62,72±5,01	62,39±4,96
Ovins	51,93±2,40	52,36±2,32
Caprins	50,87±1,08	55,56±2,40**

(** : p < 0,01).

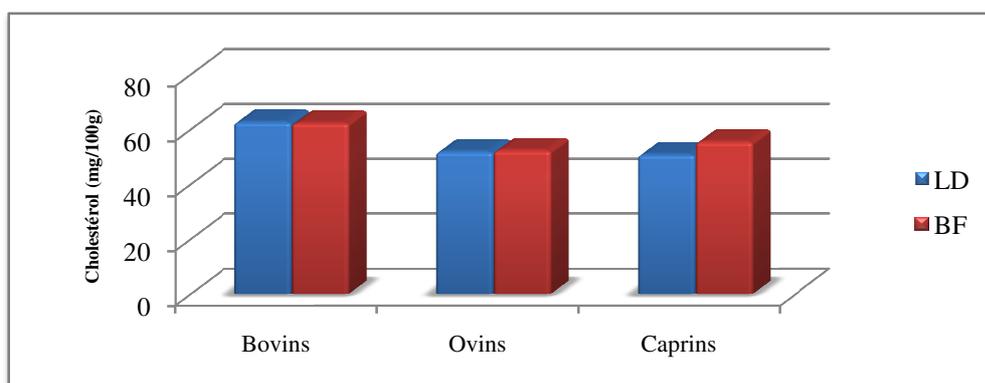


Figure n°41 : Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur en cholestérol total.

L'effet négligeable de la localisation anatomique des muscles sur la teneur en cholestérol total chez les bovins est observé par de nombreux auteurs (Cifuni *et al.*, 2004 ; Russo et Preziuso, 2005 ; Alfaia, 2009 ; Costa *et al.*, 2006a). Costa *et al.* (2009a) font le même constat chez les veaux Barossã (0,50 mg/g au niveau du *LD*, 0,54 mg/g au niveau du *BF*). Pestana *et al.* (2012) révèlent aussi des différences non significatives en fonction du muscle chez les veaux Mirandesa-PDO et les bœufs Charneca-PDO. A l'inverse, Chambaz *et al.* (2001) trouvent des taux variables en fonction de la localisation musculaire : 47 mg/100 g au niveau du *LD*, et 51 mg/100 g pour le *BF* chez six races bovines différentes.

Pour les ovins, nos constatations sont en rapport avec les données de Purbowati *et al.* (2006) (0,06 % au niveau du *LD* vs 0,10 % au niveau du *BF*, $p > 0,05$) et Popova (2011), qui trouve (49,87 mg/100 g au niveau du *LD* et 52,77 mg/100 g au niveau du *SM*, $p > 0,05$). Par contre, Deswysen *et al.* (2000) révèlent des taux très élevés au niveau du *BF* (302 mg/100 g de MS au niveau du *LD* vs 352 mg/100 g de MS au niveau du *BF*).

Cette conformité des résultats selon la localisation anatomique s'explique par la constance ou la variabilité faible, voire négligeable, du taux de cholestérol dans les muscles, comme rapporté par Evrat-Goergel (2005). Aussi, l'augmentation de la teneur en matières grasses du muscle n'a pas toujours été un indicateur d'une augmentation de la teneur en cholestérol (Lewis *et al.*, 1993). Nos données sont également corroborées par Perham (2014), qui trouve que les valeurs de cholestérol total sont similaires à inférieure au niveau musculaire, lorsque le taux de fibres oxydatives augmente chez le veau.

Chez les caprins, la hausse constatée au niveau du *BF* par rapport au *LD* est en accord avec plusieurs travaux (Madruga *et al.*, 2005 ; Pratiwi *et al.*, 2006, 2007 ; Peña *et al.*, 2011). Par exemple, Park *et al.* (1991) trouvent (57,8 mg/100 g pour le *LD* vs 69,5 mg/100 g pour le *BF*). A l'inverse de nos résultats, El-Aqsha *et al.* (2011) constatent une élévation importante au niveau du *LD* (84,35 mg/100 g au niveau du *LD* vs 73,34 mg/100 g au niveau du *BF*).

De façon générale, l'activité métabolique du muscle joue un rôle révélateur dans la composition chimique en cholestérol. Selon Pratiwi *et al.* (2006), les muscles principalement oxydatif sont des concentrations plus élevées en cholestérol que les muscles glycolytiques. Par contre, une méta-analyse réalisée par Dinh *et al.* (2011) montre que les muscles avec des fibres majoritairement oxydatives ne disposent pas toujours d'une plus grande teneur en cholestérol que les muscles avec des fibres majoritairement glycolytiques. En revanche, le type de fibres change en fonction de la croissance, de la maturité, du vieillissement, de la race ou de la localisation géographique des animaux (Hocquette *et al.*, 2010), du sexe, de l'alimentation, et des variations génétiques. Ces interprétations pourraient confirmer la nôtre.

II.2.5.2- Les triglycérides (TG)

Les lipides musculaires stockés principalement sous forme de TG ou lipides neutres représentent de 81 à 82 % des lipides totaux (Jerónimo *et al.*, 2009 ; Gutiérrez *et al.*, 2013). Ces triglycérides sont essentiellement conservés dans les adipocytes intramusculaires (Cianzo *et al.*, 1985) (environ 80 % au moins, Essen Gustavsson *et al.*, 1994), mais aussi à l'intérieur du cytoplasme des myofibres sous forme de gouttelettes à proximité immédiate des mitochondries (5 % à 20 % des triglycérides totaux).

Les valeurs obtenues dans la présente étude (2265,66 mg/100 g pour les bovins ; 4035,63 mg/100 g pour les ovins et 2236,64 mg/100 g pour les caprins) figurent dans l'intervalle des normes variant entre 0,2 et 5 g/100 g (soit 200 à 5000 mg/100 g) de tissu frais (Raes *et al.*, 2004). De plus, concernant les bovins, nos valeurs correspondent à l'intervalle des normes citées par (Sevane *et al.*, 2013) d'après une étude réalisée sur 15 races bovines européennes (351±42 à 4868±384 mg/100 g).

II.2.5.2.1- Les facteurs de variation de TG

II.2.5.2.1.1- L'effet de l'espèce

L'analyse statistique par le test *t* de Student selon l'espèce présentée dans le tableau suivant, montre que la teneur en TG au niveau de deux fractions musculaires est significativement très élevée chez les ovins ($p < 0,001$).

Tableau 37 : Variations de la teneur en TG (mg/100 g) en fonction de l'espèce animale.

	Bovins (n=60)	Ovins (n=64)	Caprins (n=60)	Signification		
				Bovins vs	Bovins vs	Ovins vs
				ovins	caprins	caprins
Muscle LD	2989,23±482,34	4746,20±492,27	2713,57±346,45	***	NS	***
Muscle BF	1542,10±431,15	3325,07±317,32	1759,72±460,35	***	NS	***

(*** : $p < 0,001$; N.S. : non significatif).

Cette élévation remarquée est en relation directe avec l'alimentation (la nature de la ration ou du niveau des apports énergétiques) et le type génétique de l'animal (Liméa, 2009). Une alimentation riche en énergie peut conduire à une viande trop grasse si l'animal n'est pas abattu rapidement une fois son état d'engraissement optimal atteint.

De plus, sur le plan métaboliquement, l'accumulation de lipides intramusculaires résulte non seulement de l'équilibre entre la synthèse et la dégradation de triglycérides, mais aussi l'aptitude des muscles à capter les lipides circulants, le transport intracellulaire des acides gras par les protéines de type FABP, la capacité des cellules à synthétiser des acides gras ou au contraire à les dégrader (Hocquette *et al.*, 2010), sans oublier la relation significative avec le nombre d'adipocytes intramusculaires.

II.2.5.2.1.2- L'effet de l'âge à l'abattage

Selon le tableau 38, nous observons que le taux de TG est significativement influencé par l'âge à l'abattage chez les ruminants ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$), avec des valeurs très élevées chez les adultes.

L'accroissement du dépôt de lipides musculaires correspond de façon quasi exclusive à celui des TG avec l'avancement en âge ; est enregistré par plusieurs auteurs (Dhanda *et al.*, 2003 ; Di Luccia *et al.*, 2003 ; Raes *et al.*, 2004). Par exemple, Zabelina et Reizbikh (2010) trouvent 4,80 mol/l pour les chevreaux de 6 mois et 5,50 mol/l pour les caprins d'un an. En conséquence, le taux de TG dans les lipides totaux s'accroît de 20 à 95% environ au cours de la croissance (Alfaia, 2009).

Tableau 38 : Variations de la teneur en TG (mg/100 g) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.

	Age		Sexe	
	Jeunes	Adultes	Mâles	Femelles
Bovins	n (n=30)	(n=30)	(n=52)	(n=08)
LD	2093,50±550,42	3489,50±534,30**	2763,44±475,43	3610,50±369,23**
BF	868,70±480,30	1966,00±421,40***	1151,20±468,52	2182,50±354,41**
Ovins	n (n=25)	(n=39)	(n=53)	(n=11)
LD	4022,07±452,32	5240,48±449,66**	4754,64±575,30	4967,64±491,80
BF	3012,13±309,15	3638,95±398,71*	3153,46±233,22	3495,76±268,23
Caprins	n (n=30)	(n=30)	(n=50)	(n=10)
LD	2364,20±431,42	2890,00±409,56*	2703,00±275,43	2897,10±269,42
BF	1356,20±553,98	2087,80±541,40**	1680,50±368,52	1914,38±377,50

(* : p<0,05 ; ** : p < 0,01 ; *** : p < 0,001).

II.2.5.2.1.3- L'effet du sexe

L'analyse statistique des résultats présentée dans le tableau 38 montre une augmentation plus au moins significative chez les femelles.

Les TG sont les fractions lipidiques majoritaires, ils sont corrélés positivement avec les teneurs en lipides totaux intramusculaires (Alfaia, 2009) ; l'augmentation significative (p<0,01) signalée chez les vaches est en accord avec les résultats de nombreux auteurs (Zhang *et al.*, 2010 ; Li et Zan, 2011 ; Bureš et Bartoň, 2012). De plus, les vaches abattues dans cette étude sont des femelles de réforme, qui ont une teneur élevée en lipides. Cette constatation est accord avec les travaux de Dumont *et al.* (1991) qui n'ont pas observé de différences significatives au niveau des teneurs en gras intramusculaires chez les vaches de race Charolaise âgées de 5 et 11 ans (valeurs importantes). Par contre, (Kazala *et al.*, 1999) ont observé que le taux de TG n'est pas affecté par le facteur sexe chez les bovins Wagyu.

II.2.5.2.1.4- L'effet de la localisation anatomique des muscles

Tableau 39 : Variations de la teneur en TG (mg/100 g) chez les ruminants en fonction de la localisation anatomique des muscles.

	LD	BF
Bovins	2989,23±482,34***	1542,10±431,15
Ovins	4746,20±492,27***	3325,07±317,32
Caprins	2713,57±346,45**	1759,72±460,35

(** : p < 0,01 ; *** : p < 0,001).

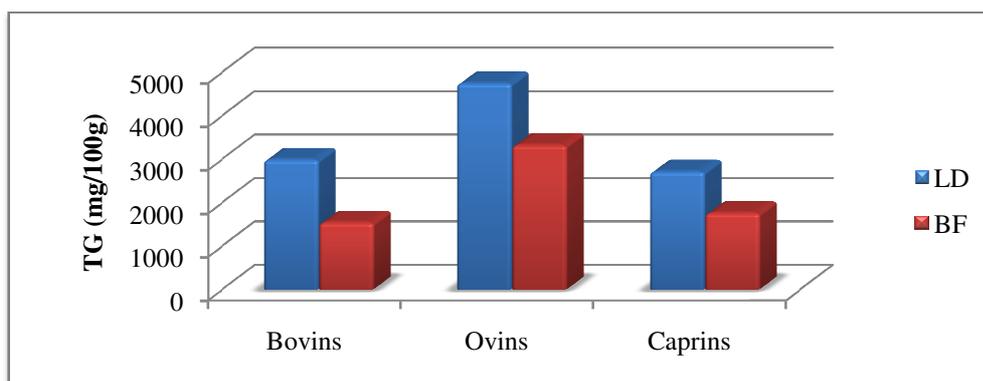


Figure n°42 : Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur en TG.

L'analyse statistique présentée dans le tableau 39 et la figure 42 montre que le taux de TG est très important au niveau du *LD* chez tous les ruminants ($p < 0,001$, $p < 0,01$).

Pour les ruminants, nous avons cité comme exemple les ovins, notre constatation est corroborée par Deswysen *et al.* (2000), qui trouvent 7670 mg/100 g de TG pour le *LD* et 7000 mg/100 g pour le *BF*. Par contre, Popova (2011) ne signale aucune différence significative en fonction de la localisation anatomique des muscles (1363,49 mg/100 g au niveau du *LD* et 1218,18 mg/100 g au niveau du *SM*, $p > 0,05$). Par contre, Costa *et al.* (2006a) trouvent une élévation au niveau du *BF* par rapport au *LD* (0,73 g/100 g pour *BF* vs 0,71 g/100 g pour *LD*, $p < 0,01$) chez les bovins.

La relation linéaire entre le taux en TG et le pourcentage en MG explique l'augmentation observée au niveau du *LD*, qui est probablement liée à la richesse de ces muscles en adipocytes (nombre et taille).

II.2.5.3- Les phospholipides totaux (PL)

Les phospholipides totaux (PL) ou les lipides polaires sont des éléments ou blocs de construction essentiels des membranes cellulaires. Les lipides des tissus musculaires contiennent proportionnellement de plus grandes quantités de PL que ceux du tissu adipeux (Pearson *et al.*, 1977). Ces PL sont en grande partie, sinon entièrement, associés avec des protéines comme les lipoprotéines. Ils représentent 10 à 40 % des lipides totaux des muscles (Wood *et al.*, 2008).

Dans la présente étude, nous observons que la teneur moyenne en PL totaux de la viande bovine est de (637,96 mg/100 g). Ce résultat est proche de celui noté par Rosa *et al.* (2014), qui trouvent 657 mg/100 g de PL dans le muscle chez les taureaux. D'après Sevane *et al.* (2013), les valeurs en PL totaux chez les bovins européens varient entre $433 \pm 6,78$ et $622 \pm 13,2$ mg/100 g. Généralement, le taux de PL totaux dans le muscle des bovins est relativement constant, et représente 0,5 à 1% de la masse musculaire (Scollan *et al.*, 2006), ou 0,8 à 1% (Acosta, 1964).

Chez les ovins, les teneurs moyennes en PL totaux (644,09 mg/100 g) sont assez proches de celles citées par Zcxfaghari (1980), qui constate 656 ± 39 mg/100 g. Elles sont très élevées par rapport à celles citées par Madruga *et al.* (2005a) (13,39 et 21,67 mg/100 g de viande chez le mouton Santa Ines), et Jerónimo *et al.* (2009) ($17,0 \pm 1,70$ mg/g).

Pour les caprins, les teneurs moyennes en PL totaux observées (554,77 mg/100 g) sont plus élevées que les résultats de Prabhakar et Rae (1983) (100 mg/kg), Almeida *et al.* (1990 ;

1997)(6,20 - 8,25 mg/100 g), Madruga *et al.* (2001) (102 - 115 mg/kg), Madruga *et al.* (2006) (337,6±58,1 - 432,3±68,3 mg/kg). La diversité des résultats obtenus ici pour les caprins pourrait s'expliquer par la méthode de quantification (les méthodes colorimétriques donnent généralement des résultats plus élevés que les méthodes chromatographiques) et/ou les génotypes des races.

II.2.5.3.1- Les facteurs de variation des PL totaux

II.2.5.3.1.1- L'effet de l'espèce

Tableau 40 : Variations de la teneur en PL totaux (mg/100 g) en fonction de l'espèce animale.

	Bovins (n=60)	Ovins (n=64)	Caprins (n=60)	Signification		
				Bovins vs ovins	Bovins vs caprins	Ovins vs caprins
Muscle <i>LD</i>	600,42±82,40	652,86±75,75	517,33±78,55	NS	*	*
Muscle <i>BF</i>	675,51±79,32	635,31±73,96	592,22±52,40	NS	*	NS

(* : $p < 0,05$; N.S. : non significatif).

La variabilité modérée voire négligeable entre espèce s'explique par la constance de cette fraction lipidique au niveau musculaire. De plus, l'effet du génotype des races caprines étudiées ici peut expliquer ces variations. Par exemple, Resosemito (2003) constate chez des caprins de différents génotypes et systèmes d'élevage des valeurs variant entre 27,23 et 50,31 mg/100 g. Alors que Rao *et al.* (2003) trouvent chez les caprins Indienne des valeurs en PL totaux variant entre 7,12 et 7,75 mg/100 g.

II.2.5.3.1.2- L'effet de l'âge à l'abattage

D'après le tableau 41, nous observons que le taux en PL totaux est significativement influencé par l'âge chez les ruminants ($p < 0,01$; $p < 0,05$), comme rapporté par Lee (1983).

Les teneurs importantes en PL totaux observées chez les adultes sont en relation avec le développement et la maturité des animaux, en lien avec l'augmentation d'unité et de volume cellulaire, donc des besoins en éléments fondamentaux comme les PL. Nos résultats sont en accord avec les données de Wood *et al.* (2008), qui notent (550 mg/100 g) chez les bouvillons de 14 mois, et (670 mg/100 g) chez les bouvillons de 24 mois, alors que (Hornstein *et al.*, 1961 ; Weihrauch et Son, 1983) indiquent que le taux des PL totaux est invariable en fonction de l'âge chez les ruminants.

De plus, certains auteurs montrent que le pourcentage de PL dans les lipides totaux musculaires diminue avec l'âge ; on trouve 5,04 % de PL chez le veau et 3,08 % pour le bovin adulte (Kaucher *et al.*, 1943), 20,8 % de PL chez l'agneau et 2,50 % de PL chez la brebis (Body *et al.*, 1966).

II.2.5.3.1.3- L'effet du sexe

L'analyse statistique des résultats représentée dans le tableau 41 montre que les taux en PL totaux sont significativement élevés chez les bovins mâles ($p < 0,01$; $p < 0,001$).

Les valeurs plus faibles chez les vaches s'expliquent par les teneurs élevées en MG (Raes *et al.*, 2004). En effet, Pearson *et al.* (1977) ont rapporté que la proportion de PL dans le muscle augmente lorsque le pourcentage de matière grasse diminue ; donc la teneur en PL totaux tend à être inversement proportionnelle à la teneur en lipides.

Tableau 41 : Variations de la teneur en PL totaux (mg/100 g) en fonction de l'âge à l'abattage et du sexe.

		Age		Sexe	
		Jeunes	Adultes	Mâles	Femelles
Bovins	n	(n=30)	(n=30)	(n=52)	(n=08)
	LD	556,43±52,42	695,14±49,30*	750,59±75,43**	498,53±69,23
	BF	600,05±69,30	750,48±71,40*	846,24±68,52***	505,28±67,41
Ovins	n	(n=25)	(n=39)	(n=53)	(n=11)
	LD	520,46±78,23	785,12±60,56**	659,33±53,74	646,55±55,86
	BF	491,53±64,41	778,67±71,80**	651,29±67,80	619,77±72,24
Caprins	n	(n=30)	(n=30)	(n=50)	(n=10)
	LD	396,61±68,12	657,46±82,03**	522,95±85,01	532,32±79,56
	BF	498,97±47,33	685,91±54,50*	594,03±75,41	589,98±62,30

(* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$).

Pour les petits ruminants, la différence non significative entre les deux groupes d'animaux reflète la similarité de la fraction polaire des lipides musculaires, même si la teneur en graisse est très variable (Duckett *et al.*, 1993 ; Raes *et al.*, 2004 ; Wood *et al.*, 2008).

II.2.5.3.1.4- L'effet de la localisation anatomique des muscles

Tableau 42 : Variations de la teneur en PL totaux (mg/100 g) chez les ruminants, en fonction de la localisation anatomique des muscles.

	LD	BF
Bovins	625,24±75,75	675,51±73,96
Ovins	652,86±62,40	635,31±79,32
Caprins	527,33±78,55	592,22±52,40

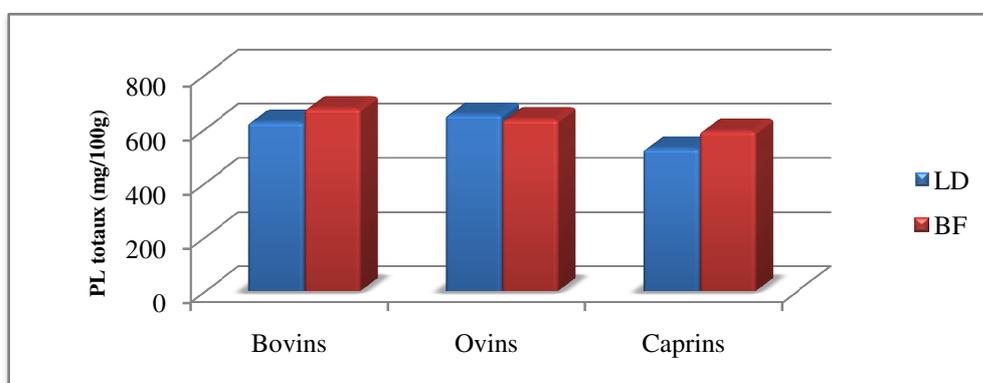


Figure n°43 : Effet de la localisation anatomique du muscle sur la teneur en PL totaux.

L'analyse statistique, illustrée dans le tableau 42 et la figure 43, ne révèle aucune différence significative entre les deux muscles chez les ruminants étudiés. Ce résultat est en accord avec les données de (Bas et Sauvart, 2001), qui trouvent que la teneur en PL est peu variable pour un même type de muscle, quels que soient l'âge et le génotype des animaux. A titre d'exemple, nos résultats sont en accord avec les données de Popova (2011) chez les ovins (351,46 mg/100 g au niveau du *LD* et 386,49 mg/100 g au niveau du *SM*, $p > 0,05$).

Par contre, (Leseigneur-Meynier et Gandemer, 1991 ; Alfaia, 2009) suggèrent que le taux en PL totaux est fortement lié au type de muscle. Généralement, les muscles oxydatifs contiennent une proportion plus élevée de phospholipides (Raes *et al.*, 2004) en raison de la plus grande quantité de mitochondries, et des membranes cellulaires et subcellulaires.

II.3- LES INTERACTIONS ENTRE LES MÉTABOLITES SÉRIQUES ET LES COMPOSANTES MUSCULAIRES ÉTUDIÉS

Dans cette partie, nous allons présenter les relations entre les indicateurs métaboliques sériques et les composantes musculaires étudiés pour mieux explorer le statut nutritionnel des ruminants et, par conséquent, la conduite d'élevage selon l'espèce animale.

II.3.1- Chez les bovins

II.3.1.1- Les interactions entre les métabolites sériques

D'après la matrice de corrélation figurant dans le tableau 43, nous observons que le glucose est fortement et négativement corrélé avec l'urée ($r = -0,487$; $p < 0,01$). Généralement, l'élimination de l'excès d'azote sous forme d'urée entraîne une dépense énergétique significative par la synthèse d'urée à partir de l'ammoniac, donc chaque molécule d'urée produite requiert l'apport de quatre molécules de phosphate provenant de l'ATP, ce qui se traduit par une dépense énergétique estimée à environ 18 kcal par gramme d'azote en excès (Mouliom, 2007).

Les métabolites lipidiques sont fortement et positivement corrélés entre eux, mais négativement corrélés avec les métabolites azotés, spécifiquement l'urée et la créatinine. Pour les paramètres du métabolisme azoté, nous observons une forte corrélation linéaire entre l'urée et la créatinine ($r = 0,501$; $p < 0,001$), l'urée et l'albumine ($r = 0,460$; $p < 0,01$).

Tableau 43 : Matrice de corrélation de Pearson entre les métabolites sériques chez tous les bovins.

	Glu.	Chol.	TG	LT	PT	Alb.	Uré.	Cré.
Glu.	1,000							
Chol.	0,219	1,000						
TG	0,214	0,505 ***	1,000					
LT	0,231	0,993 ***	0,604 ***	1,000				
PT	0,006	-0,366	-0,305	-0,380	1,000			
Alb.	-0,188	-0,395	-0,175	-0,389	-0,100	1,000		
Uré.	-0,487 **	-0,601 ***	-0,465 **	-0,619 ***	0,273	0,460 **	1,000	
Cré.	-0,211	-0,596 ***	-0,454 ***	-0,613 ***	0,473 **	0,328	0,501 ***	1,000

(n=60 ; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$).

II.3.1.2- Les interactions entre les composantes musculaires

Les résultats figurent dans les tableaux 44 et 45.

L'accroissement de la matière sèche s'accompagne logiquement d'une diminution du pourcentage d'humidité, ce qui est justifié par les corrélations négatives entre l'humidité et le reste des composantes musculaires, et particulièrement les lipides, comme rapporté par certains auteurs (Ueda *et al.*, 2007).

La MM présente aussi des corrélations positives plus ou moins significatives et linéaires avec le reste des composantes chimiques, particulièrement les PL totaux ($r= 0,526$; $r= 0,615$; $p<0,001$). Cette relation pourrait être expliquée par l'intégration des minéraux, spécifiquement le phosphore, dans la formation de ces lipides.

De plus, dans la présente partie, les PB sont positivement et significativement corrélées avec tous les constituants de la matière sèche, spécifiquement la MG et les PL ($p<0,001$). Par contre, certains auteurs comme (Savell *et al.*, 1986 ; Kim et Lee, 2003) ont trouvé que le niveau de protéines est constant et indépendant de la teneur en graisse dans le muscle des bovins. A contrario, Albrecht *et al.* (2011) trouve que les protéines brutes sont corrélées négativement avec la teneur en graisse intramusculaire.

Pour les lipides et ses fractions, nous constatons des corrélations linéaires, positives et significatives ($p<0,01$; $p<0,001$). Cela signifie que la teneur totale en cholestérol et en PL des muscles chez les bovins est de nature à augmenter avec la quantité de graisse intramusculaire.

Tableau 44 : Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de LD chez tous les bovins.

	<i>LD</i> H ₂ O	<i>LD</i> MM	<i>LD</i> PB	<i>LD</i> MG	<i>LD</i> Chol.	<i>LD</i> TG	<i>LD</i> PL
<i>LD</i> H ₂ O	1,000						
<i>LD</i> MM	-0,252	1,000					
<i>LD</i> PB	-0,279	0,311	1,000				
<i>LD</i> MG	-0,562 ***	0,332	0,513 ***	1,000			
<i>LD</i> Chol.	-0,515 ***	0,410 **	0,366	0,672 ***	1,000		
<i>LD</i> TG	-0,540 ***	0,436 **	0,340	0,624 ***	0,596 ***	1,000	
<i>LD</i> PL	-0,273	0,526 ***	0,541 ***	0,415 **	0,440 **	0,397	1,000

(n=60 ; ** : $p<0,01$; *** : $p<0,001$).

Tableau 45 : Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de *BF* chez tous les bovins.

	<i>BF</i> H₂O	<i>BF</i> MM	<i>BF</i> PB	<i>BF</i> MG	<i>BF</i> Chol.	<i>BF</i> TG	<i>BF</i> PL
<i>BF</i> H₂O	1,000						
<i>BF</i> MM	-0,251	1,000					
<i>BF</i> PB	-0,358	0,536	1,000				

<i>BF</i> MG	-0,452	0,444	0,552	1,000			
	**	**	***				
<i>BF</i> Chol.	-0,390	0,493	0,518	0,616	1,000		
		**	***	***			
<i>BF</i> TG	-0,426	0,129	0,403	0,550	0,371	1,000	
	**		**	***			
<i>BF</i> PL	-0,257	0,615	0,618	0,431	0,430	0,297	1,000
		***	***	**	**		

(n=60 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

II.3.1.3- Les interactions entre les métabolites sériques et les composantes musculaires

Le glucose présente une corrélation négative non significative avec toutes les composantes musculaires des deux muscles. Cette relation pourrait signifier que le glucose est pratiquement participé dans le métabolisme musculaire : il est utilisé soit comme source d'ATP pour le fonctionnement des fibres, particulièrement les fibres glycolytiques, ou il est stocké sous forme de réserve (glycogène).

De plus, la corrélation négative avec les lipides musculaires pourrait s'expliquer par la participation du glucose dans la lipogenèse au niveau des adipocytes intramusculaires par l'intermédiaire des unités d'acétyle, que Smith et Crouse (1984) estiment de 50 à 60 %.

Les métabolites lipidiques ont les mêmes trajectoires relationnelles, présentées par une corrélation linéaire, positive et forte avec l'humidité, et une corrélation linéaire négative avec tous les lipides intramusculaires. La disponibilité sanguine en précurseurs métaboliques d'origine exogène, ou endogène, et d'après les besoins de l'animal et/ou musculaires, ont orienté vers le stockage sous forme de réserves lipidiques. Par contre, le déficit métabolique extra ou intramusculaire va mobiliser ces réserves.

Les métabolites azotés, principalement l'urée et l'albumine, sont significativement et positivement corrélés avec toutes les composantes musculaires de *LD* et *BF*, sauf l'humidité. La créatinine est également bien corrélée (p<0,001) avec MM, PB et les lipides intramusculaires ; par contre, elle est corrélée négativement avec l'humidité. Donc, la créatinine suit l'évolution et l'activité de la masse musculaire : plus les composantes musculaires s'accroissent, plus le taux de créatinine augmente.

Du point de vue nutritionnel, les régimes d'engraissement précités utilisés chez les bovins, riches en grains, donnent une plus grande proportion de propionate que les régimes à base de fourrages. Le propionate, un précurseur de la néoglucogenèse, peut conduire à un plus grand taux de glucose et donc à plus de dépôt de persillage au niveau musculaire (Berger et Pyatt, 2007). Egalement, les taux de glucose ou de ses précurseurs, insuline et NADPH

déshydrogénase, ont augmenté lors d'un régime de grains par rapport à un régime de fourrage (Okine et Arthur, 1997).

Tableau 46 : Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de *LD* chez tous les bovins.

	Glu.	Chol.	TG	LT	PT	Alb.	Uré.	Cré.
<i>LD H₂O</i>	0,345	0,667 ***	0,511 ***	0,686 ***	-0,292	-0,328	-0,485	-0,475 **
<i>LD MM</i>	-0,155	-0,273	-0,227	-0,283	0,095	0,417 **	0,529 ***	0,355
<i>LD PB</i>	-0,116	-0,293	-0,346	-0,319	0,119	0,220	0,494 **	0,256
<i>LD MG</i>	-0,330	-0,597 ***	-0,530 ***	-0,624 ***	0,394	0,426 **	0,626 ***	0,641 ***
<i>LD Chol.</i>	-0,361	-0,628 ***	-0,548 ***	-0,656 ***	0,427 **	0,369	0,651 ***	0,650 ***
<i>LD TG</i>	-0,152	-0,699 ***	-0,497 ***	-0,713 ***	0,258	0,425 **	0,579 ***	0,473 **
<i>LD PL</i>	-0,207	-0,395	-0,243	-0,398	0,036	0,476 **	0,625 ***	0,371

(n=60 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

Pour les pailles, celle d'orge semble ainsi plus intéressante que celle de blé, pourvu qu'elles produisent plus d'acide propionique (17 %) dans le mélange des acides gras volatils et tant que le rapport acétate/propionate est moins important, tandis que la production d'acide acétique par ces pailles est importante (74,6 % pour le blé et 72 % pour l'orge) (Ouachem *et al.*, 2008). Mais, l'acétate n'a pas été la source de carbone préférée pour le dépôt de graisse intramusculaire, de fait de la corrélation négative entre le nombre d'adipocytes par gramme de tissu *longissimus dorsi* et l'incorporation d'acétate dans ce tissu (Hood et Allen, 1978).

Tableau 47 : Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de *BF* chez tous les bovins.

	Glu.	Chol.	TG	LT	PT	Alb.	Uré.	Cré.
<i>BF H₂O</i>	0,084	0,598 ***	0,282	0,591 ***	-0,277	-0,298	-0,290	-0,449 **
<i>BF MM</i>	-0,260	-0,445 **	-0,230	-0,443 **	0,034	0,479 **	0,637 ***	0,401
<i>BF PB</i>	-0,091	-0,618 ***	-0,486 **	-0,638 ***	0,236	0,258	0,647 ***	0,401
<i>BF MG</i>	-0,259	-0,636 ***	-0,518 ***	-0,659 ***	0,381	0,464 **	0,718 ***	0,614 ***
<i>BF Chol.</i>	-0,232	-0,553 ***	-0,366	-0,561 ***	0,136	0,479 **	0,583 ***	0,517 ***
<i>BF TG</i>	-0,117	-0,513 ***	-0,462 **	-0,537 ***	0,233	0,409 **	0,339	0,449 **
<i>BF PL</i>	-0,186	-0,449 **	-0,219	-0,444 **	0,165	0,359	0,687 ***	0,314

(n=60 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

De plus, l'augmentation des apports de rations riches en énergie conduit à une augmentation du gras interne intermusculaire et sous-cutané, mais n'augmente pas systématiquement le taux de gras intramusculaire des viandes (Cartier et Moëvi, 2007). Par contre, Sainz *et al.* (1995) montre que les bovins nourris en concentré durant la phase de

croissance ont présenté plus de gras dorsal et de persillage que les groupes nourris de fourrage et de concentré.

II.3.2- Chez les ovins

II.3.2.1- Les interactions entre les métabolites sériques

D'après la matrice de corrélation figurant dans le tableau 48, nous observons que le cholestérol et les TG sont fortement et positivement corrélés avec les lipides totaux. Pour les paramètres du métabolisme azoté, la créatinine présente une forte corrélation linéaire, d'une part avec les PT ($r = -0,589$; $p < 0,001$), d'autre part avec l'albumine ($r = 0,512$; $p < 0,001$).

Tableau 48 : Matrice de corrélation de Pearson entre les métabolites sériques chez tous les ovins.

	Glu.	Chol.	TG	LT	PT	Alb.	Uré.	Cré.
Glu.	1,000							
Chol.	0,097	1,000						
TG	0,157	0,360	1,000					
LT	0,122	0,980 ***	0,536 ***	1,000				
PT	-0,160	0,276	0,419 **	0,340	1,000			
Alb.	0,252	-0,087	-0,016	-0,086	-0,389	1,000		
Uré.	0,138	0,292	0,332	0,334	0,244	0,040	1,000	
Cré.	0,124	0,003	-0,212	-0,042	-0,589 ***	0,512 ***	-0,040	1,000

($n=64$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$).

II.3.2.2- Les interactions entre les composantes musculaires

Tableau 49 : Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de LD chez tous les ovins.

	LD H ₂ O	LD MM	LD PB	LD MG	LD Chol.	LD TG	LD PL
LD H ₂ O	1,000						
LD MM	0,320	1,000					
LD PB	-0,180	-0,346	1,000				
LD MG	-0,355	-0,166	0,138	1,000			
LD Chol.	0,411 **	0,093	-0,219	-0,181	1,000		
LD TG	-0,548 ***	-0,313	0,477 **	0,199	-0,359	1,000	
LD PL	-0,534 ***	-0,106	0,426 **	0,418 **	-0,355	0,819 ***	1,000

($n=64$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$).

Chez les ovins, les analyses figurant dans les tableaux 49 et 50 montrent toujours une corrélation négative et significative ($p < 0,001$) entre l'humidité et la MG (Pinheiro *et al.*, 2012), les TG et les PL, mais une corrélation positive avec le cholestérol dans les deux muscles.

Contrairement à ce qui est observé chez les bovins, le taux de cholestérol total chez les ovins est insensiblement dépendant de la quantité de la MG intramusculaire ainsi que ses fractions, malgré l'accroissement des valeurs de ces derniers. Cela est en accord avec les données de Vicente Neto *et al.* (2006). Par contre, les PL sont liés et dépendent fortement de la quantité des lipides ainsi que leur fraction majoritaire.

Tableau 50 : Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de *BF* chez tous les ovins.

	<i>BF</i> H ₂ O	<i>BF</i> MM	<i>BF</i> PB	<i>BF</i> MG	<i>BF</i> Chol.	<i>BF</i> TG	<i>BF</i> PL
<i>BF</i> H ₂ O	1,000						
<i>BF</i> MM	0,289	1,000					
<i>BF</i> PB	-0,581 ***	-0,338	1,000				
<i>BF</i> MG	-0,581 ***	-0,236	0,444 **	1,000			
<i>BF</i> Chol.	0,315	0,276	-0,322	-0,194	1,000		
<i>BF</i> TG	-0,530 ***	0,056	0,232	0,464 **	-0,226	1,000	
<i>BF</i> PL	-0,694 ***	-0,288	0,634 ***	0,692 ***	-0,216	0,469 **	1,000

(n=64 ; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$).

II.3.2.3- Les interactions entre les métabolites sériques et les composantes musculaires

Dans la présente étude, l'analyse illustrée dans les tableaux 51 et 52 montre que le glucose est faiblement corrélé avec les protéines et lipides musculaires. De plus, les métabolites lipidiques ne présentent aucune corrélation significative avec les constituants chimiques des muscles, alors que les métabolites azotés, particulièrement les protéines totales sériques, ont une corrélation positive avec l'humidité, et négative avec les PB, les TG et les PL musculaires. De plus, l'albumine et la créatinine sont positivement corrélées avec les TG et PL musculaires ($p < 0,001$).

Les muscles étudiés chez les ovins sont caractérisés par un taux en cholestérol total faible, mais un taux en MG et TG très élevé par rapport aux bovins et caprins. Cette constatation pourrait signifier que l'excès des unités d'acétyl CoA provenant des différentes voies métaboliques est orienté principalement vers la lipogenèse. La cholestérogenèse est conditionnée par les besoins cellulaires en cet élément.

Tableau 51 : Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de *LD* chez tous les ovins.

	Glu.	Chol.	TG	LT	PT	Alb.	Uré.	Cré.
LD H₂O	-0,162	0,076	0,218	0,116	0,434 **	-0,450 **	0,087	-0,477 **
LD MM	-0,325	-0,103	0,124	-0,065	0,292	-0,195	0,013	-0,235
LD PB	0,298	-0,028	-0,152	-0,058	-0,487 **	0,299	0,025	0,359
LD MG	0,072	-0,026	-0,076	-0,041	-0,091	0,166	-0,012	0,048
LD Chol.	0,036	0,159	0,049	0,154	0,314	-0,297	-0,088	-0,301
LD TG	0,176	-0,136	-0,194	-0,168	-0,637 ***	0,591 ***	-0,183	0,599 ***
LD PL	0,026	-0,190	-0,395	-0,259	-0,688 ***	0,553 ***	-0,259	0,596 ***

(n=64 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

Tableau 52 : Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de *BF* chez tous les ovins.

	Glu.	Chol.	TG	LT	PT	Alb.	Uré.	Cré.
BF H₂O	-0,131	0,023	0,149	0,055	0,504 ***	-0,565 ***	0,052	-0,619 ***
BF MM	-0,279	0,231	0,127	0,239	0,314	-0,305	0,216	-0,155
BF PB	0,046	-0,250	-0,199	-0,271	-0,458 **	0,336	-0,204	0,391
BF MG	0,102	-0,134	-0,194	-0,165	-0,160	0,360	-0,077	0,371
BF Chol.	0,199	0,211	0,289	0,252	0,098	-0,184	0,060	-0,200
BF TG	0,035	0,015	-0,067	-0,003	-0,405 **	0,125	0,025	0,325
BF PL	0,111	-0,086	-0,255	-0,135	-0,670 ***	0,649 ***	-0,138	0,601 ***

(n=64 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

L'accroissement des teneurs en lipides intramusculaires est observé lorsque le régime est à base de concentrés (Salifou *et al.*, 2013), donc on peut en conclure que la ration destinée aux ovins est plus riche en concentré.

Le niveau protéique dans le régime alimentaire peut aussi influencer le dépôt du gras intramusculaire. L'augmentation des taux de protéines dans le régime alimentaire des jeunes ruminants (16 %) augmente le gras intramusculaire. De plus, cela peut améliorer la digestion de l'amidon et de l'absorption par l'intestin grêle, tout en augmentant simultanément l'insuline sanguine et le glucose. L'effet combiné devrait conduire à une plus grande disponibilité de substrat pour les adipocytes intramusculaires (Berger et Pyatt, 2007). Par contre, de rares essais montrent qu'une suralimentation protéique, en particulier à même quantité d'énergie ingérée, entraîne une diminution des lipides intramusculaires (Berge *et al.*, 1990).

II.3.3- Chez les caprins

II.3.3.1- Les interactions entre les métabolites sériques

D'après l'analyse statistique figurant dans le tableau 53, nous observons que le cholestérol total sérique présente une corrélation positive avec la glycémie et les lipides totaux. La créatinine sérique est corrélée négativement avec les métabolites énergétiques, et positivement avec l'urée.

Tableau 53 : Matrice de corrélation de Pearson entre les métabolites sériques chez tous les caprins.

	Glu.	Chol.	TG	LT	PT	Alb.	Uré.	Cré.
Glu.	1,000							
Chol.	0,472 **	1,000						
TG	0,190	0,174	1,000					
LT	0,481 **	0,994 ***	0,276	1,000				
PT	-0,340	-0,316	-0,143	-0,323	1,000			
Alb.	-0,104	-0,190	-0,327	-0,220	0,260	1,000		
Uré.	-0,252	-0,268	-0,279	-0,291	0,136	0,081	1,000	
Cré.	-0,489 **	-0,426 **	-0,387	-0,457 **	0,217	0,241	0,417 **	1,000

(n=60 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

II.3.3.2- Les interactions entre les composantes musculaires

Tableau 54 : Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de LD chez tous les caprins.

	LD H₂O	LD MM	LD PB	LD MG	LD Chol.	LD TG	LD PL
LD H₂O	1,000						
LD MM	-0,541 ***	1,000					
LD PB	-0,659 ***	0,613 ***	1,000				
LD MG	-0,461 **	0,445 **	0,475 **	1,000			
LD Chol.	-0,430 **	0,539 ***	0,441 **	0,669 ***	1,000		
LD TG	-0,500 ***	0,323	0,581 **	0,417 **	0,365	1,000	
LD PL	-0,687 ***	0,611 ***	0,776 ***	0,554 ***	0,491 **	0,539 ***	1,000

(n=60 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

Chez les caprins, nous constatons une corrélation significative avec toutes les composantes ; par exemple, l'humidité est corrélée négativement avec tous les constituants musculaires dans les deux portions musculaires, alors que les protéines et les lipides musculaires sont corrélés positivement entre eux (Tab. 54 et 55).

Tableau 55 : Matrice de corrélation de Pearson entre les composantes musculaires de *BF* chez tous les caprins.

	<i>BF</i> H ₂ O	<i>BF</i> MM	<i>BF</i> PB	<i>BF</i> MG	<i>BF</i> Chol.	<i>BF</i> TG	<i>BF</i> PL
<i>BF</i> H ₂ O	1,000						
<i>BF</i> MM	-0,460 **	1,000					
<i>BF</i> PB	-0,781 ***	0,638 ***	1,000				
<i>BF</i> MG	-0,579 ***	0,458 **	0,590 ***	1,000			
<i>BF</i> Chol.	-0,666 ***	0,492 **	0,655 ***	0,755 ***	1,000		
<i>BF</i> TG	-0,651 ***	0,638 ***	0,800 ***	0,639 ***	0,619 ***	1,000	
<i>BF</i> PL	-0,701 ***	0,615 ***	0,766 ***	0,542 ***	0,570 ***	0,654 ***	1,000

(n=60 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

II.3.3.3- Les interactions entre les métabolites sériques et les composantes musculaires

Les résultats figurent dans les tableaux 56 et 57.

Tableau 56 : Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de *LD* chez tous les caprins.

	Glu.	Chol.	TG	LT	PT	Alb.	Uré.	Cré.
<i>LD</i> H ₂ O	0,320	0,539 ***	0,469 ***	0,576 ***	-0,422 ***	-0,358	-0,463 ***	-0,452 **
<i>LD</i> MM	-0,363	-0,307	-0,449 ***	-0,348	0,263	0,341	0,324	0,545 ***
<i>LD</i> PB	-0,388	-0,573 ***	-0,356	-0,597 ***	0,268	0,348	0,536 ***	0,688 ***
<i>LD</i> MG	-0,207	-0,400 **	-0,349	-0,427 ***	0,029	0,329	0,267	0,589 ***
<i>LD</i> Chol.	-0,277	-0,351	-0,340	-0,378	0,055	0,389	0,293	0,497 **
<i>LD</i> TG	-0,243	-0,363	-0,341	-0,391	0,167	0,236	0,476 **	0,454 **
<i>LD</i> PL	-0,546 ***	-0,546 ***	-0,467 ***	-0,583 ***	0,365	0,258	0,525 ***	0,703 ***

(n=60 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

Les métabolites énergétiques présentent des corrélations négatives avec la majorité des constituants, spécifiquement les graisses intramusculaires. Les paramètres azotés, particulièrement l'urée et la créatinine, sont corrélés significativement et positivement avec tous les constituants musculaires.

Cette constatation pourrait s'expliquer par la qualité de la chair caprine (maigre, riche en eau). De plus, le génotype étudié ici valorise probablement mieux les ressources fourragères.

Tableau 57 : Coefficient de corrélation entre les métabolites sériques et les composantes musculaires de *BF* chez tous les caprins.

	Glu.	Chol.	TG	LT	PT	Alb.	Uré.	Cré.
<i>BF H₂O</i>	0,348	0,598 ***	0,481 **	0,635 ***	-0,345	-0,339	-0,456 **	-0,527 ***
<i>BF MM</i>	-0,452 **	-0,370	-0,198	-0,382	0,329	0,329	0,287	0,475 **
<i>BF PB</i>	-0,442 **	-0,564 ***	-0,493 **	-0,603 ***	0,318	0,341	0,438 **	0,650 ***
<i>BF MG</i>	-0,210	-0,432 **	-0,355	-0,459 **	0,049	0,337	0,262	0,587 ***
<i>BF Chol.</i>	-0,187	-0,511 ***	-0,275	-0,528 ***	0,210	0,277	0,503 ***	0,579 ***
<i>BF TG</i>	-0,478 **	-0,465 **	-0,395	-0,496 **	0,201	0,431 **	0,416 **	0,740 ***
<i>BF PL</i>	-0,556 ***	-0,542 ***	-0,326	-0,564 ***	0,382	0,213	0,315	0,657 ***

(n=60 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001).

CONCLUSION

CONCLUSION

Au terme de cette étude, on peut mettre en évidence le fait que le profil biochimique des ruminants destinés à l'abattage est caractéristique. Les jeunes ruminants ont un bilan énergétique très élevé, en relation avec les demandes métaboliques accrues durant la croissance, alors que les ruminants mâles ont un bilan biochimique important, lié au développement de la masse musculaire.

La caractérisation des viandes rouges par la détermination de la composition chimique des muscles frais (sans cuisson) est nécessaire pour fournir les valeurs de référence de la composition centésimale et de la fraction lipidique, afin de classer la viande des ruminants selon sa valeur nutritive. Les données récoltées sur la composition nutritionnelle de la viande des ruminants sont importantes, car elles permettent de fournir des données fiables qui seront utiles, notamment, pour l'information du consommateur, les professionnels de santé ou les chercheurs.

La classification selon la valeur nutritive permet d'obtenir des viandes rouges maigres, celle des caprins, des jeunes et des mâles ruminants, sans oublier le morceau obtenu à partir du gigot, spécifiquement le muscle *BF*. La viande grasse est celle des ovins, des vaches de réforme, des adultes, et le morceau obtenu à partir du filet qu'est le muscle *LD* thoracique.

Ce genre d'étude ouvre la voie à des recherches complémentaires, qui pourraient par exemple proposer une analyse détaillée du profil des acides gras des viandes rouges, afin de compléter le bilan lipidique et de mieux classer les viandes au niveau national.

**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

- [1]- **Abdel-Aal, H. A. & Mohamed, H. M. A. (2011)**. Changes in the ultrastructure of lamb muscles as influenced by freezing and sodium tripolyphosphate (STPP). *Lucrări Științifice Seria Zootehnie*, (56), 286-293.
- [2]- **Abeni, F.; Bergoglio, G.; Masoero, G.; Terzano, G. M. & Allegrini, S. (2004)**. Plasma hormones and metabolites in Piedmontese cows during late pregnancy: Relationships with calf birth weight. *Journal of Animal Science*, 82(2), 438-444.
- [3]- **Abubakr, A.; Alimon, A. R.; Yaakub, H.; Abdullah, N. & Ivan, M. (2015)**. Effect of feeding palm oil by-products based diets on muscle fatty acid composition in goats. *Plos one*, 10 (3), e0119756.
- [4]- **Achouri, A. (2008)**. La musculature du poulet de chair : Etude de la morphométrie et de la composition chimique des muscles pectoraux et de certains muscles de la cuisse. Thèse de magister. Université de Batna, 109p.
- [5]- **Acosta, S. O. (1964)**. Total lipids and phospholipids in turkey tissues. Doctoral dissertation. Microfilms University, Michigan, 104p.
- [6]- **Adachi, K.; Kawano, H.; Tsuno, K.; Nomura, Y.; Yamamoto, N.; Arikawa, A., Atsushi, T.; Masaru, A.; Toshihisa, O. & Ohwada, K. (1999)**. Relationship between serum biochemical values and marbling scores in Japanese Black steers. *Journal of Veterinary Medical Science*, 61(8), 961-964.
- [7]- **Adamou, A. (2013)**. Développement de la filière viande caméline pour la sécurité alimentaire des populations du Sahara algérien. *Journée Scientifique. Université d'Ouargla, Algérie*, 9p.
- [8]- **Addrizzo, J. R. (2004)**. Use of goat milk and goat meat as therapeutic aids in cardiovascular diseases. *Dairy Goat Journal*, 82(4), 27.
- [9]- **Aitken, I. D. (2007)**. Diseases of Sheep. 4th edition, Blackwell Publishing, 610p.
- [10]- **Akinwunmi, I. (1988)**. Effects of fat trim level, marbling and doneness on nutrient content, cooking losses and palatability of cooked beef steaks. Doctoral dissertation, Texas Tech University, 61p.
- [11]- **Al Darwich, A. (2009)**. Métabolisme lipidique et cryorésistance des embryons dans l'espèce bovine. Thèse Doctorat. Université de Tours, 208p.
- [12]- **Alamin, S. A.; Ahmed, D. A. & Ahmed, H. E. (2014)**. A comparative study on the chemical composition and cholesterol content of fresh camel, beef and goat meat. *Sudan Journal of Science and Technology*, 15(2), 73-80.
- [13]- **Albrecht, E.; Gotoh, T.; Ebara, F.; Xu, J. X.; Viergutz, T.; Nürnberg, G.; Maak, S. & Wegner, J. (2011)**. Cellular conditions for intramuscular fat deposition in Japanese Black and Holstein steers. *Meat Science*, (89), 13-20.
- [14]- **Alex, K. & Laverne, L S. (1983)**. Clinical chemistry; interpretation and techniques. 2nd edition, Seattle, Washington, 156-339.
- [15]- **Alfaia, C. M. R. P. M. (2009)**. Contribution to the study of lipid composition and nutritional value of intramuscular fat in ruminant meats. Doctoral dissertation. Lisboa University, Portugal, 251p.
- [16]- **Al-Fartosi, K. H. G.; Talib, Y. J. & Ali, S. H. (2010)**. Comparative study of some serum biochemical parameters of cattle and sheep of the marshes in the south of Iraq. *AL-Qadisiya Journal of Veterinary Medicine Science*, (9), 79-84.
- [17]- **Almeida, M. M. M. (1990)**. Estudo da composição química das carnes de caprinos e ovinos criados no sertão do Ceará. Tese de mestrado. Universidade Federal do Ceará, Brazil, 78p.
- [18]- **Almeida, M. M. M.; Zapata, J. F. F.; Martins, C. B. & Maia, G. A. (1997)**. Cholesterol and phospholipid levels in goat meat as affected by dietary calcium. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, (32), 555-558.

- [19]- **Al-Mujalli, A. M. (2012)**. Investigations on serum copper values in healthy and copper deficient najdi sheep in the eastern region of Saudi Arabia. *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*, 13(1), 1433.
- [20]- **Andersen, M. K.; Bailey, J. W.; Wilken, C. & Rule, D. C., (1996)**. Lipoprotein lipase and glycerophosphate acyltransferase in ovine tissues are influenced by growth and energy intake regimen. *Journal of Nutrition and Biochemistry*, (7), 610-616.
- [21]- **Angelov, G.; Dimitrova, I.; Mehmedov, T.; Stamberov, P.; Stancheva, N.; Georgieva, S. & Nakev, Z. (2013)**. Comparative study of some biochemical indicators in Karakachan and Copper-Red Shumen sheep breeds. *Agricultural Science & Technology*, 5(4), 391-393.
- [22]- **Ansy M.; Jandrain M. & Hanset R., (1977)**. Anatomical and physiological implications of selection for double-muscling in the Belgian Blue White breed of cattle. The creatinine test. *Meeting European Association of Animal Production, Brussels (Belgium)*, 5-8.
- [23]- **Antunović, Z.; Šperanda, M. & Steiner, Z. (2004)**. The influence of age and the reproductive status to the blood indicators of the ewes. *Arch Tierz Dummerstorf*, (47), 265-273.
- [24]- **AOAC, (1990)**. Association of analytical chemists: Official methods of analysis. 15th edition. Inc. Arlington, Virginia, USA. (1990: 945.46).
- [25]- **Arain, M. A.; Khaskheli, M.; Rajput, I. R.; Faraz, S.; Rao, S.; Umer, M. & Devrajani, K. (2010)**. Effect of slaughtering age on chemical composition of goat meat. *Pakistan Journal of Nutrition*, (9), 404-408.
- [26]- **Aranda, M. V.; Brave, N. & Casagrande, R. (2002)**. Colesterol en bovinos. Sitio argentino de producción animal. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_carne.htm.
- [27]- **Argüello, A.; Castro, N.; Zamorano, M. J.; Castroalonso, A. & Capote, J. (2004)**. Passive transfer of immunity in kid goats fed refrigerated and frozen goat colostrums and commercial sheep colostrums. *Small Ruminant Research*, (54), 237-241.
- [28]- **Ariádne, P. L. (2014)**. Composição dos ácidos graxos e teor de colesterol da carne de ovinos pantaneiros. Doctoral dissertation. Universidade federal da grande dourados, 53p.
- [29]- **Arnaudies, O. (2009)**. Hormones thyroïdiennes chez les bovins: variations physiologiques et relation avec l'iode et le sélénium. Thèse Doctorat, ENV Toulouse, 92p.
- [30]- **Arnoni, R.K. (2010)**. Composição tecidual de cortes comerciais de cordeiros machos e fêmeas cruza Lacaune x Texel. Dissertação. Universidade Federal de Pelotas, 53p.
- [31]- **Arsenos, G.; Zygoyjannis, D.; Kufidis, D.; Katsaounis, N. & Stamataris, C. (2000)**. The effect of breed slaughter weight and nutritional management on cholesterol content of lamb carcasses. *Small Ruminant Research*, 36(3), 275-283.
- [32]- **Asaduzzaman, M.; Alam, M. R.; Amin, M. R. & Faruque, M. O. (2009)**. Comparative study on carcass characteristics between Black Bengal and crossbred goats. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 7(1), 87-90.
- [33]- **Atif, A.; Shaha, A. H.; Haq, I.; Khaskheli, M.; Salman, M.; Talpur, R. A. (2014)**. Comparative Studies on Nutritional Quality of Cattle and Buffalo Meat. *International Journal of Science and Research*, 3 (7), 524-531.
- [34]- **Attaix, D.; Rémond, D. & Savary-Auzeloux, I. (2005)**. Protein metabolism and turnover. In: Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Dijkstra, J.; Forbes, J.M. & France, J. (editors), CABI Publishing, UK, 373-397.
- [35]- **Ayeb, N.; Ghrab, A.; Barmat, A. & Khorchani, T. (2016)**. Chemical and tissue composition of meat from carcass cuts of local goats affected by different feeding in

- Tunisian arid lands. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 40(1), 95-101.
- [36]- **Babiker, S. A.; El Khider, I. A. & Shafie, S. A. (1990)**. Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. *Meat Science*, 28(4), 273-277.
- [37]- **Badiani, A.; Montellato, L.; Bochicchio, D.; Anfossi, P.; Zanardi, E. & Maranesi, M. (2004)**. Selected nutrient contents, fatty acid composition, & retention values in separable lean from lamb rib loins as affected by external fat and cooking method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (52), 5187-5194.
- [38]- **Badiani, A.; Stipa, S.; Bitossi, F.; Gatta, P. P.; Vignola, G. & Chizzolini, R. (2002)**. Lipid composition, retention and oxidation in fresh and completely trimmed beef muscles as affected by common culinary practices. *Meat Science*, 60(2), 169-186.
- [39]- **Ban-Tokuda, T.; Orden, E. A.; Barrio, A. N.; Lapitan, R. M.; Delavaud, C.; Chilliard, Y.; Fujihara, T.; Cruz, L. C.; Homma, H. & Kanai, Y. (2007)**. Effects of species and sex on plasma hormone and metabolite concentrations in crossbred Brahman cattle and crossbred water buffalo. *Livestock Science*, 107(2), 244-252.
- [40]- **Baranowski, A.; Gabryszuk, M.; Jozwik, A.; Bernatowicz, E. & Chylinski, W. (2007)**. Fattening performance, slaughter indicators and meat chemical composition in lambs fed the diet supplemented with linseed and mineral bioplex. *Animal Science Papers and Reports*, 25(1), 35-44.
- [41]- **Bas, P. & Sauvant, D. (2001)**. Variations de la composition des dépôts lipidiques chez les bovins. *INRA Productions Animales*, 14(5), 311-322.
- [42]- **Bass, J. J.; Butler-Hogg, B. W. & Kirton, A. H. (1990)**. Practical methods of controlling fatness in farm animals. In *Reducing fat in meat animals*. Editions Wood and Fischer. Elsevier Applied Science, London, 145-200.
- [43]- **Bastide, B. (2008)**. Physioanimale.univ-lille1.fr/S6Physiomouvbis.pdf (consulte 2008).
- [44]- **Batista, A. S. M. (2008)**. Qualidade da carne de ovinos morada nova, santa inês e mestiços dorper x Santa inês submetidos a dietas com diferentes concentrações energéticas. Doctoral dissertation. Universidade Federal da Paraíba, 127p.
- [45]- **Bauchart, D. (1993)**. Lipid absorption and transport in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 76(12), 3864-3881.
- [46]- **Bauchart, D. (1994)**. Transport des lipides chez les ruminants. *Annales de Zootechnie*, (43), 235-235.
- [47]- **Bauchart, D.; Durand, D. & Gruffat, D. (2007)**. Métabolisme lipidique et qualité des acides gras de la viande chez le veau préruminant. *Viandes et Produits Carnés*, 25(6), 196.
- [48]- **Benaoum, N. (2008)**. Age biologique : un concept actualise au service de la lutte contre le vieillissement. Diplôme d'études supérieures. Université de Mascara, 123p.
- [49]- **Bennis, A.; Farge, F.; Kessabi, M.; Hamliri, A.; Valdi, G. P.; Rico, A. G. & Braun, J. P. (1991)**. Normal serum biochemical values of goats in the Moroccan Sahara. *Revue de Médecine Vétérinaire*, (11), 831-837.
- [50]- **Benyoucef, M. T.; Zahaf, A.; Boutebilla, S.; Benaissa, T.; Kaidi, R.; Khellaf, D. & Benzidour, A. (1995)**. Aspects organisationnels et techniques d'un programme d'étude génétique de la race ovine Hamra dans la région de l'ouest (Algérie). *Ciheam-IAMZ*, (11), 215-224.
- [51]- **Beranger, C. & Robelin, J. (1977)**. Influence du mode d'élevage, de la sélection et de l'alimentation sur l'état d'engraissement des bovins. *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*, 17(5B), 905-921.
- [52]- **Berg, R. T. & Butterfield, R. M. (1976)**. *New concepts of cattle growth*. Sydney University Press, 240p.

- [53]- **Berge, P.; Culioli, J.; Renerre, M.; Touraille, C.; Micol, D.; Geay, Y.; Fournier, R. & Dominguez, B. (1990).** Effets d'une suralimentation protéique sur la qualité de la viande de boeuf. *Viandes et Produits Carnés*, (11), 245-246.
- [54]- **Berger, L. L. & Pyatt, N. A. (2007).** Nutritional and management factors affecting marbling deposition. *University of Illinois. Internet. Fontes de energia, processamento de grãos e sítio de digestão do amido correlacionados com o Disponivel em www.ansci.uiuc.edu/aboutus/programs/nutrition/*. Acesso em, 29(06).
- [55]- **Bernard, L.; Bonnet, M.; Leroux, C.; Shingfield, K. J. & Chilliard, Y. (2009).** Effect of sunflower-seed oil and linseed oil on tissue lipid metabolism, gene expression, and milk fatty acid secretion in alpine goats fed maize silage-based diets. *Journal of Dairy Science*, 92(12), 6083-6094.
- [56]- **Berne, A. (2006).** Influence du type génétique, du mode d'élevage et des conditions d'abattage sur les qualités des viandes de porcs. Diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 45p.
- [57]- **Beserra, F. J.; Madruga, M. S.; Leite, A. M.; Desilva, E. M. C. & Maia, E. L. (2004).** Effect of age at slaughter on chemical composition of meat from Moxotó goats and their crosses. *Small Ruminant Research*, (55), 177-181.
- [58]- **Bhat, S. A.; Mir, M. R.; Reshi, A. A.; Ahmad, S. B.; Husain, I.; Bashir, S. & Khan, H. M. (2014).** Impact of age and gender on some blood biochemical parameters of apparently healthy small ruminants of sheep and goats in Kashmir valley, India. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 2(1), 22-27.
- [59]- **Bianchi, G.; Garibotto, G.; Feed, O.; Bentancur, O. & Franco, J. (2006).** Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 38(2), 161-165.
- [60]- **Bickhardt, K.; Dudziak, D.; Ganter, M. & Henze, P. (1999).** Investigations on the dependence of hematologic and blood chemical parameters on the age of health lambs. A contribution to the definition of reference values in sheep. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift*, 106(10), 445-451.
- [61]- **Block, E.; Dépatie, C.; Lefebvre, D. & Petitclerc, D. (1998).** L'urée du lait: les sources de variation et les implications. In. *Proceeding : Symposium sur les Bovins laitiers, Publ. Conseil des Productions Animales du Québec, Québec, Canada*, 77-87.
- [62]- **Body, D. R.; Shorland, F. B. & Gass, J. P. (1966).** The foetal and maternal lipids of Romney sheep i. the composition of the lipids of the total tissues. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Lipids and Lipid Metabolism*, 125(2), 207-216.
- [63]- **Bogosavljevic-Boskovic, S.; Kurcubic, V.; Petrovic, M. D. & Radovic, V. (2006).** The effect of sex and rearing system on carcass composition and cut yields of broiler chickens. *Czech Journal of Animal Science*, 51(1), 31-38.
- [64]- **Bohac, C. E. & Rhee, K. S. (1988).** Influence of animal diet and muscle location on cholesterol content of beef and pork muscles. *Meat Science*, 23(1), 71-75.
- [65]- **Boisclair, Y. R.; Bell, A. W.; Dunshea, F. R.; Harkins, M. & Bauman, D. E. (1993).** Evaluation of the arteriovenous difference technique to simultaneously estimate protein synthesis and degradation in the hindlimb of fed and chronically underfed steers. *Journal of Nutrition*, (123), 1076-1088.
- [66]- **Bonnet, M.; Cassar-Malek, I.; Chilliard, Y. & Picard, B. (2010a).** Ontogenesis of muscle and adipose tissues and their interactions in ruminants and other species. *Animal*, 4(07), 1093-1109.
- [67]- **Bonnet, M.; Gruffat, D. & Hocquette, J.-F. (2010).** Métabolisme lipidique des tissus musculaires et adipeux. In : *Muscle et viande de ruminant*. Bauchart, D. & Picard, B. (Eds.). Éditions Quae, 81-90.

- [68]- **Bonvillani, A.; Peña, F.; Domenech, V.; Polvillo, O.; García, P. T. & Casal, J. J. (2010).** Meat quality of Criollo Cordobes goat kids produced under extensive feeding conditions. Effects of sex and age/weight at slaughter. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(1), 116-125.
- [69]- **Borges, A. C. (2008).** Componentes sanguíneos de bovinos (*Bos taurus*) da raça Pantaneira em diferentes faixas etárias, criados extensivamente. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 122p.
- [70]- **Borys, B.; Borys, A.; Oprządek, J. & Przegalińska-Gorączkowska, M. (2011).** Effect of sex and fattening intensity on health-promoting value of lamb meat. *Animal Science Papers and Reports*, 29(4), 331-342.
- [71]- **Borys, B.; Oprządek, J.; Borys, A. & Przegalińska-Gorączkowska, M. (2012).** Lipid profile of intramuscular fat in lamb meat. *Animal Science Papers and Reports*, 30(1), 45-56.
- [72]- **Bouzebda-Afri, F. (2007).** Performances zootechniques et structure d'élevage dans la population bovine de type local (Est algérien). Thèse Doctorat d'Etat, Algérie, 123p.
- [73]- **Bouzebda-Afri, F.; Bouzebda, Z.; Bairi, A. & Franck, M. (2007).** Etude des performances bouchères dans la population bovine locale, dans l'Est algérien. *Sciences et technologie*, (26), 89-97.
- [74]- **Bragagnolo, N. & Rodriguez-Amaya, D. B. (2001).** Determinação de colesterol em carne: comparação de um método colorimétrico e um método por cromatografia líquida de alta eficiência. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 60(1), 53-57.
- [75]- **Bragagnolo, N. (2009).** Cholesterol and cholesterol oxides in meat and meat products. In: Nollet, LML. & Toldra, F. (editors). *Handbook of muscle foods analysis*. CRC Press, Florida, 187-219.
- [76]- **Brenman, K. A. (2012).** The effect of dam nutrient restriction on lamb carcass characteristics, retail yields and nutrient composition. Doctoral dissertation. Colorado State University, 92p.
- [77]- **Bressan, M. C.; Prado, O. V.; Pérez, J. R. O.; Lemos, A. L. S. C. & Bonagurio, S. (2001).** Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 21(3), 293-303.
- [78]- **Bridi, A. M. & Constantino, C. (2009).** Qualidade e Avaliação de Carcaças e Carnes Bovinas. In *Congresso Paranaense dos Estudantes de Zootecnia, Anais*, 18p.
- [79]- **Buckle, K. A.; Edwards, R. A.; Fleet, G. H. & Wooton, W. (2007).** Ilmu Pangan Penerjemah: Hari Purnomo dan Adono. International development program of Australian universities and colleges, UI Press.
- [80]- **Buhman, K. F.; Accad, M. & Robert, V. (2000).** Mammalian acyl-CoA: cholesterol acyl transferases. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1529(1), 142-154.
- [81]- **Bureš, D. & Bartoň, L. (2012).** Growth performance, carcass traits and meat quality of bulls and heifers slaughtered at different ages. *Czech Journal of Animal Science*, 57(1), 34-43.
- [82]- **Caballero, R.; Rioperez, J.; Fernandez, E.; Arauzo, M. & Hernaiz, P. J. (1992).** Performance of Manchega ewes grazing cereal stubbles and cultivated pastures. *Small Ruminant Research*, 7(4), 315-329.
- [83]- **Cabaraux, J. F.; Hornick, J. L.; Dufresne, I.; Clinquart, A. & Istasse, L. (2003).** Engraissement de la femelle de réforme Blanc-Bleu Belge cularde: performances zootechniques, caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande. *Annale de Médecine Vétérinaire*, 147(6), 423-431.

- [84]- **Caldeira, R. M.; Almeida, M. A.; Santos, C. C.; Vazques, M. I. & Portugal, A. V. (1999)**. Daily variation in blood enzymes and metabolites in ewes under three levels of feed intake. *Canadian Journal of Animal Science*, (79), 157-164.
- [85]- **Caldeira, R. M.; Belo, A. T.; Santos, C. C.; Vazques, M. I. & Portugal, A. V. (2007a)**. The effect of longterm feed restriction and over-nutrition on body condition score, blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Ruminant Research*, (68), 242-255.
- [86]- **Caldeira, R. M.; Belo, A. T.; Santos, C. C.; Vazques, M. I. & Portugal, A. V. (2007b)**. The effect body condition score on blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Ruminant Research*, (68), 233-240.
- [87]- **Carlos, M. M. L.; Leite, J. H. G. M.; Chaves, D. F.; Vale, A. M.; Fajanha, D. A. E.; Melo, M. M. & Soto-Blancoc, B. (2015)**. Blood parameters in the Morada Nova sheep: influence of age, sex and body condition score. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 25(4), 950-955.
- [88]- **Cartier, P. & Moevi, I. (2007)**. Le point sur La qualité des carcasses et des viandes de gros bovins. *Compte rendu final*, (17), 05.
- [89]- **Carvalho, C. B.; Madrona, G. S.; Corradine, S. D. S.; Reche, P. M.; Pozza, M. S. D. S. & Prado, I. N. D. (2013)**. Evaluation of quality factors of bovine and chicken meat marinated with reduced sodium content. *Food Science and Technology (Campinas)*, 33(4), 776-783.
- [90]- **Cassar-Malek, I.; Listrat, A. & Picard, B. (1998)**. Contrôle hormonal des caractéristiques des fibres musculaires après la naissance. *INRA Production Animale*, (11), 365-378.
- [91]- **Castro, A.; Dhindsa, D. S.; Hoversland, A. S. & Metcalfe, J. (1977)**. Serum proteins and protein electrophoretic pattern in normal pygmy goats. *American Journal of Veterinary Research*, 38(5), 665-667.
- [92]- **Cavestany, D.; Blanc, J. E.; Kulcsar, M.; Uriarte, G.; Chilibroste, P.; Meikle, A.; Febel, H.; Ferraris, A. & Krall, E. (2005)**. Studies of the Transition cow under a pasture-based milk production system: metabolic profiles. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 52(1), 1-7.
- [93]- **Ceballos, A.; Gómez, P. M.; Vélez, M. L.; Villa, N. A. & López, L. F. (2002)**. Variación de los indicadores bioquímicos del balance de energía según el estado productivo en bovinos lecheros de Manizales, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Colombian Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 15(1), 13-25.
- [94]- **Čepin, S. & Žgur, S. (2000)**. Possibilities for the reduction of fat and cholesterol level in meat animals. *Poljoprivreda (Osijek)*, 6p.
- [95]- **Chachoua, I. (2015)**. L'urée dans l'alimentation des ovins : conséquences sur la gestation, la parturition et le croît. Thèse Doctorat. Université de Batna, 133p.
- [96]- **Chafai, H. (2004)**. Bovins maigre et finis : Production et marché au Maroc, ANPVR, Rabat, Maroc, 89p.
- [97]- **Chambaz, A.; Kreuzer, M.; Scheeder, M. & Dufey, P. (2001)**. Characteristics of steers of six beef breeds fattened from eight months of age and slaughtered at a target level of intramuscular fat. II. Meat quality. *Archiv Fur Tierzucht*, 44(5), 473-488.
- [98]- **Chang, C. J.; Chen, C. F.; Wu, C. P. (1996)**. Changes in apparent mammary uptake of blood metabolites during involution in dairy goats. *Small Ruminant Research*, (24), 49-54.
- [99]- **Chatibi, S. (2011)**. La filière viande bovine au Maroc: quelle place pour l'élevage traditionnel et quelles bases de qualification pour la viande locale. Doctoral dissertation. Corte, 392p.

- [100]- **Chéret, R. (2005)**. Effet des hautes pressions sur les indicateurs de maturation de la viande et d'altération du muscle de poisson. Thèse Doctorat. Ecole doctorale Mécanique, Thermique et Génie Civil de Nantes, 197p.
- [101]- **Chilliard, Y.; Bocquier, F. & Doreau, M. (1998)**. Digestive and metabolic adaptation of ruminants on undernutrition and consequences on reproduction. *Reproduction Nutrition Development*, (38), 131-152
- [102]- **Chimonyo, M.; Kusina, N. T.; Hamudikuwanda, H. & Nyoni, O. (2000)**. Reproductive performance and body weight changes in draught cows in a smallholder semi-arid farming area of Zimbabwe. *Tropical Animal Health Production*, (32), 405-415.
- [103]- **Chizzolini, R.; Zanardi, E.; Dorigoni, V. & Ghidini, S. (1999)**. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science and Technology*, 10(4), 119-128.
- [104]- **Chriki, S. (2013)**. Méta-analyses des caractéristiques musculaires afin de prédire la tendreté de la viande bovine. Thèse Doctorat. Université Blaise Pascal et d'Auvergne, 196p.
- [105]- **Christensen, L. M. (2012)**. Evaluation of texture properties of cooked beef batters. Master of Science in Agriculture. California polytechnic state university, USA, 57p.
- [106]- **Cianzio, D. S.; Topel, D. G.; Whitehurst, G. B.; Beitz, D. C. & Self, H. L. (1985)**. Adipose tissue growth and cellularity: changes in bovine adipocyte size and number. *Journal of Animal Science*, 60(4), 970-976.
- [107]- **Cifuni, G. F.; Napolitano, F.; Riviezz, A. M.; Braghieri, A. & Girolami, A. (2004)**. Fatty acid profile, cholesterol content and tenderness of meat from Podolian young bulls. *Meat Science*, 67(2), 289-297.
- [108]- **Cividini, A.; Levart, A. & Zgur, S. (2008)**. Fatty acid composition of lamb meat as affected by production system, weaning and sex. *Acta Agriculturae Slovenica*, supplement, (2), 47-52.
- [109]- **Clinquart, A.; Leroy, B.; Dottreppe, O.; Hornick, J. L.; Dufrasne, I. L. & Istasse, L. (2000)**. Les facteurs de production qui influencent la qualité de la viande des bovins Blanc Bleu belge. *CESAM. L'élevage du Blanc Bleu Belge, Journée du Centre d'Excellence du Secteur agricole et son Management, Mons, Belgium*, 19.
- [110]- **Cloete, J. J. E.; Hoffman, L. C.; Claasen, B. & Cloete, S. W. P. (2012)**. Effect of production system on the growth rate, carcass characteristics and carcass composition of Dorper lambs. *Livestock Research for Rural Development*, 24.
- [111]- **Cloete, J. J. E.; Hoffman, L. C.; Cloete, S. W. P. & Fourie, J. E. (2004)**. A comparison between the body composition, carcass characteristics and retail cuts of South African Mutton Merino and Dormer sheep. *South African Journal of Animal Science*, 34(1), 44-51.
- [112]- **Cocodrilli, G. D.; Chandler, P. T. & Polan, C. E. (1970)**. Effects of dietary protein on blood lipids of the calf with special reference to cholesterol. *Journal of Dairy Science*, 53(11), 1627-1631.
- [113]- **Coibion, L. (2008)**. Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine: adaptation à la demande du consommateur. Thèse Doctorat. ENV Toulouse, 79p.
- [114]- **Coppo, J. A.; Coppo, N. B.; Slanac, A. L.; Revidatti, M. A.; Capellari, A. (2000)**. Influencia del desarrollo, sexo y tipo de destete sobre algunas actividades enzimáticas em plasma de terneros cruza cebú. Universidad nacional del nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas, 4p.
- [115]- **Costa, P.; Roseiro, L. C.; Alves, V.; Calkins, C. R.; Bessa, R. J. B. & Santos, C. (2009a)**. Nutrient and fiber type relationships in Barrosã muscles. *Livestock Science*, 125(1), 50-59.

- [116]- **Costa, P.; Roseiro, L. C.; Alves, V.; Partidário, A. & Santos, C. (2006a).** Histological profile and fatty acid composition of Maronesa-PDO veal muscles. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, (557-558), 95-102.
- [117]- **Costa, P.; Roseiro, L. C.; Partidário, A.; Alves, V.; Bessa, R. J. B.; Calkins, C. R. & Santos, C. (2006).** Influence of slaughter season and sex on fatty acid composition, cholesterol and α -tocopherol contents on different muscles of Barrosa-PDO veal. *Meat Science*, 72(1), 130-139.
- [118]- **Costa, R. G.; Batista, A. S. M.; Azevedo, P. S. D.; Queiroga, R. D. C. R. D.; Madruga, M. S. & Araújo Filho, J. T. D. (2009).** Lipid profile of lamb meat from different genotypes submitted to diets with different energy levels. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38 (3), 532-538.
- [119]- **Coşuleanu, A. E. (2012).** Characterization of blood energetic profile of bovines designed for slaughter. *Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies/Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologii*, 45(2), 124-126.
- [120]- **Coşuleanu, A. E.; Lazăr, R. & Boişteanu, P. C. (2010).** Research on the implications of age at slaughter on the chemical composition of meat from cattle raised in family farms. *Lucrări Ştiinţifice - Seria Zootehnie*, 54, 184-188.
- [121]- **Cot, M. (2006).** Etudes physiologiques de l'adaptation et de la résistance de la levure *Saccharomyces cerevisiae* au cours de la production intensive d'éthanol. Thèse Doctorat. l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 265p.
- [122]- **Cozzi, G. & Mazzenga, A. (2007).** Meat quality from Charolais bulls fed diets with different levels of corn silage inclusion. *Poljoprivreda*, 13(1), 99-102.
- [123]- **Crăciun, O. C.; Lazăr, R.; Boişteanu, P. C. & Atanasiu, T. (2010).** Researches on the comparative characterization of structural composition of lambs and kids carcasses. *Lucrări Ştiinţifice, Seria Zootehnie*, (54), 207-214.
- [124]- **Cuvelier, C.; Cabaraux, J. F.; Dufrasne, I.; Istasse, L. & Hornick, J. L. (2005a).** Acides gras et métabolisme énergétique des muscles squelettiques chez le bovin. *Annales de Médecine Vétérinaire*, (149) 4.
- [125]- **Cuvelier, C.; Cabaraux, J. F.; Dufrasne, I.; Istasse, L. & Hornick, J. L. (2005).** Transport sanguin et métabolisme hépatique des acides gras chez le ruminant. *Annales de Médecine Vétérinaire*, (149), 117-131.
- [126]- **Cuvelier, C.; Cabaraux, J.F.; Dufrasne, I.; Hornick, J. L. & Istasse, L. (2004).** Acides gras: nomenclature et sources alimentaires. *Annales de Médecine Vétérinaire*, (148), 133-140.
- [127]- **Da Silva, B. S.; Placido, G. R.; Bento, E. A.; Junnyor, W. D. S. G. & da Silva, M. A. P. (2015).** Physicochemical and microbiological meat quality, growth performance and carcass characteristics of feedlot-finished cull Santa Ins ewes and Moxot goats. *African Journal of Biotechnology*, 14(20), 1757-1763.
- [128]- **Da Silva, D. A. V.; Júnior, A. C. H. & Ezequiel, J. M. B. (2014).** Sexo e fontes de lipídeos sobre os parâmetros sanguíneos de ovinos confinados. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 36(2), 153-158.
- [129]- **Dărăban, S.; Coroian, C.; Pop, A.; Mireşan, V.; Miclea, V.; Cighi, V., Voia, S. & Pădeanu, I. (2009).** Study concerning the chemical composition of meat in young Tsigai sheep, rusty variety. *Lucrări Ştiinţifice-Universitatea de Ştiinţe Agricole şi Medicină Veterinară, Seria Zootehnie*, (52), 259-262.
- [130]- **Daramola, J. O.; Adeloje, A. A.; Fatoba, T. A. & Soladoye, A. O. (2005).** Haematological and biochemical parameters of West African Dwarf goats. *Livestock Research for Rural Development*, 17(8), 3.
- [131]- **Dartois, H. (2011).** Contribution à la mise en oeuvre d'une méthode d'analyse des protéines sériques par électrophorèse en gel d'agarose à l'ENVA. Thèse Doctorat. ENV Alfort, 87p.

- [132]- **Dawood, A.A. (1995)**. Physical & sensory characteristics of Najdi camel meat. *Meat Science*, 39(1), 59-69.
- [133]- **Daza, A.; Rey, A. I.; Lopez-Carrasco, C. & Lopez-Bote, C. J. (2014)**. Influence of feeding system on growth performance, carcass characteristics and meat and fat quality of Avileña-Negra Ibérica calves' breed. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(2), 409-418.
- [134]- **De Almeida, J. C. D.; Perassolo, M. S.; Camargo, J. L.; Bragagnolo, N. & Gross, J. L. (2006)**. Fatty acid composition and cholesterol content of beef and chicken meat in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 42(1), 109-117.
- [135]- **De Marchi, L. (2010)**. Impact de l'excès chronique d'azote soluble dans la ration des bovins sur la diapédèse et la phagocytose des neutrophiles sanguins. Thèse Doctorat. ENV Toulouse, 140p.
- [136]- **De Smet, S.; Raes, K. & Demeyer, D. (2004)**. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, (53), 81-98.
- [137]- **Deffous, Y. (2008)**. L'électrocution après la saignée et ses conséquences. Du rendement au nom du bien être animal et au mépris du respect du consommateur et de sa santé. VIOSCOPE, <http://www.institut-vioscope.com>, 13p.
- [138]- **Deswysen, A.; Guardia, L.; Maene, D.; Turu, C.; Dehareng, F. & Alfaro, G. (2000)**. Comparaison du profil en acides gras et de la teneur en cholestérol de la viande de lama et de mouton. *Rencontre Recherches Ruminants*, (7).
- [139]- **Devendra, C. (1988)**. Goat meat production in Asia, the nutritional value of goat meat. *Proceeding of a workshop, Pakistan*, March 13-18, 76-86.
- [140]- **Devendran, P.; Jayachandran, S.; Visha, P.; Nanjappan, K. & Panneerselvam, S. (2008)**. Hematological and blood biochemical profile of Coimbatore sheep. *The Indian Journal of Small Ruminants*, 15(1), 98-101.
- [141]- **Dhanda, J. S.; Taylor, D. G.; Murray, P. J. (2003)**. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and live weight at slaughter. *Small Ruminant Research*, (50), 57-66.
- [142]- **Di Cesare, C.; Filetti, F.; Mourot, J.; Maiorano, G.; Salvatori, G. & Oriani, G. (2004)**. Effet de l'âge sur la composition lipidique de la viande d'agneau allaitant italien Merino. *10^{ème} JSMTV*, 75-76.
- [143]- **Di Luccia, A.; Satriani, A.; Barone, C. M. A.; Colatruglio, P.; Gigli, S.; Occidente, M.; Trivellonef, E.; A. Zullo, A. & Matassino, D. (2003)**. Effect of dietary energy content on the intramuscular fat depots and triglyceride composition of river buffalo meat. *Meat Science*, 65(4), 1379-1389.
- [144]- **Di Marco, O. N. (1998)**. Crecimiento de vacunos para carne. 1st edition, Mar Del Plata: ON Di Marco, 246p.
- [145]- **Díaz, M. T.; Alvarez, I.; De la Fuente, J.; Sañudo, C.; Campo, M. M.; Oliver, M. A., Fonti Furnols, M.; Montossi, F.; San Julian, R.; Nute, G. R. & Cañeque, V. (2005)**. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Science*, 71(2), 256-263.
- [146]- **Díaz, M. T.; Velasco, S.; Pérez, C.; Lauzurica, S.; Huidobro, F. & Cañeque, V. (2003)**. Physico-chemical characteristics of carcass and meat Manchego-breed suckling lambs slaughtered at different weights. *Meat Science*, 65(3), 1085-1093.
- [147]- **Dinh, T. T. N. (2006)**. Lipid and cholesterol composition of the longissimus muscle from Angus, Brahman, and Romosinuano. Master of Science. Texas Tech University, 153p.
- [148]- **Dinh, T. T. N. (2010)**. Development, validation, and application of cholesterol determination method for meat and poultry products using gas chromatography. Doctoral dissertation. Texas Tech University, 191p.

- [149]- **Dinh, T. T.; Thompson, L. D.; Galyean, M. L.; Brooks, J. C.; Patterson, K. Y. & Boylan, L. M. (2011).** Cholesterol content and methods for cholesterol determination in meat and poultry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(5), 269-289.
- [150]- **Direction de Service d'Agricole (DSA):** Compagne agricole de la wilaya de Batna (2004 à 2012). (Consulté en 2013).
- [151]- **Đoković, R.; Ilić, Z.; Kurubić, V.; Dosković, V. & Jašović, B. (2010).** Blood biochemical parameters and enzyme activity in beef cattle. *Acta Agriculturae Serbica*, 15(29), 47-54.
- [152]- **Doreau, M.; Fievez, V.; Troegeler-Meynadier, A. & Glasser, F. (2012).** Métabolisme ruminal et digestion des acides gras longs chez le ruminant: le point des connaissances récentes. *INRA Production Animale*, 25(4), 361-374.
- [153]- **Dow, D. (2010).** Determination of fat percentage using three different methods within marbling scores on beef longissimus muscle. Doctoral dissertation. University of Missouri, Columbia, 87p.
- [154]- **Drackley, J. K. (2000).** Lipid metabolism. Farm animal metabolism and nutrition. Wallingford: CAB International, 97-119.
- [155]- **Dragomir, L. (2005).** Influence de la race, du sexe et du poids d'abattage sur la qualité de la viande d'agneau lourd. Mémoire de Maître ès Sciences. Université Laval, 99p.
- [156]- **Droulez, V.; William, P.G.; Levy, G.; Stobaus, T. & Sinclair, A. (2006).** Composition of Australian red meat 2002. 2. Fatty acid profile. *Food Australia*, 58 (7), 335-341.
- [157]- **Dubreuil, P.; Arsenault, J. & Belanger, D. (2005).** Biochemical reference ranges for groups of ewes of different ages. *The Veterinary Record*, 156(20), 636-638.
- [158]- **Duckett, S. K.; Wagner, D. G.; Yates, L. D.; Dolezal, H. G. & May, S. G. (1993).** Effects of time on feed on beef nutrient composition. *Journal of Animal Science*, 71(8), 2079-2088.
- [159]- **Dufey, P. A. & Chambaz, A. (2004).** Qualité de la viande de bœufs de six races à viande. *Revue suisse d'agriculture*, 36(6), 265-274.
- [160]- **Dumont, R.; Roux, M.; Agabriel, J.; Touraille, C.; Bonnemaire, J.; Malterre, C. & Robelin, J. (1991).** Engraissement des vaches de réforme de race Charolaise: Facteurs de variation des performances zootechniques, de la composition tissulaire des carcasses et de la qualité organoleptique de la viande. *INRA Production Animale*, 4(4), 271-286.
- [161]- **Dunsha, F. R.; Boisclair, Y. R.; Bauman, D. E. & Bell, A. W. (1995).** Effects of bovine somatotropin and insulin on whole-body and hindlimb glucose metabolism in growing steers. *Journal of Animal Science*, (73), 2263-2271.
- [162]- **Durak, M. H.; Erkan, R. E. C.; Çelik, R.; Yokuş, B.; Kurt, D. & Gürgöze, S. (2015).** The effects of age and gender on some biochemical serum parameters in Zom sheep raised in the vicinity of karacadağ. *Israel Journal of Veterinary Medicine*, (70), 2.
- [163]- **Durand, D.; Gruffat-Mouty, D.; Hocquette, J.-F.; Micol, D.; Dubroeuq, H.; Jailler, R.; Jadhao, S. B. & Bauchart, D. (2001).** Relations entre caractéristiques biochimiques et métaboliques des muscles et qualités organoleptiques et nutritionnelles de la viande chez le bouvillon recevant des rations supplémentées en huile de tournesol riche en AGPI n-6. *Rencontres autour des recherches sur les ruminants*, 75-78.
- [164]- **Eckersall, P. D. (2008).** Proteins, proteomics, and the dysproteinemias. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, (6), 114-155.

- [165]- **Ejike, C. E. C. C. & Emmanuel, T. N. (2009).** Cholesterol concentration in different parts of bovine meat sold in Nsukka, Nigeria: implications for cardiovascular disease risk. *African Journal of Biochemistry Research*, 3(4), 095-097.
- [166]- **El Aqsha, G.; Purbowati, E. & Al-Baari, A. N. (2011).** Komposisi Kimia Daging Kambing Kacang, Peranakan Etawah dan Kejobong Jantan pada Umur Satu Tahun. Workshop Nasional Diversifikasi Pangan Daging Ruminansia Kecil.
- [167]- **El Khidir, I. A.; Babiker, S. A. & Shafie, S. A. (1998).** Comparative feedlot performance and carcass characteristics of Sudanese desert sheep and goats. *Small Ruminant Research*, (30), 147-151.
- [168]- **El-Aal, A. H. & Suliman, A. I. A. (2008).** Carcass traits and meat quality of lamb fed on ration containing different levels of leucaena hay (*Leucaena leucocephala* L.). *Biotechnology in Animal Husbandry*, 24(3-4), 77-92.
- [169]- **Eldin, I. S.; Babiker, S. A.; Elkhidir, O. A. & El-Bukhary, H. A. A. (2013).** Characteristics of beef from intensively fed western Baggara bulls & heifers: quality attributes and chemical composition. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 27(1), 45-48.
- [170]- **Elitok, B. (2012).** Reference values for hematological and biochemical parameters in Saanen goats breeding in Afyonkarahisar province. *Kocatepe Veterinary Journal*, 5(1).
- [171]- **El-Oumair, A. & El-Haoues, Y. (2003).** L'utilisation des viandes. Université d'Agriculture de Saoudite, 23p. (En arabe).
- [172]- **El-Rammouz, R. (2005)** Etude des changements biochimiques post mortem dans le muscle de volailles- contribution au déterminisme de l'amplitude de la diminution du pH. Thèse Doctorat. INP de Toulouse, 138p.
- [173]- **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(4), 443-456.
- [174]- **Esenbuga, N.; Yanar, M. & Dayioglu, H. (2001).** Physical, chemical and organoleptic properties of ram lamb carcasses from four fat-tailed genotypes. *Small Ruminant Research*, 39(2), 99-105.
- [175]- **Eshratkhah, B.; Sadaghian, M.; Khajeye, M.; Ahmadi, H. & Mostafavi, H. (2008).** Evaluation of non-electrolytes normal values in blood of Makuei sheep breed. *Journal of Animal Veterinary Advance*, 7(3), 327-329.
- [176]- **Essen-Gustavsson, B.; Karlsson, A.; Lundström, K. & Enfält, A. C. (1994).** Intramuscular fat and muscle fibre lipid contents in halothane-gene-free pigs fed high or low protein diets and its relation to meat quality. *Meat Science*, 38(2), 269-277.
- [177]- **Evans, G. O. (2009).** Animal clinical chemistry: A practical handbook for toxicologists and biomedical researchers. 2nd edition, CRC Press. Taylor & Francis Group, LLC, 340p.
- [178]- **Evrat-Goergel C, (2005).** Etude préalable sur la construction d'une table de composition nutritionnelle des produits carnés (viande et abats de ruminants). Etude CIV OFIVAL, Institut de l'élevage, 153p.
- [179]- **Ezekwe, A. G.; Okonwo, T. M.; Ukaegbu, U. G. & Sangode, A. A. (1997).** Preliminary Study of Meat Quality Characteristics of Young Ndama and Muturu Bulls. *Nigerian Journal of Animal Production*, 24(1), 79-85.
- [180]- **FAO, (2009a).** La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2009. Le point sur l'élevage. FAO Rome, 202p.
- [181]- **FAO, (2009b).** Perspectives de l'alimentation : Analyse des marchés mondiaux, Juin 2009, 98p.
- [182]- **FAO, (2009c).** Perspectives de l'alimentation : Analyse des marchés mondiaux, Décembre 2009, 113p.

- [183]- **FAO, (2010a)**. FAO Statistical Yearbook, Table B.10, 50p.
- [184]- **FAO, (2010b)**. Perspectives de l'alimentation : Analyse des marchés mondiaux, Novembre 2010, 128p.
- [185]- **Faulconnier, Y.; Bonnet, M.; Bocquier, F.; Leroux, C.; Hocquette, J.-F.; Martin, P. & Chilliard, Y. (1999)**. Régulation du métabolisme lipidique des tissus adipeux et musculaires chez le ruminant. Effets du niveau alimentaire et de la photopériode. *INRA Production Animale*, 12(4), 287-300.
- [186]- **Faulconnier, Y.; Ortigues-Marty, I.; Delavaud, C.; Dozias, D.; Jailler, R.; Micol, D. & Chilliard, Y. (2007)**. Influence of the diet and grazing on adipose tissue lipogenic activities and plasma leptin in steers. *Animal*, 1(9), 1263-1271.
- [187]- **Faure, M.; Glomot, F. & Papet, I. (2001)**. Branched-chain amino acid aminotransferase activity decreases during development in skeletal muscles of sheep. *The Journal of Nutrition*, 131(5), 1528-1534.
- [188]- **Faustman, C.; Yin, M. C. & Nadeau, D. B. (1992)**. Color stability, lipid stability, and nutrient composition of red and white veal. *Journal of Food Science*, 57(2), 302-304.
- [189]- **Fernandes, A. R. M.; Sampaio, A. A. M.; Henrique, W.; Tullio, R. R.; Oliveira, E. A. D. & Silva, T. M. D. (2009)**. Composição química e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos de diferentes condições sexuais recebendo silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38 (4),705-712.
- [190]- **Fiems, L. O.; De Campeneere, S.; Van Caelenbergh, W.; De Boever, J. L. & Vanacker, J. M. (2003)**. Carcass and meat quality in double-muscling Belgian Blue bulls and cows. *Meat science*, 63(3), 345-352.
- [191]- **Filipčík, R.; Šubrt, J. & Bjelka, M. (2009)**. The factors influencing beef quality in bulls, heifers and steers. *Slovak Journal of Animal Science*, 42, 54-61.
- [192]- **Fogg, D. N. & Wilkinson, N. T. (1958)**. The colorimetric determination of phosphorus. *Analyst*, 83 (988), 406-414.
- [193]- **Folch, J.; Lees, M. & Stanley, GHS. (1957)**. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226 (1), 497-509.
- [194]- **Forrest, J. C.; Aberle, E. D.; Hedrick, H. B.; Judge, M. D. & Merkel, R. A. (1975)**. Principles of Meat Science. WH Freeman and Co, San Fransisco. 417p.
- [195]- **France AgriMer, (2011)**. Consommation mondiale de viande: état des lieux, dynamique, défis et perspectives. Les synthèses de France AgriMer, élevage / viandes, n° 5, 8p.
- [196]- **Frédot, E. (2005)**. Connaissance des aliments. 1^{ère} édition, Lavoisier, 424p.
- [197]- **French, P.; O'riordan, E. G.; Monahan, F. J.; Caffrey, P. J.; Mooney, M. T.; Troy, D. J. & Moloney, A. P. (2001)**. The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science*, 57(4), 379-386.
- [198]- **Frickh, J. J.; Steinwidder, A. & Baumung, R. (2003)**. Effect of ration, sex and slaughter weight on meat quality of Simmental cattle. *Zuchtungskunde*, 75(1), 16-30.
- [199]- **Frunză, G. & Pop, M. (2015)**. Study on the nutritional quality of goat meat reared in free-range system. *Lucrări Științifice-Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Seria Zootehnie*, 64, 154-159.
- [200]- **Gadoud, R.; Joseph, M. M.; Jussiau, R.; Lisberney, M. J.; Mangeol, B.; Montméas, L. & Tarrit, A. (1992)**. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 2. Fourcher Editeur, 222p.
- [201]- **Gagnon, H. L. (2000)**. Caractéristiques des chevreaux demandés par les consommateurs. *Direction des services technologiques, MAPAQ*, 16p.

- [202]- **Gaikwad, N. Z.; Deshpande, S. D.; Bapat, S. T. & Parwe, G. B. (1992).** Blood-glucose and serum total protein-levels in Jersey x Red Kandhari cattle with reference to age. *Indian Veterinary Journal*, 69(12), 1091-1094.
- [203]- **Gaili, E. S. & Ali, A. E. (1985).** Meat from Sudan Desert Sheep and Goats: Part 2 – Composition of the Muscular and Fatty Tissues. *Meat Science*, 13, 229-236.
- [204]- **Galindo, C. E. (2015).** Effet des sources protéiques sur les métabolismes splanchnique et mammaire des vaches laitières. Thèse Doctorat. Université Laval, 263p.
- [205]- **Gandemer, G. (1990).** Les phospholipides des muscles : composition et altération au cours des traitements technologiques. *Revue Française des Corps Gras*, 37(3-4), 75-81.
- [206]- **Gandemer, G. (1992).** Les lipides de la viande : vers une estimation précise de leurs apports nutritionnels dans l'alimentation de l'homme. *Cahiers de l'ENSBANA*, (8), 25-48.
- [207]- **Gandemer, G. (1999).** Lipids and meat quality: lipolysis, oxidation, Maillard reaction and flavour. *Sciences des aliments*, 19(3-4), 439-458.
- [208]- **Gandemer, G. (2002).** Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Science*, 62(3), 309-321.
- [209]- **Gariépy, C. (2005).** Les fibres musculaires et la qualité de la viande de bœuf. Agriculture et Agroalimentaire Canada, CRDA, Saint-Hyacinthe, 24p.
- [210]- **Geay, Y.; Bauchart, D.; Hocquette, J.-F. & Culioli, J. (2002).** Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes des ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Production Animale*, (15), 37-52.
- [211]- **Gheisari, R. H.; Aminlari, M. & Shahram Shekarforoush, S. (2009).** A comparative study of the biochemical and functional properties of camel and cattle meat during frozen storage. *Veterinarski arhiv*, 79(1), 51-68.
- [212]- **Girousse, A. (2009).** Contribution à l'étude de la régulation de l'expression du gène humain UCP3 dans le muscle squelettique de souris. Thèse Doctorat. ENV Toulouse, 161p.
- [213]- **Goldstein, J. L. & Brown, M. S. (1990).** Regulation of the mevalonate pathway. *Nature*, 343(6257), 425-430.
- [214]- **Gondret, F. & Hocquette, J.-F. (2006).** La teneur en lipides de la viande : une balance métabolique complexe. *INRA Production Animale*, 19 (5), 327-338
- [215]- **Gondret, F.; Mourot, J. & Bonneau M., (1998).** Comparison of intramuscular adipose tissue cellularity in muscles differing in their lipid content and fiber type composition during rabbit growth. *Livestock Production Science*, (54), 1-10.
- [216]- **González, F. H. & Scheffer, J. F. (2002).** Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica metabólica e nutricional. *Arquivos do 29º Congresso Nacional de Medicina Veterinária, Gramado, RS (5-17)*, 48p.
- [217]- **González, F. H. D.; Conceição, T. R.; Siqueira, A. J. S. & La Rosa, V. L. (2000).** Variações sanguíneas de uréia, creatinina, albumina e fósforo em bovinos de corte no Rio Grande do Sul. *A Hora Veterinária*, (20), 59-62.
- [218]- **González, F.H.D. & Silva, S.C. (2006).** Introdução à bioquímica clínica veterinária. UFRGS, Porto Alegre, Gráfica, 357p.
- [219]- **Gregory, L.; Birgel Junior, E. H. & D'angelino, F. J. (2004).** Valores de referência dos teores séricos da uréia e creatinina em bovinos da raça Jersey criados no Estado de São Paulo. Influência dos fatores etários, sexuais e da infecção pelo vírus da leucose dos bovinos. *Arquivos do Instituto Biológico*, (71), 39-345.
- [220]- **Grizard, J.; Dardevet, D.; Papet, I.; Mosoni, L.; Mirand, P. P.; Attaix, D.; Tauveron, I.; Bonin, D. & Arnal, M. (1995).** Nutrient regulation of skeletal muscle

- protein metabolism in animals. The involvement of hormones and substrates. *Nutrition Research Reviews*, 8(01), 67-91.
- [221]- **Grundy, S. M. (1983)**. Absorption and metabolism of dietary cholesterol. *Annual Review of Nutrition*, 3(1), 71-96.
- [222]- **Grünwaldt, E. G.; Guevara, J. C.; Estevez, O. R.; Vicente, A.; Rousselle, H.; Alcuten, N.; Alcuten, N.; Aguerregaray, D. & Stasi, C. R. (2005)**. Biochemical and haematological measurements in beef cattle in Mendoza plain rangelands (Argentina). *Tropical Animal Health and Production*, 37(6), 527-540.
- [223]- **Gruszecki, T. M.; Junkuszew, A.; Lipecka, C. Z.; Kaminska, A.; Szymanowska, A. & Patkowski, K. (2004)**. Fatty acids composition in sheep milk and muscle tissue of lamb fed protective fat-supplemented fodder. *Arch Tierz Dummerstorf*, (47), special issue, 183-188.
- [224]- **Guerrero, A.; Velendia, V. M.; Campo, M. M. & Sañudo, C. (2013)**. Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork Review. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 35(4), 335-347.
- [225]- **Gündoğan, M. & Serteser, M. (2005)**. Some reproductive parameters and biochemical properties in Akkaraman and Awassi rams. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29(3), 595-599.
- [226]- **Gürgöze, S. Y.; Zonturlu, A. K.; Özyurtlu, N. & Icen, H. (2009)**. Investigation of some biochemical parameters and mineral substance during pregnancy and postpartum period in Awassi ewes. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 15(6), 957-963.
- [227]- **Gutiérrez, J. I.; Tejada, J. F.; Parra, V. & Andrés, A. I. (2013)**. Evolution of the fatty acid composition and oxidative stability of Merino lamb meat stored under different modified atmospheres. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, (52), 81-92.
- [228]- **Guzek, D.; Głabska, D.; Głabski, K.; Pogorzelski, G.; Barszczewski, J. & Wierzbicka, A. (2015)**. Relationships between sarcomere length and basic composition of *infraspinatus* and *longissimus dorsi* muscle. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39(1), 96-101.
- [229]- **Gwaze, F. R.; Chimonyo, M. & Dzama, K. (2010)**. Relationship between nutritionally-related blood metabolites and gastrointestinal parasites in Nguni goats of South Africa. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(9), 1190-1197.
- [230]- **Haffaf, S. (2011)**. Étude des profils biochimique et minéral peripartum des brebis de la race Ouled Djellal. Mémoire de magister. Université de Batna, 86p.
- [231]- **Hafid, N. (2006)**. L'influence de l'âge, de la saison et de l'état physiologique des caprins sur certains paramètres sanguins. Mémoire de Magister. Université de Batna, 101p.
- [232]- **Hajj Hassan, H. (2011)**. Biogénèse des lipoprotéines de haute densité (HDL): Implication du transporteur ABCA1. Thèse Doctorat. Université de Montréal, 268p.
- [233]- **Hamid, M. A.; Akhter, S.; Rahman, S. M. E. & Khan, M. (2008)**. Effect of age and wholesale cuts on the quality of indigenous sheep carcass. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 37(1), 32-38.
- [234]- **Hammond, A. C. (1997)**. Update on BUN and MUN as a guide for protein supplementation in cattle. In. *Proceeding Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, Gainesville*, 43-52.
- [235]- **Hanekom, Y. (2010)**. The effect of extensive and intensive production systems on the meat quality and carcass characteristics of Dohne Merino lambs. Doctoral dissertation. Stellenbosch University, 153p.
- [236]- **Harkati, A. (2007)**. Etude des paramètres biologiques intervenant dans l'attendrissage naturel de la viande ovine et leurs relations au facteur type de muscle. Thèse de magister. Université de Constantine, 100p.

- [237]- **Harris, K. B.; Cross, H. R.; Pond, W. G. & Mersmann, H. J. (1993)**. Effect of dietary fat and cholesterol level on tissue cholesterol concentrations of growing pigs selected for high or low serum cholesterol. *Journal of Animal Science.*, (71), 807-810.
- [238]- **Hassan, D. I.; Musa-Azara, I. S.; Mohammed, J., & Zanwa, I. A. (2013)**. Influence of age, sex and season on haematology and serum chemistry of Red Sokoto goats in Lafia, nasarawa state Nigeria. *International Journal of Agriculture and Veterinary Medecine*, 1(4).
- [239]- **Hayder, M. (2004)**. Performance of ewes fed sugarcane bagasse silage treated with different level of urea. Doctoral dissertation. Assiut University.
- [240]- **Hidayat, R.; Purbowati, E.; Arifin, M. & Purnomoadi, A. (2009)**. Komposisi kimia daging sapi peranakan ongole yang diberi pakan jerami padi urinasi dan level konsentrat yang berbeda. In: Prosiding seminar nasional teknologi peternakan dan veteriner pusat penelitian peternakan, baiai penelitian dan pengembangan pertanian, bogor.
- [241]- **Hirondel, J-C. (2012)**. Viande bovine et bovins vivants en Algérie. Veille n°2, GEF, Ubi-France, 24p.
- [242]- **Hocquette, J.-F. & Bauchart, D. (1999)**. Intestinal absorption, blood transport and hepatic and muscle metabolism of fatty acids in preruminant and ruminant animals. *Reproduction Nutrition Development*, (39), 27-48.
- [243]- **Hocquette, J.-F.; Balage, M. & Ferre, P. (1996a)**. Facilitative glucose transporters in ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society*, (55), 221-236.
- [244]- **Hocquette, J.-F.; Cassar-Malek, I.; Listrat, A.; Jurie, C.; Jailler, R. & Picard, B. (2005a)**. Evolution des recherches sur le muscle des bovins et la qualité sensorielle de leur viande. I. Vers une meilleure connaissance de la biologie musculaire. *Cahiers Agricultures*, (14), 283-289.
- [245]- **Hocquette, J.-F.; Gondret, F.; Baéza, E.; Médale, F.; Jurie, C.; Pethick, D. W. (2010)**. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, identification of putative markers. *Animal*, 4(02), 303-319.
- [246]- **Hocquette, J.-F.; Jurie, C.; Bonnet, M. & Pethick, D.W. (2005b)**. Bovine intramuscular adipose tissue has a higher potential for fatty acid synthesis from glucose than subcutaneous adipose tissue. In: *Proceedings of the 56th Annual meeting of the European association for animal production*. Wageningen Academic Publishers: Uppsala, 5-8 June, 248p.
- [247]- **Hocquette, J.-F.; Ortigues-Marty, I.; Damon, M.; Herpin, P. & Geay, Y. (2000)**. Métabolisme énergétique des muscles squelettiques chez les animaux producteurs de viande. *INRA Production Animal*, (13), 185-200.
- [248]- **Hocquette, J.-F.; Ortigues-Marty, I.; Pethick, D.; Herpin, P. & Fernandez, X. (1998b)**. Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals. *Livestock Production Science*, (56), 115-143.
- [249]- **Hocquette, J.-F.; Ortigues-Marty, I.; Picard, B.; Doreau, M.; Bauchart, D. & Micol, D. (2005)**. La viande des ruminants. De nouvelles approches pour maîtriser et améliorer la qualité. *Viandes et produits carnés*, (24), 7-18.
- [250]- **Hocquette, J.-F.; Picard, B. & Fernandez, X. (1996b)**. Le métabolisme énergétique musculaire au cours de la croissance et après l'abattage de l'animal. *Viandes et produits carnés*, (17), 217-230.
- [251]- **Hocquette, J.-F.; Renand, G.; Levéziel, H.; Picard, B. & Cassar-Malek, I. (2006)**. The potential benefits of genetics and genomics to improve beef quality-a review. *Animal Science Papers and Reports*, 24(3), 173-186.
- [252]- **Hocquette, J.-P. & Abe, H. (2000)**. Facilitative glucose transporters in livestock species. *Reproduction Nutrition Development*, (40), 517-533.

- [253]- **Hoelscher, L. M.; Savell, J. W.; Smith, S. B. & Cross, H. R. (1988).** Subcellular distribution of cholesterol within muscle and adipose tissues of beef loin steaks. *Journal of Food Science*, 53(3), 718-722.
- [254]- **Hoffman, L. C.; Schmidt, D.; Muller, M. M.; Cloete, J. J. E. & Cloete, S. W. P. (2003).** Sensory and objective mutton quality characteristics of SA Merino sheep selected for and against reproductive fitness. *South African Journal of Animal Science*, 33(1), 52-64.
- [255]- **Hood, R. L. & Allen, C. E. (1978).** Lipogenesis in isolated intramuscular adipose tissue from four bovine muscles. *Journal of Animal Science*, 46(6), 1626-1633.
- [256]- **Horcada, A.; Beriain, M. J.; Purroy, A.; Lizaso, G. & Chasco, J. (1998).** Effect of sex on meat quality of Spanish lamb breeds (Lacha & Rasa Aragonesa). *Animal Science*, 67(03), 541-547.
- [257]- **Hornstein, I.; Crowe, P. P. & Heimberg, M. J. (1961).** Fatty acid composition of meat tissue lipids. *Journal of Food Science*, 26(6), 581-586.
- [258]- **Hosain, M. D. I. (2014).** Effect of age and primal cuts on beef quality of indigenous cattle. Doctoral dissertation. Bangladesh Agricultural University, 65p.
- [259]- **Huang, X. (1987).** The cholesterol content of muscle and adipose tissue from country natural beef. Oregon State University, 83p.
- [260]- **Huerta, L. N.; Ruíz, R. J.; Arenas, M. L.; Jerez, T. N.; Márquez, E. & Muñoz, B. (1996).** Cholesterol content in longissimus muscle beef from slaughter cattle in Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 46(4), 329-333.
- [261]- **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 (1), 194-204.
- [262]- **Hugi, D. & Blum, J. W. (1997).** Changes of blood metabolites and hormones in breeding calves associated with weaning. *Journal of Veterinary Medicine, Series A*, 44(1-10), 99-108.
- [263]- **Ilie, L. I.; Tudor, L.; Furnaris, F. & Galiş, A. M. (2012).** Study on the chemical composition of goat meat samples correlated with their age. 324-329.
- [264]- **Irfan, I. Z.; Esfandiari, A. & Choliq, C. (2014).** Profile of total protein, albumin, globulin and albumin globulin ratio in bulls. *Indonesian Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 19(2), 123-129.
- [265]- **Irshad, A.; Kandeepan, G.; Kumar, S.; Ashish, K. A.; Vishnuraj, M. R. & Shukla, V. (2012).** Factors influencing carcass composition of livestock: A review. *Journal of Animal Production Advances*, 3(5), 177-186.
- [266]- **Issenmann, H. (2003).** Etude hématologique, biochimique et clinique comparative de veaux issus de clonage somatique et de veaux témoins. Thèse de Médecine Vétérinaire. ENV Alfort, 100p.
- [267]- **Istasse, L.; Van Eenaeme, C.; Gabriel, A.; Clinquart, A.; Maghuin-Rogister, G. & Bienfait, J. M. (1990).** The relationship between carcass characteristics, plasma hormones and metabolites in young fattening bulls. *Veterinary Research Communications*, 14(1), 19-26.
- [268]- **Istrati, D.; Simion Ciuciu, A. M.; Ionescu, A.; Vizireanu, C. & Dinică, R. (2012).** Influence of spice and wine based marinades on bovine Biceps femoris muscle tenderness. *African Journal of Biotechnology*, (79), 14461-14467.
- [269]- **Ito, R. H.; Prado, I. N. D.; Rotta, P. P.; Oliveira, M. G. D.; Prado, R. M. D. & Moletta, J. L. (2012).** Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of *Longissimus muscle* of young bulls from four genetic groups finished in feedlot. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(2), 384-391.

- [270]- **Ivanović, S. D.; Stojanović, Z. M.; Nešić, K. D.; Pisinov, B. P.; Baltić, M. Ž.; Popov-Raljić, J. V. & Đurić, J. M. (2014).** Effect of goat breed on the meat quality. *Hemijaska industrija*, 68(6), 801-807.
- [271]- **Iverson, S. J.; Lang, S. L. C. & Cooper, M. H. (2001).** Comparison of the Bligh and Dyer and Folch methods for total lipid determination in a broad range of marine tissue. *Lipids*, (36), 1283-1287.
- [272]- **Jabbar, M. A. & Anjum, M. I. (2008).** Effect of diets with different forage to concentrate ratio for fattening of Lohi lambs. *Pakistan Veterinary Journal*, 28(3), 150-152.
- [273]- **Jawasreh, K.; Awawdeh, F.; Ismail, Z. B.; Al-Rawashdeh, O. & Al-Majali, A. (2010).** Normal hematology and selected serum biochemical values in different genetic lines of Awassi ewes in Jordan. *Internet Journal of Veterinary Medicine*, 7(2), 124-127.
- [274]- **Jerónimo, E.; Alves, S. P.; Prates, J. A.; Santos-Silva, J. & Bessa, R. J. (2009).** Effect of dietary replacement of sunflower oil with linseed oil on intramuscular fatty acids of lamb meat. *Meat Science*, 83(3), 499-505.
- [275]- **Jibir, M.; Hassan, W. A.; Maigandi, S. A.; Garba, S. & Adeyaniju, J. B. (2010).** The Effect of Breed, Age and Fasting Status on Macro-nutrient Composition of Meat from Goat Breeds of North-Western Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*, 18(2), 269-271.
- [276]- **Jo, C.; Jayasena, D. D.; Lim, D. G.; Lee, K. H.; Kim, J. J.; Cha, J. S. & Nam, K. C. (2013).** Effect of intramuscular fat content on the meat quality and antioxidative dipeptides of Hanwoo beef. *Korean Journal of Food Nutrition*, (26), 117-124.
- [277]- **Johnson, D. D.; Eastridge, J. S.; Neubauer, D. R. & McGowan, C. H. (1995).** Effect of sex class on nutrient content of meat from young goat. *Journal of Animal Science*, (73), 296-301.
- [278]- **Jouany, J. P. (1994).** Les fermentations dans le rumen et leur optimisation. *INRA Production Animale*, 7(3), 207-225.
- [279]- **Jouihan, H. (2012).** Measurement of liver triglyceride content. *Bio-protocol*, 2(13), e223. <http://www.bio-protocol.org/e223>.
- [280]- **Judge, M. D.; Aberle, E. D.; Forrest, J. C.; Hedrick, H. B. & Merkel, R. A. (1989).** Principles of meat science. 2nd edition, Kendall/Hunt Publishing Co, Iowa, 203-223.
- [281]- **Jurie, C.; Picard, B.; Hocquette, J.-F.; Dransfield, E.; Micol, D. & Listrat, A. (2007).** Muscle and meat quality characteristics of Holstein and Salers cull cows. *Meat Science*, 77(4), 459-466.
- [282]- **Kadim, I. T. & Mahgoub, O. (2012).** The nutritive value of goat meat. In: Goat meat production and quality. Mahgoub, O., Kadim, I. T. & Webb, E. (2012). Cabi, 292-323.
- [283]- **Kamble, V. J.; Bonde, H. S.; Kulkarni, K. D. & Kulkarni, D. N. (1989).** Quality aspect of Osmanabadi goat meat. *Journal of food science and technology*, 26(2), 99-101.
- [284]- **Kaneko, J. J.; Harvey, J. W. & Bruss, M. L. (1997).** Clinical biochemistry of domestic animals. 5th edition. Academic press, 3557-3561.
- [285]- **Kaneko, J. J.; Harvey, J. W.; Brus, M. L. (2008).** Clinical biochemistry in domestic animals. 6th edition, Elsevier Inc., 904p.
- [286]- **Kapele, P. M.; Japtap, D. G.; Badukale, D. M. & Sahatpure, S. K. (2008).** Serum total proteins and serum total cholesterol levels in Gaolao cattle. *Veterinary World*, 1(4), 115-116.

- [287]- **Karakök, S. G.; Ozogul, Y.; Saler, M. & Ozogul, F. (2010).** Proximate analysis Fatty acid profiles and mineral contents of meats: A comparative study. *Journal of Muscle Foods*, 21(2), 210-223.
- [288]- **Kasumu, A. A. (2011).** Effects of breed, sex and age on serum biochemistry in Nigerian goats. Award of bachelor of agriculture. University of agriculture, Abeokuta. Nigeria, 54p.
- [289]- **Kaucher, M.; Galbraith, H.; Button, V. & Williams, H. H. (1943).** The distribution of lipids in animal tissues. *Archives of Biochemistry*, (3), 203-215.
- [290]- **Kauffman, R. G. & Safanie, A. H. (1967).** Influence of porcine muscle structure on its lipid accumulation during growth. *Journal of Food Science*, 32(3), 283-286.
- [291]- **Kazala, E. C.; Lozeman, F. J.; Mir, P. S.; Laroche, A.; Bailey, D. R. & Weselake, R. J. (1999).** Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle. *Journal of Animal Science*, 77(7), 1717-1725.
- [292]- **Keeton, J.T & Eddy, S. (2004).** Chemical composition. In Encyclopedia of meat sciences. Oxford: Elsevier, (1), 210-218.
- [293]- **Keller, G. A.; Barton, M. C.; Shapiro, D. J. & Singer, S. J. (1985).** 3-Hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase is present in peroxisomes in normal rat liver cells. In. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 82(3), 770-774.
- [294]- **Kerrou, M. (2005).** Différentes modalités d'engraissement du taurillon. Thèse Doctorat. Université de Constantine, 180p.
- [295]- **Keser, O. & Bilal, T. (2008).** Effect of different dietary crude protein levels on performance, N digestibility and some blood parameters in Kivircik lambs. *Acta Veterinaria (Beograd)*, (58), 87-498.
- [296]- **Khaki, Z.; Khazraïnia, P.; Chegini, S. & Nia, S. K. (2012).** Comparative study of serum lipid profile in chicken, ostrich, cattle, and sheep. *Comparative Clinical Pathology*, 21(3), 259-263.
- [297]- **Khan, K H. (2013).** Effect of sex on some growth performance and blood parameters of Hamdani lambs. *Journal of Veterinary Science*, (6), 101-106.
- [298]- **Khan, K. M. H.; Ahmed, K. A.; Ahmad, E. H. & Omar, C. A. (2013).** Study of some serum biochemical parameters of Karadi sheep in Sulaimani city, Iraq. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 3(12), 443-446.
- [299]- **Khatun, A.; Wani, G. M.; Bhat, J. I. A.; Choudhury, A. R. & Khan, M. Z. (2011).** Biochemical indices in sheep during different stages of pregnancy. *Asian Journal of Animal Veterinary Advance*, 6(2), 175-181.
- [300]- **Kim, C. J. & Lee, E. S. (2003).** Effects of quality grade on the chemical, physical and sensory characteristics of Hanwoo (Korean native cattle) beef. *Meat Science*, 63(3), 397-405.
- [301]- **Kim, D. H.; Kim, K. H.; Nam, I. S.; Lee, S. S.; Choi, C. W.; Kim, W. Y. & Oh, Y. K. (2013).** Effect of indigenous herbs on growth, blood metabolites and carcass characteristics in the late fattening period of Hanwoo Steers. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 26(11), 1562.
- [302]- **Kiran, S.; Bhutta, A. M.; Khan, B. A.; Durrani, S.; Ali, M. & Iqbal, F. (2012).** Effect of age and gender on some blood biochemical parameters of apparently healthy small ruminants from Southern Punjab in Pakistan. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(4), 304-306.
- [303]- **Klosowska, D.; Dankowski, A.; Klosowski, B.; Belzerowska, P. & Stepka, D. (1998).** Microstructure of *longissimus lumborum* muscle and selected characteristics of lamb carcass and meat quality. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 3(07), 493-502.
- [304]- **Komi Apedo, A. (2008).** Impact des variations climatiques sur le prix des moutons sur le marché de gros de Djelfa (Algérie). *Cahiers Agricultures*, (1), 29-37.

- [305]- **Komolka, K.; Albrecht, E.; Wimmers, K.; Michal, J. J. & Maak, S. (2014).** Molecular heterogeneities of adipose depots-potential effects on adipose-muscle cross-talk in humans, mice and farm animals. *Journal of Genomics*, (2), 31-44.
- [306]- **Kraft, G. (2009).** Régulation nutritionnelle du métabolisme hépatique des acides aminés chez le ruminant en croissance. Thèse Doctorat. Agro Paris Tech, 353p.
- [307]- **Krisans, S. K. (1996).** Cell compartmentalization of cholesterol biosynthesis. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 804(01), 142-64.
- [308]- **Laabassi, F. (2006).** L'influence de l'âge, de la saison et de la race du cheval de course sur certains paramètres sanguins. Thèse de Magister. Université de Batna, 81p.
- [309]- **Lamant, M. (2006).** Caractérisation d'une nouvelle apolipoprotéine humaine, l'apo O. Thèse Doctorat. Université Toulouse III, Paul Sabatier, 238p.
- [310]- **Lange, Y. & Steck, T. L. (1994).** Cholesterol homeostasis. Modulation by amphiphiles. *Journal of Biological Chemistry*, 269(47), 29371-29374.
- [311]- **Lapierre, H. & Lobley, G.E. (2001).** Nitrogen recycling in the ruminant: A review. *Journal Dairy Science*, (84), E223-E236.
- [312]- **Laskar, S. K. & Nath, D. R. (2008).** Studies on certain qualitative aspects of goat meat marketed in Guwahati city. *Indian Journal of Animal Production & Management*, (14), 217-218.
- [313]- **Laure, L. (2008).** Etude de complexe CARP-titine-calpaïne 3 : de la fonction vers la thérapeutique. Thèse Doctorat. Université d'Evry Val d'Essonne, 148p.
- [314]- **Lawrence, T. L. J. & Fowler, V. R. (1997).** Growth of farm animals. CAB International, 330p.
- [315]- **Lazzaroni, C. & Biagini, D. (2008).** Effect of pre- and post-pubertal castration on Piemontese male cattle. II: Carcass measures and meat yield. *Meat Science*, (80), 422-448.
- [316]- **Lee, H. (1983).** The effect of animal age and refrigerated storage time on lipids in pig ham muscle. Doctoral dissertation. Texas Tech University, USA, 93p.
- [317]- **Lee, H. L. (2005).** Etude de la protéolyse calcium dépendante et du protéasome dans le muscle de poulet: rôle dans la maturation de la viande. Thèse Doctorat. Clermont-Ferrand 2, 154p.
- [318]- **Leheup, B. (2002-2003).** Peroxysomes. Babarnab-Prod, 9p. <http://babarnabprod.e-monsite.com/medias/files/bio-cell-les-peroxysomes.pdf>
- [319]- **Leseigneur-Meynier, A. & Gandemer, G. (1991).** Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibres. *Meat Science*, 29(3), 229-241.
- [320]- **Lewis, P. K.; Rakes, L. K. Y.; Brown, H. G.; Brown, A. H.; Johnson, Z. & Brown, C. J. (1993).** Effects of maturation rate, marbling and cooking on the fat, cholesterol and lipid phosphorus composition of beef muscle1. *Journal of Muscle Foods*, 4(1), 41-56.
- [321]- **Li, L. Q. & Zan, L. S. (2011).** Distinct physicochemical characteristics of different beef from Qinchuan cattle carcass. *African Journal of Biotechnology*, 10(37), 7253-7259.
- [322]- **Li, L. Q.; Tian, W. Q. & Zan, L. S. (2011).** Effects of age on quality of beef from Qinchuan cattle carcass. *Agricultural Sciences in China*, 10(11), 1765-1771.
- [323]- **Li, L.; Zhu, Y.; Wang, X.; He, Y. & Cao, B. (2014).** Effects of different dietary energy and protein levels and sex on growth performance, carcass characteristics and meat quality of F1 Angus × Chinese Xiangxi yellow cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5(1), 21.
- [324]- **Li, X. Z.; Yan, C. G.; Lee, H. G.; Choi, C. W. & Song, M. K. (2012).** Influence of dietary plant oils on mammary lipogenic enzymes and the conjugated linoleic acid content of plasma and milk fat of lactating goats. *Animal Feed Science and Technology*, 174(1), 26-35.

- [325]- **Lijalem, T.; Beyan, M. & Banerjee, S. (2015)**. Quality of beef, chevon and mutton at Hawassa, Southern Ethiopia. *African Journal of Food Science*, 9(5), 301-306.
- [326]- **Liméa, L. (2009)**. Effets des conditions d'alimentation et d'abattage sur les caractéristiques de carcasse et de viande du Caprin Créole. Doctoral dissertation. Agro Paris Tech, 232p.
- [327]- **Lindberg, J. E. & Jacobsson, K. G. (1990)**. Nitrogen and purine metabolism varying energy and protein supplies in sheep sustained on intragastric infusion. *British Journal of Nutrition*, (64), 359-370.
- [328]- **Lirette, A.; Seoane, J. R.; Minvielle, F. & Froehlich, D. (1984)**. Effects of breed and castration on conformation, classification, tissue distribution, composition and quality of lamb carcasses. *Journal of Animal Science*, 58(6), 1343-1357.
- [329]- **Litwinczuk, Z.; Florek, M. & Pietraszek, K. (2006)**. Physico-chemical quality of meat from heifers and young bulls of the Black-and-White (BW) variety of Polish Holstein-Friesian breed, and commercial BW crossbreds sired by Limousine and Charolaise bulls. *Animal Science Papers and Reports*, (24), 179-186.
- [330]- **Liu, G.; Wan, F.; Liu, X.; Cheng, H.; Tan, X. & Song, E. (2012)**. Expression of HMGR in Lilu cattle tissues. *Open Journal of Animal Sciences*, 2(1), 45-48.
- [331]- **Lobley, G. E.; Connell, A.; Buchan, V.; Skene, P. A. & Fletcher, J. M. (1987)**. Administration of testosterone to wether lambs: effects on protein and energy metabolism and growth hormone status. *Journal of endocrinology*, 115(3), 439-445.
- [332]- **López-Ortega, A. A.; Márquez, Y. C.; Mendoza, C. A.; Ferraro, S. M. & Márquez, A. A. (2008)**. Perfil lipídico en becerras mestizas Carora durante el primer año de vida, en época de lluvias y de sequía, en Venezuela. *Revista veterinaria*, (19), 1-2.
- [333]- **Lorin, B.; Belli, P. & Frikha, M. (2009)**. Cas clinique de médecine bovine: insuffisance rénale chez deux génisses Prim'Holstein due à une intoxication aux glands. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 160(11), 507-513.
- [334]- **Lubbadeh, W.; Haddadin, M. S. Y.; Al-Tamimi, M. A. & Robinson, R. K. (1999)**. Effect on the cholesterol content of fresh lamb of supplementing the feed of Awassi ewes and lambs with *Lactobacillus acidophilus*. *Meat Science*, (52), 381-385.
- [335]- **Luker, G. D.; Nilsson, K. R.; Covey, D. F. & Piwnica-Worms, D. (1999)**. Multidrug resistance (MDR1) P-glycoprotein enhances esterification of plasma membrane cholesterol. *Journal of Biological Chemistry*, 274(11), 6979-6991.
- [336]- **Lullmann-Rauch, R. (2008)**. Histologie. 1^{er} cycle des études médicales, édition De Boeck, 704p.
- [337]- **Lumsden, J. H.; Mullen, K. & Rowe, R. (1980)**. Hematology and biochemistry reference values for female Holstein cattle. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 44(1), 24.
- [338]- **MADR-ONS (2010)**. Ministère de l'agriculture et du développement rural-Office Nationale des Statistiques, Série E, Effectifs de cheptel, produits d'élevage.
- [339]- **Madrugá, M. S.; Araújo, W. O. D.; Sousa, W. H. D.; César, M. F.; Galvão, M. D. S. & Cunha, M. D. G. G. (2006b)**. Efeito do genótipo e do sexo sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(4), 1838-1844.
- [340]- **Madrugá, M. S.; Arruda, S. G. B. & Nascimento, J. A. (1999)**. Castration and slaughter age effects on nutritive value of the "mestiço" goat meat. *Meat Science*, 52(2), 119-125.
- [341]- **Madrugá, M. S.; Medeiros, E. J. L. D.; Sousa, W. H. D.; Cunha, M. D. G. G.; Pereira Filho, J. M. & Queiroga, R. D. C. R. D. (2009)**. Chemical composition and fat profile of meat from crossbred goats reared under feedlot systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(3), 547-552.

- [342]- **Madruga, M. S.; Narain, N.; Arruda, S. G. B. D.; Souza, J. G.; Costa, R. G. & Beserra, F. J. (2002).** Influência da idade de abate e da castração nas qualidades físico-químicas, sensoriais e aromáticas da carne caprina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(3), 1562-1570.
- [343]- **Madruga, M. S.; Narain, N.; Duarte, T. F.; Sousa, W. D.; Galvão, M. D. S.; Cunha, M. G. & Ramos, J. L. F. (2005).** Características químicas e sensoriais de cortes comerciais de caprinos SRD e mestiços de Bôer. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 713-719.
- [344]- **Madruga, M. S.; Narain, N.; Souza, J. G. & Costa, R. G. (2001).** Castration and slaughter age effects on fat components of “Mestiço” goat meat. *Small Ruminant Research*, 42(1), 75-80.
- [345]- **Madruga, M. S.; Resosemito, F. S.; Narain, N.; Souza, W. H.; Cunha, M. G. G. & Ramos, J. L. F. (2006a).** Effect of raising conditions of goats on physico-chemical and chemical quality of its meat efecto de las condiciones de crecimiento de cabras en la calidad físico-química y química de su carne. *CYTA-Journal of Food*, 5(2), 100-104.
- [346]- **Madruga, M. S.; Resosemito, F. S.; Narain, N.; Souza, W. H.; Cunha, M. G. G. & Ramos, J. L. F. (2006).** Effect of raising conditions of goats on physico-chemical and chemical quality of its meat. *CYTA-Journal of Food*, 5(2), 100-104.
- [347]- **Madruga, M. S.; Sousa, W. H. D.; Rosales, M. D.; Cunha, M. D. G. G. & Ramos, J. L. D. F. (2005a).** Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(1), 309-315.
- [348]- **Mahgoub, O. & Lodge, G. A. (1998).** A comparative study on growth, body composition and carcass tissue distribution in Omani sheep and goats. *Journal of Agricultural Science*, (131), 329-339.
- [349]- **Majdoub, L.; Vermorel, M. & Ortigues-Marty, I. (2003).** Intraruminal propionate supplementation modifies hindlimb energy metabolism without changing the splanchnic release of glucose in growing lambs. *British Journal of Nutrition*, 89(1), 39-50.
- [350]- **Mamun, M. A.; Hassan, M. M.; Shaikat, A. H.; Islam, S. K. M. A.; Hoque, M. A.; Uddin, M. & Hossain, M. B. (2014).** Biochemical analysis of blood of native cattle in the hilly area of Bangladesh. *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine*, 11(1), 51-56.
- [351]- **Mapiye, C.; Chimonyo, M.; Dzama, K. & Marufu, M. C. (2010).** Protein status of indigenous Nguni and crossbred cattle in the semi-arid communal rangelands in South Africa. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 23(2), 213-225.
- [352]- **Maranesi, M.; Bochicchio, D.; Montellato, L.; Zaghini, A.; Pagliuca, G. & Badiani, A. (2005).** Effect of microwave cooking or broiling on selected nutrient contents, fatty acid patterns and true retention values in separable lean from lamb rib-loins, with emphasis on conjugated linoleic acid. *Food Chemistry*, 90 (1), 207-218.
- [353]- **Margetín, M.; Margetínová, J.; Oravcová, M.; Luptáková, L. & Horečná, Z. (2013).** Carcass quality and physico-chemical characteristics of meat of light lambs. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 16(4), 83-89.
- [354]- **Margolles, E. (1983).** Metabolitos sanguíneos en vacas altas productoras durante la gestación-lactancia en las condiciones de cuba y su relación con trastornos del metabolismo. *Rev. Cub. Cienc. Vet.*, (14), 221-230.
- [355]- **Marichal, A.; Castro, N.; Capote, J.; Zamorano, M. J. & Argüello, A. (2003).** Effects of live weight at slaughter (6, 10 and 25 kg) on kid carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 83(2), 247-256.

- [356]- **Marinova, P.; Banskalieva, V.; Alexandrov, S.; Tzvetkova, V. & Stanchev, H. (2001).** Carcass composition and meat quality of kids fed sunflower oil supplemented diet. *Small Ruminant Research*, 42(3), 217-225.
- [357]- **Martínez Marín, A. L.; Pérez Hernández, M.; Pérez Alba, L. M.; Carrión-Pardo, D. & Gómez-Castro, A. G. (2010).** Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *Revista electrónica de Veterinaria*, 11(8).
- [358]- **Martínez-Cerezo, S.; Sañudo, C.; Panea, B.; Medel, I.; Delfa, R.; Sierra, I.; Beltrán, J.A.; Cepero, R. & Olleta, J. L. (2005).** Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. *Meat Science*, 69(2), 325-333.
- [359]- **Mathé, D. & Lutton, C. (1984).** Le cholestérol: Aspects dynamiques et métaboliques. *Journal de physiologie*, 79(2), 41-97.
- [360]- **Matsuzaki, M.; Takizawa, S. & Ogawa, M. (1997).** Plasma insulin, metabolite concentrations, and carcass characteristics of Japanese Black, Japanese Brown, and Holstein steers. *Journal of Animal Science*, 75(12), 3287-3293.
- [361]- **Mbassa, G. K. & Poulsen, J. S. D. (1993).** Reference ranges for clinical chemical values in Landrace goats. *Small Ruminant Research*, 10(2), 133-142.
- [362]- **Mc Cullagh, K. J. A.; Poole, R. C.; Halestrap, A. P.; O'brien, M. & Bonen, A. (1996).** Role of the lactate transporter (MCT1) in skeletal muscles. *American Journal of Physiology*, (271), E143-E150.
- [363]- **McPhee, M. J.; Hopkins, D. L. & Pethick, D. W. (2008).** Intramuscular fat levels in sheep muscle during growth. *Animal Production Science*, 48(7), 904-909.
- [364]- **Mehdi, Y.; Clinquart, A.; Hornick, J. L.; Cabaraux, J. F.; Istasse, L. & Dufrasne, I. (2015).** Meat composition and quality of young growing Belgian Blue bulls offered a fattening diet with selenium enriched cereals. *Canadian Journal of Animal Science*, 95(3), 465-473.
- [365]- **Meira Jr, E. B. S.; Rizzo, H.; Benesi, F.J. & Gregory, L. (2009).** Influência dos fatores sexuais e etários sobre a proteína total, fração albumina e atividade sérica de aspartato-aminotransferase e gama-glutamyltransferase de ovinos da raça Santa Inês. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 46(6), 448-454.
- [366]- **Merck, (2002).** Le manuel vétérinaire Merck. 2^{ème} édition, édition d'après, 2246p.
- [367]- **Meziane, T. (2001).** Contribution à l'étude de l'effet de la salinité de l'eau de boisson et d'un régime à base de paille chez les brebis de race Ouled Djellal dans les hauts plateaux Sétifiens. Thèse Doctorat d'Etat. Université de Constantine, 162p.
- [368]- **Micol, D.; Robelin, J. & Geay, Y. (1993).** Composition corporelle et caractéristiques biologiques des muscles chez les bovins en croissance et à l'engrais. *INRA Production Animale*, 6(1), 61-69.
- [369]- **Mirabaud, N. (2010).** Influence de la conduite en élevage, du transport et du séjour dans les corrales sur les performances des taureaux braves en corrida. Thèse Doctorat. Toulouse, 128p.
- [370]- **Mirdhayati, I.; Hermanianto, J.; Wijaya, C. H. & Sajuthi, D. (2014).** Profil karkas dan karakteristik kimia daging kambing Kacang (*Capra aegragus hircus*) jantan. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 19(1), 26-34.
- [371]- **Moawad, R. K.; Mohamed, G. F.; Ashour, M. M. S. & El-Hamzy, E. M. A. (2013).** Chemical composition, quality characteristics and nutritive value of goat kids meat from Egyptian Baladi breed. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(8), 5048-5059.
- [372]- **Mohammad, A. A.; Khaskheli, M.; Rajput, I. R.; Faraz, S.; Rao, S.; Umer, M. & Devrajani, K. (2010).** Effect of slaughtering age on chemical composition of goat meat. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(4), 404-408.

- [373]- **Mohammed, S. A. A. (2014)**. A comparative study of chemical composition and quality attributes of fresh and processed meat of calf, camel and goat. Doctoral dissertation. Sudan University of Science and Technology, 187p.
- [374]- **Mojto, J.; Zaujec, K. & Gondeková, M. (2009)**. Effect of age at slaughter on quality of carcass and meat in cows. *Slovak Journal of Animal Science*, (42), 34-37.
- [375]- **Molina, M. T., Cueto, C. V., & Gutiérrez, V. R. (1991)**. Metabolismo del colesterol: su regulación a nivel hepático e intestinal. *Grasas y aceites*, 42(4), 298-308.
- [376]- **Mollereau, H.; Porcher, C.; Nicolas, E. & Brion A. (1995)**. Vade Mecum du vétérinaire formulaire. Vétérinaire et pharmacologie, de thérapeutique et d'hygiène. Edition Vigot, 1672p.
- [377]- **Mondal, M. & Prakash, B. S. (2004)**. Changes in plasma non-esterified fatty acids, glucose and α -amino nitrogen and their relationship with body weight and plasma growth hormone in growing buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 88(5-6), 223-228.
- [378]- **Monin, C. & Ouali, A. (1991)**. Muscle differentiation and meat quality. *Development of Meat Science*, (5), 89-157.
- [379]- **Monin, G. (1991)**. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Production Animale*, (4), 151-160.
- [380]- **Moniruzzaman, M.; Hashen, M. A.; Akther, S. & Hossain, M. M. (2002)**. Effect on different feeding system on carcass and non carcass parameters of Black Bengal goats. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(1), 61-65.
- [381]- **Monte, A. L. S. (1996)**. Caracterização centesimal e da fração mineral de carne de cabrito Mamão da raça Moxotó e cruzas Alpina x Moxotó. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Ceará Ceará, Fortaleza, Brasil. 64p. (Abstract)
- [382]- **Monteiro, E. M. & Shimokomaki, M. (1999)**. Influence of breed on the lipid and unsaponifiable fraction of lamb meat. *Ciência Rural*, 29(3), 545-548.
- [383]- **Moreira, F. B.; Souza, N. E. D.; Matsushita, M.; Prado, I. N. D. & Nascimento, W. G. D. (2003)**. Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(4), 609-616.
- [384]- **Morjaret, F. (2008)**. Contribution à l'établissement de valeurs de référence de la cholestérolémie chez la vache laitière. Thèse Doctorat. ENV Nante, 88p.
- [385]- **Morón-Fuenmayor, O. E. & García, L. Z. (2004)**. Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. *Revista Científica*, 14(1), 36-39.
- [386]- **Mosaad, G. M. & Derar, D. R. (2009)**. Effect of dietary energy and phosphorus on nutrients digestibility, blood constituents, and ovarian structures in ewes. *Veterinary World*, 2(12), 456-461.
- [387]- **Mostaghni, K.; Badiei, K. & Emadi, M. (2005)**. Haematology and serum biochemistry of captive wild sheep (*Ovis orientalis esphahanica*) in Iran. *Comparative Clinical Pathology*, 13(4), 158-161.
- [388]- **Mouliom, M. M. M. (2007)**. Etude de la relation entre le statut nutritionnel des vaches inséminées et leur état physiologique par dosage d'un biomarqueur de gestation: Les Protéines Associées à la Gestation (PAGs). Thèse docteur vétérinaire. Université de Dakar, 103p.
- [389]- **Murariu, O. C.; Lazăr, R.; Murariu, F.; Boișteanu, P. C. (2014)**. Variation of biochemical parameters of ovines blood according to genotype and sex after the stabulation period. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 71(1), 73-75.
- [390]- **Murshed, H. M.; Sarkerb, M. A. H.; Rahmana, S. M. E. & Hashema, M. A. (2014)**. Comparison of carcass and meat quality of Black Bengal goat and Indigenous

- sheep of Bangladesh. *Journal of Meat Science and Technology*, July-September, 2(3), 63-67.
- [391]- **Muscat, G. E.; Wagner, B. L.; Hou, J.; Tangirala, R. K.; Bischoff, E. D.; Rohde, P. & Schulman, I. G. (2002)**. Regulation of cholesterol homeostasis and lipid metabolism in skeletal muscle by liver X receptors. *Journal of Biological Chemistry*, 277(43), 40722-40728.
- [392]- **Nafikov, R. A. & Beitz, D. C. (2007)**. Carbohydrate and lipid metabolism in farm animals. *Journal of Nutrition*, 137(3), 702-705.
- [393]- **Nazifi, S.; Dehghani, S. & Gheisari, H. R. (1999)**. Biochemical and cytological properties of blood and peritoneal in clinically normal adult goats. *Veterinarski Arhiv*, (69), 221-227.
- [394]- **Nazifi, S.; Gheisari, H. R. & Shaker, F. (2002)**. Serum lipids and lipoproteins and their correlations with thyroid hormones in clinically healthy goats. *Veterinarski Arhiv*, 72(5), 249-258.
- [395]- **Ndlovu, T.; Chimonyo, M.; Okoh, A. I.; Muchenje, V.; Dzama, K. & Raats, J. G. (2007)**. Assessing the nutritional status of beef cattle: current practices and future prospects. *African Journal of Biotechnology*, 6(24).
- [396]- **Ndoutamia, G. & Ganda, K. (2005)**. Détermination des paramètres hématologiques et biochimiques des petits ruminants du Tchad. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 156(4), 202-206.
- [397]- **Nedjraoui, D. (2001)**. Algérie: Profil fourrager. 36p. <http://www.vitamedz.com/articlesfiche/0/899.pdf>
- [398]- **Ngadiyono, N.; Murdjito, G.; Agus, A. & Supriyana, U. (2008)**. Kinerja produksi sapi Peranakan Ongole jantan dengan pemberian dua jenis konsentrat yang berbeda. *Journal of the Indonesian Tropical Animal and Agriculture*, 33(4), 282-289.
- [399]- **Nicastro, F.; Zezza, L.; Giannico, F.; Gallo, R. & Vongia, G. (2000)**. Muscle structure influenced by age on Chianina beef. In. *Proceeding of 46th ICoMST*. Argentine, 4-I, 436-437.
- [400]- **Niedziolka, R.; Lendzion, K. P. & Horoszewicz, E. (2006)**. Comparison of the chemical composition and fatty acids of the intramuscular fat of goat kid and ram lambs meat, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, (8), 11-15.
- [401]- **Nigm, A. A.; Abdallah, O. M.; Aboul-Ela, M. B.; Sewar Al-Zahab, Z. & Soliman, A. M. (1993)**. Meat characteristics of sheep & goat breeds commonly consumed in UAE Carcass characteristics. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 5(1), 125-143.
- [402]- **Nikmaram, P.; Mohamad Said Yarmand, M. S. & Emamjomeh, Z. (2011)**. Effect of cooking methods on chemical composition, quality and cook loss of camel muscle (*Longissimus dorsi*) in comparison with veal. *African Journal of Biotechnology*, 10(51), 10478-10483.
- [403]- **Nisbet, C.; Yarm, G. F. & Çiftçi, G. (2006)**. Sağlıklı Karayaka ırkı koyunlara ait bazı serum biyokimyasal değerleri. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*, (53), 57-59.
- [404]- **Njidda, A. A.; Hassan, I. T. & Olatunji, E. A. (2013)**. Haematological and biochemical parameters of goats of semi arid environment fed on natural grazing rangeland of northern Nigeria. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, (3), 01-08.
- [405]- **Njidda, A.; Shuai'bu, A. A. & CE Isidahomen, A. (2014)**. Haematological and serum biochemical indices of sheep in semi-arid environment of northern Nigeria. *Global Journal of Science Frontier Research*, 14(2).
- [406]- **Noiriel, A. (2004)**. Etude d'une famille de gènes d'*Arabidopsis thaliana* homologues de la lécithine cholestérol acyltransférase humaine: caractérisation d'une nouvelle

- phospholipase A1 et étude d'un stérol acyltransférase. Thèse Doctorat. Strasbourg 1, 262p.
- [407]- **Norris, A. W.; Chen, L.; Fisher, S. J.; Szanto, I.; Ristow, M.; Jozsi, A. C.; Hirshman, M. F.; Rosen, E. D.; Goodyear, L. J.; Gonzalez, F. J.; Spiegelman, B. M. & Kahn, C. R. (2003).** Muscle-specific PPAR gamma-deficient mice develop increased adiposity and insulin resistance but respond to thiazolidinediones. *Journal of Clinical Investigation*, 112(4), 608-618.
- [408]- **Nürnberg, K.; Ender, B.; Papstein, H. J.; Wegner, J.; Ender, K. & Nürnberg, G. (1999).** Effects of growth and breed on the fatty acid composition of the muscle lipids in cattle. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 208 (5-6), 332-335.
- [409]- **Offer, G. & Knight, P. (1988).** The structural basis of water-holding in meat. In: Developments in meat science. Lawrie, R. A., 4th edition, London: Elsevier, 173-243.
- [410]- **Offer, G.; Knight, P.; Jeacocke, R.; Almond, R.; Cousins, T.; Elsey, J.; Parsons, N.; Sharp, A.; Starr, R. & Purslow, P. (1989).** The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Microstructure*, (8), 151-170.
- [411]- **Oka, A.; Iwaki, F.; Iwamoto, E & Tatsuda, K. (2007).** Effects of growth rate during the early fattening period on growth, carcass characteristics and circulating hormones in the different growth hormone genotypes of Japanese black steers. *Animal Science Journal*, 78(2), 142-150.
- [412]- **Okine, E. K. & Arthur, P. F. (1997).** Does the amount and rate of fatty acid deposition in ruminants depend on the type of diet or energy level of the diet?.
- [413]- **Oler, A. & Glowinska, B. (2013).** Blood chemistry, thyroid hormones, and insulin serum content in bulls fed a ration limited in energy. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37(2), 194-199.
- [414]- **Oliveira, A. C.; Silva, R. R.; Oliveira, H. C.; Almeida, V. V. S.; Garcia, R. & Oliveira, U. L. C. (2013).** Influência da dieta, sexo e genótipo sobre o perfil lipídico da carne de ovinos. *Arch. Zootec*, 62, 57-72.
- [415]- **Oliveira, C. A. (2011).** Avaliação da atividade antioxidante do extrato de ervacidreira-de-arbusto (*Lippia alba* (Mill) NE Brown) em embutido cozido a base de carne ovina de descarte. Doctoral dissertation. Universidade de Santa Maria, 120p.
- [416]- **Olusola, A. T. (2011).** Genetic and non genetic factors affecting serum biochemical parameters in Nigerian sheep. Award of bachelor of agriculture. University of agriculture Abeokuta, Nigeria, 44p.
- [417]- **Oman, J. S.; Waldron, D. F.; Griffin, D. B. & Savell, J. W. (1999).** Effect of breed-type and feeding regimen on goat carcass trait. *Journal of Animal Science*, (77), 3215-3218.
- [418]- **Opara, M. N.; Udevi, N. & Okoli, I. C. (2010).** Haematological parameters and blood chemistry of apparently healthy West African Dwarf (Wad) goats in Owerri, South Eastern Nigeria. *New York Science Journal*, 3(8), 68-72.
- [419]- **Oramari, R. A.; Bamerny, A. O. & Zebari, H. M. (2014).** Factors affecting some hematology and serum biochemical parameters in three indigenous sheep breeds. *Advances in Life Science and Technology*, (21), 56-62.
- [420]- **Orellana, C.; Peña, F.; García, A.; Perea, J.; Martos, J.; Domenech, V. & Acero, R. (2009).** Carcass characteristics, fatty acid composition, & meat quality of Criollo Argentino and Braford steers raised on forage in a semi-tropical region of Argentina. *Meat Science*, 81(1), 57-64.
- [421]- **Ortigue-Marty, I.; Santé-Lhoutellier, V.; Rémond, D.; Hocquette, J-F. & Savary-Auzeloux, I. (2010).** Métabolisme énergétique-protéique des tissus

- musculaires. In : Muscle et viande de ruminant. Bauchart, D. & Picard, B. (Eds.). Éditions Quae, 91-104.
- [422]- **Ortiz, J. S.; Costa, C.; Garcia, C. A. & Silveira, L. V. D. A. (2005).** Medidas objetivas das carcaças e composição química do lombo de cordeiros alimentados e terminados com três níveis de proteína bruta em creep feeding. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6), 2382-2389.
- [423]- **Oshiro, S.; Shinjo, A. & Takahashi, H. (1979).** Comparative studies on the plasma composition of water buffaloes, cattle and goats. *Science Bulletin of the College of Agriculture University of the Ryukyu*, (26), 389-393.
- [424]- **Osman, T. E. A. & Al-Busadah, K. A. (2003).** Normal concentrations of twenty serum biochemical parameters of she-camels, cows and ewes in Saudi Arabia. *Pakistan Journal of Biology Science*, (6), 1253-1256.
- [425]- **Osório, J. C. D. S.; Sierra, I.; Sañudo, C.; Maria, G. & Osório, M. T. (1995).** Estudio comparativo de la calidad de la canal en el tipo " ternasco" según procedencia. *Current Agricultural Science and Technology*, 1(3).
- [426]- **Osorio, J. H. & Vinazco, J. (2010).** El metabolismo lipídico bovino y su relación con la dieta, condición corporal, estado productivo y patologías asociadas. *Biosalud*, 9(2), 56-66.
- [427]- **Otto, F.; Vilela, F.; Harun, M.; Taylor, G.; Baggasse, P. & Bogin, E. (2000).** Biochemical blood profile of Angoni cattle in Mozambique. *Veterinary Medicine*, (55), 3.
- [428]- **Ouachem, D.; Soltane, M. & Kalli, A. (2008).** Les pailles de céréales: Profil des fermentations et production de méthane. *Sciences & Technologie C*, (27), 23-28.
- [429]- **Ouali, A. (1991).** Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. *INRA Production Animale*, 4(3), 195-208.
- [430]- **Ouali, A.; Obled, A.; Cottin, P.; Merdaci, N.; Ducastaing, A. & Valin, C. (1983).** Comparative effects of post-mortem storage and low-calcium-requiring neutral proteinase on bovine & rabbit myofibrillar proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34(5), 466-476.
- [431]- **Ouanes, I.; Abdennour, C. & Aouaidjia, N. (2011).** Effect of cold winter on blood biochemistry of domestic sheep fed natural pasture. *Annals of Biological Research*, 2(2), 306-313.
- [432]- **Oulad Belkhir, A.; Bouzianne, A.; Chehma, A. & Faye, B. (2013).** La filière viande cameline dans le Sahara septentrional algérien. *Revue des bio-ressources*, 3(2), 26-34.
- [433]- **Özcan, M.; Yilmaz, A.; Ekiz, B.; Tölü, C. & Savaş, T. (2010).** Slaughter and carcass characteristics of Gokceada, Maltese and Turkish Saanen suckling kids. *Archiv Tierzucht*, 53(3), 318-327.
- [434]- **Paces, (2012-2013).** Peroxisomes. file:///c:/users/acer/downloads/ue2-peroxisomes-sept12.pdf.
- [435]- **Padre, D. G. R.; Aricetti, J. A.; Moreira, F. B.; Mizubuti, I. Y.; do Prado, I. N.; Visentainer, J. V.; Souza, N. E. & Matsushita, M. (2006).** Fatty acid profile and chemical composition of *Longissimus muscle* of bovine steers and bulls finished in pasture system. *Meat Science*, 74(2), 242-248.
- [436]- **Paillasse, M. (2009).** Métabolisme du cholestérol et cancer. Thèse Doctorat. Université de Toulouse III, Paul Sabatier, 198p.
- [437]- **Parish, E. J.; Li, S. & Bell, A. D. (2008).** Chemistry of waxes and sterols. In Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology. Akoh, C. C. & Min, D. B. editors, CRC Press, Boca Raton, FL., 106-123.
- [438]- **Park, C. S. (1985).** Influence of dietary protein on blood cholesterol and related metabolites of growing calves. *Journal of Animal Science*, 61(4), 924-930.

- [439]- **Park, Y. W.; Kouassi, M. A. & Chin, K. B. (1991)**. Moisture, total fat and cholesterol in goat organ and muscle meat. *Journal of Food Science*, 56(5), 1191-1193.
- [440]- **Patten, L. E.; Hodgen, J. M.; Stelzleni, A. M.; Calkins, C. R.; Johnson, D. D. & Gwartney, B. L. (2008)**. Chemical properties of cow and beef muscles: Benchmarking the differences and similarities. *Journal of Animal Science*, 86(8), 1904-1916.
- [441]- **Pavlík, A. (2009)**. Changes of internal environment indicators of aberdeen angus heifers during rearing. *Slovak Journal of Animal Science*, 42, Supplement (1), 76-80.
- [442]- **Pavlík, A.; Filipčík, R.; Jelínek, P.; Bjelka, M.; Havlíček, Z. & Šubrt, J. (2008)**. Indicators of the internal environment of beef cattle during fattening and their correlation to the quality of beef. *Acta Veterinaria Brno*, 77(4), 539-546.
- [443]- **Pavlík, A.; Jelínek, P.; Matějček, M. & Illek, J. (2010)**. Blood plasma metabolic profile of Aberdeen Angus bulls during postnatal ontogenesis. *Acta Veterinaria Brno*, 79(3), 419-429.
- [444]- **Payne, E. & Cope, B. C. (1991)**. The effects of hormones, other pharmacological agents and nutrition on plasma triglycerides and carcass composition in lambs and steers. *Animal Production*, 53(01), 51-60.
- [445]- **Payne, J. M. & Payne, S. (1987)**. The metabolic profile test. Oxford University Press, 192p.
- [446]- **Pearce, K. L.; Rosenvold, K.; Andersen, H. J. & Hopkins, D. L. (2011)**. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes: A review. *Meat Science*, 89(2), 111-124.
- [447]- **Pearson, A. M. & Gillett, T. A. (1999)**. Processed Meats. 3rd editions. An Aspen Publisher's Inc Maryland, 24-43.
- [448]- **Pearson, A. M. & Young, R. B. (1989)**. Post-mortem changes during conversion of muscle to meat. In: Muscle and meat biochemistry, Academic press, 391-444.
- [449]- **Pearson, A. M.; Love, J. D. & Shorland, F. B. (1977)**. Warmed-over flavor in meat, poultry and fish. *Advance Food Reseach*, 23(1), 47.
- [450]- **Peña, F.; Bonvillani, A.; Freire, B.; Juárez, M.; Perea, J. & Gómez, G. (2009)**. Effects of genotype and slaughter weight on the meat quality of Criollo Cordobes and Anglonubian kids produced under extensive feeding conditions. *Meat Science*, 83(3), 417-422.
- [451]- **Peña, F.; Juárez, M.; Bonvillani, A.; Garcia, P.; Polvillo, O. & Domenech, V. (2011)**. Muscle and genotype effects on fatty acid composition of goat kid intramuscular fat. *Italian Journal of Animal Science*, 10(3), 40.
- [452]- **Pérez, P.; Maino, M.; Tomic, G.; Mardones, E. & Pokniak, J. (2002)**. Carcass characteristics and meat quality of Suffolk down suckling lambs. *Small Ruminant Research*, 44(3), 233-240.
- [453]- **Perez-Palacios, T.; Ruiz, J.; Martin, D.; Muriel, E. & Antequera T. (2008)**. Comparison of different methods for total lipid quantification in meat and meat products. *Food chemistry*, 110 (4), 1025-1029.
- [454]- **Perham, C. C. (2014)**. Special-fed veal: Separable components, proximate composition, and nutrient analysis of selected raw and cooked, wholesale and retail cuts. Doctoral dissertation. Colorado State University, 76p.
- [455]- **Pestana, J. M.; Costa, A. S.; Alves, S. P.; Martins, S. V.; Alfaia, C. M.; Bessa, R. J. & Prates, J. A. (2012)**. Seasonal changes and muscle type effect on the nutritional quality of intramuscular fat in Mirandesa-PDO veal. *Meat science*, 90(3), 819-827.
- [456]- **Pethick, D. W. (1984)**. Energy metabolism of skeletal muscle. Ruminant physiology: concepts and consequences. University of Western Australia, Perth, 227-287.

- [457]- **Pethick, D. W.; Harman, N. & Chong, J. K. (1987).** Non-esterified long-chain fatty acid metabolism in fed sheep at rest and during exercise. *Australian Journal Biological Science*, (40), 221-234.
- [458]- **Pethick, D. W.; Hopkins, D. L.; D'Souza, D. N.; Thompson, J. M. & Walker, P. J. (2005).** Effects of animal age on the eating quality of sheep meat. *Animal Production Science*, 45(5), 491-498.
- [459]- **Pethick, D. W.; Lindsay, D. B.; Barker, P. J. & Northrop, A. J. (1981).** Acetate supply and utilization by the tissues of sheep in vivo. *British Journal Nutrition*, (46), 97-110.
- [460]- **Petit, V. (2007).** La teneur en lipides du régime affecte les capacités d'absorption intestinale et la triglycéridémie postprandiale: contribution du récepteur nucléaire PPAR β ? Thèse Doctorat. Université de Bourgogne, 119p.
- [461]- **Picard, B.; Jurie, C.; Bauchar, D.; Dransfield, E.; Ouali, A.; Martin, J. F.; Jailler, R.; Lepetit, J. & Culiol, J. (2007).** Muscle and meat characteristics from the main beef breeds of the Massif Central. *Sciences des aliments*, 27(2), 168-180.
- [462]- **Picard, B.; Jurie, C.; Cassar-Malek, I.; Hocquette, J.-F.; Lefaucheur, L.; Berri, C.; Duclos, M. J.; Alami-Durante, H. & Rescan, P. Y. (2003).** Typologie et ontogénèse des fibres musculaires chez différentes espèces d'intérêt agronomique. *INRA Production Animale*, (16), 117-123.
- [463]- **Picard, B.; Jurie, C.; Duris, M. P. & Renand, G. (2006).** Consequences of selection for higher growth rate on muscle fibre development in cattle. *Livestock Science*, 102(1), 107-120.
- [464]- **Piccione, G.; Casella, S.; Lutri, L.; Vazzana, I.; Ferrantelli, V. & Caola, G. (2010).** Reference values for some haematological, haematochemical, and electrophoretic parameters in the Girgentana goat. *Turkish Journal Veterinary Animal*, (34), 197-204.
- [465]- **Pieniak-Lenzion, K.; Niedziolka, R.; Horoszewicz, E. & Brokowska, T. (2008).** Evaluation of slaughter value and physicochemical attributes of goat meat. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 11(1), 111-116.
- [466]- **Pikul, J.; Leszczynski, D. E. & Kummerow, F. A. (1985).** Influence of fat content and composition on malonaldehyde concentration in chicken meat and skin. *Poultry Science*, 64(2), 311-317.
- [467]- **Pinheiro, R. S. B.; Jorge, A. M. & Souza, H. B. A. (2012).** Aceitação sensorial e composição centesimal da carne de ovelhas abatidas em diferentes estágios fisiológicos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(04), 1053-1059.
- [468]- **Pommier, A. (2010).** Rôle du cholestérol et des récepteurs nucléaires LXRs dans le cancer de la prostate. Thèse Doctorat. Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II, 401p.
- [469]- **Popova, T. (2011).** Fatty acid composition and oxidative stability of muscles in lambs fed coconut oil supplemented diet. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17(3), 402-409.
- [470]- **Prabhakar, S. & Rao, P. L. N. (1983).** Estimation of phospholipid content in meat tissue. *Indian Journal of Animal Sciences*, 53(5), 562-563.
- [471]- **Prado, I. N.; Aricetti, J. A.; Rotta, P. P.; Prado, R. M. D.; Perotto, D.; Visentainer, J. V. & Matsushita, M. (2008).** Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus muscle* of bulls (*Bos taurus indicus* vs. *Bos taurus taurus*) finished in pasture systems. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, (21), 1449-1457.
- [472]- **Prado, J. M.; Prado, I. N.; Visentainer, J. V.; Rotta, P. P.; Perotto, D.; Moletta, J. L.; Prado, I.M. & Ducatti, T. (2009).** The effect of breed on the chemical

- composition and fatty acid profile of the *Longissimus dorsi* muscle of Brazilian beef cattle. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 18(2), 231-240.
- [473]- **Prado, R. M.; Prado, I. N.; Marques, J. A.; Rotta, P. P.; Visentainer, J. V.; Silva, R. R. & Souza, N. E. (2009a)**. Meat quality of the Longissimus muscle of bulls and steers (½ Nellore vs. ½ Simmental) finished in feedlot. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 18, 221-230.
- [474]- **Prasetyo, A.; Soeparno, E. & Suryanto, R. (2009)**. karakteristik kimia dan mikrostruktur otot longissimus dorsi dan biceps femoris dari sapi glonggong. *Buletin Peternakan*, 33(1), 23-29.
- [475]- **Prasetyo, H.; Padaga, M. C. & Sawitri, M. E. (2013)**. Study on physico-chemical quality of beef in the market of Malang city. *Journal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 8(2), 1-8.
- [476]- **Pratiwi, N. W.; Murray, P. J. & Taylor, D. G. (2006)**. Total cholesterol concentrations of the muscles in castrated Boer goats. *Small Ruminant Research*, 64(1), 77-81.
- [477]- **Pratiwi, N. W.; Murray, P. J. & Taylor, D. G. (2007)**. Feral goats in Australia: A study on the quality and nutritive value of their meat. *Meat Science*, 75(1), 168-177.
- [478]- **Prisacar, A. E. (2014)**. Effects of age, sex and breed on biochemical blood parameters of cattle at slaughterhouse. *University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Iasi*, 164-168.
- [479]- **Pugliese, A.; Chiofalo, L.; Domina, F.; Pennisi, M. G.; Magistri, C. & Catarsini, O. (1982)**. Profilo metabolico dei caprini. Nota II: Comportamento delle proteine, dei lipidi e del glucosio. *Ann. Della Fac. Di Med. Vet. Di Messina*, (19), 211- 219.
- [480]- **Purbowati, E. & Suryanto, E. (2000)**. Komposisi kimia otot Longissimus dorsi dan Biceps femoris domba yang diberi pakan dasar jeranmi padi dan avas konsentrat yang berbeda. *J Pengembangan Peternakan Tropis*, 25(2), 66-72.
- [481]- **Purbowati, E.; Sutrisno, C. I.; Baliarti, E.; Budhi, S. P. S. & Lestariana, W. (2006)**. Komposisi kimia otot Longissimus dorsi dan Biceps femoris domba lokal jantan yang dipelihara di pedesaan pada bobot potong yang berbeda. *Animal Production*, 8(1), 1-7.
- [482]- **Quaresma, M. A. G.; Alfaia, C. M. M.; Castro, M. L. F.; Bessa, R. J. B. & Prates, J. A. M. (2004)**. Comparison of total content of lipid and cholesterol in Portuguese bovine meats-PDO from four different autochthonous breeds (Barrosã, Aroquesa, Alentejana and Mertolenga). *50th international congress of meat science and technology*, 1046-1048.
- [483]- **Racine, R. (2009)**. Etude des effets d'une ingestion chronique de radionucléides sur le métabolisme du cholestérol chez le rat : exemples de l'uranium appauvri et du césium 137. Thèse Doctorat. Université Blaise Pascal, 366 p.
- [484]- **Radostits, O. M.; Gay, C. C.; Hinchcliff, K. W. & Constable, P. D. (2006)**. Veterinary medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. 10th edition, Saunders- Elsevier, 2067p.
- [485]- **Raes, K.; De Smet, S. & Demeyer, D. (2004)**. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113(1), 199-221.
- [486]- **Raggio, G. (2006)**. Effet des apports protéique et énergétique sur le métabolisme protéique chez la vache laitière. Thèse Doctorat. Université Laval, 203p.
- [487]- **Rahman, A.; Rehman, M.; Gadahi, J. A. & Samo, M. T. (2012)**. Studies on the evaluation of moisture and ash content in Kamori, Pateri and Tapri Goat meat. *International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences*, 6(1), 62-68.

- [488]- **Ramírez-Retamal, J. & Morales, R. (2014)**. Influence of breed and feeding on the main quality characteristics of sheep carcass and meat: A review. *Chilean journal of agricultural research*, 74(2), 225-233.
- [489]- **Rao, V. K.; Kowale, B. N. & Verma, A. K. (2003)**. Effect of feeding water washed neem (*Azadirachta indica*) seed kernel cake on the quality, lipid profile and fatty acid composition of goat meat. *Small Ruminant Research*, 47(3), 213-219.
- [490]- **Rémond, D.; Meschy F. & Boivin, R. (1996)**. Metabolites; water and mineral exchanges across the rumen wall: mechanisms and regulation. *Annales de Zootechnie*, (45), 97-119.
- [491]- **Repa, J. J.; Buhman, K. K.; Farese, R. V. J. R.; Dietschy, J. M. & Turley, S. D. (2004)**. ACAT2 deficiency limits cholesterol absorption in the cholesterol-fed mouse: impact on hepatic cholesterol homeostasis. *Hepatology*, 40(5), 1088-97.
- [492]- **Resosemito, F. S. (2003)**. Composição química de músculo da carne caprina de diferentes genótipos e sistemas de criação. Dissertation. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 69p.
- [493]- **Reynolds, C. K.; Aikman, P. C.; Lupoli, B.; Humphries, D. J. & Beever, D. E. (2003)**. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *Journal of Dairy Science*, 86(4), 1201-1217.
- [494]- **Rezaei-Roodbari, A. & Zamiri, M.J. (2003)**. Relation-ship between blood physiologic parameters and carcass characteristics in Iranian fat tailed sheep. *Proceedings of IX World Conference on Animal Production*, Proto Alegre, 26-31.
- [495]- **Rhee, K. S.; Dutson, T. R. & Smith, G. C. (1982b)**. Effect of changes in intermuscular and subcutaneous fat levels on cholesterol content of raw and cooked beef steaks. *Journal of Food Science*, 47(5), 1638-1642.
- [496]- **Rhee, K. S.; Dutson, T. R.; Smith, G. C.; Hostetler, R. L. & Reiser, R. (1982a)**. Cholesterol content of raw and cooked beef *longissimus muscles* with different degrees of marbling. *Journal of Food Science*, 47(3), 716-719.
- [497]- **Rhee, K. S.; Myers, C. E. & Waldron, D. F. (2003)**. Consumer sensory evaluation of plain and seasoned goat meat and beef products. *Meat science*, 65(2), 785-789.
- [498]- **Robelin, J. & Geay, Y. (1984)**. Body composition of cattle as affected by physiological status, breed, sex and diet. In. *Proceedings of International Symposium on Herbivores Nutrition, 5-9 April 1983, Pretoria. The Science Press*, 525-548.
- [499]- **Robelin, J. & Theriez, M. (1981)**. Fixation de protéines chez les ruminants: évolution en fonction du poids des animaux et variations selon la race, le sexe ou le niveau des apports alimentaires. *Reproduction Nutrition Développement*, 21(2), 335-353.
- [500]- **Robelin, J.; Theriez, M.; Arnal, M. & Ferrara, M. (1977)**. Evolution de la composition chimique de jeunes agneaux mâles jusqu'à l'âge de 16 semaines. *Annale de Zootechnie*, 26(1), 69-81.
- [501]- **Rodrigues, L.; Gonçalves, H. C.; Medeiros, B. B. L.; Martins, M. F.; Komiyama, C. M. & Cañizares, M. C. (2011)**. Effect of genotype, finishing system, and sex on physiochemical characteristics of goat meat. *Food Science and Technology (Campinas)*, 31(4), 992-997.
- [502]- **Roil, M. R.; Suckling, G. W. & Mattingley, J. (1974)**. Serum total protein and albumin levels in grazing sheep. *New Zealand Veterinary Journal*, 22(12), 232-236.
- [503]- **Rosa, H. J. D.; Rego, O. A.; Silva, C. C. G.; Alves, S. P.; Alfaia, C. M. M.; Prates, J. A. M. & Bessa, R. J. B. (2014)**. Effect of corn supplementation of grass finishing of Holstein bulls on fatty acid composition of meat lipids. *Journal of animal science*, 92(8), 3701-3714.
- [504]- **Rossato, L. V. (2007)**. Composição lipídica de carne bovina de rebanhos comerciais em diferentes sistemas de terminação e grupos genéticos. 144p.

- [505]- **Rossi, A. M.; Villarreal, M.; Juárez, M. D. & Sammán, N. C. (2004).** Nitrogen contents in food: a comparison between the Kjeldahl and Hach methods. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92 (4-6), 99 -108.
- [506]- **Rotta, P. P.; Prado, I. D.; Prado, R. D.; Moletta, J. L.; Silva, R. R. & Perotto, D. (2009).** Carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus muscle* of Nellore, Caracu and Holstein-Friesian bulls finished in a feedlot. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 22(4), 598-604.
- [507]- **Rouser, G.; Fkeischer, S. & Yamamoto, A. (1970)** Two dimensional thin layer chromatographic separation of polar lipids and determination of phospholipids by phosphorus analysis of spots. *Lipids*, (5), 494-496.
- [508]- **Ruiz, J.; Muriel, M.; Perez-Palacios, T. & Antequera, T. (2009).** Analysis of Phospholipids in Muscle Foods. In. Handbook of muscle foods analysis. Edited by Nollet and Toldrá, 168-182.
- [509]- **Rule, D. C.; MacNeil, M. D. & Short, R. E. (1997).** Influence of sire growth potential, time on feed and growing-finishing strategy on cholesterol and fatty acids of the ground carcass and *longissimus muscle* of beef steers. *Journal of Animal Science*, 75(6), 1525-1533.
- [510]- **Russo, C. & Preziuso, G. (2005).** Organic beef production system: carcass and meat quality. *Stočarstvo*, 59(1), 23-29.
- [511]- **Sadaka, C. (2011).** Composition chimique et intérêt nutritionnel de la viande de bœuf à partir de l'analyse des données INRA 2007 pour le Centre d'Informations des Viandes. Thèse Doctorat. Centre d'information des viandes, France, 179p.
- [512]- **Sadikul, I. (2013).** Study on relationship between age and beef quality of indigenous cattle. Doctoral dissertation. Bangladesh Agricultural University, 63p.
- [513]- **Sadler, M.; Lewis, J. & Buick, D. (1993).** Composition of trim lamb. *Food*, (45) (Suppl.), S2-12.
- [514]- **Sadoud, M. (2009).** Rôle du maillon abattage dans les circuits de commercialisation des viandes rouges en Algérie. *Revue de Recherche Ruminants*, (16).
- [515]- **Sadoud, M. (2011).** Place de l'activité bouchère dans la filière viande rouge algérienne. *Revista Archivos de Zootecnia*, 60 (230), 309-312.
- [516]- **Safsaf, B. (2014).** Effet de la sous-alimentation sur certains paramètres de reproduction des brebis de race Ouled Djellal. Thèse de Doctorat. Université de Batna, 274p.
- [517]- **Sainz, R. D. (1996).** Qualidade das carcaças e da carne ovina e caprina. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 33, 3-14.
- [518]- **Sainz, R. D.; De la Torre, F. & Oltjen, J. W. (1995).** Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refeed beef steers. *Journal of Animal Science*, 73(10), 2971-2979.
- [519]- **Sakha, M.; Shamesdini, M. & Mohamad-zadeh, F. (2008).** Serum biochemistry values in Raini goat of Iran. *Internet Journal of Veterinary Medicine*, 6(1), 1-7.
- [520]- **Salifou, C. F. A.; Dahouda, M.; Boko, K. C.; Kassa, S. K.; Houaga, I.; Farougou, S., Salifou, S.; Toléba, S.S.; Clinquart, A. & Youssao, A. K. I. (2013).** Evaluation de la qualité technologique et organoleptique de la viande de bovins de races Borgou, Lagunaire et Zébu Peulh, élevés sur des pâturages naturels. *Journal of Applied Biosciences*, 63(1), 4736-4753.
- [521]- **Sami, A. S.; Augustini, C. & Schwarz, F. J. (2004).** Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. *Meat science*, 67(2), 195-201. (Abstract)
- [522]- **Santos-Cruz, C. L. D.; Cruz, C. A. C. D.; Lima, T. R.; Pérez, J. R. O.; Junqueira, R. S. & Cruz, B. C. C. D. (2012).** Correlation between lipid, cholesterol and fatty

- acid contents in the shoulder of castrated and non-castrated Santa Inês lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(7), 1775-1783.
- [523]- **Santos-Filho, J. M.; Morais, S. M.; Rondina, D.; Beserra, F. J.; Neiva, J. N. M. & Magalhaes, E. F. (2005)**. Effect of cashew nut supplemented diet, castration, and time of storage on fatty acid composition and cholesterol content of goat meat. *Small Ruminant Research*, 57(1), 51-56.
- [524]- **Santos-Silva, J.; Bessa, R. J. B, & Mendes, I. A. (2003)**. The effect of supplementation with expanded sunflower seed on carcass and meat quality of lambs raised on pasture. *Meat Science*, 65(4), 1301-1308.
- [525]- **Sañudo, C.; Campo, M. M.; Muela, E.; Olleta, J. L.; Delfa, R.; Jiménez-Badillo, R; Alcalde, M. J.; Horcada, A.; Oliveira, I. & Cilla, I. (2012)**. Carcass characteristics and instrumental meat quality of suckling kids and lambs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(3), 690-700.
- [526]- **Saraiva, A. L.; Silva, T. P.; Paraguaio, P. E.; Araújo, M. S.; De Sousa, S. V.; Machado, L. P. (2014)**. Serum urea, creatinine and enzymatic activity of alkaline phosphatase in Nelore cattle raised in the Micro Upper Middle Gurguéia. *Animal and Veterinary Sciences*, 2(4), 105-108.
- [527]- **Sauvant, D. & Bas, P. (2001)**. La digestion des lipides chez le ruminant. *INRA Productions Animales*, 14(5), 303-310.
- [528]- **Sauvant, D.; Perez J. M. & Tran, G. (2004)**. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA Editions, Paris, France.
- [529]- **Savell, J. W.; Cross, H. R. & Smith, G. C. (1986)**. Percentage ether extractable fat and moisture content of beef longissimus muscle as related to USDA marbling score. *Journal Food Science*, (51), 838-839.
- [530]- **Schmidely, P. (1993)**. Revue bibliographique quantitative sur l'utilisation des hormones anabolisantes à action stéroïdienne chez les ruminants en production de viande. II. Principaux modes d'action. *Reproduction Nutrition Development*, 33(4), 297-323.
- [531]- **Schmidl, M. & Forstner, V. (1986)**. Laboratory testing in veterinary medicine diagnosis and clinical monitoring. 3^{er} edition, Manheim. Boehringer Manhein GmbH, 253 p.
- [532]- **Schönfeldt, H. C. A. (1989)**. Comparison of the quality characteristics of goat meat with that of sheep meat. Maitise Science thesis. University of Pretoria, 88p.
- [533]- **Schönfeldt, H. C.; Van Heerden, S. M.; Sainsbury, J. & Gibson, N. (2011)**. Nutrient content of uncooked and cooked meat from South African classes A2 lamb and C2 mutton. *South African Journal of Animal Science*, 41(2), 141-145.
- [534]- **Scollan, N.; Hocquette, J.; Nuernberg, K.; Dannenberger, D.; Richardson, I. & Moloney, A. (2006)**. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, (74), 17-33.
- [535]- **Sellier, P.; Bouix, J.; Renand, G. & Molénat, M. (1992)**. Les aptitudes bouchères: croissance, efficacité alimentaire et qualité de la carcasse. *INRA Production Animale*, (hs), 147-159.
- [536]- **Sen, A. R.; Santra, A. & Karim, S. A. (2004)**. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat Science*, 66(4), 757-763.
- [537]- **Serra, A.; Calamari, L.; Cappa, V.; Cannas, A. & Rossi, G. (1992)**. Trial on use of a complete pelleted feed (unipellet) in lactating ewes: metabolic profile results. *Studi sassaresi: organo ufficiale della Società sassarese di Scienze mediche e naturali. Sez. 3: Annali della Facoltà di Agraria dell'Università di Sassari*, (34), 13-21.

- [538]- **Sevane, N.; Nute, G.; Sañudo, C.; Cortes, O.; Cañon, J.; Williams, J. L.; Dunner, S. & GemQual Consortium (2013)**. Muscle lipid composition in bulls from 15 European breeds. *Livestock Science*, (160), 1-11.
- [539]- **Shahidi, F. & Wanasundara, P. K. J. P. D. (2002)**. Extraction and Analysis of Lipids. In: Food Lipids: Chemistry, nutrition, and biochemistry. Akoh, C. C. & Min, D. B. (eds). Second Edition, Marcel Dekker, 133-144.
- [540]- **Shahidi, F. (2001)**. Extraction and measurement of total lipids. Current protocols in food analytical chemistry.
- [541]- **Shaikat, A. H.; Hassan, M. M.; Khan, S. A.; Islam, M. N.; Hoque, M. A.; Bari, M. S. & Hossain, M. E. (2013)**. Haemato-biochemical profiles of indigenous goats (*Capra hircus*) at Chittagong, Bangladesh. *Veterinary World*, 6(10), 789-793.
- [542]- **Sharma, B.; Biswas, J. C. & Lal, M. (1990)**. Some biochemical parameters in serum of Cheghu goats. *Indian Journal of Animal Sciences*, 60(11), 1340-1341.
- [543]- **Sharma, S. & Kataria, N. (2007)**. Studies on some nitrogenous metabolites of Magra sheep during famine conditions in Rajasthan. *Indian Journal of Animal Research*, 41(3), 208-211.
- [544]- **Shija, D. S.; Mtenga, L. A.; Kimambo, A. E.; Laswai, G. H.; Mushi, D. E.; Mgheni, D. M. & Safari, J. G. (2013)**. Chemical composition and meat quality attributes of indigenous sheep & goats from traditional production system in Tanzania. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(2), 295.
- [545]- **Sinclair, A.; Mann, N. & O'Connell, S. (1999)**. The nutrient composition of Australian beef and lamb. Melbourne, RMIT.
- [546]- **Sitmo, M. S. (2014)**. Effect of gender on some plasma biochemical parameters of sheep from Southern Al Jabal Al Akhdar in Libya. *Journal of American Science*, 10(8), 74-77.
- [547]- **Slobodianik, N. H.; Zago, L.; Pallaro, A. N. & Feliu, M. S. (1999)**. Biochemical parameters and nutritional status. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 33(4), 415-427.
- [548]- **Smith, S. B. & Crouse, J. D. (1984)**. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *Journal of Nutrition*, (114), 792-800.
- [549]- **Smith, S. B.; Ekeren, P. A. & Sanders, J. O. (1985)**. Fatty acid-binding protein activities in bovine muscle, liver and adipose tissue. *The Journal of nutrition*, 115(11), 1535-1539.
- [550]- **Smith, S. B.; Lin, K. C.; Wilson, J. J.; Lunt, D. K. & Cross, H. R. (1998)**. Starvation depresses acylglycerol biosynthesis in bovine subcutaneous but not intramuscular adipose tissue homogenates. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 120(1), 165-174.
- [551]- **Soeparno, E. (2005)**. Ilmu dan Teknologi Daging Cetakan keempat. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [552]- **Solaiman, S.; Kerth, C.; Willian, K.; Min, B. R.; Shoemaker, C.; Jones, W. & Bransby, D. (2011)**. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of Boer-cross wether and buck goats grazing Marshall Ryegrass. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(3), 351-357.
- [553]- **Solomon, M. B.; Lynch, G. P.; Ono, K. & Paroczay, E. (1990)**. Lipid composition of muscle and adipose tissue from crossbred ram, wether and cryptorchid lambs. *Journal of Animal Science*, 68(1), 137-142.
- [554]- **Spriet, L. L.; Heigenhauser, G. J. F. & Jones N. L. (1986)**. Endogenous triacylglycerol utilization by rat skeletal muscle during tetanic stimulation. *Journal of Applied Physiology*, (60), 410-415.

- [555]- **Stankov, I. K.; Todorov, N. A.; Mitev, J. E. & Miteva, T. M. (2002).** Study on some qualitative features of meat from young goat of Bulgarian breeds and crossbreeds of goats slaughtered at various ages. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(2), 283-289
- [556]- **Stromer, M. H.; Goll, D. E. & Roberts, J. H. (1966).** Cholesterol in subcutaneous and intramuscular lipid depots from bovine carcasses of different maturity and fatness. *Journal of Animal Science*, 25(4), 1145-1147.
- [557]- **Swatland, H. J. (1991).** Estructura y Desarrollo de los Animales de Abasto. Editorial Acribia. Zaragoza, España, 443p.
- [558]- **Sylvie, M.; Sayn, M-J.; Benoit, E.; Garnier, F. & Delatour, P. (1982).** Valeurs usuelles en biochimie clinique vétérinaire. Laboratoire de biochimie, ENV Lyon, 64p.
- [559]- **Talpur, F. N. (2007).** Fatty acid composition of ruminant milk, meat and dairy products of livestock in Sindh, Pakistan. Doctorat dissertation. University of Sindh, Jamshoro, Pakistan, 239p.
- [560]- **Tambuwal, F. M.; Agale, B. M. & Bangana, A. (2002).** Haematological and biochemical values of apparently healthy Red Sokoto goats. In *Proceeding of 27th Annual Conference Nigerian Society of Animal Production*, 50-53.
- [561]- **Tariq, M. M.; Eyduran, E.; Rafeeq, M.; Waheed, A. & Arif, M. (2013).** Influence of slaughtering age on chemical composition of Mengali sheep meat at Quetta, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 45(1), 235-239.
- [562]- **Taylor, D. G. & Smith, L. W. (1990).** The influence of breed and type of feed on the cholesterol content of the *M. longissimus dorsi* of steers. *Animal Production Science*, 30(6), 797-799.
- [563]- **Terlouw, E. M. C. (2002).** Stress des animaux et qualités de leurs viandes. Rôles du patrimoine génétique et de l'expérience antérieure. *INRA Production Animale*, 15(2), 125-133.
- [564]- **Thompson, J. R.; Beitz, D. C. & Jacobson, A. L. (1977).** Effect of Dietary Cholesterol and Tallow on Cholesterol Synthesis in the Castrated Goat. *Journal of Nutrition*, (107), 1632-1639.
- [565]- **Thrall, M. A.; Baker, C.; Campbell, T. W.; Denicola, D.; Fettman, M. J.; Lassen, E. D.; Rebar, A. & Weiser, G. (2004).** Veterinary hematology and clinical chemistry. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 518 p.
- [566]- **Tobin, K. A. R.; Ulven, S. M.; Schuster, G. U.; Steiniger, H. H.; Andresen, S. M.; Gustafsson J. A. & Nebb, H. I. (2002).** Liver X receptors as insulin-mediating factors in fatty acid and cholesterol biosynthesis. *Journal of Biological Chemistry*, 277(12), 10691-10697.
- [567]- **Tokach, R. J. (2011).** The effects of zilpaterol hydrochloride and chromium propionate on bovine muscle satellite cells and preadipocytes. Doctoral dissertation. Texas Tech University, 169p.
- [568]- **Toplu, H. D. O. (2014).** Factors affecting carcass and meat quality characteristics in Goats. *Animal Health, Production and Hygiene*, 3(1), 248-252.
- [569]- **Touraille, C. (1994).** Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. *Rencontre Recherche Ruminants*, (1), 169-176.
- [570]- **Trenkle, A. (1970).** Effects of short-chain fatty acids, feeding, fasting and type of diet on plasma insulin levels in sheep. *Journal of Nutrition*, (100), 1323-1330.
- [571]- **Tshabalala, P. A. (2000).** Meat quality of South African indigenous goats and sheep breeds. Master dissertation. University of Pretoria, Pretoria, 78 pp.
- [572]- **Tu, C.; Powrie, W. D. & Fennema, O. (1967).** Free and esterified cholesterol content of animal muscles and meat products. *Journal of Food Science*, 32(1), 30-34.

- [573]- **Turner, K. E.; Wildeus, S. & Collins, J. R. (2005).** Intake, performance, and blood parameters in young goats offered high forage diets of lespedeza or alfalfa hay. *Small Ruminant Research*, 59(1), 15-23.
- [574]- **Ueda, Y.; Watanabe, A.; Higuchi, M.; Shingu, H.; Kushibiki, S. & Shinoda, M. (2007).** Effects of intramuscular fat deposition on the beef traits of Japanese Black steers (Wagyu). *Animal Science Journal*, (78), 189-194.
- [575]- **Udike, M. S. (2007).** The biochemical characteristics of muscle make the meat. Doctoral dissertation. Ohio State University, 144 p.
- [576]- **Uriarte, A. M. E.; Spaeth, C. W. & Bolsen, K. K. (2000).** Nutritional factors affecting sheep meat quality. *II Congreso latinoamericano de especialistas en pequeños rumiantes y camelidos sudamericanos. XI Congreso nacional de producción ovina*, 12p.
- [577]- **Urwat, U.; Fazili, I. S.; Rafeequi, T. A.; Shiekh, F. D.; Naykoo, N. A.; Malik, F. A.; Shah, R. A. & Ganai, N. A. (2015).** Sex and seasonal variations in the serum biochemical profile of Changthangi Pashmina goats. *Animal Science Reporter*, 9 (4), 138.
- [578]- **Van Dijk, S. & Wensing, T. (1989).** Comparison of the lipoprotein pattern of the horse, the pony and the lactating and non-lactating cow obtained by a combination of an ultracentrifugation and a precipitation technique. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 94(4), 735-738.
- [579]- **Van Heerden, S. M.; Schönfeldt, H. C.; Kruger, R. & Smit, M. F. (2007).** The nutrient composition of South African lamb (A2 grade). *Journal of Food Composition and Analysis*, (20), 671-680.
- [580]- **Vernon, R. G.; Barber, M. C. & Travers, M. T. (1999).** Développements récents dans les études de la lipogenèse chez l'Homme et chez les animaux. *INRA Production Animale*, (12), 319-327.
- [581]- **Vernon, R. G.; Finley, E.; Taylor, E. & Flint, D. J. (1985).** Insulin binding and action on bovine adipocytes. *Endocrinology*, 116(3), 1195-1199.
- [582]- **Verriéle, M. & Bedouet, J. (1999).** Les examens sanguins chez les bovins. I. Des clés pour utiliser la biochimie clinique. *Point Vétérinaire*, 30(202), 25-29.
- [583]- **Vicente Neto, J.; Bressan, M. C.; Faria, P. B.; Vieira, J. O.; Santana, M. T. A. & Kloster, M. (2006).** Composição centesimal e colesterol da carne de jacaré-dopantanal (Caiman yacare daudin 1802) oriundo de zoológico e habitat natural. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(4), 701-706.
- [584]- **Voet, D.; Voet, J. G. & Pratt, C. W. (2006).** Fundamentals of Biochemistry: Life at the molecular level. 2nd edition, John Wiley & Sons.
- [585]- **Volat, F. (2011).** Rôle des aldoses réductases dans la physiologie du tissu adipeux blanc : modèles génétiques murins perte et gain de fonction. Thèse de docteur d'université. Université Blaise Pascal, 359p.
- [586]- **Wang, D. Q. H. (2007).** Regulation of cholesterol absorption. *Annual Review of Physiology*, (69), 221-248.
- [587]- **Wang, D. Q.; Cohen, D. E. & Carey, M. C. (2009).** Biliary lipids and cholesterol gallstone disease. *Journal of lipid research*, (50), S406-S411.
- [588]- **Wattanachant, S.; Sornprasitt, T. & Polpara, Y. (2008).** Quality characteristics of raw and canned goat meat in water, brine, oil and Thai curry during storage. *Sonklanakarinn Journal of Science and Technology*, 30(1), 41.
- [589]- **Webb, E. C. (2006).** Manipulating beef quality through feeding. *South African Journal of Food Science Nutrition*, 7(1), 1-24.
- [590]- **Węglarz, A. (2010).** Quality of beef from semi-intensively fattened heifers and bulls. *Animal Science Papers and Reports*, 28(3), 207-218.

- [591]- **Weihrauch, J. L. & Son, Y. S. (1983)**. Phospholipid content of foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 60(12), 1971-1978.
- [592]- **Wendlandt, R. M. & Davis, C. L. (1973)**. Characterization of bovine serum lipoproteins. *Journal of Dairy Science*, 56(3), 337-339.
- [593]- **Wheeler, T. L.; Davis, G. W.; Stoecker, B. J. & Harmon, C. J. (1987)**. Cholesterol concentration of *longissimus muscle*, subcutaneous fat and serum of two beef cattle breed types. *Journal of Animal Science*, 65(6), 1531-1537.
- [594]- **Wheeler, T.L. (1986)**. Carcass composition, cholesterol content and palatability traits of Chianina and British crossbred beef. Master of Science. Tech University, 105p.
- [595]- **Whitaker, D. A.; Goodger, W. J.; Garcia, M.; Perera, B. M. A. O. & Wittwer, F. E. R. (1999)**. Use of metabolic profiles in dairy cattle in tropical and subtropical countries on smallholder dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine*, 38(2), 119-131.
- [596]- **Williams, P.; Droulez, V.; Levy, G. & Stobaus T. (2007)**. Composition of Australian red meat 2002. 3. Nutrient profile. *Food Australia*, (59), 331-41.
- [597]- **Wilson, W. G. (2005)**. Wilson's Practical Meat Inspection, 7^e edition, Edition Blackwell publishing, 297p.
- [598]- **Wolter, R. (1992)**. Alimentation de la vache laitière. Edition France Agricole, 223p.
- [599]- **Wood, J. D.; Enser, M.; Fisher, A. V.; Nute, G. R.; Sheard, P. R.; Richardson, R. I.; Hughes, S. I. & Wittington, F. M. (2008)**. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, (78), 343-358.
- [600]- **Yadde, A. (1984)**. Contribution a l'étude de la détermination de l'âge par examen de la dentition des moutons Touabire et Peulh-Peulh au Sénégal. Diplôme d'état. Université de Dakar, 106p.
- [601]- **Yaqub, L. S.; Kawu, M. U. & Ayo, J. O. (2013)**. Influence of reproductive cycle, sex, age and season on hematologic parameters in domestic animals: a review. *Journal Cell and Animal Biology*, (7), 37-43.
- [602]- **Zabelina, M. V. & Reizbikh, E. U. (2010)**. Chemical and lipid composition of muscle tissue of goat kids of the Russian dairy breed depending on milk yield of does. *Russian Agricultural Sciences*, 36(6), 470-472.
- [603]- **Zabre, Z. M. (2013)**. Détermination des paramètres biochimiques usuels chez les petits ruminants du Burkina Faso et leurs variations chez les sujets infectés naturellement par la Trypanosomose. Diplôme d'état. Université de Dakar, 106p.
- [604]- **Zamiri, M. J. & Rezaei-Roodbari, A. (2004)**. Relationship between blood physiological attributes and carcass characteristics in Iranian fat-tailed sheep. *Iranian Journal of Science and Technology (Sciences)*, 28(1), 97-106.
- [605]- **Zamora, F. (1997)**. Variabilité biologique de l'attendrissage de la viande bovine-prédiction en fonction du facteur animal et du facteur type de muscle, Thèse Doctorat. Université Blaise Pascal, 215p.
- [606]- **Zapata, J. F. F.; Nogueira, C. M.; Seabra, L. M. A. J.; Barros, N. N. & Borges, A. S. (2001)**. Composição centesimal e lipídica da carne de ovinos do Nordeste brasileiro. *Ciência Rural*, 31(4), 691-695.
- [607]- **Zapata, J. F.; Barros, N. N.; Vasconcelos, N. M. & Moura, I. F. (1995)**. Carcass tissue distribution and conception of the lean meat from kids fed and iron supplemented diet. In: *Proceeding 41th International Congress of Food Science and Technology*, 2, 40-41.
- [608]- **Zaujec, K. & Idriss, S. E. (2013)**. Study of Beef Quality in Slovak Pied Breed (Slovak National Breed) in Relation to Sex. *Agriculture and Veterinary*, 13(9), 39-43.
- [609]- **Zaujec, K.; Mojto, J. & Gondeková, M. (2010)**. Comparison of meat quality in bulls and cows. *Slovak Journal of Animal Science*, 43 (3) ,160-165.

- [610]- **Zcxfaghari, R. (1980)**. Effects of storage conditions on phospholipid content and TBA values in blends of beef and pork. Doctoral dissertation. Texas Tech University, 37p.
- [611]- **Zembayashi, M. & Nishimura, K. (1996)**. Genetic and nutritional effects on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of steers. *Meat science*, 43(2), 83-92. (Abstract)
- [612]- **Zhang, Y. Y.; Zan, L. S.; Wang, H. B.; Xin, Y. P.; Adoligbe, C. M. & Ujan, J. A. (2010)**. Effect of sex on meat quality characteristics of Qinchuan cattle. *African Journal of Biotechnology*, 9(28), 4504-4509.
- [613]- **Zouyed, I. (2005)**. Engraissement des ovins, caractéristiques des carcasses et modèle de classification. Thèse de magister. Université de Constantine, 102p.
- [614]- **Žubčić, D. (2001)**. Some biochemical parameters in the blood of grazing German improved fawn goats from Istria, Croatia. *Veterinarski arhiv*, 71(5), 237-244.

Webographie

- [1]. <http://www.urgences-serveur.fr/Formules-de-calcul,179.html>.

Liste des articles

- **Hafid, N. & Meziane, T. (2015).** Composition chimique de la viande de ruminants locaux en Algérie: effets de l'espèce, l'âge, le sexe et le muscle considéré. *Livestock Research for Rural Development*, 27 (11).

Liste des communications

- **Hafid, N. & Meziane, T.** Chemical composition of meat from Algerian indigenous goat as affected by age. *International VETistanbul Group Congress*. 28-30 April, 2014, Istanbul, Turkey.
- **Hafid, N. & Meziane, T.** La viande rouge dans la wilaya de batna: production et consommation. *ACTES, 15^e JSMTV*. 4-5 novembre, 2014, Clermont Ferrand, France..
- **Hafid, N. & Meziane, T.** Chemical composition of ruminant meats in Algeria: effects of species, age, gender and muscles. *International Conference Steps to Sustainable Livestock*. 12-15th January, 2016, University of Bristol, UK.

HAFID N. (1), MEZIANE T. (1)

(1) LABORATOIRE ENVIRONNEMENT, SANTE ET PRODUCTIONS ANIMALES (E.S.P.A).
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES ET AGRONOMIQUES. UNIVERSITÉ DE BATNA. ALGÉRIE

nadvet@yahoo.fr

Abstract

Red meat in batna: production and consumption

The aim of this study was the evaluation of red meat production and consumption in Batna. The investigations show that red meat is composed of ovine (lambs and sheep), bovine (veal, beef and culled cattle) and goat meat. Sheep meat is more consumed and appreciated than bovine meat. Goat meat is especially consumed by the indigenous population located in the mountain and steppe area.

Key word: Red meat, production, consumption, Batna.

Introduction

La wilaya de Batna est une région située au nord-est de l'Algérie, dans la région des Aurès. Elle occupe une superficie de 1 203 876 km², et possède une population de 1 149 623 habitants au total, soit une densité de 95 habitants par km² (ANDI, 2013). C'est une région semi-aride, avec une superficie agricole de 165 810 ha (soit 38,08 % de la SAU totale de la wilaya). Elle est caractérisée par la présence de trois reliefs (hautes plaines telliennes, les reliefs montagneux et les hautes plaines steppiques), et par une pluviométrie annuelle moyenne de 210 mm. De plus, cette région a une vocation agro-sylvo-pastorale avec une prédominance de la céréaliculture.

En 2012, les ressources animales, étaient constituées d'ovins (738 859 têtes dont 354 226 brebis), de bovins (54 007 têtes dont 27 437 vaches laitières), de caprins (273 103 têtes dont 148 163 chèvres), et de volailles. L'aviculture représente en effet une des plus importantes activités de l'agriculture dans cette wilaya (20 % de l'industrie avicole de l'Algérie) (DDA-Batna, 2013).

L'objectif de cette étude est d'évaluer la production et la consommation de la viande rouge dans la région de Batna.

Matériel et méthodes

Cette analyse a été conduite à partir des statistiques agricoles établies par le ministère de l'Agriculture pour l'ensemble de l'Algérie, des données des services agricoles et des services vétérinaires de la région de Batna (DDA-Batna, 2013), ainsi que des travaux de recherches menés sur les viandes rouges en Algérie.

Résultats et discussion

Origine de la viande rouge

Les viandes rouges proviennent essentiellement des élevages extensifs ovins, bovins et caprins et, pour une petite partie seulement d'élevages de camélidés et équidés.

La viande ovine est traditionnellement obtenue à partir d'animaux adultes : les agneaux sevrés tardivement (après plus de trois mois d'allaitement) sont finis dans des ateliers d'engraissement et abattus généralement à un poids compris entre 35 et 40 kg (Zouyed, 2005).

Concernant la viande bovine, d'après Bouzebda-Afri, (2007), elle provient de :

- vaches de réforme de races laitières ou allaitantes (rustiques ou à viande) ;
- bœufs, les taurillons et les taureaux, conduits de manière intensive, et conduisant à des carcasses de 250 à 400kg selon les races ;
- génisses d'âge et de race différents qui présentent une plus grande précocité de dépôt adipeux et donnent des carcasses beaucoup plus légères que les taureaux et les bœufs ;
- veaux de différentes catégories.

La viande caprine, quant à elle, provient essentiellement de la viande des jeunes chevreaux (8-12 semaines), des adultes (2-6 ans) et des âges (+ de 6ans) (Devendra, 1988), les adultes constituent la catégorie la plus importante de tonnage. Les carcasses pèsent entre 11 et 12kg en moyenne.

Production

Le tableau 1 montre que la production de la viande rouge dans la wilaya de Batna a connu une chute remarquable passant de 56 950 tonnes en (2005) à 40 330 tonnes en (2008). Cette régression (qui concerne sur tout les viandes ovine et bovine) est probablement liée aux aléas climatiques (réduisant la disponibilité des fourrages) et à la faiblesse de la productivité de ces élevages (Hirondel, 2012). De plus, cette baisse significative de la production pourrait être expliquée, au moins pour partie par des artéfacts des recensements agricoles en raison de la mauvaise organisation des circuits de commercialisation des viandes.

Depuis 2009, on enregistre une progression importante de la production en lien avec une augmentation des effectifs (l'importation spécifique des bovins), une meilleur productivité (augmentation du poids moyen des carcasses) et l'encouragement d'investissement afin de développer la production locale et de sécuriser le producteur.

Tableau n°1 : Evolution de la production des viandes rouges dans la wilaya de Batna (en tonnes)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Viandes rouges	54200	56950	45440	43567	40330	87010	114708	121735	169664
Viande ovine	32500	33300	21000	22517	23112	43914	70172	80457	94480
Viande bovine	16000	17300	16340	12561	8204	32115	32472	25266	54147
Viande caprine	5700	6350	8100	8489	9014	10981	12064	16012	21037

(DDA-Batna, 2013).

Dans la wilaya de Batna, les viandes rouges provenant des abattages non contrôlés demeurent très fréquentes : 70 % des abattages sont réalisés dans le secteur informel et échappent aux services vétérinaires (Figure 1). Ces abattages clandestins sont souvent le fait de bouchers occasionnels qui offrent à la consommation des viandes non inspectées à des prix moins élevés.

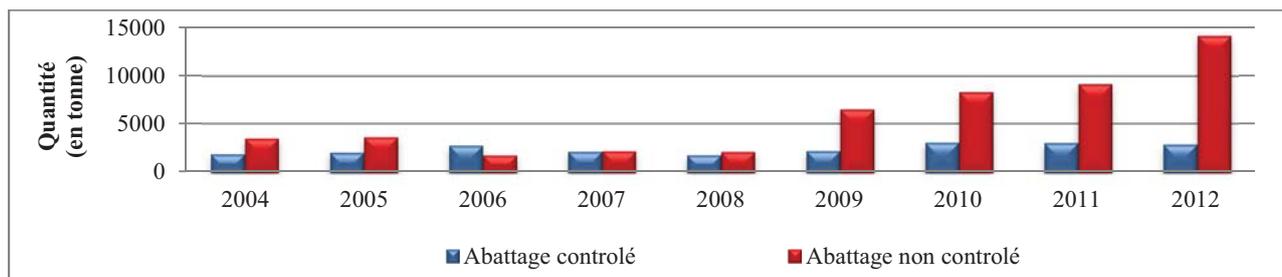


Figure n°1 : Les abattages contrôlés et non contrôlés dans la wilaya de Batna entre 2004 et 2012 (DDA-Batna, 2013).

Consommation

La détermination du niveau réel de consommation par habitant est difficile à établir en raison de l'intervention de plusieurs facteurs, par exemple :

- les abattages non contrôlés (60% pour les abattages des bovins, 76% pour les ovins et 80% pour les caprins);
- les échanges intra et extrarégionaux des animaux abattus;
- le caractère sociodémographique et les conditions économiques des consommateurs.

De plus, cette analyse montre que la viande ovine est la plus prisée sur l'ensemble du territoire de la wilaya spécifiquement durant les événements sociaux (Eid El-kbir, Ramadan, cérémonies,...), alors que la viande bovine vient en deuxième position et constitue la source principale d'approvisionnement des sociétés et des cantines scolaires et restaurants universitaires (Oulad Belkhir et al, 2013). Pour la viande caprine, la consommation reste marginale dans les zones urbaines (commune de Batna,...). Par contre, elle est forte et en progression significative dans les zones montagneuses et les hautes plaines (Communes d'Arris, Menaa, Barika,...).

La place des viandes rouges dans la consommation quotidienne de la population batnienne est en progression, mais demeure toujours insuffisante pour combler le déficit en protéines animales. Cet déficit protéique est compensé probablement par le report vers la consommation des viandes rouges importées (congelées) dont les prix sont plus abordables par rapport aux prix des viandes fraîches, et sur la consommation des viandes blanches issues de poulets et de dindes, dont la production est en amélioration et augmentation progressive.

Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons conclure que la production de la viande rouge dans cette région est de plus en plus diversifiée. Pour améliorer la production et favoriser la consommation de la viande rouge produite localement, il faudra agir de façon concertée sur plusieurs axes :

- Moderniser les conduites d'élevages et diffuser ces connaissances (hygiène, rationnement, soins, ...)
- Construire des nouveaux abattoirs publics et privés pour contrôler les flux des animaux abattus d'une part, et pour assurer la sécurité sanitaire des produits destinés à la consommation humaine.
- Contrôler strictement les circuits de commercialisation des viandes rouges, pour augmenter la fiabilité des bilans de production en rapport avec le niveau de consommation.

Références bibliographiques

- ANDI (2013). Batna. www.andi.dz/PDF/monographies/Batna.pdf
- Bouzebda-Afri F. (2007). Performances zootechniques et structure d'élevage dans la population bovine de type local (Est algérien). Thèse de doctorat d'Etat en sciences vétérinaires.
- Devendra, C. (1988). Goat meat production in Asia. The nutritional value of goat meat. Proceeding of a workshop, Pakistan, march 13-18, pp : 76-86.
- Direction Départementale d'Agricole (DDA): Compagne agricole de la wilaya de Batna entre 2004 et 2012. (Consulté en 2013).
- Hirondel, J-C. (2012). Veille n°2 viande bovine et bovins vivants en Algérie, GEF, UBIFRANCE.
- Oulad Belkhir et al., (2013). La filière viande cameline dans le Sahara septentrional algérien. Revue des bio-ressources, 26-34, vol 3 n° 2.
- Zouyed I. (2005). Engraissement des ovins Caractéristiques des carcasses et modèle de classification. Thèse de magister en médecine vétérinaire.

Composition chimique de la viande de ruminants locaux en Algérie: effets de l'espèce, l'âge, le sexe et le muscle considéré

N Hafid et T Meziane

*Institut des sciences vétérinaires et agronomiques. Université de Batna. Algérie
Laboratoire environnement, santé et productions animales (E.S.P.A)
nadvet@yahoo.fr*

Résumé

L'objectif de l'étude est de déterminer la composition chimique et d'évaluer la qualité nutritionnelle des viandes de ruminants en Algérie à partir de 60 bovins Bruns de l'Atlas, 64 ovins Ouled-Djellals et 60 chèvres Arbias abattus dans les Aurès. La viande caprine est la plus maigre ; elle est riche en eau et pauvre en lipides. Pour l'âge, les composantes chimiques en matières minérales, en matières azotées totales et en matières grasses (MG) augmentent progressivement avec l'avancement en âge, mais pas l'humidité. L'influence du sexe est négligeable chez les petits ruminants, alors que les vaches ont un taux de MG plus élevé que les taureaux entiers. Le choix du muscle influe aussi : le taux de lipides totaux est plus important au niveau du muscle long dorsal (LD) que du biceps fémoral (BF) : 3,48 % LD vs 2,15 % BF pour les bovins, 5,42 % LD vs 4,12 % BF pour les ovins, et 3,21 % LD vs 2,37 % BF pour les caprins. Les viandes peuvent être classées en maigres (caprins, bovins jeunes et adultes mâles) ou grasses (ovins, vaches adultes et de réforme).

Mots-clés: *biceps fémoral, bovin, caprin, long dorsal, ovin*

Chemical composition of ruminant meats in Algeria: effects of species, age, gender and muscles

Abstract

The objective of the study is to determine the chemical composition and evaluate the nutritional quality of ruminant meat in Algeria from 60 Brown Atlas cattle, 64 Ouled-Djellals sheep and 60 Arbia goats, slaughtered in the Aures region. The goat meat is the leanest meat; it is rich in water and low in fat. For age, the chemical composition of ash, crude protein and fat content gradually increases with advancing age, except for moisture. The gender influence is negligible in small ruminants, while cows have a higher fat content than intact bulls. The choice of the muscle also affects: the rate of total lipid is higher in the LD than in BF (3,48% LD vs 2,15% BF for cattle, 5,42% LD vs 4,12% BF for sheep and 3,21% LD vs 2,37% BF for goats). Meat can be classified into thin (goats, young and male adults cattle) or fat (sheep, adults and culling cows).

Keywords: *cattle, goat, biceps femoris, longissimus dorsi, sheep*

Introduction

La wilaya de Batna est une région située au nord-est de l'Algérie, dans la région des Aurès. C'est une région semi-aride, avec une superficie agricole de 165 810 ha. Elle est caractérisée par la présence de trois reliefs (hautes plaines telliennes, les reliefs montagneux et les hautes plaines steppiques), et par une pluviométrie annuelle moyenne de 210 mm. C'est une région à vocation agro-sylvo-pastorale avec une prédominance de la céréaliculture.

Dans cette région, la viande de ruminants provient essentiellement d'élevages extensifs ovins, bovins et caprins et pour une petite partie seulement, d'élevages de camélidés. De plus, la viande ovine est la plus prisée sur l'ensemble du territoire de la wilaya spécifiquement durant les événements sociaux (Eid El-kbir, Ramadan, cérémonies, ...), alors que la viande bovine vient en deuxième position et constitue la source principale d'approvisionnement des sociétés et des cantines scolaires et restaurants universitaires (Oulad Belkhir et al 2013). Pour la viande caprine, la consommation reste marginale dans les zones urbaines, par contre, elle est forte et en progression significative dans les zones montagneuses et les hautes plaines steppiques.

Les critères de consommation de la viande de ces ruminants sont principalement basés sur le caractère socio-démographique et les conditions économiques des consommateurs, et non sur des critères nutritionnels. Pour ces raisons, nous avons fixé comme objectif l'évaluation de la qualité nutritionnelle de la viande d'espèces de ruminants de races locales par la réalisation d'une étude comparative permettant de déterminer la composition chimique de la viande, ainsi que les facteurs de variation non génétiques, comme l'espèce, l'âge à l'abattage, le sexe et la localisation anatomique des muscles (biceps fémoral du gigot ou long dorsal du carré).

Matériels et méthodes

La source d'animaux

184 ruminants de race locale provenant des abattoirs municipaux de la wilaya de Batna ont été utilisés dans cette étude : 60 bovins Bruns de l'Atlas, 64 ovins Ouled-Djellalset 60 chèvres Arbias (race blanche). Les animaux ont été classés en fonction de l'espèce (bovins, ovins et caprins), de l'âge à l'abattage (jeunes de moins de deux ans, et adultes de plus de deux ans) et du type sexuel (mâles et femelles) (**Tableau 1**). Après abattage par la méthode rituelle, les carcasses ont été refroidies pendant 24 h à 2 °C (Johnson et al 1995).

Tableau 1. Classement et effectifs des animaux étudiés

Espèce	Bovins	Ovins	Caprins
Effectif	60	64	60
Age < 2ans	30	25	30
Age > 2 ans	30	39	30
Mâles	52	53	50
Femelles	8	11	10

Prélèvement et préparation des échantillons

Environ 100 g de viande ont été prélevés, au niveau du muscle long dorsal ou *longissimus dorsi* (LD), entre la 10^e et la 13^e côtes, et du biceps fémoral ou *biceps femoris* (BF), du côté droite de chaque carcasse (Oman et al 1999). Les prélèvements ont été immédiatement congelés dans l'azote liquide et stockés jusqu'à l'analyse.

Analyses chimiques

Les teneurs en humidité, en matière azotée totale (MAT) et en matière minérale (MM) des muscles LD et des BF ont été analysées suivant la méthodologie de l'AOAC (1990). La matière grasse (MG) a été extraite par le mélange chloroforme-méthanol (2:1, v/v) comme décrit par Folch et al (1957).

Analyse statistique

Les données obtenues ont été évaluées statistiquement par l'analyse de variance (ANOVA) et le test de Student en utilisant le logiciel Statgraphics Centurion, version 17.1.04. Les résultats sont exprimés par la moyenne et l'écart-type.

Résultats et discussion

Le tableau 2 donne les résultats globaux classés par espèce.

Tableau 2. Composition chimique des muscles par espèce animale (en %)

Composition	Espèce			Signification		
	Bovins	Ovins	Caprins	Bovin vs Ovin	Bovin vs Caprin	Ovin vs Caprin
Eau	74,10 ± 1,78	73,30 ± 1,62	76,27 ± 2,28	NS	***	***
Cendres	1,21 ± 0,08	1,08 ± 0,06	1,10 ± 0,06	***	***	NS
MAT	21,31 ± 1,50	20,15 ± 1,19	19,11 ± 2,94	***	***	**
MG	2,81 ± 0,79	4,96 ± 0,75	2,79 ± 0,77	***	NS	***

** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$; N.S. : pas de différence significative

Les teneurs moyennes en humidité de la viande bovine (74,1%) obtenues dans cette étude sont incluses dans l'intervalle des normes présentées par Dawood (1995) : 73-75%. S'agissant des ovins, les teneurs moyennes en humidité (73,30%) obtenues correspondent également à celles rapportées par Forrest et al (1975) : 65-80%. Pour les caprins, les teneurs moyennes en humidité obtenues (76,27%) sont situées dans la fourchette des normes rapportée par Seoparno (2005) : 60-85%.

Les teneurs moyennes obtenues en cendres chez les bovins (1,21%), sont en ligne avec les données d'Ezekwe et al (1997), qui ont trouvé des valeurs situées entre 0,98 et 1,6%. Pour les ovins, le pourcentage moyen en MM obtenu (1,08%) est au niveau des normes citées par Badiani et al (2004) : 0,90-1,20%. Chez les caprins, le pourcentage moyen de cendres obtenues (1,1%) s'établit dans la fourchette des normes établies par Rahman et al (2012) : 0,87-1,97%.

Les teneurs moyennes en MAT de la viande bovine obtenues dans cette étude (21,28%) sont en rapport avec celles de Buckle et al (2007) : 16-22%. Pour les ovins, les valeurs obtenues (20,15%) sont conformes aux normes établies dans la littérature : 15 à 24% (Van Heerden et al 2007). Pour les caprins, les teneurs moyennes en MAT obtenues dans cette étude (19,11%) sont en rapport avec les travaux de Judge et al (1989) (13,12-24,06%) ; Mohammad et al (2010) (16-22%).

La teneur en MG de la viande bovine obtenue est de 2,81%. Elle est en accord avec les données de Sinclair et al (1999) (2,8%). Pour les caprins, la teneur en lipides obtenue (2,79%) est en accord avec les données d'Elkheldir et al (1998) (2,8%) ; Songklanakarinn (2008) (1,14% à 3,16%). La teneur en MG de la viande ovine obtenue dans la présente étude est de 4,96%. Elle est en accord avec les données de Prasetyo et al (2013) (0,5% à 13%).

Effet de l'espèce

L'analyse comparative des résultats par espèce et par muscle présentée dans les tableaux 2 et 3 montre que la composition chimique en eau, MM, MAT et MG est significativement influencée par l'espèce. L'humidité est plus élevée chez les caprins par rapport aux bovins et ovins, alors que les MM et MAT sont plus élevées chez les bovins. Concernant la MG, elle est très importante chez les ovins.

L'accroissement en humidité chez les caprins comparativement aux ovins et bovins a été également rapporté par certains auteurs (Shija et al 2013, Mohammed 2014). L'augmentation en MM et MAT constatée chez les bovins par rapport aux petits ruminants est aussi observée par Karakok et al (2010) et Mohammed (2014). Concernant l'analyse comparative entre les petits ruminants (Tableau 3), nos résultats sont confirmés par les travaux de Murshed et al (2014). L'augmentation de la teneur en MG chez les ovins comparativement aux bovins est aussi constatée par Karakok et al (2010). L'augmentation de la teneur en lipides chez les ovins comparativement aux caprins observée ici est en rapport avec les données de Sen et al (2004). La différence non significative entre les bovins et les caprins est remarquée également par Mohammed (2014) : $2,74 \pm 0,80\%$ pour les bovins et $1,66 \pm 0,17\%$ pour les caprins.

Tableau 3. Variation de la composition chimique des muscles LD et BF selon l'espèce

%		Bovins (n=60)	Ovins (n=64)	Caprins (n=60)	Signification		
					Bovins vs ovins	Bovins vs caprins	Ovins vs caprins
Humidité	LD	73,20±1,79	72,74±1,77	76,19±2,36	***	***	***
	BF	75,00±1,77	73,87±1,48	76,35±2,23	***	***	***
MM	LD	1,20±0,08	1,07±0,05	1,09±0,07	***	***	NS
	BF	1,22±0,08	1,09±0,05	1,11±0,08	***	***	NS
MAT	LD	21,12±1,43	19,93±1,02	18,85±3,02	***	***	**
	BF	21,49±1,58	20,39±1,36	19,37±2,87	***	***	**
MG	LD	3,48±0,85	5,50±0,94	3,21±0,75	***	NS	***
	BF	2,15±0,74	4,12±0,65	2,37±0,80	***	NS	***

** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$; N.S. : pas de différence significative

Les différences dans la composition chimique de la viande sont principalement d'effet espèce-dépendante (Guerrero et al 2013). Les races bovines abattues dans cette étude sont des races à viande qui ont des facteurs génétiques spécifiques permettant d'obtenir une musculature très importante (charge en fibres musculaires et tissus conjonctifs). Les races ovines sont des races à maturité précoce, caractérisées par un dépôt de graisse plus élevé, alors que les races caprines abattues sont des races à dominante laitière caractérisées par une chair très maigre, pauvre en graisses et riche en eau.

Effet de l'âge à l'abattage

Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

L'humidité est fortement influencée par le facteur âge. Elle est faible chez les ruminants adultes, comme rapporté pour les bovins par Mojto et al (2009) ; pour les ovins par Nigm et al (1993), et Tariq et al (2013) ; et pour les caprins par Beserra et al (2004).

Concernant les cendres, les bovins et les caprins adultes en ont des teneurs élevées. Ce résultat est en accord, pour les bovins, avec les données de Orellana et al (2009), et, pour les caprins, avec celles de Pieniak-Lendzion et al (2008). Chez les ovins, l'effet d'âge est évident, mais nous observons une augmentation remarquable chez les jeunes, comme indiqué par Nigm et al (1993) et Schönfeldt et al (2011).

Les teneurs importantes en MAT et MG révélées chez les ruminants adultes sont en accord avec les données de Mojto et al (2009) pour les bovins, celles de Arain et al (2010) et Ilie et al (2012) pour les caprins, et celles de Hamid et al (2008) et Tariq et al (2013) pour les ovins.

Les changements physiologiques associés à l'avancement en âge tels que la croissance (l'engraissement) entraînent une augmentation synchronisée de la chair musculaire (cellules, fibres et tissus) et donc de la composition chimique comme les cendres, la MAT et les lipides, ce qui s'exprime quantitativement par l'augmentation du taux de matière sèche et, par conséquent, par la diminution de la teneur en humidité, qui peut s'expliquer par la réduction relative de la capacité de fixation d'eau libre chez les adultes et les sujets âgés. Pour les ovins, la baisse de matières minérales observée chez les adultes est liée à l'influence directe des graisses sur la teneur en cendres des viandes (Pearson et Gillett 1999).

Tableau 4. Variation de la composition chimique du LD et du BF selon l'âge à l'abattage

%		Bovins		Ovins		Caprins	
		Jeunes n=30	Adultes n=30	Jeunes n=25	Adultes n=39	Jeunes n=30	Adultes n=30
Humidité	LD	74,38±1,21***	72,01±1,48	74,30±0,96***	71,74±1,41	78,07±1,34***	74,31±1,49
	BF	76,02±1,74***	73,98±1,09	75,42±1,04***	72,88±0,60	78,25±1,35***	74,44±0,93
MM	LD	1,17 ± 0,06	1,24 ± 0,07***	1,10 ± 0,04***	1,06 ± 0,06	1,05 ± 0,04	1,14 ± 0,05***
	BF	1,18 ± 0,05	1,26 ± 0,09***	1,12 ± 0,03***	1,08 ± 0,05	1,07 ± 0,04	1,15 ± 0,04***
MAT	LD	20,42±0,80	21,83±1,52***	19,09±0,87	20,46±0,72***	16,06±1,05	21,64±1,20***
	BF	20,51±0,51	22,46±1,61***	18,93±0,66	21,32±0,73***	16,77±1,05	21,96±1,32***
MG	LD	2,71±0,32	4,25±0,36***	4,60±0,55	6,08±0,65***	2,81±0,73	3,60±0,54***
	BF	1,53±0,36	2,78±0,42***	3,56±0,44	4,47±0,50***	1,91±0,74	2,83±0,56***

*** : $p < 0,001$; blanc : pas de différence significative entre LD et BF

Effet du sexe

Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Chez les bovins, les teneurs moyennes en humidité, MM, MAT des deux muscles étudiés sont affectées par le sexe ; elles sont

très élevées chez les mâles. Cette augmentation significative est aussi signalée par Zhang et al (2010) et Eldin et al (2013). L'augmentation importante de la MG ($p < 0,001$) constatée chez les vaches est en accord avec les résultats de nombreux auteurs (Filipčík et al 2009, Zaujec et Idriss 2013).

Pour les petits ruminants, l'influence du sexe sur la composition centésimale paraît négligeable, comme cela a été montré, pour l'humidité, par Johnson et al (1995) et Horcada et al (1998) ; pour la MM, par Laskar et Nath (2008) et Brenman (2012) ; pour la MAT, par Rodrigues et al (2011) et Margetin et al (2013) ; et pour la MG par Siqueira et al (2001).

Tableau 5. Variation de la composition chimique du LD et du BF selon le sexe

%		Bovins		Ovins		Caprins	
		Mâles n=52	Femelles n=8	Mâles n=53	Femelles n=11	Mâles n=50	Femelles n=10
Humidité	LD	73,45±1,63***	71,58±2,08	72,83±1,68	72,33±1,19	76,33±2,33	75,48±2,49
	BF	75,21±1,74***	73,68±1,50	74,08±1,64	73,83±1,46	76,46±2,23	75,78±2,28
MM	LD	1,21 ± 0,08*	1,15 ± 0,06	1,07 ± 0,06	1,07 ± 0,03	1,09±0,07	1,10±0,07
	BF	1,23 ± 0,08***	1,15 ± 0,04	1,09 ± 0,05	1,08 ± 0,04	1,11±0,06	1,11±0,02
MAT	LD	21,29±1,44*	20,06±0,83	20,02±1,05	19,47±0,80	18,91±3,02	18,59±3,19
	BF	21,57±1,68*	20,96±0,49	20,53±1,39	19,7±0,97	19,54±2,79	18,50±3,24
MG	LD	3,37±0,86	4,15±0,31***	5,47±0,84	5,67±1,36	3,18±0,80	3,33±0,40
	BF	2,06±0,74	2,75±0,34***	4,17±0,62	3,86±0,74	2,33±0,83	2,56±0,58

* : $p < 0,05$; *** : $p < 0,001$; blanc : pas de différence apparentement significative entre LD et BF

Le sexe de l'animal se traduit dans la pratique par des compositions corporelles différentes, aussi bien dans le développement des différents tissus que dans la composition de la carcasse. Cette différence est extériorisée par l'effet anabolisant des hormones sexuelles. Chez les mâles entiers, l'effet des androgènes conduit à un plus grand développement musculaire de tissu conjonctif intramusculaire et de fibres par l'augmentation de la synthèse des protéines (Toplu 2014), ce qui donne des carcasses plus lourdes que chez les femelles.

Les femelles ont un potentiel de croissance pondérale plus faible que celui des mâles entiers, mais un développement plus rapide des tissus adipeux (Micol et al 1993). Ceci explique l'obtention de valeurs relativement faibles en humidité (corrélation négative entre les lipides et l'humidité). De plus, pour les bovins, les vaches abattues étudiées ici sont quasiment des vaches de réforme. Elles sont destinées à l'abattage après épuisement et diminution des performances zootechniques. Concernant la qualité nutritionnelle, la viande de ces dernières est caractérisée par un faible pourcentage en MM suite à l'homéostasie et aux changements de statut minéral durant les différentes périodes physiologiques, d'une part, et à l'effet direct des œstrogènes, qui favorisent le dépôt des sels dans l'os et non le muscle, d'autre part.

Effet de la localisation anatomique des muscles

Les résultats sont présentés dans le tableau 6.

Nous observons chez les bovins et les ovins que la teneur en humidité est plus importante au niveau du BF que du LD ($p < 0,001$). Ces révélations sont en accord avec les travaux de Prasetyo et al (2009) pour les bovins, et ceux de Purbowati et Suryanto (2000) et Purbowati et al (2006) pour les ovins. Pour les caprins, l'influence négligeable de la localisation anatomique du muscle observée ici est en accord avec les résultats d'El-Aqsha et al (2011), qui indiquent 77,49 % pour le LD et 77,53 % pour le BF. L'élévation au niveau du BF plus ou moins importante chez ces espèces pourrait être expliquée par l'augmentation du taux hydrique avec la vitesse de contraction du muscle (Ouali et al 1983), dont la libération d'eau dépend de la quantité de force physique exercée sur lui.

Concernant le taux de cendres chez les ruminants, nos résultats sont conformes à ceux de Ngadiyono et al (2008), Abdel-Aal et Mohamed (2011) et El-Aqsha et al (2011) qui ne constatent aucune différence significative entre les deux muscles. Les teneurs constantes en MM selon la localisation anatomique des muscles, et dans toute la carcasse (Guzek et al 2015), pourraient être expliquées par la stabilité et l'immobilité de cette composante chimique, qui est un élément structurel caractérisé par une répartition corporelle par unité cellulaire constante.

Tableau 6. Composition chimique de la viande par muscle prélevé et par espèce

%	Bovins		Ovins		Caprins	
	LD n=60	BF n=60	LD n=64	BF n=64	LD n=60	BF n=60
Humidité	73,20±1,79	75,00±1,77***	72,74±1,77	73,87±1,48***	76,19±2,36	76,35±2,23
MM	1,20±0,08	1,22±0,08	1,07±0,06	1,09±0,06	1,09±0,07	1,11±0,05
MAT	21,12±1,43	21,49±1,58	19,93±1,02	20,39±1,36*	18,85±3,02	19,37±2,87*
MG	3,48±0,85**	2,15±0,74	5,42±0,86***	4,12±0,65	3,21±0,75***	2,37±0,80

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$; blanc : pas de différence significative entre LD et BF

L'analyse statistique montre que le taux de MAT chez les bovins n'est pas affecté par le facteur muscle, comme rapporté par Patten et al (2014). De plus, la légère augmentation observée au niveau du BF est aussi constatée par d'autres auteurs (Ngadiyono et al 2008, Hidayat et al 2009). Pour les petits ruminants, la teneur en MAT varie en fonction de la localisation anatomique des muscles, comme le rapportent Hamid et al (2008). L'augmentation modérée ($p < 0,05$) au niveau du BF est citée également par El-Aqsha et al (2011), qui constatent 18,79 % BF vs 16,65 % LD. La variabilité dans la teneur en MAT s'explique par le taux de fibres musculaires au niveau du muscle.

Pour la MG, l'analyse statistique montre que le taux est significativement plus important au niveau du LD que du BF chez ces ruminants ($p < 0,01$; $p < 0,001$). Ce résultat est en rapport avec les études de Purbowati et Suryanto (2000), Ngadiyono et al (2008) et Hidayat et al (2009), qui trouvent une augmentation plus ou moins significative au niveau du LD (3,10 % LD vs 2,16 % BF ; 1,08 % LD vs 0,98 % BF ; 3,47 % LD vs 3,41 % BF), respectivement.

L'activité contractile, la typologie et le métabolisme des fibres musculaires sont les responsables primordiaux de la composition chimique en MG des muscles. Dans la plupart des cas, les muscles sont constitués d'un mélange de différents types de fibres dans des proportions qui varient selon leur fonction et leur localisation anatomique. Les muscles de la posture sont caractérisés par une dominante de fibres I ou fibres lentes de type oxydatif qui utilisent les lipides comme source d'énergie pour se contracter, et par une réserve importante en lipides sous forme de triglycérides (Chriki, 2013), tandis que les muscles de forte activité contractile sont caractérisés par une dominante de fibres de type rapide glycolytique, qui utilisent exclusivement les sucres comme source d'énergie (glucose et glycogène). La teneur en lipides est donc plus élevée dans les fibres à métabolisme oxydatif que dans les fibres à métabolisme glycolytique (LD supérieur à BF).

Conclusion

Cette étude permet de conclure que la détermination de la composition chimique des muscles frais était nécessaire pour fournir les valeurs de référence de la composition centésimale, et pour classer les viandes des ruminants selon leur valeur nutritive: viandes maigres (la chair des caprins, des jeunes bovins et des bovins adultes mâles) et viandes grasses (celle des ovins, des vaches de réforme et des vaches adultes). De plus, cette détermination permet d'explorer la conduite d'élevage, la pratique alimentaire et le type de production. Les facteurs liés à la race feront l'objet d'une étude ultérieure (comparaison avec d'autres races locales et mondiales).

Références

- Abdel-Aal H A and Mohamed H M A 2011** Changes in the ultrastructure of lamb muscles as influenced by freezing and sodium tripolyphosphate (STPP). *Lucrari stiintifice Seria Zootehnie-Universitatea de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara Ion Ionescu de la Brad (Romania)*. http://www.uaiasi.ro/revista_zoo/ro/documente/Pdf_Vol_56/Abdel-Aal_H.A.pdf
- AOAC 1990** Official methods of analysis, Association of analytical chemists, 15th ed. Inc Arlington, Virginia, USA.
- Arain M A, Khaskheli M, Rajput I R, Faraz S, Rao S, Umer M and Devrajani K 2010** Effect of slaughtering age on chemical composition of goat meat. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9: 404-408. <http://www.pjbs.org/pjonline/fin1533.pdf>
- Badiani A, Montellato L, Bochicchio D, Anfossi P, Zanardi E and Maranesi M 2004** Selected nutrient contents, fatty acid composition, and retention values in separable lean from lamb rib loins as affected by external fat and cooking method. *J Agric Food Chem*, 52: 5187-5194.
- Beserra FJ, Madruga MS, Leite AM, Desilva EMC and Maia EL 2004** Effect of age at slaughter on chemical composition of meat from Moxotó goats and their crosses. *Small Ruminant Research*, 55:177-181.
- Brennan K A 2012** The effect of dam nutrient restriction on lamb carcass characteristics, retail yields and nutrient composition. Doctoral dissertation, Colorado State University, 84p. <https://dspace.library.colostate.edu/>
- Buckle KA, Edwards RA, Fleet GH and Wootton W 2007** Ilmu Pangan Penerjemah: Hari Purnomo dan Adono. International Development Program of Australian Universities and Colleges, UI Press.
- Chriki S, 2013** Méta-analyses des caractéristiques musculaires afin de prédire la tendreté de la viande bovine. Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00881204/document>
- Dawood AA 1995** Physical and sensory characteristics of Najdi camel meat. *Meat science*, vol 39, issue (1) p59-69.
- El Aqsha G, Purbowati E and Al-Baari, A N 2011** Komposisi Kimia Daging Kambing Kacang, Peranakan Etawah dan Kejobong Jantan pada Umur Satu Tahun. Workshop Nasional Diversifikasi Pangan Daging Ruminansia Kecil. <http://kalteng.litbang.pertanian.go.id/eng/pdf/all-pdf/peternakan/fullteks/lokakarya/prork11-16.pdf>
- El Khidir IA, Babiker SA and Shafie SA 1998** Comparative Feedlot performance and carcass characteristics of Sudanese desert sheep and goats. *Small Rumin Res*, 30:147-151.
- Eldin IS, Babiker SA, Elkhidir OA, and El-Bukhary HAA 2013** Characteristics of beef from intensively fed western Baggara bulls and heifers: quality attributes and chemical composition. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 27(1), 45-48. <http://vetmedmosul.org/ijvs/media/13-1-8e.pdf>
- Ezekwe A G, Okonwo T M, Ukaegbu U G and Sangode A A 1997** Preliminary Study of Meat Quality Characteristics of Young Ndama and Muturu Bulls. *Nigerian Journal of Animal Production* 24(1): 79-85.
- Filipčík R, Šubrt J and Bjelka M 2009** The factors influencing beef quality in bulls, heifers and steers. *Slovak J Anim Sci*, 42, 54-61. http://www.cvzv.sk/slju/09_2/Filipcik.pdf
- Folch J, Lees M and Sloane-Stanley GH 1957** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226:497-509.
- Forrest JC, Aberle ED, Hedrick H B, Judge M D and Merkel R A 1979** Principles of Meat Science. WH Freeman and Co, San Francisco.
- Guerrero A, Velandia VM, Campo M M and Sañudo C 2013** Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork Review. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 35(4), 335-347.
- Guzek D, Głabka D, Głabski K, Pogorzelski G, Barszczewski J and Wierzbicka A 2015** Relationships between sarcomere length and basic composition of *infraspinalis* and *longissimus dorsi* muscle. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39(1), 96-101. <http://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issues/vet-15-39-1/vet-39-1-15-1405-69.pdf>
- Hamid M A, Akhter S, Rahman S M E and Khan M 2008** Effect of age and wholesale cuts on the quality of indigenous sheep carcass. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 37(1), 32-38. <http://www.banglajol.info/index.php/BJAS/article/view/9865>
- Hidayat R, Purbowati E, Arifin M and Purnomoadi A 2009** Komposisi kimia daging sapi peranakan ongole yang diberi pakan jerami padi urinas dan level konsentrat yang berbeda. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner Pusat Penelitian Peternakan, Balai Penelitian dan Pengembangan*

Pertanian, Bogor.

Horcada A, Beriain M J, Purroy A, Lizaso G and Chasco J 1998Effect of sex on meat quality of Spanish lamb breeds (Lacha and Rasa Aragonesa). *Animal Science*, 67(03), 541-547.

Ilie L I, Tudor L, Furnaris F and Galiş A M 2012Study on the chemical composition of goat meat samples correlated with their age, 324-329. http://veterinarymedicinejournal.usamv.ro/pdf/vol.LVIII_3/Art41.pdf

Johnson D D, Eastridge J S, Neubauer D R And McGowan CH 1995Effect of sex class on nutrient content of meat from young goat. *Journal of Animal Science*,73: 296-301.

Judge M D, Aberle E D, Forrest J C, Hedrick H B and Merkel R A 1989Principles of Meat Science. Kendall/Hunt Publishing Co, Iowa.

Karakök S G, Ozogul Y, Saler M and Ozogul F 2010Proximate analysis Fatty acid profiles and mineral contents of meats: a comparative study. *Journal of Muscle Foods*, 21(2), 210-223.

Laskar SK and Nath DR 2008Studies on certain qualitative aspects of goat meat marketed in Guwahati city. *Indian Journal of Animal Production and Management* 14: 217-218.

Margetin M, Margetinová J, Oravcová M, Luptáková L and Horečná Z 2013 Carcass quality and physico-chemical characteristics of meat of light lambs. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 16(4). <http://www.acta.fapz.uniag.sk/journal/index.php/online/article/view/78>

Micol D, Robelin J and Geay Y 1993 Composition corporelle et caractéristiques biologiques des muscles chez les bovins en croissance et à l'engrais INRA. *Productions animales*, 6(1), 61-69. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00896043/document>

Mohammad AA, Khaskheli M, Rajput IR, Faraz S, Rao S, Umer M and Devrajani K 2010Effect of Slaughtering Age on Chemical Composition of Goat Meat *Pakistan Journal of Nutrition* 9(4): 404-408.

Mohammed SAA 2014 A comparative study of chemical composition and quality attributes of fresh and processed meat of calf, camel and goat. Doctoral dissertation, Sudan University of Science and Technology.

Mojto J, Zaujec K and Gondeková M 2009 Effect of age at slaughter on quality of carcass and meat in cows. *Slovak J Anim Sci*, 42, 34-37. http://www.vuzv.sk/slju/09_1/Mojto.pdf

Murshed H M, Sarkerb MAH, Rahmana S M E and Hashema M A 2014Comparison of carcass and meat quality of Black Bengal goat and Indigenous sheep of Bangladesh. *Journal of Meat Science and Technology*, July-September, 2(3), 63-67. http://www.jakraya.com/Journal/pdf/6-jmstArticle_3.pdf

Ngadiyono N, Murdjito G, Agus A and Supriyana U 2008Kinerja produksi sapi Peranakan Ongole jantan dengan pemberian dua jenis konsentrat yang berbeda. *J Indon Trop Anim Agric*, 33(4), 282-289. [http://www.jppt.undip.ac.id/pdf/33\(4\)2008p282-289.pdf](http://www.jppt.undip.ac.id/pdf/33(4)2008p282-289.pdf)

Nigm AA, Abdallah OM, Aboul-Ela MB, Sewar Al-Zahab Z and Soliman AM 1993Meat characteristics of sheep and goat breeds commonly consumed in UAE Carcass characteristics. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 5(1): 125-143.

Oman J S, Waldron D F, Griffin DB and Savell JW 1999Effect of breed-type and feeding regime on goat carcass trait. *Journal of Animal Science*, 77: 3215-3218.

Orellana C, Peña F, García A, Perea J, Martos J, Domenech V and Acero R 2009 Carcass characteristics, fatty acid composition, and meat quality of Criollo Argentino and Braford steers raised on forage in a semi-tropical region of Argentina. *Meat science*, 81(1), 57-64.

Ouali A, Obled A, Cottin P, Merdaci N, Ducastaing A and Valin C 1983Comparative effects of post-mortem storage and low-calcium-requiring neutral proteinase on bovine and rabbit myofibrillar proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34(5), 466-476.

Oulad Belkhir A, Bouzianne A, Chehema A et Faye B 2013La filière viande cameline dans le Sahara septentrional algérien. *Revue des bio-ressources*, 26-34, vol 3 n° 2.

Patten LE, Hodgen JM, Stelzleni AM, Calkins C R, Johnson DD and Gwartney BL 2008Chemical properties of cow and beef muscles: Benchmarking the differences and similarities. *Journal of animal science*, 86(8), 1904-1916.

Pearson AM and TA Gillett, 1999 Processed Meats. 3 editions. An Aspen Publisher's Inc Maryland, 24-43.

Pieniak-Lendzion K, Niedziolka R, Horoszewicz E and Brokowska T 2008 Evaluation of slaughter value and physicochemical attributes of goat meat. *Electronic journal of polish agricultural universities*, 11:111-116. <http://www.ejpau.media.pl/volume11/issue1/art-11.html>

Prasetyo A, Soeparno E and Suryanto R, 2009 Karakteristik kimia dan mikrostruktur otot longissimus dorsi dan biceps femoris dari sapi glonggong. *Buletin Peternakan*, 33(1), 23-29. <http://www.journal.ugm.ac.id/index.php/buletinpeternakan/article/view/131>

Prasetyo H, Padaga M C and Sawitri M E 2013Study on Physico-chemical Quality of Beef In The Market of Malang City. *Journal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 8(2), pp-1-8. <http://jitek.ub.ac.id/index.php/jitek/article/view/186>

Purbowati E and Suryanto E 2000 Komposisi kimia otot Longissimus dorsi dan Biceps femoris domba yang diberi pakan dasar jeranmi padi dan avas konsentrat yang berbeda. *J Pengembangan Peternakan Tropis* 25(2): 66-72.

Purbowati E, Sutrisno C I, Baliarti E, Budhi S P S and Lestariana W 2006Komposisi kimia otot Longissimus dorsi dan Biceps femoris domba lokal jantan yang dipelihara di pedesaan pada bobot potong yang berbeda. *Animal Production*, 8(1), 1-7.

Rahman A, Rehman M, Gadahi J A and Samo M T 2012 Studies on the Evaluation of Moisture and Ash Content in Kamori, Pateri and Tapri Goat Meat. *International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences*, 6(1), 62-68. <http://www.scopemed.org/?ift=25&ft=25-1330498714>

Rodrigues L, Gonçalves HC, Medeiros BBL, Martins MF, Komiyama CM and Cañizares MC 2011Effect of genotype, finishing system, and sex on physicochemical characteristics of goat meat. *Food Science and Technology (Campinas)*, 31(4), 992-997. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612011000400027&script=sci_arttext

Schönfeldt H C, Van Heerden S M, Sainsbury J and Gibson N 2011Nutrient content of uncooked and cooked meat from South African classes A2 lamb and C2 mutton. *South African Journal of Animal Science*, 41(2), 141-145. <http://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/71018>

Sen A R, Santra A and Karim S A 2004Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat science*, 66(4), 757-763.

Shija D S, Mtenga L A, Kimambo A E, Laswai G H, Mushi D E, Mgheni D M and Safari J G 2013Chemical composition and meat quality attributes of indigenous sheep and goats from traditional production system in Tanzania. Asian-Australasian journal of animal sciences, 26(2), 295.<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4093151/>

Sinclair A, Mann N and O'Connell S, 1999The Nutrient Composition of Australian Beef and Lamb Melbourne: RMIT

Siqueira E R D, Simões C D and Fernandes S 2001Efeito do sexo e do peso ao abate sobre a produção de carne de cordeiro Morfometria da carcaça, pesos dos cortes, composição tecidual e componentes não constituintes da carcaça. Revista Brasileira de Zootecnia, 30(4), 1299-1307.
<http://www.scielo.br/pdf%0D/rbz/v30n4/6040.pdf>

Soeparno E 2005 Ilmu dan Teknologi Daging Cetakan keempat.Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Songklanakarin 2008 Journal of Science and Technology, 30 (Suppl1), 41-50, April 2008.

Tariq M M, Eyduran E, Rafeeq M, Waheed A and Arif M 2013Influence of slaughtering age on chemical composition of Mengali sheep meat at Quetta, Pakistan. Pakistan J Zool, 45(1): 235-239. http://www.zsp.com.pk/pdf45/235-239%20_31_%20PJZ-1042-12%20513%20final%20revised%20tariq%20m%20r.pdf

Toplu H D O 2014Factors Affecting Carcass and Meat Quality Characteristics in Goats. Animal Health. Prod and Hyg 3(1): 248 - 252.

Van Heerden, S M, Schönfeldt H C, Kruger R and Smit M F 2007The nutrient composition of South African lamb (A2 grade). J Food Comp Anal 20: 671-680.

Zaujec K and Idriss S E 2013 Study of Beef Quality in Slovak Pied Breed (Slovak National Breed) in Relation to Sex GJSFR-D: Agriculture and Veterinary, 13(9). <http://journalofagriculture.org/index.php/GJSFR/article/view/104/104>

Zhang YY, Zan LS, Wang HB, Xin YP, Adoligbe C M and Ujan J A 2010Effect of sex on meat quality characteristics of Qinchuan cattle. African journal of biotechnology, 9(28), 4504-4509. <http://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/82713>

Received 9 August 2015; Accepted 14 September 2015; Published 1 November 2015

[Go to top](#)

CARACTÉRISATION BIOCHIMIQUE DES VIANDE ROUGES DANS LA RÉGION DES AURÈS

Résumé:

Cette étude, réalisée sur 184 ruminants destinés à l'abattage, a pour objet la caractérisation biochimique des viandes rouges dans la région des Aurès par l'étude des profils métabolique, sanguin et musculaire, ainsi que les relations entre eux.

L'étude du profil biochimique sanguin ainsi que l'influence de certains facteurs, tels que l'espèce, l'âge et le sexe, montre des variations remarquables chez les caprins, les jeunes et les mâles ruminants. La détermination de la composition centésimale et celle des fractions lipidiques, notamment le cholestérol, les triglycérides et les phospholipides totaux, en fonction de facteurs non génétiques, permet de fournir les valeurs de référence et de classer les viandes selon leur valeur nutritive. Enfin, l'étude relationnelle entre les indicateurs métaboliques permet d'explorer la conduite d'élevage ainsi que la pratique alimentaire qui composée principalement de paille et de concentrés.

Mots clés : Ruminants, indicateurs métaboliques, sang, muscle, composition centésimale, fractions lipidiques, cholestérol.

BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF RED MEATS IN THE REGION OF AURES

Abstract:

This study carried out on 184 ruminants intended for the slaughter, has for object to biochemical characterization of red meats in the Aures area by the study of the metabolic, blood and muscular profiles, as well as the relationship between them.

The study of the blood biochemical profile as well as the influence of some factors, such as the species, the age and the gender, shows remarkable variations in goats, the young and ruminant males. The determination of the centesimal composition and that of the muscle fat fractions, in particular the cholesterol, the triglycerides and the total phospholipids, according to no genetic factors, make it possible to provide the values of reference and to classify the meats according to their nutritional value. Finally, the relational study between the metabolic indicators allows exploring the stock raising and the food practice which consisted mainly of straw and of concentrated.

Key words: Ruminants, metabolic indicators, blood, muscle, centesimal composition, fat profile, cholesterol.

الخواص البيوكيميائية للحوم الحمراء في منطقة الأوراس

المخلص:

هذه الدراسة أجريت على 184 من المجترات الموجه للذبح وهذا من أجل تحديد الخصائص البيوكيميائية للحوم الحمراء في منطقة الأوراس من خلال دراسة المؤشرات البيوكيميائية في الدم والعضلات، والعلاقة بينهما. دراسة المؤشرات البيوكيميائية في الدم، مع العوامل المؤثرة عليها مثل نوع الحيوان المجتر، العمر والجنس أظهرت اختلافات ملحوظة خاصة عند الماعز، المجترات الصغيرة والذكور. تحديد مكونات اللحم خاصة منها المواد الدهنية مثل الكوليسترول، الغليسيريدات الثلاثية و الدهون الفسفورية، وفقا لعوامل غير وراثية سمحت لنا بتحديد القيم المرجعية وتصنيف اللحوم حسب قيمتها الغذائية. في الأخير قمنا بتحديد طريقة تربية هذه المجترات مع تقييم نوعية الغذاء المتكون أساسا من القش و الأعلاف المركزة.

الكلمات المفتاحية : المجترات , المؤشرات الأيضية , الدم , العضلة , مكونات اللحم , الدهون , الكوليسترول .